

ALLEGATO E

OTTIMIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI

Il controllo del flusso luminoso indiretto si attua anche attraverso l'ottimizzazione degli impianti d'illuminazione che a sua volta comporta anche una razionalizzazione dei consumi energetici nel tempo.

L.r. 17/09, Art. 9, comma 11, regolamentazione delle sorgenti di luce e dell'utilizzazione di energia elettrica da illuminazione esterna:

11. Ai fini dell'alta efficienza degli impianti si osservano le seguenti prescrizioni:

a) impiegare, a parità di luminanza, apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni massime di interasse dei punti luce e che minimizzino costi e interventi di manutenzione nell'illuminazione pubblica e privata per esterni. In particolare per i nuovi impianti di illuminazione stradale è fatto obbligo di utilizzare apparecchi con rendimento superiore al sessanta per cento, intendendosi per rendimento il rapporto fra il flusso luminoso che fuoriesce dall'apparecchio e quello emesso dalla sorgente interna allo stesso. Gli impianti di illuminazione stradale devono altresì garantire un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3,7; sono consentite soluzioni alternative solo in presenza di ostacoli, fisici o arborei, o in quanto funzionali alla certificata e documentata migliore efficienza generale dell'impianto; soluzioni con apparecchi lungo entrambi i lati della strada sono consentite nei casi in cui le luminanze di progetto debbano essere superiori a 1.5cd/m² o per carreggiate con larghezza superiore ai 9 metri;

b) massimizzazione della frazione del flusso luminoso emesso dall'impianto, in ragione dell'effettiva incidenza sulla superficie da illuminare (utilanza). La progettazione degli impianti di illuminazione esterna notturna dev'essere tale da contenere al massimo la luce intrusiva all'interno delle abitazioni e di ogni ambiente adiacente l'impianto.

Questo concetto è in sintesi riassumibile in modo semplice e chiaro con il primo periodo della legge: "Impiego, a parità di luminanza ed illuminamenti, di apparecchi che conseguano, impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni ottimali di interasse dei punti luce e ridotti costi manutentivi".

a- Ambiti operativi: applicazioni non stradali

Linee guida di ottimizzazione:

- il fattore da ottimizzare in tale ambito è la potenza installata (puntuale e complessiva) che deve essere la minore possibile a parità di fattore di utilizzazione, sempre nel rispetto delle norme tecniche e di sicurezza vigenti (EN13201), e qualora queste non siano applicabili, con luminanze medie mantenute non superiori a 1cd/m².
- Utilizzare a parità di condizioni apparecchi che conseguono la minore potenza installata ed il maggiore risparmio manutentivi.

Per quanto attiene alle prescrizioni normative, la legge non specifica valori da conseguire ma solo che il progettista deve dimostrare nella sua relazione di aver cercato di conseguire i maggiori risultati in termini di ottimizzazione e risparmio energetico.

b. Ambiti operativi: applicazioni stradali

L'ottimizzazione degli impianti d'illuminazione si può conseguire solo ed unicamente con il concorso di numerosi altri aspetti già evidenziati in altri allegati.

Linee guida per l'ottimizzazione degli impianti d'illuminazione stradale:

- Classificare correttamente il tracciato viario secondo UNI10439/2001. Allegato C.
- Progettare ai valori di luminanze media mantenuta minimi previsti dalle norme (con le tolleranze di misura indicati dalle norme stesse). Allegato C.
- Utilizzare a parità di condizioni apparecchi che conseguono la minore potenza installata ed il maggiore risparmio manutentivi. Questo terzo elemento è fondamentale ed a complemento dei primi due, in quanto se classifico correttamente la strada, e la illumino secondo le norme di rettore, il risultato può essere ottenuto con potenze diverse.

Indice Illuminotecnico	Potenze consigliate	Potenze consigliate (se la larghezza della carreggiata è superiore a 8 metri)
1 ($L_m=0.3 \text{ cd/m}^2$)	50W-70W	70W
2 ($L_m=0.5 \text{ cd/m}^2$)	50W-70W	100W-150W (statisticamente non più del 10% dei casi)
3 ($L_m=0.75 \text{ cd/m}^2$)	70W	100W (statisticamente il 25-35% dei casi) 150W (statisticamente solo il 10-15% dei casi)
4 ($L_m=1 \text{ cd/m}^2$)	70W-100W	150W (statisticamente solo il 20-30% dei casi)
5 ($L_m=1.5 \text{ cd/m}^2$)	100W-150W	150W (statisticamente il 50% dei casi)
6 ($L_m=2 \text{ cd/m}^2$)	150W-250W	250W (statisticamente il 40% dei casi)

Tabella 1. Guida Orientativa per ottimizzare i risparmi, i risultati illuminotecnici e le potenze installate.

A completamento dei concetti sopra espressi la legge regionale richiede in senso generico l'"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 nello specifico sui nuovi impianti richiede rapporti minimi interdistanze altezze dei sostegni maggiori di 3.7 (salvo ostacoli quali viali alberati, o in corrispondenza di incroci) utilizzando gli apparecchi solo su un lato della strada (salvo ove assolutamente necessario per le eccessive dimensioni della strada).

L'ottimizzazione prevede, come specificano appunto i criteri applicativi della L.r. 17/09, una progettazione illuminotecnica che ricerchi la configurazione dell'impianto che meglio soddisfi le seguenti indicazioni:

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

E' sempre possibile conseguire i risultati in termini di rapporto interdistanza altezza superiori a 3.7, ma per far questo è necessario in linea di principio cercare il corpo illuminante più adeguato alle esigenze installative.

Per concludere, non sempre gli apparecchi che permettono la massimizzazione del rapporto interdistanza/altezza palo sono quelli da preferire in quanto 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 che minimizza anche i costi di installazione e di manutenzione). Inoltre, questo aspetto deve essere confrontato con le specifiche esigenze progettuali diverse infatti per esempio, nel centro storico le altezze dei sostegni devono

mantenersi basse mentre nelle strade extraurbane le altezze possono raggiungere e superare i 10m.

Queste sono alcune delle valutazioni che deve fare il progettista nella sua relazione tecnica al fine del conseguimento del miglior risultato operativo, di ottimizzazione e risparmio energetico.

c. Progetti illuminotecnici stradali modello

I progetti che vengono riportati sono alcuni tra i milioni (per la precisione 850 milioni di progetti illuminotecnici) di risultati forniti dal software di ottimizzazione illuminotecnica Save the Sky.

I risultati tabulati sono stati ottenuti con SOLO 4 modelli di corpi illuminanti, di cui non faremo il nome per evidenti motivi, utilizzando i seguenti range di progettazione:

- Corpi illuminanti conformi installati con vetro piano orizzontale,
- Corpi illuminanti installati se possibile su strade di larghezza da 7, 8, 9, 10, 11, 12 metri,
- Condizioni di progetto con indici illuminotecnici fra 2 e 5 (fra 0.5 cd/m² e 1.5 cd/m²),
- Lampade utilizzate da 50,70,100,150W al sodio alta pressione,
- L'altezza dei sostegni è compresa fra 5 e 12 metri,
- L'avanzamento rispetto al ciglio della strada per evidenti questioni di spazio è stato posto FISSO pari a 0metri.

I corpi illuminanti sono due di produttori Italiani e di fascia di costo di mercato medio bassa compresa fra 110 e 140Euro e 2 stranieri di fascia di prezzo compresa fra 180 e 230 Euro (tutti e 4 con possibilità di regolazione del porta lampada).

Ricordiamo che i progetti tabulati danno dei "buoