



COMUNE DI TERNI

Dir. Lavori Pubblici
Uff. Energy & Fleet Manager



Lavori di riqualificazione energetica e tecnologica del Lotto n. 2 degli impianti di illuminazione pubblica nell'ambito del piano "Agenda Urbana Terni 2014-2020 - POR FESR az. 6.2.1"
CUP: F47H16001160002 - CIG: 7903445124

PROGETTO ESECUTIVO

RTP:



ING. GIUSEPPE PERILLO (CAPOGRUPPO)

Via Cavour,4 - 70027 Palo del Colle (BA)
tel/fax: 080/8594347 - cell. 333/1162883
e-mail: info@studioperillo.eu - www.studioperillo.eu
pec: giuseppe.perillo6598@pec.ordingbari.it



ING. GIUSEPPE TAMBORRINO (MANDANTE)

Via M. Buonarroti, s.n. - 74014 Laterza (TA)
tel/fax: 099/8216336 - cell. 333/4779165
e-mail: info@studiotodo.eu - www.studiotodo.it
pec: giuseppe.tamborrino@ingpec.it



ING. GIAMPIETRO MASSARELLI (MANDANTE)

Via Albanese 14 - 70124 Bari (BA)
cell: 347/6131944
e-mail: massarelli@studioperillo.eu
pec: giampietro.massarelli@ingpec.eu



RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO

ING. NAZARENO CLAUDIANI

Comune di Terni
Dir. LL.PP. - Uff. Energia Pubblica Illuminazione Impianti & Fleet Manager
Corso del Popolo n. 30 - 05100 TERNI
tel: 0744/549045
e-mail: nazareno.claudiani@comune.terni.it
pec: comune.terni@postacert.umbria.it

Oggetto:

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA

Scala:	Data di emissione: 23 Marzo 2020	Nome file: W_PI_RTS_00	Tav: PI_RTS
--------	--	----------------------------------	-----------------------

DESCRIZIONE MODIFICA	PROG.	VERIF.	APPROV.	REV. N°	DATA



INDICE

1. PREMESSA	2
2. BREVE DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI	2
3. STATO DI FATTO DEL PARCO IMPIANTO ESISTENTE	3
4. INDICAZIONE DELLE NORME TECNICHE APPLICATE	3
4.1 <i>Ambito di applicazione STRADALE</i>	3
4.2 <i>Ambiti di applicazione NON STRADALE</i>	4
5. INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA STRADALE.....	5
6. FASI DELLA CLASSIFICAZIONE	10
6.1 <i>Categoria illuminotecnica di riferimento</i>	10
6.2 <i>Categoria illuminotecnica di Progetto e di Esercizio</i>	13
6.3 <i>Ambito Non Stradale</i>	17
7. CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE DEL COMUNE DI TERNI.....	22
8. INTERVENTI DI ADEGUAMENTO NORMATIVO IMPIANTO DI IP	22
8.1. Sostituzione apparecchi esistenti con nuove tipologie di lampade a LED.....	22
8.1.1 <i>Indicazione delle norme tecniche da applicare.....</i>	22
8.1.2 <i>Tipologie di sorgenti luminose (norme regionali e nazionali).....</i>	24
8.1.3 <i>Sorgenti luminose (C.A.M. Cap. 4.1).....</i>	27
8.1.4 <i>Corpi illuminanti.....</i>	28
8.1.5 <i>Progettazione illuminotecnica e prestazione energetica dell'impianto.....</i>	28
8.1.6 <i>Scelta degli apparecchi in funzione della curva fotometrica (caratteristica della distribuzione della luce).....</i>	31
8.1.7 <i>Scelta dell'apparecchio stradale</i>	33
8.1.8 <i>Scelta della tecnologia da utilizzare</i>	34
8.1.9 <i>Indice IPEI.....</i>	34
8.1.10 <i>Scelta della tecnologia LED</i>	37
9. INTERVENTI SUI SOSTEGNI	41
9.1 <i>Mensole/bracci</i>	41
9.2 <i>Pali</i>	41
10. INTERVENTI DI SOSTITUZIONE DEI QUADRI.....	43
10.1 <i>Sostituzione quadri elettrici.....</i>	43
12. INTERVENTI DI SMART CITY NEL CENTRO STORICO E PISTA CICLOPEDONALE DI VIA GRAMSCI.....	46
12.1 <i>Riduzione e gestione del flusso luminoso (SMART CITY).....</i>	46
12.2 <i>Obiettivi.....</i>	47
12.3 <i>Logica di funzionamento</i>	48
12.4 <i>I vantaggi del sistema di telegestione e telecontrollo</i>	48
12.5 <i>Il telecontrollo negli impianti di illuminazione pubblica</i>	49
12.6 <i>Il miglioramento del servizio</i>	51
12.7 <i>Il sistema di telegestione.....</i>	51
12.8 <i>Smart Lighting: gestione gruppi di dimmerazione.....</i>	52
12.9 <i>Smart Lighting: regolazione con sensori.....</i>	53
12.10 <i>Smart Lighting: Illuminazione adattiva.....</i>	54
12.11 <i>Servizi a banda larga.....</i>	54
12.12 <i>Smart system.....</i>	55
13. INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE ILLUMINOTECNICA DI EDIFICI STORICI.....	56

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



1. PREMESSA

La presente relazione tecnica illustra gli interventi previsti e giustifica le scelte progettuali intraprese per garantire la “*riqualificazione energetica e tecnologica del Lotto n.2 degli impianti di Illuminazione pubblica nell'ambito del piano dell'Agenda Urbana Terni 2014-2020*” del Comune di Terni.

Nelle analisi precedenti, in seguito ai sopralluoghi effettuati e alle verifiche predisposte, sono state evidenziate delle criticità, descritte nella *Relazione Generale* che saranno eliminate con delle opportune scelte progettuali che di seguito verranno descritte.

Nella presente relazione tecnico-specialistica saranno affrontate le problematiche e le soluzioni per l'adeguamento normativo e l'efficientamento energetico riguardanti i centri luminosi, la sostituzione di alcuni sostegni ammalorati, gli interventi di Smart City e di valorizzazione illuminotecnica di edifici storici.

2. BREVE DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

La progettazione degli interventi relativi alla messa a norma e all'efficientamento dell'impianto di illuminazione pubblica del Comune di Terni è stata redatta conformemente a quanto previsto dal regolamento attuativo del codice dei contratti pubblici (D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 TITOLO II - PROGETTAZIONE E VERIFICA DEL PROGETTO CAPO I - PROGETTAZIONE; SEZIONE III –

PROGETTO ESECUTIVO *Art. 33. Documenti componenti il progetto esecutivo*), e sulla scorta delle indicazioni fornite dalla Legge Regionale n.20/2005 e successivo R.R. n.2 del 5 Aprile 2007.

L'intervento ha lo scopo di ottimizzare i consumi elettrici e realizzare l'ammodernamento dell'impianto dell'illuminazione pubblica del Comune di Terni.

L'obiettivo prefissato comporta l'ammodernamento dell'impianto di illuminazione pubblica esistente attraverso la totale sostituzione delle attuali armature presenti nelle strade del Comune di Terni appartenenti al Lotto 2; è prevista la sostituzione delle sorgenti luminose ai vapori di sodio ad alta pressione, a vapori di mercurio e ioduri metallici con nuove armature aventi sorgenti di nuova generazione ad elevata efficienza, la sostituzione di alcuni sostegni ammalorati, la telegestione (SMART CITY) della parte dell'impianto di illuminazione pubblica che serve il centro storico della città e l'installazione di nuove illuminazioni per la valorizzazione delle facciate di alcuni edifici storici.

La tipologia di apparecchi prescelta ha la peculiarità di emettere la radiazione luminosa ad una particolare lunghezza d'onda, per risultare meglio recepita dall'occhio umano. In questo modo la visione notturna risulterà essere più “luminosa” e più dettagliata. L'impianto sarà realizzato con componenti in classe II.

Si è posta particolare attenzione nel mantenere il grado di isolamento; pertanto l'installazione delle apparecchiature sarà realizzata a perfetta regola d'arte secondo le indicazioni delle normative vigenti.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



3. STATO DI FATTO DEL PARCO IMPIANTO ESISTENTE

Le caratteristiche dettagliate dell'impianto di illuminazione pubblica esistente sono riportate negli elaborati grafici dello "Stato di Fatto" e nella "Scheda Censimento" allegati al presente progetto.

Le norme prescrittive riguardanti l'impianto in questione sono sia tecniche che legislative:

Norme CEI 64-8, Norme UNI 13201, Legge regionale n.20/2005 e regolamento di attuazione Regionale n.2 del 05 Aprile 2007.

Dall'analisi effettuata si è evinto che alcune parti dell'impianto di pubblica illuminazione **non risultano essere conformi alla L.R. 20/05** per quel che concerne l'inquinamento luminoso.

Anche alcuni sostegni risultano ammalorati e comunque non conformi alle norme.

A fronte del riscontro di queste criticità si sono adottate le soluzioni ritenute idonee a sopperire tali mancanze oltre che ad efficientare l'intero sistema.

4. INDICAZIONE DELLE NORME TECNICHE APPLICATE

4.1 Ambito di applicazione STRADALE

L'ottimizzazione degli impianti d'illuminazione stradale è stata conseguita con il concorso:

- di una corretta classificazione delle strade;
- dell'utilizzo dei valori minimi di luminanza previsti dalle norme;
- dell'utilizzo, a parità di condizioni illuminotecniche e numero di sostegni di corpi illuminanti che conseguono la minore potenza installata ed i maggiori risparmi di esercizio e manutentivi.

Il Regolamento Regionale di attuazione della Legge Regionale 28 febbraio 2005, n. 20 specifica, inoltre, che **per gli impianti di nuova costruzione e quelli soggetti ad interventi di sostituzione o di manutenzione straordinaria funzionali all'illuminazione di spazi e superfici esterni**, devono soddisfare i seguenti requisiti tecnici:

- a) gli apparecchi illuminanti, nella loro posizione di installazione, devono avere una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli $\gamma > 90^\circ$ pari a 0 candele per 1000 lumen di flusso luminoso totale emesso, con un'approssimazione massima a 0,49 candele per 1000 lumen;
- b) le lampade devono avere un'efficienza luminosa non inferiore a 90 lm/watt. Nelle zone individuate nel piano per l'illuminazione comunale quali i centri storici, le aree verdi attrezzate ed altre aree particolari, sono consentite efficienze luminose non inferiori a 80 lm/watt; nel caso di lampade a fluorescenza compatte di potenza inferiore a 50 watt, sono consentite efficienze luminose non inferiori a 60 lm/watt;

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



- c) devono essere muniti di appositi dispositivi che, agendo puntualmente su ciascuna lampada o sull'intero impianto, siano in grado di controllare il flusso luminoso, consentendo una riduzione complessiva dello stesso non inferiore al trenta per cento rispetto al pieno regime di operatività. L'orario entro cui operare tale riduzione è stabilito con atto dell'amministrazione comunale competente, ovvero nell'ambito del piano per l'illuminazione comunale.

I progetti relativi all'illuminazione pubblica devono essere predisposti privilegiando le scelte che comportano maggiori risparmi energetici e manutentivi.

L'efficientamento dell'impianto si è ottenuto, con una progettazione illuminotecnica accurata, tenendo conto e ricercando la configurazione dell'impianto che meglio soddisfa le seguenti indicazioni:

- massimizzare il rapporto interdistanza su altezza palo, scegliendo i progetti con rapporti minimi;
- minimizzare la potenza installata per chilometro di strada;
- minimizzare i costi di esercizio e di manutenzione.

Per ottenere i risultati richiesti si sono scelti accuratamente i corpi illuminanti normalmente preferendo quelli che sono caratterizzati da curve fotometriche molto aperte e fortemente asimmetriche lungo l'asse trasversale alla strada per riuscire a coprire in modo uniforme tutta la strada e le sue aree attinenti.

Altro parametro utilizzato nella scelta dei corpi illuminanti è stato quello di preferire gli apparecchi che permettono la massimizzazione del rapporto *interdistanza/altezza palo*, anche se a volte questa ottimizzazione non coincide con la minimizzazione della potenza installata (maggiori risparmi sui consumi energetici) o con la minimizzazione del numero di apparecchi installati (che si ottiene con la massimizzazione dell'interdistanza e minimizza i costi di installazione e di manutenzione).

4.2 *Ambiti di applicazione NON STRADALE*

Per quanto attiene alle prescrizioni normative, il Regolamento Regionale di attuazione della Legge Regionale 28 febbraio 2005, n. 20 specifica, per gli ambiti Non stradali, i requisiti tecnici che si dovrebbe avere per gli impianti per l'illuminazione **di soggetti visivi di rilevante interesse artistico, storico, architettonico, monumentale e di pregio culturale e testimoniale**, devono:

- a) utilizzare apparecchi, accessori e dispositivi atti a minimizzare il flusso indirizzato al di fuori delle superfici da illuminare. Il flusso luminoso diretto verso l'emisfero superiore, che non viene intercettato dalle superfici da illuminare e viene disperso verso la volta celeste, non deve superare il dieci per cento del flusso totale emesso dagli apparecchi;
- b) produrre valori di luminanza del soggetto visivo commisurati a quelli dell'ambiente circostante e, ove applicabile, non superiori a tre volte quella degli oggetti circostanti che rientrano nel campo visivo dell'osservatore. Per la valutazione del campo visivo e delle luminanze, si considerano i punti di

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



osservazione più significativi per l'oggetto. Tali valori possono essere incrementati fino a 1,5 volte per gli oggetti che possono essere osservati da distanze superiori a 1 Km;

- c) essere spenti dopo le ore una di notte. È ammessa deroga alla presente prescrizione per oggetti che assumono uno speciale valore simbolico o di rappresentatività rispetto ad un particolare contesto territoriale. In questo caso devono essere utilizzati dispositivi per la riduzione del flusso luminoso di almeno il trenta per cento, da far entrare in funzione entro le ore ventiquattro.

Il fattore ottimizzato in tale ambito è la potenza installata (puntuale e complessiva) che è stata portata alla minore possibile a parità di fattore di utilizzazione, sempre nel rispetto delle norme tecniche e di sicurezza vigenti (EN13201).

Pertanto la scelta è caduta, a parità di condizioni, su apparecchi che conseguono la minore potenza installata ed il maggiore risparmio manutentivo.

5. INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA STRADALE

La classificazione delle strade risulta fondamentale per pianificare efficacemente l'illuminazione stradale in quanto le caratteristiche che gli impianti dovranno soddisfare dipendono strettamente dal tipo di strada che si intende illuminare.

Il Codice della Strada divide le strade in sei grandi categorie:

- Autostrade (extraurbane ed urbane) - A
- Extraurbane principali - B
- Extraurbane secondarie - C
- Urbane di scorrimento - D
- Urbane di quartiere - E
- Locali (extraurbane ed urbane) - F

In seguito, con provvedimento del 12 aprile 1995, il Ministero LL.PP. introduce la classificazione di altri tipi di strade che si possono trovare in ambito urbano, con funzioni e caratteristiche intermedie rispetto ai tipi precedentemente indicati, quali:

- strade di scorrimento veloce, intermedie tra le autostrade e le strade di scorrimento;
- strade interquartiere, intermedie tra quelle di scorrimento e quelle di quartiere;
- strade locali interzonalì, intermedie tra quelle di quartiere e quelle locali, quest'ultime anche con funzioni di servizio rispetto alle strade di quartiere.

Come precisa il D.M. 6792/2001 però le strade urbane di quartiere sono solo le "strade della rete secondaria di penetrazione che svolgono funzione di collegamento tra le strade urbane locali (facenti parte della rete locale, di accesso) e, qualora esistenti, le strade urbane di scorrimento (rete principale, di distribuzione)".

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Pertanto le strade urbane di quartiere sono strade che entrano nel centro urbano e che nel tracciato extraurbano erano di tipo C "extraurbane secondarie" o, più semplicemente, S.P. o S.S.

Il Comune di Terni è dotato, dall'anno 2010, di un elenco completo delle strade comunali classificate amministrativamente secondo le procedure previste dal già citato Codice della Strada (D.lgs 285/92), mediante Deliberazione di Giunta Comunale prot. 0040769 del 26/02/2010.

Per una completa visualizzazione di tale elenco delle strade e delle relative classificazioni amministrative della viabilità si rimanda all'elaborato "Elenco e Classificazione Delle Strade Comunali".

Si evince, dal suddetto elenco, che le strade comunali presenti nel Comune di Terni sono del tipo C, D, E e F, con netta prevalenza delle ultime due.

Per ogni tipo di strada esistono precisi parametri che sono stati, per quanto possibile, rispettati.

Le caratteristiche standardizzate dei vari tipi di strada sono riassunte nelle successive tabelle, recepite dal D. L.vo 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo Codice della Strada" e si riferiscono alle tipologie di traffico consentito, dimensioni geometriche delle strade, ecc...

	TIPI SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	CATEGORIE DI TRAFFICO													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				PEDONI	ANIMALI	VEICOLI A BRACCIA E A TRAZIONE ANIMALE	VELOCIPEDI	CICLOMOTORI	AUTOVEETTURE	AUTOBUS	AUTOCARRI	AUTOTRENI AUTOARTICOLATI	MACCHINE OPERATRICI	VEICOLI SU ROTAA	SOSTA DI EMERGENZA	SOSTA	ACCESSI PRIVATI DIRETTI
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	○	○	□	○	no
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	□	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	□	□	si
	URBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	○	○	□	○	no
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	□	□	□	si
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	○	○	◆	○	no
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	□	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆	□	si
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO		□	□	◆	◆□ (1)	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆	□	si	
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆	○	no
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	□	◆	□	si
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		○	◆	◆	◆□ (1)	◆	◆	◆	◆	◆	◆	□	◆◆	□	si
LOCALE	F	EXTRAURBANO		□	◆	◆	◆□ (1)	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	□	□	si
		URBANO	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆	□	□	si	

○ non ammessa in piattaforma (3) □ esterno alla carreggiata (in piattaforma)
◆ in carreggiata ◆ parzialmente in carreggiata

NOTE:

- (1) vale se è presente una pista ciclabile.
(2) qualora le categorie 7 e 11 debbano essere ammesse, le dimensioni delle corsie e la geometria dell'asse vanno commisurate con le esigenze dei veicoli appartenenti a tali categorie.
(3) quando è presente una strada di servizio complanare, caso in cui la piattaforma delle due strade (principale e servizio) è unica, la non ammissibilità sulla strada principale è da intendersi limitata alla sola parte di piattaforma che la riguarda.

tipi di strade: categorie di traffico ammesse



TIPI SECONDO IL CODICE		AMBITO TERRITORIALE		Larghezza min, dello spartitraffico (m)	Larghezza min, della banchina in sinistra (m)	Larghezza min, della banchina in destra (m)	Larghezza della corsia di emergenza (m)	
1	2	3		9	10	11	12	
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	strada principale	3,75	2,6	0,70	2,50 *****	3,00
			eventuale strada di servizio	3,50 **	-	0,50	1,25	-
		URBANO	strada principale	3,75	1,8	0,70	2,50 *****	3,00
			eventuale strada di servizio	3,00 [*] **	-	0,50	0,50	-
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	strada principale	3,75	2,50 ***	0,50	1,75	-
			eventuale strada di servizio	3,50 **	2,00 *****	0,50	1,25	-
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO	C1	3,75	-	-	1,50	-
			C2	3,50	-	-	1,25	-
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	strada principale	3,25 [*]	1,8	0,50	1,00	-
			eventuale strada di servizio	2,75 **	-	0,50	0,50	-
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		3,00 [*] **	-	-	0,50	-
LOCALE	F	EXTRAURBANO	F1	3,50	-	-	1,00	-
			F2	3,25	-	-	1,00	-
		URBANO		2,75 **	-	-	0,50	-
* m 3,50 per una corsia per senso di marcia, se strada percorsa da autobus. ** nel caso di una strada a senso unico con una sola corsia, la larghezza complessiva della corsia più le banchine deve essere non inferiore a 5,50 m, incrementando la corsia sino ad un massimo di m 3,75 e riportando la differenza sulla banchina in destra. *** per spartitraffico che ricade nel margine interno **** per spartitraffico che ricade nel margine laterale ***** in assenza di corsia di emergenza								

Composizione della carreggiata

(c1-f1: strada extraurbana a traffico sostenuto; c2-f2: strada extraurbana a traffico limitato)

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



TIPI SECONDO IL CODICE		AMBITO TERRITORIALE	Larghezza min, del margine interno (m)	Larghezza min, del margine laterale (m)	LIVELLO DI SERVIZIO	Portata di servizio per corsia (autoveic. equiv./ora)	Larghezza minima del marciapiedi (m)	
1	2	3	13	14	15	16	17	
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	strada principale	4,0 (a)	6,1 (b)	B (2 o più corsie)	1100	-
			eventuale strada di servizio	-	-	C (1 corsia) C (2 o più corsie)	650 (d) 1350	-
		URBANO	strada principale	3,2 (a)	5,3 (b)	C (2 o più corsie)	1550	-
			eventuale strada di servizio	-	-	D (1 corsia) D (2 o più corsie)	1150 (d) 1650	1,50
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	strada principale	3,5(a)	4,25(b)	B (2 o più corsie)	1000	-
			eventuale strada di servizio	-	-	C (1 corsia) C (2 o più corsie)	650 (d) 1200	-
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO	C1	-	-	C (1 corsia)	- 600 (e)	-
			C2	-	-	C (1 corsia)	- 600 (e)	-
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	strada principale	2,8 (a)	3,30(b)	CAPACITA' (c)	950	1,50
			eventuale strada di servizio	-	-	CAPACITA' (c)	800	1,50
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		0,50 (segnalatica orizz.)	-	CAPACITA' (c)	800	1,50
LOCALE	F	EXTRAURBANO	F1	-	-	C (1 corsia)	- 450 (e)	-
			F2	-	-	C (1 corsia)	- 450 (e)	-
		URBANO		-	-	CAPACITA' (c)	800	1,50

(a) colonne 9 + (10x2).
 (b) colonne 9 + 10 della strada di servizio + 11 o 12.
 (c) in questo caso il livello di servizio non dipende solo dagli elementi geometrici, ma anche dalla regolazione delle intersezioni (ad es, durata di un ciclo semaforico, tempo di verde).
 (d) nell'ipotesi di flusso 100% in una direzione e percentuale di visibilità per il sorpasso 0%.
 (e) nell'ipotesi di flussi bilanciati nei due sensi (percentuale di visibilità per il sorpasso 100%).

Composizione della carreggiata – caratteristiche geometriche.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



In ambito regionale i criteri per la redazione del Piano per l'illuminazione contenute nel REGOLAMENTO REGIONALE 05 Aprile 2007 n.2, riportano tra gli obiettivi non solo la riduzione dell'inquinamento luminoso, ma anche “**il risparmio energetico, la sicurezza del traffico stradale veicolare e pedonale, la sicurezza dei cittadini**”.

La sicurezza è il parametro che assume molteplici aspetti, di natura strettamente tecnica, fondamentale per l'illuminazione stradale e per la corretta progettazione illuminotecnica.

La progettazione, infatti, ha focalizzato l'obiettivo di evitare fenomeni di abbagliamento per i guidatori, ma allo stesso tempo si persegue lo scopo di garantire dei livelli d'illuminamento tali da offrire la possibilità di avere un'adeguata percezione degli oggetti, ed in particolare degli ostacoli.

Per considerare questi aspetti sono stati presi in considerazione alcune grandezze fondamentali come:

- *l'acutezza o acuità visiva*: il minimo angolo visivo entro il quale l'occhio riesce a distinguere la presenza o meno un oggetto
- *la sensibilità al contrasto*: la capacità del sistema visivo di percepire le differenze di luminosità che presentano due zone adiacenti;
- *il campo visivo*: cioè la porzione di spazio percepibile dall'occhio;
- *la percezione cromatica*: ovvero la capacità dell'occhio di percepire e distinguere i colori;
- *il fattore di visibilità*: un parametro in grado di quantificare numericamente la sensibilità dell'occhio;
- *il grado di agibilità di un'area pedonale*: è la possibilità di distinguere tutti gli ostacoli che giacciono sul piano dove si cammina;
- *la quantità di luce* alla quota della pavimentazione;
- *il contrasto delle luminanze* o contrasto relativo delle luminanze: espresso attraverso il seguente rapporto:

$$C = \frac{|L_0 - L_a|}{L_a} \quad \text{dove è}$$

L_a la luminanza dello sfondo o di adattamento [cd/m^2], cioè la luminanza a cui si adatta l'occhio e si assume pari a quella del piano di calpestio nella direzione principale di osservazione, mentre

L_o è la luminanza dell'oggetto [cd/m^2].

La soglia minima del contrasto relativo delle luminanze per consentire la percezione dipende dalla luminanza di adattamento.

Per avere un soddisfacente contrasto tra piani orizzontali e verticali è necessario che l'illuminamento medio sui piani orizzontali prevalga rispetto a quello sui piani verticali.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



L'illuminazione pubblica è stata dai primordi finalizzata alla sicurezza pubblica, cioè la sicurezza fisica e psicologica delle persone e la tutela dei luoghi, funzionale alla prevenzione di atti criminosi.

Nella nostra epoca l'aspetto sociale preponderante dell'illuminazione esterna diventa quella di "vivere la notte", fenomeno tipico della nostra epoca che richiede un tipo d'illuminazione tale da consentire di vivere l'ambiente urbano notturno come lo si vive di giorno.

È evidente come gli elementi che ruotano intorno all'aspetto della sicurezza nell'illuminazione notturna assumano, secondo il caso specifico dell'elemento da progettare, maggiore o minore importanza; comunque la città della notte deve garantire una piena vivibilità attraverso l'utilizzo di un'illuminazione dedicata.

Risulta fondamentale, sia ai fini di una futura stesura di un piano della luce che della seguente progettazione illuminotecnica, definire i parametri di progetto e quindi classificare correttamente il territorio in ogni suo ambito. Fasi della classificazione:

- *Categoria illuminotecnica di ingresso:* Tale categoria dipende esclusivamente dal tipo di strada presente nella zona di studio; Una volta individuata questa categoria, secondo un percorso delineato dalla Norma UNI 11248:2016, si perviene alla classificazione della Categoria Illuminotecnica di Progetto; Tale prima classificazione non è normalmente di competenza del progettista, ma egli può aiutare nell'individuazione della corretta classificazione;
- *Categoria illuminotecnica di progetto:* Essa dipende dall'applicazione dei parametri di influenza e specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel dimensionamento dell'impianto (dipende dalla valutazione dei parametri di influenza costanti nel lungo periodo);
- *Categorie illuminotecniche di esercizio:* Essa si ottiene, partendo dalla Categoria illuminotecnica di progetto, e effettuando un'analisi dei parametri di influenza (**analisi dei rischi**) ed uno studio degli aspetti di contenimento dei consumi energetici. Pertanto, si tratta della Categoria Illuminotecnica che tiene conto delle **effettive condizioni di esercizio** e dunque della variabilità nel tempo dei parametri di influenza e dalle condizioni operative istantanee di funzionamento.

6. FASI DELLA CLASSIFICAZIONE

Per la determinazione dell'illuminamento delle strade del Lotto 2 del Comune di Terni si sono seguite le prescrizioni dettate dalla norma CEI 64-8 sezione 714 (generalità degli impianti esterni d'illuminazione), dalla norma UNI 11248 (modalità e caratteristiche degli apparecchi d'illuminazione esterna stradale) e dalla norma UNI EN 13201 (modalità e caratteristiche degli apparecchi d'illuminazione esterna rotatorie, parcheggi ed altre aree).

6.1 Categoria illuminotecnica di riferimento

Come già anticipato, il primo *step* effettuato è stata la classificazione delle strade oggetto di intervento. Tale classificazione può essere effettuata in n. 2 modi:

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



1. In caso di presenza di strumenti e/o programmazioni urbanistiche comunali, come ad esempio il PRIC (Piano Regolatore Illuminazione Comunale), il PUT (Piano Urbano del Traffico) è possibile utilizzare la classificazione ivi indicata verificandone la compatibilità con quanto definito dal Codice della strada (D.Lgs 285 del 30/04/1992 e successive modifiche) e dal D.M. 6792 del 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".
2. In assenza degli strumenti di cui sopra è possibile identificare la classificazione illuminotecnica della categoria di ingresso sulla base della norma Italiana UNI 11248.

prospetto C.1 Caratteristiche riassuntive dei tipi di strada così come descritte nel prospetto 1 e definite da art. 2 del codice stradale e D.M. 5/11/2001, N° 6792⁽¹⁰⁾

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	N° Minimo Carreggiate indipendenti	N° Minimo di Corsie per senso di marcia	N° di sensi di marcia	Portata max. di servizio per corsia (veicoli/ora)	Ulteriori requisiti minimi, caratteristiche e chiarimenti
A1	Autostrade extraurbane	2	2	2	1 100	
	Autostrade urbane	2	2	2	1 550	
A2	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	2	1	2	Da 650 a 1 350	Sono ricomprese le strade dedicate all'accesso alle autostrade prima delle stazioni (caselli autostradali) I valori minimo e massimo dipendono dal numero di corsie
	Strade di servizio alle autostrade urbane	2	1	2	Da 1 150 a 1 650	
B	Strade extraurbane principali	2	2	2	1 000	Tangenziali e superstrade
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	1	1	2	600	Strade tipo provinciali, regionali e statali Con banchine laterali transitabili
	Strade extraurbane secondarie	1	1	2		
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	1	1	2		
D	Strade urbane di scorrimento	2	2	2	950	Strade urbane di grandi dimensioni e di connessione alla rete "urbana di quartiere" o "extraurbana secondaria"
E	Strade urbane di quartiere	1	1	2	800	Proseguimento delle strade di tipo C "extraurbane secondarie" nella rete urbana Strade tipo provinciali, regionali e statali Con corsie di manovra e parcheggi esterni alla Carreggiata
			2	1		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	1	1	1 o 2	450	Strade in ambito extraurbano diverse da strade di tipo B e C quali strade comunali, vicinali, ecc.
F	Strade locali extraurbane	1	1	1 o 2		
F	Strade locali interzonali	1	1	1 o 2	800	Strade locali di connessione con la "rete secondaria" e di "scorrimento" di maggior rilievo in quanto attraversano il territorio collegando aree urbane confinanti o distanti in area urbane o extraurbane
F	Strade locali urbane	1	1	1 o 2	800	Strade locali diverse da strade di tipo D e E, quali strade residenziali, artigianali, centro cittadino, centro storico, ecc.

Tabella esemplificativa per la corretta classificazione di una strada secondo il codice della strada.



La Norma UNI 11248:2016 propone la tabella esemplificativa precedente per la corretta classificazione di una strada secondo il Codice della Strada. Esulano da questa esemplificazione le sole strade urbane su cui si svolgono regolari servizi di trasporti pubblici (autobus di linea), che non possono essere classificate come Strade F – Urbane Locali.

Come detto in precedenza, il Comune di Terni è dotato, dall'anno 2010, di un elenco completo delle strade comunali classificate amministrativamente secondo le procedure previste dal già citato Codice della Strada (D.lgs 285/92).

prospetto 1 **Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi**

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A1	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	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) ¹⁾	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 ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	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 gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	
1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792 ¹⁰⁾ . 2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6). 3) Vedere punto 6.3. 4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".			

Prospetto 1 Classificazione strade e Individuazione Cat. illuminotecnica della Norma UNI 11248:2016.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Secondo la classificazione del Decreto Legislativo 30 aprile 1992 N° 285 "Nuovo Codice della Strada" e successive integrazioni e modifiche, la norma UNI 11248 attribuisce, una categoria illuminotecnica di ingresso. **La tabella precedente riporta il prospetto 1 della norma UNI 11248, che partendo dalla tipologia di strada, assegna la categoria illuminotecnica di ingresso.**

6.2 Categoria illuminotecnica di Progetto e di Esercizio

L'analisi dei parametri di influenza viene condotta dal progettista all'interno dell'analisi del rischio, e quest'ultimo può anche decidere di non definire la categoria illuminotecnica di ingresso e determinare direttamente quella di progetto. Nello specifico la valutazione della complessità del campo visivo è di responsabilità del progettista ed è elevata nel caso di strada tortuosa, con numerosi ostacoli alla visione anche in funzione di alte velocità.

La norma UNI 11248 introduce e propone, nei prospetti 2 e 3, alcuni possibili parametri di influenza, ovviamente non tutti applicabili in ciascun ambito illuminotecnico.

prospetto 2 Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto ^{1) 2)}	1
Segnaletica cospicua ³⁾ nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse.	
2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità.	
3) Riferimenti in CIE 137 ^[5] .	

prospetto 3 Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale

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

Prospetti 2 e 3 Norma UNI 11248:2016.

Nello specifico i prospetti 2 e 3 identificano quelli fondamentali applicabili in ambito stradale e per piste ciclabili, che possono essere integrati previa adeguata analisi dei possibili rischi, in ambiti stradali o pedonali misti con alcuni dei parametri di influenza, allo scopo di declassare ulteriormente l'ambito da illuminare e quindi di favorire il risparmio energetico.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Si riportano alcuni passi tratti dalla UNI 11248-2016 circa la metodologia utilizzata per l'effettuazione dell'analisi dei rischi.

Come prima cosa, si deve:

- valutare anche le possibili variazioni nel tempo del parametro considerato, notando la lunga vita di un impianto, se paragonata all'evoluzione delle condizioni del traffico e allo sviluppo della rete stradale;
- accordarsi con il committente sul peso dei singoli parametri;
- limitare l'influenza di ogni parametro alla variazione massima di una categoria illuminotecnica come esemplificato nel prospetto 2, salvo per flussi di traffico minori del 25% rispetto alla portata di servizio;
- limitare le scelte tra le categorie illuminotecniche definite nella UNI EN 13201-2 evitando la creazione di nuove categorie, per esempio, introducendo livelli non previsti di luminanza o valori di uniformità, ad eccezione dei casi previsti in appendice D.

Non devono in ogni caso essere previste categorie con prestazioni inferiori a quelle associate all'ultima categoria illuminotecnica definita nei prospetti della UNI EN 13201-2.

La categoria illuminotecnica di progetto deve essere valutata per la portata di servizio massima della strada, indipendentemente dal flusso orario di traffico effettivamente presente e considerando i parametri del prospetto 2. Il decremento massimo della categoria illuminotecnica di progetto a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso potrà essere pari a due categorie.

Nel caso in cui dati storici, statistici o previsionali evidenzino che condizioni di traffico minori del 50% o del 25% della portata di servizio massima siano reali e continuative per la vita prevista dell'impianto, la categoria illuminotecnica di progetto può essere ridotta, in accordo con il committente, di una categoria illuminotecnica nel caso di flussi di traffico stabilmente minori del 50% e di due categorie illuminotecniche nel caso di flussi di traffico stabilmente minori del 25%. Se per questa ragione si riduce di due valori la categoria illuminotecnica di ingresso, le eventuali categorie di esercizio dovranno fare riferimento ad altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale.

Il decremento massimo per la categoria illuminotecnica di esercizio a partire dalla categoria illuminotecnica di progetto potrà essere pari a una categoria qualora la riduzione della categoria illuminotecnica di progetto sia pari a due categorie illuminotecniche, altrimenti il decremento non potrà essere superiore a due categorie illuminotecniche.

Le regole precedentemente definite sono esplicitate nel prospetto 4 della UNI 11248-2016



prospetto 4 Possibili casi di riduzione della categoria illuminotecnica di ingresso

Impianto	Riduzione adottata per la categoria illuminotecnica di progetto rispetto alla categoria di ingresso	Riduzione massima adottata per la categoria illuminotecnica di esercizio	Riduzione massima della categoria di esercizio rispetto alla categoria di ingresso
Normale	0	0	0
		1	1
		2	2
	1	0	1
		1	2
		2	3
	2	0	2
		1	3
Condizioni di traffico stabilmente minori rispetto alla portata di servizio massima	1 (flusso di traffico stabilmente minore del 50%)	0	1
		1	2
		2	3
	2 (flusso di traffico stabilmente minore del 25%)	0	2
		1 (per altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale)	3
Impianti adattivi FAI	0	0	0
		1	1
		2	2
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	3
	1	0	1
		1	2
		2	3
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	4
	2	0	2
		1	3
		2	4
		(per flusso di traffico minore del 12,5%)	

Prospetto 4 della norma UNI 11248:2016

Il decremento massimo della categoria illuminotecnica di progetto a partire dalla categoria illuminotecnica di ingresso potrà essere pari a due categorie.

Si riportano per le strade più comuni, tipo F, le situazioni di riferimento:

- categoria illuminotecnica di ingresso M4

Dalla analisi dei rischi si determinano i parametri di riduzione sotto indicati:

(+1) con complessità normale del campo visivo (nella maggior parte delle situazioni)

(+1) con assenza di pericolo di aggressione

(+1) con condizioni non conflittuali



La variazione della categoria illuminotecnica indicata nel prospetto è intesa come incremento da apportare al numero che appare nella sigla della categoria di ingresso per l'analisi dei rischi, ottenendo una categoria con requisiti prestazionali inferiori.

La norma consente di declassare fino a massimo due categorie, per cui quasi sempre la categoria di progetto si porta ad M5 ed eventualmente, dopo attenta valutazione, quella di esercizio ad M6.

Qualora non sia applicabile il calcolo della luminanza secondo EN 13201, si usa la categoria equivalente C.

Il decremento massimo per la categoria illuminotecnica di esercizio a partire dalla categoria illuminotecnica di progetto potrà essere pari a una categoria qualora la riduzione della categoria illuminotecnica di progetto sia pari a due categorie illuminotecniche, altrimenti il decremento non potrà essere superiore a due categorie illuminotecniche.

La classificazione illuminotecnica in ambito stradale ha come fine ultimo la definizione dei valori progettuali di luminanza che devono rispettare i progetti illuminotecnici definiti nel prospetto 1 della UNI EN 13201-2. Ed. 02- 2016.

prospetto 1 **Categorie Illuminotecniche M**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_o [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{Tl}^{c)}$ [massima] %	$R_{Et}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_l) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{Tl} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Prospetto 1 Categorie Illuminotecniche M della Norma UNI 11248:2016.

Per portare in conto i flussi di traffico la norma UNI 11248 dà la possibilità di ridurre i livelli di luminanza in presenza di traffico inferiore al 50% e al 25% del livello massimo consentito per ogni tipo di strada nelle ore di accensione degli impianti. La categoria illuminotecnica che corrisponde ad ogni classe di strada vale per i

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



flussi di traffico massimi previsti. Riducendo il livello di flusso di traffico in base all'analisi del rischio si può abbassare la categoria illuminotecnica e quindi il livello di luminanza di quella determinata strada.

Data l'importanza del fattore "flusso di traffico", si sottolinea l'assenza di studi e relativi dati inerenti i reali flussi sulle strade di competenza comunale, che avrebbero consentito una più precisa classificazione illuminotecnica stradale per l'intera infrastruttura.

Si specifica inoltre che, nel presente progetto, su indicazioni dell'Ufficio Energy & Fleet Manager e del RUP, non è stata apportata nessuna riduzione di classe illuminotecnica.

6.3 Ambito Non Stradale

La classificazione illuminotecnica degli altri ambiti del territorio definisce i valori progettuali in termini di illuminamento. Le norme di riferimento sono le seguenti:

- UNI EN 13201:2016 e UNI 11248:2016– parcheggi e piazze, incroci e rotatorie, ciclabili, parchi, pedonali, etc.
- UNI EN12193:2019 – impianto sportivi
- EN 12462 – Aree industriali di lavoro con utilizzo anche notturno.

Per definire le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio è necessario conoscere i parametri illuminotecnici per ottenere la conformità alla L.R.20/05 della progettazione:

- la luminanza media mantenuta in ambiti stradali;
- gli illuminamenti orizzontali medi mantenuti negli altri ambiti.

In generale in relazione al tipo di applicazione le grandezze di riferimento sono quelle riportate nella tabella seguente:

APPLICAZIONE	Categ. EN 13201	Parametro di progetto	Grandezza di progetto	Grandezza da verificare	Ulteriore parametro da verificare	Grandezza da verificare
Pedonali, parchi, giardini, parcheggi, piazze, ciclabili	P	Illuminamento orizzontale	E medio minimo mantenuto (lx)	E min Mantenuto (lx)	Illuminamento semicilindrico	Esc minimo Mantenuto (lx)
Rotatorie, zone conflitto, intersezioni, sottopassi	C	Illuminamento orizzontale	E medio minimo mantenuto (lx)	Uo Uniformità di Emedio (Emed/Emin)	Illuminamento verticale	Ev minimo mantenuto (lx)

Definizione dei parametri illuminotecnici di progetto da ottimizzare e minimizzare

I valori di ogni categoria saranno evidenziati per ogni tratto di strada e area omogenea e sono di seguito elencati:

Illuminamento medio, (Emed) (su una zona della strada): valore medio dell'illuminamento orizzontale calcolato su una zona della strada.



Illuminamento minimo (E_{min}) (su una zona della strada): valore minimo dell'illuminamento orizzontale calcolato su una zona della strada.

Uniformità generale, (U₀) (della luminanza del manto stradale): rapporto tra il valore minimo e il valore medio.

Incremento di soglia percentuale (f_{TI}): misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento debilitante degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale.

Illuminamento semicilindrico (E_{sc}) (in un punto): flusso luminoso che cade sulla superficie curva di un semi cilindro molto piccolo, diviso per l'area del semi cilindro.

luminanza minima mantenuta, (L): valore che assume la luminanza del manto stradale nelle condizioni peggiori di invecchiamento e di insudiciamento dell'impianto di illuminazione.

Uniformità longitudinale, (U_l) (della luminanza del manto stradale di una carreggiata): valore minimo dell'uniformità longitudinale della corsia di marcia.

Rapporto di contiguità (SR) (di illuminamento di una carreggiata di una strada): Illuminamento medio sulle fasce appena al di fuori della carreggiata.

In particolare vengono stabilite delle categorie illuminotecniche definite da una serie di requisiti fotometrici che tengono conto delle esigenze visive di determinati utenti della strada, zone limitrofe e ambienti.

I requisiti illuminotecnici di progetto, in altri ambiti, sono così suddivisi:

Categoria C: Definisce gli illuminamenti orizzontali di aree di conflitto come strade commerciali, incroci principali, rotatorie, sottopassi pedonali ecc.

Categoria P o HS: Definiscono gli illuminamenti orizzontali per strade e piazze pedonali, piste ciclabili, parcheggi ecc., oltre ai requisiti aggiuntivi di cui alle classi.

Categoria SC: Favorisce la percezione della sicurezza e la riduzione della propensione al crimine.

Categoria EV: Favorisce la percezione di piani verticali in passaggi pedonali, caselli, svincoli o zone di interscambio) o in zone con rischio di azioni criminose, ecc.

Le **categorie C** del Prospetto 2, di seguito riportato, riguardano i conducenti di veicoli motorizzati e altri utenti della strada in zone di conflitto come strade in zone commerciali, incroci stradali di una certa complessità, rotonde, zone con presenza di coda. Indicazioni per l'applicazione di tali categorie sono fornite nella CEN/TR 13201-1. Le **categorie C** si utilizzano principalmente quando le convenzioni per i calcoli della luminanza del manto stradale non valgono o risultano inapplicabili. Questo può accadere quando le distanze di osservazione sono minori di 60 m e quando posizioni diverse dell'osservatore sono significative.

Le categorie C si applicano contemporaneamente agli altri utenti della strada nella zona di conflitto.



prospetto 2 **Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale**

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

L'illuminamento medio (E) e l'uniformità generale dell'illuminamento (U) devono essere calcolati e misurati in conformità alla EN 13201-3 e alla EN 13201-4.

La zona della strada per la quale si applicano i requisiti del prospetto 2 può comprendere solo la carreggiata (quando si applicano altri requisiti per l'illuminazione adeguata delle zone per pedoni e ciclisti) oppure anche altre zone della strada.

Le **categorie P** o le **categorie HS** dei prospetti 3 e 4, di seguito riportati, riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza e altre zone della strada separate o lungo la carreggiata di una via di traffico, nonché a strade urbane, strade pedonali, parcheggi, cortili scolastici, ecc.

Si riportano di seguito le tabelle della norma UNI EN 13201-2 in cui vengono indicati i valori richiesti per gli **illuminamenti orizzontali categoria P** e dell'**illuminamento emisferico categoria HS**.

prospetto 3 **Categorie illuminotecniche P**

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	\bar{E}^a [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.

prospetto 4 **Categorie illuminotecniche HS**

Categoria	Illuminamento emisferico	
	\bar{E}_{hs} [minimo mantenuto] lx	U_0 [minimo]
HS1	5,00	0,15
HS2	2,50	0,15
HS3	1,00	0,15
HS4	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



La zona della strada per la quale si applicano i requisiti delle categorie illuminotecniche P o HS può comprendere tutta la strada, come le carreggiate di strade urbane e gli spartitraffico tra carreggiate, marciapiedi e piste ciclabili.

Le categorie SC nel prospetto 5, di seguito riportato, sono previste come categorie complementari per le aree pedonali ai fini del miglioramento del riconoscimento facciale e dell'aumento della sensazione di sicurezza. Il valore di E_{sc,min} deve essere valutato su un piano a 1,5 m al di sopra della zona della strada.

Si riporta di seguito la tabella dalla norma UNI EN 13201-2 in cui vengono indicati i valori richiesti per gli **illuminamenti semicilindrici classe SC** (Classe aggiuntiva per aumentare la percezione di sicurezza e ridurre la propensione al crimine).

prospetto 5 **Categorie illuminotecniche SC**

Illuminamento semicilindrico	
Categoria	E _{sc,min} [mantenuto] lx
SC1	10,0
SC2	7,50
SC3	5,00
SC4	3,00
SC5	2,00
SC6	1,50
SC7	1,00
SC8	0,75
SC9	0,50

La classe SC viene utilizzata per definire dei valori di riferimento nel riconoscimento delle forme tridimensionali (un persona e il suo volto).

Una buona percezione di una figura a una distanza adeguata consente, per la maggioranza degli individui, di accrescere il senso di sicurezza e quindi il piacere di permanere in un determinato luogo.

Le categorie EV del prospetto 6 (di seguito riportato) sono previste come categorie complementari in situazioni dove è necessario vedere superfici verticali, per esempio nelle zone di intersezione. La zona della strada per la quale si applicano i requisiti dei prospetti 5 e 6 può comprendere tutta la zona della strada, come le carreggiate di strade urbane e gli spartitraffico tra carreggiate, marciapiedi e piste ciclabili.

prospetto 6 **Categorie illuminotecniche EV**

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	E _{v,min} [mantenuto] lx
EV1	50
EV2	30
EV3	10,0
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

Quando si deve facilitare la visione delle superfici verticali (per esempio nei casi di svincoli o zone di interscambio) o in zone con rischio di azioni criminose si ricorre a prescrizioni anche per l'illuminazione sul piano verticale.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Alle categorie illuminotecniche individuate precedentemente si deve aggiungere la categoria illuminotecnica specificata nel prospetto 7.

prospetto 7 **Categorie illuminotecniche addizionali**

Categoria illuminotecnica										
Categoria illuminotecnica individuata	C0	C1	C2	C3	C4	C5	-	-	-	
	-	-	-	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Categoria illuminotecnica addizionale	-	EV3	EV4	EV5	-	-	-	-	-	

Infine, si richiede il rispetto dei requisiti per evitare il fenomeno dell'abbagliamento, che può essere di due tipi: abbagliamento debilitante e abbagliamento molesto.

Per la **limitazione dell'abbagliamento debilitante** può essere dimostrata valutando i valori dell'indice TI per tutte le combinazioni pertinenti delle direzioni di osservazione e delle posizioni dell'osservatore oppure ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie G*1, G*2, G*3, G*4, G*5 o G*6.

prospetto A.1 **Categorie di Intensità luminosa**

Categoria	Intensità luminosa ^{a)} massima in direzioni al di sotto della linea orizzontale in cd/klm del flusso di emissione dell'apparecchio di illuminazione			Altri requisiti
	a 70° e oltre ^{b)}	a 80° e oltre ^{b)}	a 90° e oltre ^{b)}	
G*1		200	50	Nessuno
G*2		150	30	Nessuno
G*3		100	20	Nessuno
G*4	500	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° ^{b)} pari a zero ^{c)}
G*5	350	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° ^{b)} pari a zero ^{c)}
G*6	350	100	0 ^{c)}	Intensità luminose per angoli maggiori di 90° ^{b)} pari a zero ^{c)}

a) Le intensità luminose sono indicate per qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso.
b) Qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso.
c) Le intensità luminose fino a 1 cd/klm possono essere considerate pari a zero.

Nota 1 Per apparecchi di illuminazione muniti di lampade di flusso luminoso maggiore può essere necessario limitare anche le intensità luminose assolute.

Nota 2 G*1, G*2 e G*3 corrispondono ai concetti di "semi cut-off" e "cut-off" di uso tradizionale, con requisiti tuttavia modificati in funzione dell'uso prevalente delle sorgenti luminose e degli apparecchi di illuminazione. G*4, G*5 e G*6 corrispondono alla schermatura totale.

La **limitazione dell'abbagliamento molesto** può essere ottenuta attraverso la scelta degli apparecchi di illuminazione secondo le categorie D1, D2, D3, D4, D5 o D6 dell'appendice A della UNI EN 13201-2 dove l'indice di abbagliamento è espresso in cd/m.

Per le categorie HS del prospetto 4, sono pertinenti solo le categorie D5 o D6.

prospetto A.2 **Categorie dell'indice di abbagliamento**

Categoria	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Indice di abbagliamento massimo	-	7 000	5 500	4 000	2 000	1 000	500

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Tutta l'analisi dei requisiti descritti nel presente paragrafo, concorrono alla determinazione della Categoria Illuminotecnica M di progetto definita dalla Norma UNI EN 11284:2016, così come indicato nella relativa Tabella del presente documento.

Il procedimento appena illustrato è stato utilizzato nei calcoli illuminotecnici effettuati per il presente progetto, e riportato nel relativo elaborato.

7. CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE DEL COMUNE DI TERNI

La progettazione illuminotecnica effettuata è stata determinata dalla classificazione della rete viaria del Comune di Terni valutata nelle condizioni attuali, mediante la già citata tabella delle strade comunali con classificazione amministrativa della viabilità. A seguito di tale determinazione è risultato che il territorio del Comune di Terni è caratterizzato principalmente da strade di tipo E ed F; **in seguito a precisa richiesta dell'ufficio Energia competente si è provveduto a confermare la categoria illuminotecnica di riferimento prefissata senza nessuna declassazione.**

8. INTERVENTI DI ADEGUAMENTO NORMATIVO IMPIANTO DI IP

Come rilevato dalle analisi effettuate e dalle criticità riscontrate, sono stati predisposti gli opportuni interventi per adeguare alla normativa nazionale e regionale l'impianto di illuminazione pubblica delle strade afferenti al Lotto n.2 del Comune di Terni.

Tali interventi nascono dall'esigenza primaria di diminuire le cadute di tensione sotto le soglie ammissibili, utilizzando il più possibile le linee di distribuzione esistenti.

8.1. Sostituzione apparecchi esistenti con nuove tipologie di lampade a LED

Il principale intervento che caratterizza il presente progetto è relativo alla totale sostituzione delle lampade censite dell'impianto di pubblica illuminazione riferito alle strade del Lotto 2.

La scelta della tipologia di lampada da adottare deriva da un'analisi tecnica e normativa delle tipologie di lampade presenti sul mercato e dell'analisi della situazione esistente nel comune di Terni.

8.1.1 Indicazione delle norme tecniche da applicare

La Legge Regionale n.20/05, all' Art. 2 c.5 dispone che:

“impianti di illuminazione pubblica e privata realizzati sul territorio regionale devono essere realizzati secondo criteri antinquinamento luminoso ed a ridotto consumo energetico e devono quindi possedere, contemporaneamente, i seguenti requisiti minimi:

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



- a) apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima di 0 candele per 1000 lumen per angoli gamma uguali a 90 gradi ed oltre;
- b) lampade con la più alta efficienza possibile in relazione allo stato della tecnologia e tenuto conto della specifica applicazione;
- c) luminanza media della superficie illuminata non superiore ad una candela per metro quadrato ovvero, per gli impianti finalizzati alla sicurezza di persone o cose, non superiore ai valori minimi prescritti dalle norme che ne disciplinano l'illuminazione;
- d) impiego, a parità di luminanza, di apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni ottimali di interasse dei punti luce e ridotti costi manutentivi;
- e) dispositivi in grado di ridurre entro le ore ventiquattro l'emissione di luce in misura non inferiore al trenta per cento rispetto ai valori di pieno regime di operatività."

L'ottimizzazione degli impianti d'illuminazione stradale si può conseguire con il concorso:

- di una corretta classificazione;
- dell'utilizzo dei valori minimi di luminanza previsti dalle norme;
- dell'utilizzo, a parità di condizioni illuminotecniche e numero di sostegni di corpi illuminanti che conseguono la minore potenza installata ed i maggiori risparmi di esercizio e manutentivi.

Tale ottimizzazione si ottiene solo con una progettazione illuminotecnica accurata che tenga conto e ricerchi la configurazione dell'impianto che meglio soddisfi le seguenti indicazioni:

- massimizzare il rapporto interdistanza su altezza palo, scegliendo i progetti con rapporti minimi;
- minimizzare la potenza installata per chilometro di strada;
- minimizzare i costi di esercizio e di manutenzione.

Per ottenere i risultati richiesti è necessario scegliere accuratamente i corpi illuminanti normalmente preferendo quelli che, a parità di condizioni con corpo con vetro piano orizzontale, sono caratterizzati da curve fotometriche molto aperte e fortemente asimmetriche lungo l'asse trasversale alla strada per riuscire a coprire in modo uniforme tutta la strada e le sue aree attinenti.

Nel caso in oggetto, i calcoli illuminotecnici sono stati conseguiti su n. 20 sezioni stradali, scelte accuratamente secondo diversi criteri quali:

- **tipologia stradale;**
- **dimensioni geometriche di carreggiata, marciapiedi e eventuali parcheggi;**
- **altezza dei sostegni e posizione del punto luce rispetto alla carreggiata.**

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Nome strada Name	Larghezza strada Width of the road	N. Corsie Num. Lanes	Tipo di Strada	Categoria Illuminot. di ingresso	Categoria Illuminot. di progetto Class	Disposiz. apparecch i Style	Sporgenza p.l. Overhang	Interdis tanza Delta	Altezza Lph
Via Walter Lessini (ID 2455)	8+8	4	E	M2	M2	middle	+1,5 e +1,5	30	9
Via della Vittoria (ID 3072)	10	1	F	M3	M3	left	- 0,4	23	7
Corso Cornelio Tacito (ID 3400-3401)	11	1	E	C4	C4	both	+ 2,3	10	3
Via Goldoni (ID 3418)	11	2	F	C4	C4	middle	0	16	4,5
Viale Trieste (ID 2017)	8	2	E	M2	M2	right	+ 2	22	9
Via Annamaria Mozzoni (ID 1896)	6,5	2	F	M3	M3	left	- 0,5	30	8
Via Montesanto (ID 2045)	7,5	2	F	M3	M3	right	+ 1,4	32	7,5
Via Tagliamento (ID 2089)	7	2	F	M3	M3	left	- 0,7	24	5
Via Timavo (ID 2158)	6	2	F	M3	M3	right	- 0,8	24	7,5
Via A. Guazzaroni (ID 1718)	7	2	F	M3	M3	right	+ 1	27	9
Via Irma Bandiera (ID 1806)	12	2	E	M2	M2	left	+ 1,6	20	9
Via Palestro (ID 2206)	7+7	2	F	M3	M3	middle	+0,5 e +0,5	26	8
Viale Filippo Turati (ID 2415)	8	2	E/D	M2	M2	middle	+4	32	8
Via Adriano Garofoli (ID 2902)	9	2	F	M3	M3	left	- 0,5	28	8,5
Via Monticano (ID 2127)	7	1	F	M3	M3	left	- 0,3	24	7
Via Tre Monumenti (ID 3029)	10	1	E	M2	M2	left	- 0,5	25	7
Via Curio Fornaci (ID 2873)	10	2	F	M3	M3	right	+ 0,5	24	11
Via Isonzo (ID 2164)	7	1	F	M3	M3	right	- 0,7	22	5
Via Antonio Meucci (ID 3043)	9	1	F	M3	M3	right	- 0,5	26	4
Via Giotto (ID 3876)	7	1	F	M3	M3	right	- 1,5	31	8
Via Gramsci	2,5	2	D	C4	C4	left	-0,5	12	4,5

Sezioni stradali su cui sono stati effettuati i calcoli illuminotecnici

Successivamente si è proceduto ad associare tutte le strade del Comune di Terni, appartenenti al Lotto n.2, a queste 20 sezioni stradali sulle quali sono stati conseguiti i calcoli illuminotecnici, in funzione dei già citati parametri; in questo modo si sono così le tipologie e le potenze delle lampade di progetto, riportati nel dettaglio negli "Elaborati grafici di Progetto".

Per informazioni dettagliate circa i calcoli illuminotecnici eseguiti si rimanda all'elaborato di progetto "Calcoli Illuminotecnici".

8.1.2 Tipologie di sorgenti luminose (norme regionali e nazionali)

L'adozione dei sistemi a LED è preferibile in quanto i consumi energetici derivanti ed i costi manutentivi vengono abbattuti notevolmente (vista l'aspettativa di vita dei led dalle 4 alle 7 volte superiore a quella di lampade SAP).

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



L'utilizzo di sorgenti e degli apparecchi a LED non deroga comunque dalla prescrizione della L.R. 20/05 di emissione massima di 0 cd/klm a 90° ed oltre.

Riassumendo le sorgenti luminose privilegiate dalla legislazione regionale sono:

- Armature stradali con potenze in relazione alla classificazione illuminotecnica della strada e con efficienza luminosa non inferiore a 90 lm/watt;
- Centri storici, aree verdi attrezzate ed altre aree particolari: Armature stradali con efficienze luminose non inferiori a 80 lm/watt; nel caso di lampade a fluorescenza compatte di potenza inferiore a 50 watt, sono consentite efficienze luminose non inferiori a 60 lm/watt; con efficienza >90 lm/W;
- Impianti sportivi: lampade di efficienza non inferiore a 70 lm/watt nel rispetto dei requisiti illuminotecnici;
- Parchi, piste ciclabili e residenziale: Fluorescenza, sodio alta pressione e in specifici e limitati ambiti, ioduri metallici a bruciatore ceramico con efficienza > 90 lm/W;
- Monumenti ed edifici di valore storico, artistico ed architettonico: apparecchi, accessori e dispositivi atti a minimizzare il flusso indirizzato al di fuori delle superfici da illuminare con potenza e colore luminoso da scegliere in relazione alle tipologie e colori delle superfici da illuminare;

L'adesione dell'Italia agli obiettivi prefissati in ambito europeo, riduzione delle emissioni, oltre che una necessaria e doverosa razionalizzazione delle spese, hanno indotto all'emanazione di una serie di provvedimenti finalizzati a stabilire delle linee guida nell'ambito dell'efficientamento nell'apparato amministrativo dello stato.

A tal scopo, infatti, è stato redatto il Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione, di seguito PAN GPP1 che tiene conto di quanto proposto nelle comunicazioni su Consumo e Produzione Sostenibile (COM (2008) 397) e sul GPP (COM (2008) 400), è stato adottato con decreto interministeriale del 11 aprile 2008 e pubblicato sulla GU n. 107 del 8 maggio 2008, ed aggiornato con decreto ministeriale del 10 aprile 2013.

L'intento di sostenere il raggiungimento degli obiettivi energetici prefissati è stato poi successivamente espresso attraverso il decreto del 23 Dicembre 2013, parte III "Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica", che fornisce le linee guida per l'installazione di apparecchi che garantiscano la sostenibilità dell'intervento di efficientamento.

Inoltre, il 18 ottobre 2017 nel supplemento n.333 della Gazzetta Ufficiale sono stati pubblicati i Criteri Ambientali Minimi che le Amministrazioni Pubbliche, ai sensi del D.Lgs 50/2016, debbono utilizzare nell'ambito delle procedure d'acquisto di:

- sorgenti di illuminazione per illuminazione pubblica
- apparecchi d'illuminazione per illuminazione pubblica
- e nel caso di affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Non rientrano nell'oggetto di questo documento:

- pali, strutture di sostegno ed ogni altro tipo di supporto degli apparecchi di illuminazione;
- illuminazione di: gallerie, parcheggi privati ad uso privato, aree private a uso commerciale o industriale, campi sportivi, monumenti, edifici, alberi, ecc. (illuminazione artistica).

Nel capitolo 3 di tale documento è richiamata la principale normativa vigente e sono fornite le indicazioni per la preparazione e l'espletamento delle procedure d'acquisto e per l'esecuzione del contratto.

Nel capitolo 4 sono definiti i CAM cioè i criteri ambientali minimi richiesti per le forniture.

In particolare, per quanto riguarda i CAM dell'illuminazione pubblica essi sono articolati in schede separate, ciascuna relativa ad una tipologia di prodotti/servizi:

- ✓ **Scheda 4.1:** sorgenti luminose,
- ✓ **Scheda 4.2:** apparecchi di illuminazione,
- ✓ **Scheda 4.3:** progettazione di impianti.

Le schede 4.1 e 4.2 devono essere utilizzate dalle Amministrazioni per l'acquisizione di sorgenti luminose e alimentatori, o apparecchi di illuminazione da installare in impianti di illuminazione pubblica. La scheda 4.3 deve essere utilizzata dalle Amministrazioni nella progettazione o nell'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica. Tale progettazione deve tener conto dei criteri stabiliti nelle schede 4.1 e 4.2. Le specifiche tecniche devono essere utilizzate dalle Amministrazioni indipendentemente dalle modalità con cui tale progettazione viene affidata e dall'esecutore materiale della stessa.

Le specifiche tecniche definite in ciascuna scheda debbono essere utilizzate sia nelle attività di manutenzione e/o riqualificazione di un impianto esistente, sia in quelle di realizzazione di un nuovo impianto. In ciascuna scheda i CAM sono divisi in 4 sezioni come di seguito indicato: requisiti dei candidati (criteri di base): atti a provare la capacità tecnica del candidato ad eseguire il contratto (di fornitura/servizio) in modo da ridurre gli impatti ambientali; specifiche tecniche (criteri di base): che definiscono il livello minimo da raggiungere in relazione ai più significativi impatti ambientali dei prodotti/servizio. Questo non esclude che le Amministrazioni pubbliche possano porsi obiettivi più ambiziosi e a questo scopo ad esempio utilizzare i criteri di aggiudicazione definiti in questo documento come specifiche tecniche; clausole contrattuali (criteri di base): criteri di sostenibilità che l'appaltatore si impegna a rispettare durante lo svolgimento del contratto; criteri premianti (criteri di aggiudicazione): criteri di valutazione dell'offerta cui debbono essere attribuiti, nei documenti della procedura d'acquisto, specifici punteggi. I criteri premianti definiti in questo documento sono atti a selezionare prodotti/servizi più sostenibili di quelli che si possono ottenere con il rispetto dei soli criteri di base di cui sopra. L'intervento proposto prevede l'installazione di tutte apparecchiature a led in sostituzione di quelle esistenti, e l'installazione di regolatori di flusso sia a quadro che puntuali. Tali apparecchiature rispettano i valori minimi previsti dai CAM per tali componenti che sono indicati di seguito.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



8.1.3 Sorgenti luminose (C.A.M. Cap. 4.1)

I criteri ambientali sono relativi alla sostituzione delle lampade esistenti in un impianto di illuminazione pubblica con lampada a maggiore efficienza. Nella maggior parte dei casi la sostituzione di una vecchia sorgente luminosa con una di ultima generazione avviene con sistemi a LED. I C.A.M. riferiti alle sorgenti luminose, riportano i requisiti chetali sistemi dovrebbero avere e prescrivono ulteriori requisiti che le Amministrazioni Appaltanti possono usare come Criteri Premiati in fase di appalto dei lavori.

Si riportano di seguito le specifiche tecniche minime previste per le lampade a LED.

Per quanto riguarda le sorgenti luminose a LED con resa cromatica $Ra > 60$ i CAM prevedono i seguenti valori minimi di seguito descritti.

I moduli LED devono raggiungere, alla potenza nominale di alimentazione le seguenti caratteristiche:

EFFICIENZA LUMINOSA DEL MODULO LED COMPLETO DI SISTEMA OTTICO (lm/W)	EFFICIENZA LUMINOSA DEL MODULO LED SENZA SISTEMA OTTICO (lm/W)
≥ 95	≥ 110

Variatione cromatica pari a $\Delta u'v' \leq 0,004$ su diagramma CIE 1976

Variatione massima \leq Elisse di Mc Adam a 5 step sul diagramma CEI1931

Per ottimizzare i costi di manutenzione, i moduli LED d debbono presentare, coerentemente con le indicazioni fornite dalla norma EN 62717 e s. m. e i., alla temperatura di funzionamento t_p e alla corrente di alimentazione più alte (condizioni più gravose), le seguenti caratteristiche:

FATTORE DI MANTENIMENTO DEL FLUSSO LUMINOSO (%)	TASSO DI GUASTO (%)
L80 per 60000 h di funzionamento	B10 per 60000 h di funzionamento

in cui:

L80: Flusso luminoso nominale maggiore o uguale all'80% del flusso luminoso nominale iniziale

B10: Tasso di guasto inferiore o uguale al 10%

Gli alimentatori per i moduli a LED devono avere le seguenti caratteristiche:

POTENZA NOMINALE MODULO LED P(W)	RENDIMENTO ALIMENTATORE (%)
$P \leq 10$	70
$10 < P \leq 25$	75
$25 < P \leq 50$	83
$50 < P \leq 60$	86
$60 < P \leq 100$	88
$100 < P$	90



8.1.4 Corpi illuminanti

I criteri ambientali sono relativi alla sostituzione dei soli corpi illuminanti, senza modifiche dei relativi supporti; Per quanto riguarda i corpi illuminanti a led, oltre ad avere la Dichiarazione di conformità UE, devono rispettare le seguenti caratteristiche a seconda dell'ambito di installazione:

	STRADALE	PARCHEGGI ROTATORIE	CICLO PEDONALI	AREE VERDI	CENTRI STORICI
PROPRIETA' DELL'APPARECCHIO	VALORI MINIMI				
IP VANO OTTICO	IP 65	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55
IP VANO CABLAGGIO	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55	IP 43
CAT. DI INTENSITA' LUMINOSA	≥ G*2	≥ G*2	≥ G*2	≥ G*3	≥ G*2
RESISTENZA AGLI URTI	IK06	IK06	IK06	IK06	-
RESISTENZA ALLE SOVRATENSIONI	4KV	4KV	4KV	4KV	4KV

Inoltre, i C.A.M. riportano le specifiche tecniche e i requisiti minimi che i corpi illuminanti dovrebbero avere in relazione a :

- Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione;
- Flusso luminoso emesso direttamente dall'apparecchio di illuminazione verso l'emisfero superiore in funzione degli ambiti di installazione;
- Fattore di mantenimento del flusso luminoso e tasso di guasto per apparecchi di illuminazione LED;
- Sistema di regolazione del flusso luminoso;

8.1.5 Progettazione illuminotecnica e prestazione energetica dell'impianto

I criteri ambientali provengono dal recepimento della direttiva europea EuP2005/32/CE, che attraverso una scansione temporale degli interventi condurrà all'eliminazione delle lampade poco efficienti. In questo caso poiché i consumi energetici dell'impianto dipendono non solo dalle sorgenti luminose e dalle caratteristiche ottiche degli apparecchi, ma anche dalla geometria di installazione adottata, è possibile individuare criteri che consentano le migliori prestazioni ed il minor impatto ambientale. Come si può evincere dalle tabelle seguenti, a partire dall'aprile 2012 (Fase 2) per tutte le categorie di lampade al sodio ad alta pressione sono richiesti valori minimi dei Fattori di mantenimento del flusso luminoso (LLMF) e di sopravvivenza (LSF), misurati a 12.000 e 16.000 ore di funzionamento, i cui valori sono riportati nel regolamento UE 347/2010. Mentre per tutte le lampade a Ioduri Metallici a partire dall'aprile 2017 (Fase 3) sono introdotti valori di LLMF e LSF superiori a 80% misurati a 12.000 di funzionamento.



A partire da aprile:	2010	2012	2015	2017
Lampade SAP*	Non interessate dalla messa al bando	Eliminazione delle lampade SAP con scarsa efficienza energetica (scarso rapporto lumen/watt)		
Lampade SAP con accenditore integrato	Non interessate dalla messa al bando		Eliminazione delle lampade SAP con accenditore integrato con scarsa efficienza energetica (scarso rapporto lumen/watt)	
Lampade IM*	Non interessate dalla messa al bando	Eliminazione delle lampade IM con Ra≤80 che non rispettano i requisiti minimi di efficienza energetica	Eliminazione delle lampade IM con Ra>80 che non rispettano i requisiti minimi di efficienza energetica	Eliminazione di tutte le lampade IM che non rispettano i requisiti minimi di efficienza energetica
Lampade a vapori di mercurio	Non interessate dalla messa al bando		Eliminazione di tutte le lampade ai vapori di mercurio	

Fasi della Direttiva EuP 2005/32/CE recepita dal Regolamento (CE) N 245/2009*

SAP = lampade al sodio ad alta pressione e IM = lampade ai ioduri metallici

In campo grigio: Lampade bandite, che cioè non possono essere immesse sul mercato dai produttori.

In campo verde: Consentite però il fattore determinante diventa il rapporto di efficienza lumen/watt.

Come desumibile dalla tabella precedente, le direttive europee mirano sicuramente alla eliminazione delle lampade a vapori di Mercurio, e contemporaneamente all'utilizzo di Ioduri Metallici e SAP con requisiti minimi come evidenziati di seguito:

Introdotti requisiti minimi di [lm/W]:		Potenza di lampada nominale [W]	[lm/W] Chiare	[lm/W] Opali	
		W ≤ 45	60	60	
		45 < W ≤ 55	80	70	
		55 < W ≤ 75	90	80	
Sodio Alta Pressione con accenditore integrato	→	75 < W ≤ 105	100	95	
		105 < W ≤ 155	110	105	
		155 < W ≤ 255	125	115	
		255 < W ≤ 605	135	130	
Ioduri Metallici con Ra > 80	→	Potenza di lampada nominale [W]	[lm/W] Chiare		
		W ≤ 40	50		
		40 < W ≤ 50	55		
		50 < W ≤ 70	65		
		70 < W ≤ 125	70		
		W > 125	75		
Bandite tutte le lampade al Mercurio					Direttiva EuP: Fase 2 aprile 2015
Introdotti requisiti minimi di [lm/W]:		Potenza di lampada nominale [W]	[lm/W] Chiare	[lm/W] Opali	
		W ≤ 55	70	65	
Ioduri Metallici	→	55 < W ≤ 75	80	75	
		75 < W ≤ 255	85	80	
		255 < W ≤ 605	90	85	
Introdotti per tutte le lampade a Ioduri Metallici valori minimi di Lamp Lumen Maintenance Factor* e di Lamp Survival Factor**	→	Potenza di lampada nominale [W]	Ore di funzionamento	LLMF*	LSF**
		Tutte	12000	> 80%	> 80%
					Direttiva EuP: Fase 3 aprile 2017

L'impianto di Illuminazione Pubblica del Comune di Terni oggetto di intervento, è costituito dalla presenza di n.249 lampade a vapori di mercurio VM (con potenza variabile da 70W a 250W), n.1 lampada SBP Sodio a Bassa Pressione (con potenza pari a 100W), n.97 lampade a Ioduri Metallici (con potenza variabile

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



da 70W a 250W), n.7 lampade fluorescenti NEON (con di 70W e 116W) da n.1.858 lampade SAP della tipologia standard (con una potenza variabile da 70W a 500W) che, nella maggior parte dei casi, presentano un'efficienza luminosa e un indice di resa cromatica non conforme alle normative vigenti in materia.

Tali lampade (SAP) subiscono gli effetti dei flicher di tensione che causano un aumento dei tempi di riaccensione che arrivano ai 15 minuti per le SAP standard, che pertanto non rappresentano la migliore tecnologia in assoluto in commercio. Queste lampade sono comunque poco indicate per l'illuminazione stradale o di oggetti in movimento in quanto possono presentare effetti stroboscopici (l'effetto ottico che fa sembrare fermi organi di macchine in rotazione se la sorgente luminosa ha una frequenza simile a quella della rotazione).

Per questo sarebbe bene utilizzare sorgenti luminose con frequenza di alimentazione differente dai 50 Hz.

La scelta delle sorgenti luminose si fonda su:

→ *Tipologia di superficie da illuminare:*

Le caratteristiche cromatiche delle lampade si adattano particolarmente alle superfici cui sono destinate; (la temperatura correlata di colore è infatti compatibile con la curva di riflessione delle superfici di interesse)

→ *Tipo di fruizione dell'area da illuminare:*

La temperatura correlata di colore è scelta in relazione ai materiali di costruzione ed al tipo di fruizione delle aree. Le sorgenti impiegate risultano facilmente focalizzabili e con una buona stabilità di colore;

→ *Contenimento dei costi di esercizio:*

L'efficienza luminosa elevata consente di limitare la potenza elettrica installata ed assorbita, contenendo quindi i costi di esercizio dell'impianto;

→ *Tempo di durata di una lampada:*

Le sorgenti luminose devono possedere tutte una vita media-elevata;

→ *Impatto ambientale della lampada:*

Si evita l'utilizzo di lampade con un elevato impatto ambientale.

L'analisi delle indicazioni normative fa quindi riferimento a diverse tipologie di lampade, che rientrano tra quelle previste dai criteri ambientali minimi per i corpi illuminanti e riguardano:

- efficacia luminosa;
- contenimento dell'inquinamento luminoso (luce al di sopra dell'orizzonte $-\gamma > 90^\circ$);
- rimozione, trattamento e smaltimento dei corpi illuminanti preesistenti;
- imballaggi riciclati/riciclabili;
- ritiro e gestione degli imballaggi;
- assistenza in garanzia;
- informazioni tecniche.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it

8.1.6 Scelta degli apparecchi in funzione della curva fotometrica (caratteristica della distribuzione della luce)

Dalle curve fotometriche si può meglio capire se un apparecchio è idoneo per l'applicazione per cui si voglia utilizzarlo. E' consuetudine rappresentare le curve fotometriche almeno secondo due piani che corrispondono al piano lungo la direzione trasversale alla strada e longitudinale alla strada.

A volte si usa inserire anche il piano lungo il quale si ha la massima intensità luminosa o quello posto a 45° rispetto ai due precedenti piani. Questa rappresentazione è sufficiente per identificare come l'apparecchio distribuisce il suo flusso luminoso.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di differenti curve fotometriche.

L'apparecchio simmetrico invia le medesime intensità luminose in ogni direzione (se visto dall'alto) e quindi anche su piani differenti.

Mentre, se ci si posiziona frontalmente rispetto ad una sfera luminosa, l'intensità luminosa che si andrebbe a leggere sarebbe la medesima che si osserverebbe lateralmente o sul retro.

La sfera luminosa è un tipico esempio di apparecchio simmetrico.

Se, utilizzando una curva fotometrica simmetrica, ne si calcolasse l'illuminamento in lux prodotto sul suolo si otterrebbe sicuramente una serie di linee isolux (uguali lux) circolari e concentriche.

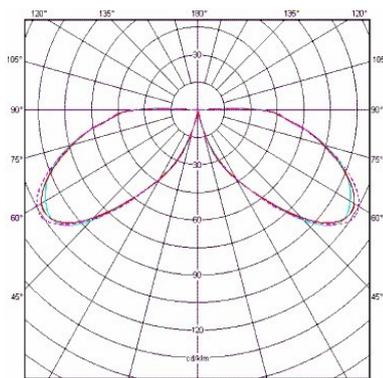


Fig.1
Illuminamento con curve isolux rotonde e concentriche

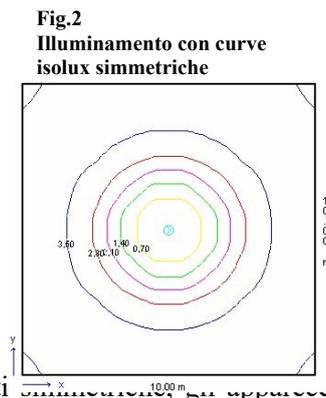


Fig.2
Illuminamento con curve isolux simmetriche

A differenza delle sorgenti simmetriche, gli apparecchi asimmetrici,

osservando la luce proiettata al suolo le curve isolux, non sono più circolari come rappresentato nell'esempio precedente.

La differenza sostanziale dipende da cosa si intende illuminare. Ovvero, se si ha necessità di illuminare una strada dal centro della carreggiata (catenarie o strada a due carreggiate) o un giardino o un percorso pedonale di centro storico è meglio utilizzare una lampada con una distribuzione simmetrica come in fig. 1 e 2, che presenta una curva fotometrica simmetrica ma preferibilmente allungata lungo l'asse della strada, mentre se si ha necessità di illuminare una carreggiata con corpi illuminanti posti su un lato della strada è meglio utilizzare una lampada con una distribuzione fotometrica asimmetrica in quanto tale distribuzione favorisce lo spingersi del centro del fascio luminoso verso il centro della carreggiata come nelle figg 3 e 4 seguenti.

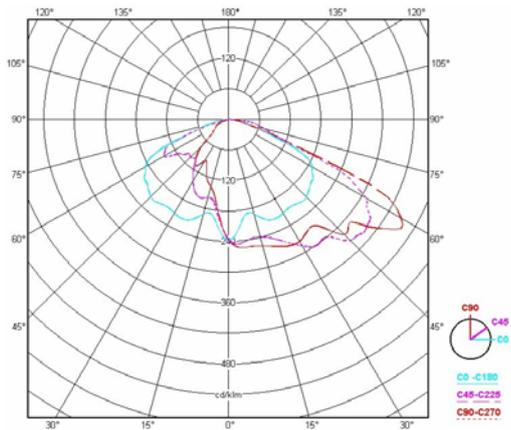


Fig.3
 Curva fotometrica di
 apparecchio
 asimmetrico misurata
 su 3 piani

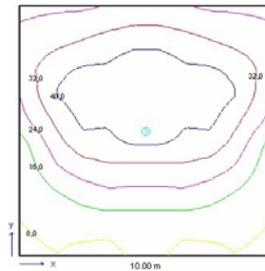


Fig.4 Livelli isolux
 riferiti all'apparecchio
 con curva
 asimmetrica

La forma della curva fotometrica è importante per capire in modo intuitivo il comportamento dell'apparecchio oggetto di analisi.

Nel caso di apparecchi destinati all'illuminazione stradale, è molto importante che la curva fotometrica invii la luce solo nelle direzioni interessate (lungo l'asse della strada e non al di fuori di essa) e con le giuste intensità luminose (distribuita la più uniformemente possibile).

Risulta infatti evidente che, se occorre puntare all'installazione di un minor numero di apparecchi, questi dovranno "dilatare" il più possibile il fascio luminoso.

Per "dilatare" si intende, riferendosi al piano ($C=0^\circ - C=180^\circ$), inviare lateralmente un ingente quantità di luce; ne risulta pertanto che sulla verticale il livello di luce necessario è inferiore.

Invece sul piano ($C=90^\circ - C=270^\circ$) sarà importante rilevare che le maggiori intensità luminose si trovino verso il lato da illuminare tra 0° e 90° .

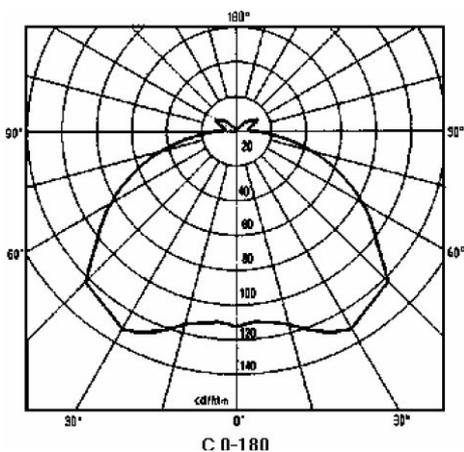


Fig.5. Curva di apparecchio che non allarga il fascio luminoso longitudinalmente alla strada

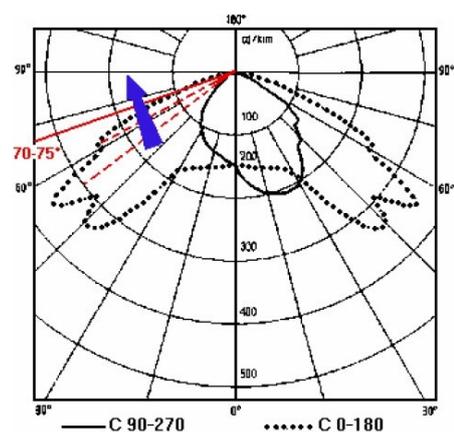


Fig.6 Curva di apparecchio che allarga molto il fascio luminoso longitudinalmente alla strada (tratteggiata) e con buona asimmetria ed emissione della luce verso l'estremità opposta della strada (curva piena)



Un altro punto di cui tenere conto nella scelta delle lampade di progetto è l'asimmetria necessaria per garantire il mantenimento dei parametri qualitativi anche con impianti di illuminazione semplici ed economici posti su un solo lato della carreggiata.

Per evitare di portare l'apparecchio verso il centro della carreggiata, solitamente con degli sbracci, si lavora sull'ottica spingendo la luce, oltre che lateralmente (destra e sinistra), anche in profondità (avanti).

L'introduzione di questa ulteriore asimmetria ha consentito di riportare l'apparecchio sul bordo della carreggiata, come la classica applicazione testa-palo.

Quindi, la curva ideale dovrebbe avere un'intensità luminosa verso il basso sufficiente, per ottenere il livello di illuminamento richiesto, e inoltre, ad angoli sempre più elevati l'intensità dovrà aumentare sempre più, in quanto è necessario un incremento di luminosità all'aumentare della distanza tra la sorgente luminosa e la superficie, non dimenticando che l'inclinazione della luce aumenta sempre più incrementando ulteriormente la necessità di luce.

Verso inclinazioni $>70/75^\circ$ è necessario che l'emissione della luce crolli molto rapidamente, il cosiddetto taglio netto della luce, meglio conosciuto come "cut-off", al fine di evitare l'inquinamento luminoso.

L'emissione di intensità luminose oltre tali angolazioni non è più efficace e può risultare controproducente per l'effetto di abbagliamento che ne deriva.

8.1.7 Scelta dell'apparecchio stradale

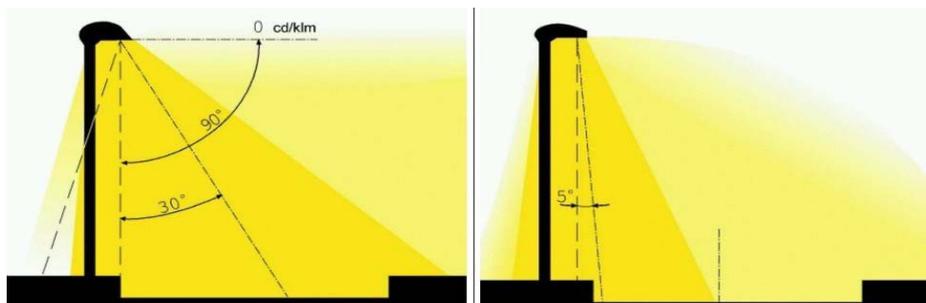
La scelta di un apparecchio sbagliato condiziona notevolmente l'installazione, obbligando a scelte ³³ progettuali che non permettono di rispettare le indicazioni della L.R. 20/05 e R.R. 2/07.

Di seguito si riportano esempi di scelte non idonee a soddisfare sia le caratteristiche illuminotecniche richieste dall'impianto che quelle della legge.

Un apparecchio ad alte prestazioni oltre a permettere elevate interdistanze fra un apparecchio e l'altro (che può arrivare talvolta sino a 5 volte l'altezza del sostegno dell'apparecchio) riesce inoltre a "spingere" adeguatamente il flusso luminoso anche in direzione trasversale lungo il piano C-90 tale da permettere di illuminare adeguatamente l'intera larghezza della carreggiata.

In figura 7-8 è riportato un apparecchio con le caratteristiche enunciate con apparecchio a vetro piano orizzontale (che permette di emettere una intensità luminosa massima di 0 cd/klm a 90° ed oltre) e fascio luminoso asimmetrico inclinato mediamente di $25/30^\circ$ gradi.

Apparecchio che illumina adeguatamente tutta la carreggiata lungo la direzione trasversale con fascio luminoso inclinato di $25/30^\circ$



La ridotta inclinazione del fascio luminoso non permette di spingere il fascio oltre metà della carreggiata

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



8.1.8 Scelta della tecnologia da utilizzare

la scelta della tecnologia LED è avvalorata dalle seguenti considerazioni sugli indici IPEI ed IPEA introdotti dalle recenti normative e di seguito descritti.

8.1.9 Indice IPEI

In questi paragrafi si fa riferimento a quanto previsto dai CAM, che introducono come parametro progettuale l'indice IPEI (indice di prestazioni energetiche impianto) utilizzato per determinare le prestazioni energetiche di un impianto, esso è l'ICE (indice di consumo energetico) moltiplicato per un fattore correttivo k_{inst} , che valorizza apparecchi che a parità di prestazioni illuminotecniche garantiscono un interdistanza più elevata:

$$IPEI = ICE \times k_{inst}$$

Per il calcolo dell'efficienza energetica di un impianto di illuminazione pubblica si utilizza un parametro denominato SLEEC (rapporto tra valore illuminotecnico raggiunto e potenza impegnata per unità di superficie - prEN 13201-5 "Road Lighting – Part 5: Energy Efficiency Requirements").

Si definiscono i due parametri SLEEC:

SL - SLEEC (UNI 11248) per luminanza (per zone di traffico prevalentemente motorizzato)

SE - SLEEC per illuminamento (per zone a traffico misto e prevalentemente pedonale).

I valori di SL o SE sono valori massimi di riferimento al di sopra dei quali l'impianto non soddisfa i requisiti minimi di efficienza energetica richiesti.

$$IPEI \equiv \frac{SL}{SL_R} * k_{inst}$$

L'intero impianto di pubblica illuminazione, in funzione della classe di illuminazione individuata per il compito visivo (UNI 11248) e le relative prescrizioni illuminotecniche minime indicate per garantire sicurezza agli utenti (EN 13201-2), deve possedere un Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Impianto di illuminazione (IPEI) maggiore o uguale alla classe C.

Inoltre, per rispondere ai requisiti previsti dalle CAM del 2017, l'indice IPEI deve risultare maggiore della classe B.

Nella tabella seguente è possibile verificare le classi energetiche in funzione dell'indice IPEI:

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

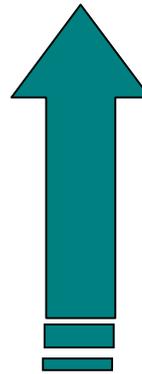
Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Prestazione energetica	IPEI
A ⁿ⁺	IPEI < 0,85 – (0.1*n)
A ⁺⁺	0,55 ≤ IPEI < 0,65
A ⁺	0,65 ≤ IPEI < 0,75
A	0,75 ≤ IPEI < 0,85
B	0,85 ≤ IPEI < 1,00
C	1,00 ≤ IPEI < 1,35
D	1,35 ≤ IPEI < 1,75
E	1,75 ≤ IPEI < 2,30
F	2,30 ≤ IPEI < 3,00
G	3,00 ≤ IPEI



Indice di Prestazione energetica (IPEI) di un impianto di IP secondo i CAM 2017

I valori di SLEEC di riferimento rispetto alle classi illuminotecniche previste dal progettista secondo la norma UNI 11248 e UNI EN 13201 sono riportati nell'allegato al DM del 23 Dicembre 2013 e pubblicato il 24 gennaio 2014 supplemento ordinario n.8 G.U.

I tre parametri necessari e fondamentali per la realizzazione di un progetto di illuminazione urbana, sono:

- La sicurezza, innanzitutto, che ha rappresentato l'elemento che ha fatto nascere l'esigenza della presenza di illuminazione a livello urbanistico;
- l'inquinamento luminoso, problematica che è diventata sempre più invasiva con lo sviluppo industriale;
- e infine, data la scarsità di risorse energetiche del nostro pianeta, il risparmio energetico.

Di seguito la tabella di calcolo dell'indice IPEI riferito all'IP di Terni avente lampade SAP da 100W:

	Tipo di apparecchio	SAP	
	Tipo sorgente	sodio alta pressione	
	Potenza sorgente	100	W
η_{sorg}	efficienza sorgente	107	lm/W
η_{alim}	rendimento alimentatore	0,83	
i	Interdistanza	25	m
	altezza sorgenti	9	m
L_m	Luminanza media mantenuta	0,75	cd/mq
	U_o	0,4	
	U_l	0,5	
	TI	15	%
	SR	0,5	
P_{app}	Potenza apparecchio	120	W
SL	SLEEC in luminanza ($P_{\text{app}}/(L_m * i^2)$)	1,07	W/[(cd/mq)*mq]
K_{inst}	Costante d'installazione ($0,524 + [L_m/(L_{m,\text{rif}} * 2,1)]$)	1,00	
SL_R	SLEEC di riferimento	0,57	lm/W
	IPEI ($SL/SL_R * K_{\text{inst}}$)	1,88	
			E



E' possibile verificare come l'indice IPEI ha un valore di **1,88** che corrisponde ad una classe energetica "E", e pertanto NON conforme a nessuna delle norme UNI, EN e CAM di riferimento, tantomeno alle indicazioni del Green Public Procurement (GPP) del Piano di Azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica illuminazione (PAN GPP).

Dall'analisi progettuale è possibile osservare che, a fronte di una minore potenza della lampada LED utilizzata rispetto alla SAP standard, si ottengono dei valori migliorativi sia sotto il profilo dei parametri illuminotecnici che fotometrici.

D'altronde questo risultato poteva essere più facilmente rilevabile dal calcolo degli indici IPEI ed IPEA che si riportano di seguito per un impianto di illuminazione a LED:

	Tipo di apparecchio	STRADALE	
	Tipo sorgente	LED	
Φsorg	flusso Modulo LED	8'240	lm
Papp	potenza reale apparecchio LED	80	W

i	interdistanza	32	m
	altezza sorgenti	8	m
Lm	Luminanza media mantenuta	1,06	cd/mq
	Uo	0,47	
	Ul	0,78	
	TI	9	%
	SR	0,52	

SL	SLEEC in luminanza (Papp/(Lm*i*1)	0,29	W/[(cd/mq)*mq]
Kinst	Costante d'installazione (0,524+ [Lm/(Lm,rif*2,1)])	1,03	

SLR	SLEEC di riferimento	0,56	lm/W
-----	----------------------	------	------

IPEI (SL/SLR * Kinst)	0,54	A++
------------------------------	-------------	------------

Calcolo indice IPEI per impianti IP con lampade LED

E' possibile verificare come l'indice IPEI ha un valore di **0,54** che corrisponde ad una classe energetica "A++", e pertanto CONFORME alle norme UNI, EN e CAM di riferimento e alle indicazioni del Green Public Procurement (GPP) del Piano di Azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica illuminazione (PAN GPP).

L'indice IPEA per un impianto con lampade tipologia LED sarà:

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



	Tipo di apparecchio	STRADALE	
	Marca e modello	ITALO 1	
	Ambito principale di utilizzo	stradale e grandi aree	
	Tipo sorgente	LED	
Φ_{sorg}	flusso Modulo LED	8'240	lm
Preale	potenza reale apparecchio LED	80	W
	Dff		
η_R	efficienza globale di riferimento (da Allegato D)	1000	lm/W

η_{app}	efficienza globale apparecchio ($\Phi_{sorg} * P_{sorg} * D_{ff}$)	1200	lm/W
	IPEA (η_{app}/η_R)	1,20	A++

Calcolo indice IPEA per impianti IP con lampade LED

E' possibile verificare come l'indice IPEA ha un valore di 1,20 che corrisponde ad una classe energetica "A++", e pertanto CONFORME alle norme UNI, EN e CAM di riferimento e alle indicazione del Green Public Procurement (GPP) del Piano di Azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica illuminazione (PAN GPP). **Pertanto, dall'analisi degli indici IPEI ed IPEA è possibile affermare che la tipologia di lampada LED è la migliore tecnologia utilizzabile per l'illuminazione pubblica del territorio del Comune di Terni sotto il profilo energetico e ambientale.**

8.1.10 Scelta della tecnologia LED

Le analisi effettuate con modelli di calcolo normati (IPEI e IPEA) e con software illuminotecnici professionali, hanno portato alla scelta dell'utilizzo di lampade a tecnologia LED nella sostituzione degli apparecchi illuminanti del parco impianti esistente.

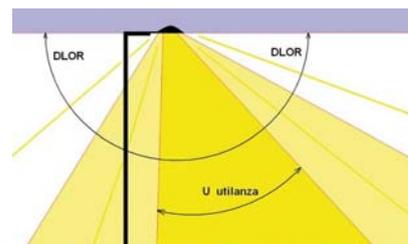
Questa scelta è stata dettata sia per rispondere adeguatamente alle normative vigenti nel campo illuminotecnico che per ottenere dei risparmi energetici rilevanti.

Definendo il *Fattore di utilizzazione o utilanza (u)*: la quota parte di energia illuminante la sede stradale e la parte marciapiedi sul totale dell'energia illuminante uscente dall'apparecchio

valori di utilanza per alcune tipologie di apparecchi

Tipo di Apparecchio	U Utilanza
Apparecchi SAP nuovi	0,55
Apparecchi SAP di 10 anni fa	0,35
Apparecchi LED	0,7

raffigurazione dei parametri u e DLOR



PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
 Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
 Laterza (TA)
www.studiotodo.it



È possibile definire il valore stimato di tale parametro rispetto ad apparecchi nuovi della tipologia SAP e LED, e dalla valutazione del livello del mantenimento del flusso, anche per apparecchi datati.

La scelta della tecnologia adeguata al raggiungimento degli obiettivi prefissati sotto il profilo prestazionale è correlata alla valutazione degli indicatori di efficienza di un impianto di pubblica illuminazione.

Le considerazioni finali sono quindi il risultato di una valutazione globale.

Si riportano di seguito gli indicatori di efficienza stabiliti dalle norme tecniche (IEC/EN), di apparecchi che caratterizzano lo status quo, e delle alternative progettuali.

	Apparecchio	corpo nuovo	5-10 anni	nuovo
Dati	Tipo lampada	SAP	SAP	LED
	Potenza nominale W	100	150	64
	Apparecchio illuminante	cut off	ogivale	LED
	stato di conservazione	ottimo	scarso	ottimo
	Alimentatore	Elettronico	Tradizionale	Elettronico
Prestazioni	η lamp lm/W	107	107	90
	DLOR	0,84	0,7	0,89
	MF	0,8	0,7	0,8
	u Utilanza	0,55	0,45	0,7
	efficienza apparecchio	0,3	0,17	0,53
	η alim	0,87	0,83	0,91
Indici	Risultati			
	η complessiva lm/W utili	34	20	41
	Watt / K-Lumen utili	29,1	41,7	25
	superficie di riferimento mq	240	240	240
	Luminanza cd/mq	1	1,05	0,76
	Consumo w/mq	0,4	0,6	0,3
	SL	0,48	0,66	0,38

indicatori prestazionali di lampade SAP e LED



I valori riportati in tabella fanno riferimento a dati estrapolati da diversi cataloghi tecnici, e presi all'interno di range di valori, considerando apparecchi della tipologia SAP nuovi di potenza pari a 100W, SAP del parco lampade esistente e moduli LED con potenza comparabile. È evidente come gli indicatori di efficienza sono complessivamente maggiori per l'apparecchio a tecnologia LED.

TABELLA COMPARTIVA*		
CARATTERISTICHE	SAP	LED
Potenza (W)	100	41
potenza assorbita reattore e/o accenditore (W)	30	---
driver (W)	---	7
Potenza tot (kW)	130	48
Consumo Giornaliero (kWh)	1,23	0,45
Consumo Annuo (kWh)	449	164
Risparmio (€)		35%

comparazione parametri SAP- LED

Inoltre, dalla tabella seguente è possibile verificare la convenienza dell'utilizzo delle lampade a LED rispetto alle SAP sotto il profilo tecnico-economico:

tipologia	Vapori di sodio ad alta pressione	LED
Potenza assorbita [W]	50÷1.000	20÷100
Efficienza luminosa [lm/W]	60÷110	70÷90
Temperatura di colore [K]	2.000÷2.500	2.500÷6.000
Indice di resa cromatica	30÷70	30÷100
Durata di vita media [ore]	5.000÷20.000	50.000÷100.000
Dispositivo di accensione	presente	non presente
Tempo di accensione [min]	3	immediato
Tempo di riaccensione [min]	15	immediato

Differenze tecnico prestazionali delle lampade LED e SAP

In definitiva, nell'ottica di dotare l'impianto della migliore tecnologia nelle parti di esso che comportano la sostituzione in toto di apparecchiatura e corpo illuminante, **la scelta si è orientata al modulo Led con i requisiti minimi ambientali previsti dalla norma.**

Dal punto di vista dei criteri d'installazione, vale la pena sottolineare che:

- Le lampade LED della stessa potenza richiedono una corrente di alimentazione costante;
- l'alimentatore per LED ha il compito di mantenere e controllare con precisione la corrente che circola nel circuito;

- la lunghezza e la sezione dei cavi non sono parametri critici perché, come indicato, la corrente è costante e ha in generale valori molto bassi (dell’ordine dei 350÷700 mA);
- l’uscita degli alimentatori è in corrente continua stabilizzata, quindi non esiste alcuna emissione elettromagnetica: per questo i cavi possono essere di lunghezze considerevoli, fino a 20÷30 m;
- Eventuali perdite lungo la linea vengono automaticamente compensate dall’alimentatore.

Naturalmente tale tecnologia Led è adottata da diverse case costruttrici ed in commercio esistono una serie di prodotti con caratteristiche più o meno performanti.

Nei calcoli illuminotecnici si sono presi a riferimento i prodotti a Marchio “AEC Illuminazione”, per i seguenti motivi:

- Garantire continuità con i progetti di adeguamento e riqualificazione degli altri lotti in cui è stata divisa la progettazione;
- Tali lampade soddisfano ampiamente i requisiti minimi di seguito riportati.

I dati progettuali di seguito riportati sono estrapolati dai Criteri Ambientali Minimi (Supplemento ordinario n. 333 alla Gazzetta Ufficiale). I moduli LED devono raggiungere alla potenza nominale di alimentazione le seguenti caratteristiche:

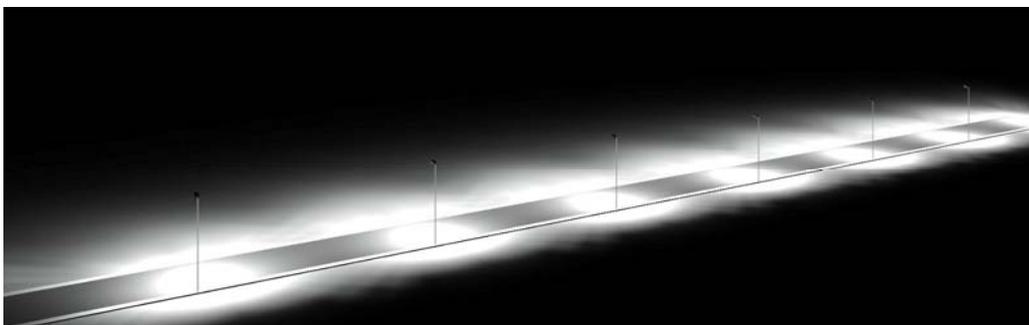
Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico [lm/W]	Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico [lm/W]
≥ 95	≥ 110

Per evitare effetti cromatici indesiderati i diodi utilizzati all’interno dello stesso modulo LED devono presentare un posizionamento cromatico CIELUV 1976 con differenza di colore inferiore o uguale a ellissi di McAdam a 5-step.

La tabella seguente indica le caratteristiche dei LED necessarie ad ottimizzare i costi di manutenzione, ai sensi delle norme IEC 62717 e ss.mm.ii.

Fattore di mantenimento del flusso luminoso	tasso di guasto %
L₈₀ per 60.000 ore di funzionamento	B₁₀ per 60.000 ore di funzionamento

*L₈₀ : flusso luminoso nominale maggiore o uguale all’80% del flusso luminoso nominale totale;
B₁₀ tasso di guasto inferiore o uguale al 10% ;*



Simulazione di illuminamento con lampade a LED di un tratto di strada di a Terni



9. INTERVENTI SUI SOSTEGNI

Dall'analisi visiva dello stato di fatto sono risultati alcuni sostegni ammalorati. In particolare, le criticità rilevate per alcuni sostegni dell'impianto di illuminazione di Terni (Lotto 2), riguardano la corrosione dei pali, dei bracci e/o mensole artistiche, la problematica del flusso luminoso rivolto parzialmente verso l'alto, o addirittura assenza di sostegni in zone con basso livello di illuminamento.

A valle di tali considerazioni effettuate si è optato per la sostituzione URGENTE (inserendola nel presente progetto) dei soli sostegni ammalorati e/o vetusti pericolosi per la sicurezza delle cose e/o persone; lasciando ad una più approfondita analisi strutturale (anche con apparecchiature dedicate) la verifica della stabilità di tutti gli altri sostegni che potrà avvenire a cura della ditta di manutenzione e/o di apposito appalto. In particolare è prevista la Sostituzione di n. 14 mensole ammalorate.

9.1 Mensole/bracci

I bracci/mensole di qualsiasi foggia e dimensione, così come i collari a palo, le zanche a muro e qualsiasi altro materiale di corredo a bracci (piastre), devono essere realizzati in acciaio zincato a caldo.

Gli sbracci e gli accessori di attacco dovranno essere costruiti utilizzando tubi saldati longitudinalmente in acciaio di qualità S235JR e successivamente zincati mediante immersione in vasche di zinco fuso in conformità alla UNI EN 40. Le traverse costruite utilizzando profilati cavi rettangoli predisposte per il fissaggio degli apparecchi illuminanti dovranno essere in acciaio di qualità S235JR e successivamente zincati mediante immersione in vasche di zinco fuso in conformità alla UNI EN 40.

Tutta la bulloneria e la minuteria di corredo deve essere in acciaio inox.

9.2 Pali

I nuovi sostegni dovranno essere realizzati in acciaio zincato laminato/trafilato con pali di forma conica o cilindrica con eventuali accessori sfilabili (quali sbracci, traverse, raccordi, ecc).

Sostegni con caratteristiche differenti da queste saranno valutati per applicazioni particolari a discrezione dell'amministrazione comunale. Non sono ammessi sostegni in materiale plastico.

I pali impiegati conformi alle norme UNI EN 40, saranno inoltre zincati a caldo secondo le norme CEI 7-6. Tutte le lavorazioni dovranno essere effettuate e certificate dal costruttore ed in particolare si dovrà prevedere:

- asola ingresso cavi;
- eventuali lavorazioni testa palo per accoppiamenti di accessori (sbracci, traverse, ecc.);
- bullone di messa a terra all'interno del palo (all'altezza dell'asola morsettiera);
- protezione della sezione di incastro con guaina termo restringente o manicotto di rinforzo in acciaio.

Le varie lavorazioni devono essere eseguite prima della zincatura. I pali di altezza superiore a 4,5m dovranno essere con spessore non inferiore a 3mm. Eventuali casi particolari dovranno essere concordati ed autorizzati dall'ufficio competente dell'amministrazione comunale.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it

I pali dovranno avere la marcatura CE di corredo e realizzati in acciaio di qualità minima S275JR UNI EN 10025 zincato a caldo per immersione in bagno di zinco fuso secondo le norme UNI EN 40 o CEI 7-6, ed ottenuti solamente con uno dei seguenti processi:

- laminati a caldo ricavati da tubo (ERW) a sezione circolare;
- trafilati a caldo ricavati da tubo (ERW) a sezione circolare.
- I suddetti processi consentono di realizzare pali senza la presenza di saldatura esterna, con elevate caratteristiche di resistenza meccanica e prestazioni strutturali superiori.

I sostegni in fusione di ghisa devono essere realizzati in lega G 20 UNI 5007 o in altra di caratteristiche non inferiori. I suddetti sostegni devono essere caratterizzati da elevata resistenza agli urti e alle fratture, avere un basso livello di deformabilità, avere una perfetta rifinitura dei particolari, avere massima omogeneità ed uniformità delle caratteristiche metalliche. Devono essere ancorati ad un basamento in calcestruzzo con appositi tirafondi in acciaio inossidabile dalle caratteristiche e dimensioni raccomandate dalle case costruttrici ed in ogni caso in modo da assicurare un sicuro ancoraggio ed una ottima stabilità.

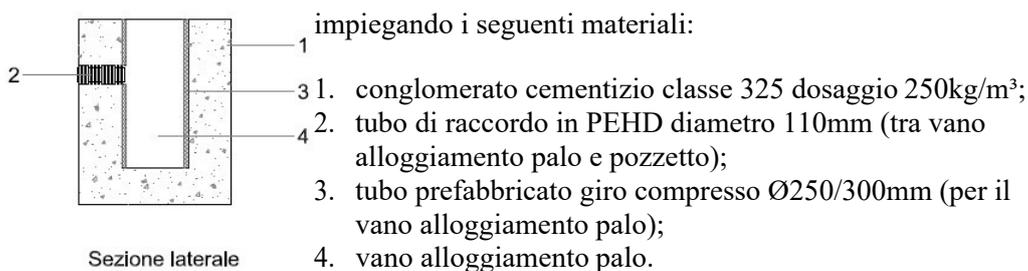
Le diverse parti in fusione devono risultare unite tramite elementi in materiale di acciaio inossidabile, dimensionati in funzione delle sollecitazioni meccaniche a cui vengono sottoposti.

I nuovi pali di sostegno dovranno essere di tipo tronco-conico o cilindrico in acciaio zincato a caldo, completi di targhetta identificativa con marchiatura UNI EN 40.

La protezione della base del palo dovrà essere sempre realizzata dal costruttore del palo stesso, con certificazione di conformità alla Norma UNI EN 40, e potrà essere costituita da guaina termorestringente o, in alternativa, manicotto in acciaio saldato alla base.

In corrispondenza della zona d'incastro del palo nel plinto di fondazione dovrà essere realizzato un cordolo in CLS di tipo "a raso". Nell'esecuzione dei plinti di fondazione per il sostegno dei pali si dovranno rispettare tutte le prescrizioni di legge ed i dimensionamenti in accordo alle caratteristiche del terreno, dei sostegni da installare, del carico e sovraccarico e delle condizioni di vento ed atmosferiche. Lo scavo dovrà essere realizzato con misure adeguate alle dimensioni del blocco di fondazione.

I plinti di fondazione da utilizzare per la stabilità dei pali del tipo ad infissione di altezza fuori terra fino a 5,00 m, saranno realizzati mediante getto di calcestruzzo non armato ottenendo dei blocchi monolitici entro i quali i pali saranno alloggiati e successivamente piombati e bloccati. La dimensione del plinto non deve essere inferiore a quella di un cubo con il lato uguale al 10% della lunghezza del palo. I plinti saranno ottenuti



PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Qualora il vano di alloggiamento palo venga realizzato con tubo di plastica, questo deve essere tolto prima di piombare il palo.

Le dimensioni esterne dei plinti saranno scelte in base alle caratteristiche dei sostegni da installare, comunque con forme geometriche regolari conformi indicativamente ai seguenti valori: 80x80x80cm.

10. INTERVENTI DI SOSTITUZIONE DEI QUADRI

Come specificato nella Relazione Generale la sostituzione dei quadri elettrici che presentano criticità, non è oggetto del presente progetto. **Tuttavia, saranno sostituiti solo alcuni quadri elettrici (indicati nel relativo censimento con Q53, Q56, Q58 e Q64) afferenti ai centri luminosi di Corso Cornelio Tacito, P.zza della Repubblica, P.zza Solferino e P.zza Europa, in occorrenza della installazione del sistema di telegestione e telecontrollo in tale zona.**

Si prevede inoltre l'installazione di **un unico quadro elettrico**, ovvero quello previsto per alimentare la **pista ciclo-pedonale di via Gramsci, sempre afferente ai servizi SMART.**

Di seguito si apportano le corrette indicazioni da seguire perché l'intervento sia effettuato secondo le normative vigenti e secondo la buona regola dell'arte.

10.1 Sostituzione quadri elettrici

L'impianto è alimentato con tensione di esercizio trifase 3P+N 400/230V Frequenza 50Hz e sistema TT.

L'impianto sarà realizzato con disposizione dei punti luce sul lato esistente con l'utilizzo di apparecchi dotati di isolamento doppio o rinforzato (apparecchi di classe II) e cavi di classe II, con tensione nominale 0,6/1 kV, (FG7).

Protezione contro i contatti diretti (Norme CEI 64-8/4 cap. 412)

Le misure di protezione mediante isolamento delle parti attive e mediante involucri o barriere sono intese a fornire una protezione totale contro i contatti diretti. Tutte le parti attive sia del sistema di II categoria che di quelli di I categoria presenti nell'impianto, dovranno essere protette in uno dei seguenti modi:

- Protezione mediante isolamento delle parti attive:

tutte le parti attive sono completamente ricoperte con isolamento; l'isolamento dei componenti elettrici costruiti in fabbrica è tale da soddisfare le relative norme.

- Protezione mediante involucri o barriere:

gli involucri o le barriere delle parti attive assicurano un grado di protezione maggiore o uguale a IP2X; per le apparecchiature a portata di mano è stato assicurato un grado di protezione maggiore o uguale a IP4X; se è necessario aprire un involucro o rimuovere una barriera per ragioni di esercizio, occorre rispettare almeno una delle seguenti prescrizioni;

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



- uso di chiave o attrezzo speciale da parte di personale addestrato
- sezionamento delle parti attive con interblocco meccanico o elettrico
- interposizione di una barriera intermedia che impedisca il contatto con le parti attive.

Il grado di protezione IP2X è inteso nel senso che il dito di prova non possa toccare parti in tensione, il grado di protezione IP4X è inteso nel senso che il filo di prova (rigido diametro 1mm) non possa toccare le parti in tensione.

Protezione contro i contatti indiretti e dalle sovracorrenti

La protezione contro i contatti indiretti è assoluta negli impianti in classe 2 di isolamento a mezzo di isolamento doppio o rinforzato, negli impianti di classe 1 di isolamento a mezzo di impianto di terra ed interruzione automatica dell'alimentazione con l'adozione di interruttori differenziali.

Gli apparecchi di illuminazione, essendo in classe II, dovranno presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a 4 MΩ (rif. CEI 34-21).

Protezione dei circuiti da sovraccarico e cortocircuito

Gli apparecchi di illuminazione possono dar luogo a una corrente elevata solo in caso di guasto (corto circuito) sicché non è necessario proteggere i circuiti luce contro il sovraccarico.

Si è tuttavia scelto di proteggere ugualmente i circuiti contro il sovraccarico per prescindere dalla lunghezza massima della linea protetta contro il cortocircuito. Infatti, in mancanza della protezione contro il sovraccarico, il dispositivo di protezione contro il corto circuito potrebbe non proteggere una linea di notevole lunghezza per un corto circuito in fondo alla linea stessa.

La protezione contro le sovracorrenti sarà effettuata con interruttori magnetotermici unipolari, al fine di permettere di non oscurare completamente la strada per guasto monofase o bifase.

Dovranno comunque essere rispettate le condizioni:

If minore di 1,45 Iz

Ib minore di In minore di Iz

dove:

If = corrente convenzionale d'intervento

Iz = corrente di max portata del conduttore

In = corrente nominale del dispositivo di protezione

Ib = corrente d'impiego del conduttore

Inoltre, è stato verificato che in caso di corto circuito monofase sul fondo linea si stabilisce un valore di corrente che fa sicuramente intervenire il dispositivo a monte.

Si è inoltre verificato che i vari dispositivi lascino passare una corrente mai superiore a quella dettata dalla formula:

$$I_2 t < K^2 \times s^2$$

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



(K = 135 cavi isolati in GOMMA).

Tutti i dispositivi e le apparecchiature hanno un potere d'interruzione uguale o superiore alla corrente di corto circuito calcolata nel punto di installazione, onde evitare l'insorgere di pericoli per gli effetti termici e meccanici nei conduttori e relative connessioni. L'energia specifica passante lasciata fluire dagli organi di protezione è inferiore al K2S2 della conduttura.

Descrizione dei componenti interni al quadro elettrico

I quadri dovranno essere dotati di una targhetta, che individua il costruttore il quale è il responsabile della conformità alla norma del quadro stesse e deve portare in modo indelebile i seguenti dati:

- nome o marchio del costruttore;
- tipo del quadro;
- natura della corrente e frequenza;
- tensione nominale di funzionamento;
- tensione nominale di isolamento
- limiti di funzionamento
- grado di protezione se superiore a IP2XC.

Tutti i materiali usati per i quadri dovranno essere delle migliori marche, dotati di marcatura CE e a norme CEI.

L'accesso alle parti interne dovrà tenere conto della sicurezza delle persone e della possibilità di venire accidentalmente a contatto con parti sotto tensione. All'interno dell'armadio dovrà essere montato a regola d'arte, secondo le indicazioni progettuali il materiale elettrico specificato nel computo metrico. il cablaggio dovrà avvenire con conduttori idonei, di colore adeguato alla funzione svolta, con sezioni di collegamento dimensionate in modo corretto e con particolare cura nel fissaggio delle apparecchiature.

Tutte le eventuali giunzioni dovranno essere realizzate con idonei morsetti a vite e il passaggio dei cavi dovrà essere tale da garantire il grado di protezione IP44.

Dovrà inoltre essere previsto il trasporto alla discarica dei materiali di risulta delle lavorazioni. Il quadro dovrà essere conforme alle norme CEI applicabili, dotato di dichiarazione e marcatura CE, e complete di targa identificativa e schema elettrico di come costruito.

Di seguito la descrizione del quadro computata nel progetto:

Quadro elettrico da montare in armadio stradale componibile in SMC resina rinforzata con fibra di vetro e montanti integrati.

Struttura ad elevata rigidità meccanica, colore RAL 7001, grado di protezione IP44, completa di:

- porta frontale cieca sul vano superiore "contatore"
- porta frontale cieca sul vano inferiore "apparecchiature e morsettiera"
- telaio e pannelli di finitura modulari nel vano inferiore

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:



Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



- testata di chiusura superiore e inferiore
- telaio per fissaggio a pavimento
- tasca porta schemi
- piastra di fondo sul vano superiore per ancoraggio contatore

Nella fornitura e posa in opera è compreso l'onere della sistemazione del quadro nella posizione di lavoro dietro indicazioni della D.L., dei collegamenti con linee esistenti e quelle di nuova fornitura, con l'eventuale onere di eseguire a perfetta regola d'arte con conduttori in rame di sezione e isolamento adeguati.

Il tutto eseguito e cablato, perfettamente funzionante in opera a perfetta regola d'arte secondo la norma CEI 17-13.

12. INTERVENTI DI SMART CITY NEL CENTRO STORICO E PISTA CICLO-PEDONALE DI VIA GRAMSCI

Nell'ottica di incrementare la fruibilità dei servizi pubblici per i cittadini e per rendere più interessante il soggiorno nella Città per i turisti, sono state previste delle opere di Smart City a servizio del Centro Storico e della nuova pista ciclo-pedonale di via Gramsci.

In particolare, per efficientare il sistema, si è adottata la soluzione di riduzione della potenza e gestione del flusso luminoso delle lampade in alcune zone della città in funzione di parametri quali l'orario, i volumi di traffico, ubicazione della strada ecc...Ciò è garantito mediante il sistema di telecontrollo e telegestione che viene di seguito descritto.

12.1 Riduzione e gestione del flusso luminoso (SMART CITY)

Per sistema di telecontrollo e telegestione (SMART CITY) si intende l'insieme delle apparecchiature hardware e software che permettono di controllare, accendere, spegnere e condurre gli impianti da una postazione remota. Il software è unico e sottende al controllo dei regolatori di tensione, dei singoli punti luce, alla mappatura degli impianti nel territorio e alla gestione dei piani di manutenzione.

Il sistema permette la comunicazione bidirezionale di informazioni digitali tra il modulo installato sul punto luce (Nodo radio detto Smart Node) e il dispositivo per il controllo quadro e la comunicazione con i nodi (Gateway). I nodi formano tra loro una infrastruttura radio robusta e affidabile per l'attivazione dei servizi smart (Network). Le informazioni inserite negli apparecchi transitano attraverso la rete verso Gateway dislocati nei n.4 quadri previsti nel centro storico e nel quadro in via Gramsci; essi possono essere utilizzati per attivare differenti scenari di Smart Lighting. I quadri con i relativi gateway inviano i dati verso il server centrale attraverso nuovi collegamenti in fibra, previsti per intercettare i pozzetti di rete di fibra ottica esistente. Di seguito una tipica architettura del sistema:

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

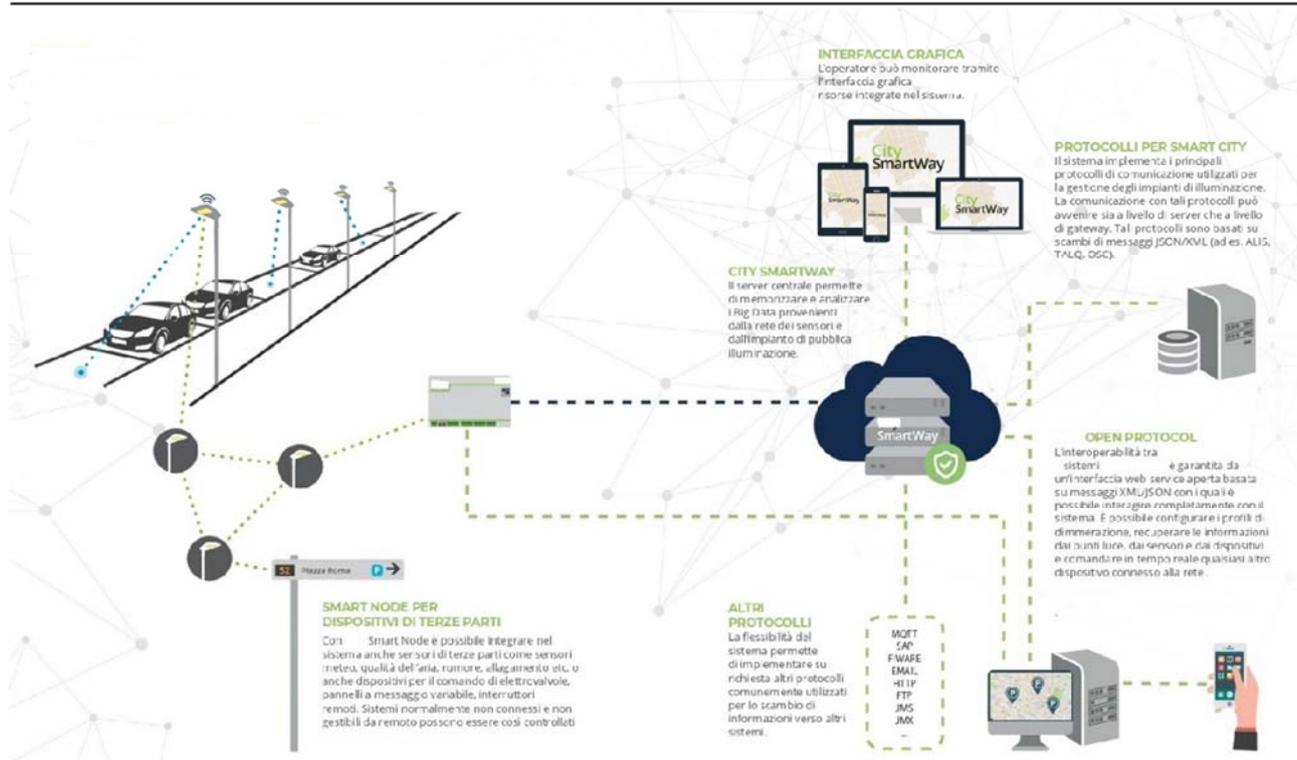
Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



I nodi radio realizzano una rete di sensori wireless di tipo Mesh autoinstallanti alla frequenza di 2,4GHz in accordo alla norma IEEE802.15.4.

12.2 Obiettivi

La necessità di affrontare il problema della telegestione nasce da un fatto essenziale, ovvero che gli impianti di illuminazione pubblica, sia nelle zone maggiormente urbanizzate, sia nelle aree extraurbane e nelle gallerie, hanno spesso una grande estensione territoriale e sono caratterizzate da un elevato numero sia di sorgenti luminose, sia di sostegni, sia di apparecchi di illuminazione e di quadri elettrici.

È evidente che senza un sistema dedicato è complicato, se non ricorrendo ad operazioni di ricerca lunghe e costose, individuare e diagnosticare con esattezza posizione ed entità di eventuali guasti o malfunzionamenti di una parte dell'impianto.

Ancora oggi molto spesso si individuano guasti ed anomalie esclusivamente per effetto di segnalazioni di privati o grazie a ronde organizzate, con un risultato non certo brillante sia in termini di tempestività sia di costi di gestione e di resa del servizio che viene percepito dagli utenti come inadeguato.

L'obiettivo principale di un sistema di telecontrollo e telegestione di impianti di pubblica illuminazione è incentrato sulla capacità attuale delle tecnologie informatiche e telematiche di superare le sopradette difficoltà fornendo ai gestori strumenti efficaci per il monitoraggio degli impianti stessi.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



12.3 Logica di funzionamento

Il cuore del sistema non è la struttura della rete in sé, quanto piuttosto la logica di funzionamento, trasmissione, lettura e gestione dei dati che unitamente al sistema informativo e gestionale, garantiscono funzionalità ed affidabilità dei sistemi.

Il "Controllore a Logica Programmabile" (PLC), è una apparecchiatura elettronica programmabile per il controllo di macchine e di processi industriali.

Il primo sistema con logica PLC nasce negli anni '70, come elemento sostitutivo della logica cablata e dei sistemi di controllo a relè, con il preciso scopo di eliminarne i costi elevati.

Il PLC non è che un sistema elettronico a funzionamento digitale che utilizza una memoria programmabile per l'archiviazione interna di istruzioni orientate all'utilizzatore per l'implementazione di funzioni specifiche, come quelle logiche, di sequenziamento, di temporizzazione, di conteggio e calcolo aritmetico, e per controllare, mediante ingressi ed uscite sia digitali sia analogiche, vari tipi di macchine e processi.

La caratteristica fondamentale che distingue il PLC dalla logica cablata è la flessibilità, ovvero la possibilità di regolare e mutare in poco tempo la logica di funzionamento dell'impianto senza dover variare il cablaggio elettrico.

Lo sviluppo successivo di software di programmazione sempre più potenti ha fatto sì che anche la diagnostica potesse essere molto più semplice ed immediata.

Il funzionamento del sistema si basa sui dati inviati ad una "unità centrale di processo" in grado di elaborare il programma contenuto nella memoria, ed interrogare lo stato degli ingressi, verificando cioè se agli stessi sia presente o meno un segnale di tensione.

In relazione allo stato degli ingressi ed al programma residente nella memoria, l'unità centrale gestisce le schede di uscita, dando tensione ai corrispondenti morsetti.

I dati e le operazioni da gestire nel caso di impianti di illuminazione sono senz'altro più semplici rispetto a quelli che un PLC gestisce in ambiti industriali.

Si tratta infatti di interventi volti a variare le tensioni di alimentazione per la parzializzazione del flusso luminoso, stabilizzare le tensioni, controllare lo stato di conservazione di una lampada in rapporto alla sua età ed al flusso luminoso emesso dalla stessa, eventualmente sovralimentandola nell'ultimo periodo di vita per garantirne continuità di prestazione.

La base e la forza del sistema risiedono pertanto non già nella fisica del funzionamento o nella struttura della rete, ma nella opportunità di programmazione del PLC stesso e del software di gestione ad esso accoppiato.

12.4 I vantaggi del sistema di telegestione e telecontrollo

La telegestione degli impianti avviene proprio mediante un "Modulo di acquisizione dati" che appunto acquisisce e trasmette informazioni ad un centro di supervisione anche remoto e permette di individuare



luoghi in cui sono installate le apparecchiature da controllare trasferendo informazioni tecniche relative ai parametri di funzionamento e consentendo di determinare una situazione di totale controllo e supervisione.

In particolare si possono monitorare le ore di vita di una sorgente, calcolandone di conseguenza il tempo stimato per operazioni di manutenzione programmata, i consumi, le eventuali dispersioni, i guasti elettrici e tutti quei parametri propri dell'impianto di illuminazione pubblica.

L'applicazione di tale sistema permette inoltre la verifica circa la redditività di ogni singola installazione, operando direttamente sul controllo della qualità del servizio e sulla successiva ottimizzazione di tutti i processi di gestione.

Il sistema effettua il trasferimento dalle unità periferiche (lampade o quadri) verso il centro di supervisione (comando centrale) di tutti i dati acquisibili dalle macchine e le eventuali segnalazioni, consentendo inoltre di intervenire sulla programmazione e di agire rapidamente sui parametri di funzionamento, mantenendo in memoria i dati statistici, anche in assenza di alimentazione.

I dati acquisiti localmente, vengono trasferiti all'unità di supervisione mediante l'utilizzo del collegamento elettrico stesso.

Questi dati vengono successivamente elaborati dall'unità remota, ove risiede il PLC, in modo completamente automatico ed intelligente al fine di intervenire ottimizzando la gestione delle varie parti che costituiscono l'impianto e la pianificazione delle operazioni di distribuzione, con rilevanti risparmi economici e alta qualità nel servizio. Attraverso i sistemi di telegestione e telecontrollo possono essere gestiti con tecniche predittive tutti gli interventi periodici di manutenzione, nonché il controllo delle apparecchiature da monitorare da parte degli incaricati a tale servizio. La gestione così ottimizzata assicura pertanto un'efficiente pianificazione della distribuzione, con notevole riduzione nei tempi di intervento e maggiore tempestività.

I vantaggi sono ancor più apprezzabili in tutte quelle situazioni particolarmente delicate sotto il profilo della sicurezza e della necessità di continuità di servizio che oltretutto, per geometrie di installazione o tipologie di impianti, sono caratterizzati da notevoli difficoltà nelle operazioni di manutenzione.

Un sistema di telecontrollo e telegestione di impianti di questo tipo faciliterà di molto la programmazione delle operazioni di manutenzione e renderà senz'altro più efficiente ogni intervento, garantendo in più un maggiore intervallo fra le operazioni di manutenzione, grazie alla possibilità di agire sui parametri elettrici di alimentazione delle sorgenti con conseguente aumento della vita media delle stesse.

12.5 Il telecontrollo negli impianti di illuminazione pubblica

Le tecniche di telecontrollo come detto trovano origine più di trent'anni or sono e non rappresentano quindi di per sé una novità.

La novità è allora da intendersi come macroambito basato non sul mero impiego dei contenuti tecnologici più recenti, ma sulla capacità e possibilità di creare le condizioni necessarie per rendere realmente fattibile detto impiego, con ciò riferendosi alle condizioni tecniche, finanziarie, amministrative e normative.

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Il problema, in altre parole, non è l'avere a disposizione la miglior tecnologia esistente, ma creare tutte le condizioni necessarie affinché la stessa possa essere installata, acquistata e impiegata con successo.

Analizzando nel dettaglio le tre condizioni summenzionate necessarie per un proficuo impiego di sistemi di telecontrollo e telegestione, si potrà avere un quadro esaustivo dello stato delle cose, e di come sia indispensabile che tali diversi fattori interagiscano positivamente coesistendo.

In primis sotto il profilo tecnico è stato indispensabile analizzare lo stato di fatto degli impianti.

Non tutte le sorgenti possono essere facilmente telegestite: il LED è la tecnologia che meglio si adatta a questa esigenza.

Infine è indispensabile porre l'attenzione sul concetto stesso di rete: una rete vera e propria, distribuita sul territorio è costituita da infrastrutture ben identificabili, quale ad esempio la rete di distribuzione dell'acqua potabile o la rete gas od anche la rete di distribuzione di energia elettrica.

In tutti i casi citati si tratta di reti che dipartono da un "distributore" centralizzato e si sviluppano territorialmente fino a raggiungere l'organo di misura, posto a monte dell'utilizzatore finale.

Al gestore di dette reti poco importa la tipologia di consumo, i tempi e le modalità di prelievo di acqua, gas o elettricità, da parte dell'utente finale; anzi quando il gestore della rete coincide con l'erogatore del servizio, tanto maggiori saranno i consumi degli utenti finali tanto maggiore sarà il guadagno per il gestore.

La rete in ogni caso si esaurisce sulla soglia dell'utilizzatore stesso.

Nel caso dell'illuminazione pubblica vi sono invece due problematiche da affrontare:

- Non si tratta in realtà di una vera e propria rete, poiché non esiste continuità tra tutti i punti luce degli impianti insistenti su un territorio.
Si tratta in realtà di un insieme di "rami" che partono dal quadro elettrico ed arrivano ai punti luce, ovvero alla singola sorgente (utenti finali): Tali rami tuttavia non afferiscono ad un "tronco" comune e sono quindi liberi gli uni dagli altri.
- L'utente finale, intesa come apparecchiatura che utilizza l'energia trasportata dalla rete, è la lampada. Il gestore del servizio di illuminazione pubblica, a differenza dei gestori di altri servizi connessi con le reti (acqua, gas, ecc..), ha la responsabilità ed interesse diretto che l'utente finale consumi in secondo quanto previsto, che non dissipi, che si accenda e si spenga quando serve, e che non vi siano dispersioni nelle reti (unico punto in comune con le altre tipologie di reti citate).

Le su esposte problematiche incidono tecnicamente ed economicamente sull'attività del gestore del servizio; per la creazione di una rete vera e propria è infatti necessario intervenire adeguando tecnicamente gli impianti esistenti.



12.6 Il miglioramento del servizio

Il controllo a distanza dell'impianto di illuminazione pubblica del Comune di Terni che serve il centro storico e la pista ciclabile di via Gramsci, permetterà di migliorare la qualità del servizio con un elevato risparmio dei tempi di manutenzione, e con la possibilità di intervenire e regolare i parametri energetici. Con tali strumenti sarà inoltre possibile modificare gli scenari urbani variandone le caratteristiche in corso di utilizzo; accensioni differenziate per aree di elevata qualità artistica/architettonica, modifica dei livelli di luminanza rispetto ai differenti impieghi dagli spazi nel corso delle ore notturne, possibilità di gestione a distanza di eventi luminosi.

12.7 Il sistema di telegestione

Ogni nodo della rete diventa un ripetitore di segnale per tutti gli altri in grado di eseguire le seguenti funzioni:

- utilizzo di sistemi di autodiagnosi che consentano di autoescludere gli eventuali controllori di potenza in caso di anomalie, mantenendo in funzione gli impianti di illuminazione
- dotazione di strumenti di lettura (tensione/corrente/potenza) per un controllo immediato dei parametri di funzionamento e possibilità di registrare campionamenti su appositi supporti magnetici
- gestione degli impianti con sistemi di telecontrollo che consentano il controllo costante di tutti i quadri, la rilevazione delle grandezze essenziali (tensione, corrente, ecc...), il ricevimento di allarmi, segnalazioni di anomalie e quindi l'elaborazione dei dati acquisiti (stampe, statistiche, ecc...)
- possibilità di programmare, vari cicli di riduzione di potenza mediante una logica a microprocessore, tenendo, quindi in considerazione effettive necessità, esigenze stagionali, periodiche, settimanali dell'area interessata
- Monitoraggio funzionamento e guasti lampade e/o lampade spente
- Cicli di riduzione per singola lampada
-

51

D'altronde la piattaforma di gestione e controllo permette di ottenere i seguenti risultati:

- Gruppi e/o profili diversi di dimmerazione;
- Allarmi e/o manutenzione H24;
- Informazioni generiche su specifiche dell'impianto, analisi dei dati e report.

Queste possibilità sono comunque gestite con:

- Interattività in tempo reale: il sistema consente di utilizzare mappe interattive e georeferenziate che consentono di monitorare in tempo reale le risorse disponibili;
- Sicurezza dei dati: la trasmissione dei dati viene protetta a più livelli di comunicazione mediante sistemi di cifratura dei messaggi e instaurazione di reti virtuali protette;
- Interfaccia web responsive: il software è basato su un'interfaccia web ed è utilizzabile con ogni tipo di dispositivo attraverso una password con possibilità di diversi livelli di autorizzazione in funzione dell'utilizzatore;

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

Mandante:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

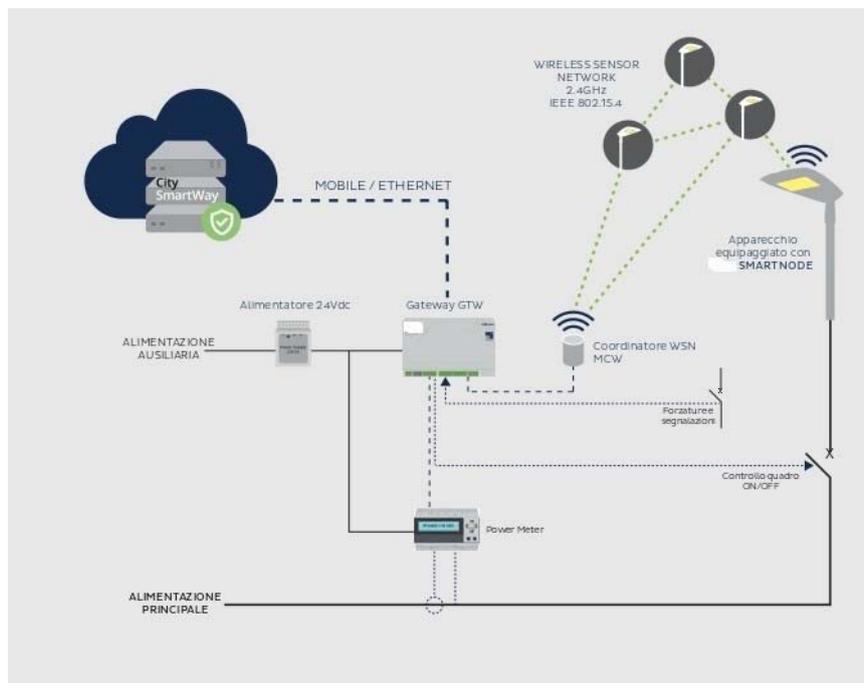
Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it

- Aggiornamento da remoto: nodi e gateway possono essere aggiornati con funzioni aggiuntive senza necessità di interventi in loco o costose manutenzioni;
- Installazione su server: il software è installato su server dell'Ente al fine di mantenere tutti i dati all'interno del database Comunale, non richiedendo canoni annuali di mantenimento.

12.8 Smart Lighting: gestione gruppi di dimmerazione

Il sistema dispone di una classe di programmazione di tipo P1 in accordo alla UNI 11431 e ai criteri premianti dei C.A.M. D.M. 27-09-2017.

E' possibile gestire la regolazione dell'illuminazione a diversi livelli per una perfetta gestione degli impianti.



GESTIONE GRUPPI:

il sistema invia i comandi di dimmerazione a gruppi di apparecchi, in modo da consentire differenti scenari di illuminazione, in funzione della tipologia di strada considerata.

GESTIONE PUNTO-PUNTO:

è possibile controllare e monitorare ogni singolo punto luce; in caso di allarme è possibile eseguire semplici operazioni di diagnostica o manutenzione da remoto.

La regolazione con calendario può avvenire:

OROLOGIO ASTRONOMICICO:

il sistema implementa un orologio astronomico in grado di calcolare precisamente orari di alba e tramonto in ogni giorno dell'anno in base alla posizione geografica. Grazie a questo è possibile regolare accensione e spegnimento degli impianti in maniera dinamica durante il corso delle stagioni, evitando sprechi di energia



indesiderati. Anche all'interno degli apparecchi sarà presente un orologio astronomico che si attiva autonomamente in caso di mancata comunicazione con il software di controllo, garantendo lo spegnimento degli impianti di giorno e il risparmio energetico nelle ore notturne

EVENTI RICORRENTI: il sistema sarà dotato di un motore di gestione dei profili di dimmerazione basato su un calendario completamente personalizzabile. Si possono applicare profili di dimmerazione con cadenza giornaliera, settimanale, mensile e annuale. Inoltre, sarà possibile associare ad uno stesso gruppo di apparecchi, profili di dimmerazione aggiuntivi con differente priorità di attuazione, in modo da semplificare la pianificazione anche in presenza di scenari complessi (feste ricorrenti, particolari periodi dell'anno etc...);

EVENTI SPOT:

la flessibilità del sistema permette di attivare l'illuminazione anche in caso di eventi sporadici (come concerti, manifestazioni, ecc...) e di intervenire in tempo reale sulla regolazione dell'illuminazione, mediante l'azione su un'interfaccia semplice e immediata. Gli scenari di illuminazione sono quindi a portata di mano, senza richiedere costosi interventi in campo.

12.9 Smart Lighting: regolazione con sensori

Il sistema Smart Lighting permette di avere un tempo di risposta inferiore a 60s relativo ai comandi di dimmerazione per illuminazione adattiva in accordo ai criteri premianti dei C.A.M. DM 27-9-2017.

Tale sistema permette di regolare l'illuminazione anche con l'ausilio delle informazioni provenienti dai sensori disseminati nella città.

ILLUMINAZIONE ADATTIVA TAI (TRAFFIC ADAPTIVE INSTALLATION):

è possibile regolare l'illuminazione secondo le reali condizioni del traffico stradale. I dati di traffico provengono da sensori o telecamere evolute dislocati nel territorio. Il software elabora le informazioni e invia in tempo reale i comandi di dimmerazione verso gli apparecchi interessati.

Con questa tipologia di regolazione adattiva, il sistema risponde alle esigenze della norma UNI 11248.

ILLUMINAZIONE ADATTIVA FAI (FULL ADAPTIVE INSTALLATION):

il sistema può integrare sensori di luminanza, illuminamento e condizioni meteorologiche. In questo modo vengono monitorate le reali condizioni di illuminazione del manto stradale e può essere attivata una riduzione da ottenere il massimo risparmio energetico previsto dalle normative vigenti.

SENSORI DI MOVIMENTO:

Il sistema permette di regolare in tempo reale il flusso luminoso degli apparecchi in funzione del passaggio di persone o veicoli. Ad esempio, l'illuminazione di una pista ciclabile può essere mantenuta a livelli minimi in assenza di persone e innalzata progressivamente lungo il percorso dei passanti, con un risparmio energetico

COMANDI ESTERNI:

Il sistema permette di attivare particolari scenari di illuminazione anche in funzione di sensori o comandi esterni direttamente connessi al gateway.



12.10 Smart Lighting: Illuminazione adattiva

Il sistema Smart Lighting, potendo gestire i segnali da opportuni sensori di traffico, meteo, luminanza e illuminamento, permette di implementare la regolazione dell'illuminazione in modo adattivo, cioè in funzione delle reali condizioni di esercizio stradali o di utilizzo degli ambienti illuminati.

La norma UNI 11248 introduce l'appendice normativa D, dedicata all'illuminazione adattiva e propone due possibili soluzioni per l'ottimizzazione dei consumi e l'allungamento della vita degli impianti.

IMPIANTI ADATTIVI BASATI SU FLUSSO ORARIO DI TRAFFICO:

- TAI (TRAFFIC ADAPTIVE INSTALLATION) -

La variazione della categoria illuminotecnica di esercizio non è più effettuata su base oraria, ma mediante il campionamento reale del flusso di traffico. Il campionamento avviene ogni 10 minuti e la regolazione dell'illuminazione avviene passando da una categoria illuminotecnica a quella superiore in caso di innalzamento del traffico e a quella inferiore nel caso opposto.

Indipendentemente dall'orario, è garantito un livello di illuminazione più adeguato alle esigenze di sicurezza della strada e un maggiore risparmio energetico.

IMPIANTI ADATTIVI BASATI SU TRAFFICO UMINANZA/ILLUMINAMENTO E METEO:

FAI (FULL ADAPTIVE INSTALLATION):

La variazione di categoria illuminotecnica di esercizio avviene secondo la valutazione congiunta delle condizioni di traffico, della misura di luminanza o illuminamento del manto stradale e delle condizioni meteorologiche specifiche della zona.

In questo caso, il traffico è monitorato in modo più puntuale della regolazione TAI: l'aggiornamento delle reali condizioni avviene progressivamente e con continuità tra una categoria illuminotecnica e l'altra.

Inoltre, la misura reale della luminanza o dell'illuminamento permette una ulteriore regolazione del flusso luminoso che tiene conto anche del reale invecchiamento delle sorgenti, del livello di sporcizia accumulato e dell'effettivo stato delle superfici illuminate. In questo modo viene massimizzato il risparmio energetico.

12.11 Servizi a banda larga

Possono essere implementati diverse soluzioni smart a banda larga come:

ACCESS POINT WI-FI: la connettività pubblica ad internet potrà essere estesa grazie al modulo wi-fi completo di antenne integrate a 2,4GHz e 5GHz. E' possibile fornire dalla più semplice soluzione stand- alone con connettività 3G/4G a vere e proprie infrastrutture di access point per una copertura cittadina più completa.

SENSORI DI MOVIMENTO: modulo completo di sensore di movimento per il rilevamento del traffico pedonale. L'illuminazione viene regolata in funzione della presenza di persone in movimento;

TELECAMERA DI VIDEOSORVEGLIANZA: il modulo può essere integrato con varie tecnologie di telecamere ad alta definizione e illuminatori infrarossi per i servizi di video sorveglianza;

DIFFUSORE AUDIO: può essere equipaggiato con uno speciale modulo audio basato su tecnologie EXPD che mettendo in vibrazione la superficie del modulo lo trasforma in un vero e proprio altoparlante;

SMART NODE: nodo integrato di telecontrollo a radio frequenza completo di antenna di trasmissione.

12.12 Smart system

L'intera infrastruttura di servizi sarà completamente monitorata da remoto in un centro di controllo ed ogni apparato sarà gestito tramite software e ogni punto luce sarà identificato da un codice univoco sottoforma di QR code.



13. INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE ILLUMINOTECNICA DI EDIFICI STORICI

Nell'ambito del progetto di riqualificazione ed efficientamento della Pubblica Illuminazione del Comune di Terni (Lotto 2), è stata prevista anche l'illuminazione architettonica ed ornamentale di alcuni edifici storici al fine di migliorare la percezione notturna del centro storico mettendo in risalto i suoi magnifici particolari.

Gli edifici storici oggetto di intervento sono:

- *Palazzo Spada*, sede principale del Municipio;
- *Il quattrocentesco palazzo che ospita la Biblioteca Comunale – Bct*;
- *Palazzo di Primavera*
- *Centro Arti Opificio Siri – CAOS*



Ubicazione degli edifici storici oggetto di intervento

In particolare i **primi due edifici** prospettano sulle tre piazze principali del centro storico della Città, all'interno dell'area pedonale. Allo stato di fatto la luminosità in prossimità di queste zone è carente e pertanto i particolari architettonici di questi edifici storici di notte restano nascosti alla vista.

Pertanto, è stato proposto un restyling illuminotecnico del **Palazzo Spada** e della **Biblioteca Comunale**, che ha interessato globalmente tutti gli elementi architettonici e decorativi degli edifici prevedendo anche corpi



illuminanti a LED sulle facciate, lungo i marcapiani, le cornici e i cornicioni delle finestre, contribuendo in tal modo a migliorare in maniera determinante degli aspetti architettonici ed ambientali degli spazi urbani, valorizzandone contemporaneamente l'immagine anche nelle ore serali - notturne ed incidendo inoltre sugli elementi legati alla sicurezza urbana e al risparmio energetico.



Vista frontale Palazzo Spada nelle ore diurne



Vista frontale Palazzo Spada – Simulazione valorizzazione illuminotecnica effettuata, con eliminazione di qualsiasi contributo dell'illuminazione naturale e/o artificiale circostante, al fine di evidenziare l'aspetto estetico della illuminazione artistica

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

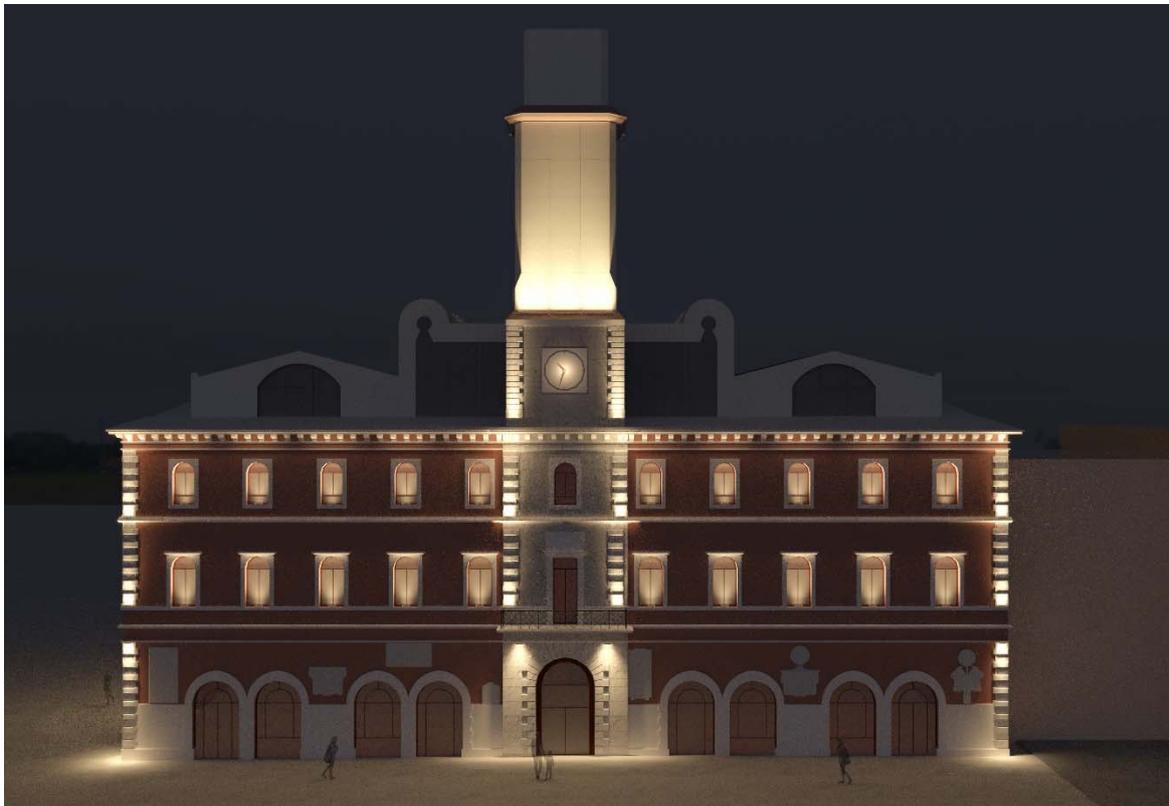
Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it



Vista frontale Palazzo ospitante la Biblioteca nelle ore diurne



Vista frontale Palazzo ospitante la Biblioteca – Simulazione valorizzazione illuminotecnica

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it

Altri due interventi riguardano la valorizzazione dell’accesso ai contenitori culturali **Palazzo di Primavera** (in particolare lungo il percorso e il portale di accesso):



Simulazione della valorizzazione illuminotecnica dell’accesso al Palazzo Primavera

E l’accesso al **Centro Arti Opificio Siri – CAOS** (miglioramento illuminazione stradale ed esterna):



Simulazione della valorizzazione illuminotecnica della strada di accesso al Palazzo “CAOS” che riproduce fedelmente le intenzioni artistiche del progetto di fattibilità

PI_RTS: Relazione Tecnica Specialistica

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:

Mandatario:

PERILLO
STUDIO INGEGNERIA

Ing. Giuseppe PERILLO
Ing. Giampietro MASSARELLI
Palo del Colle (BA)
www.studioperillo.eu

Mandante:

Ing. Giuseppe TAMBORRINO
Laterza (TA)
www.studiotodo.it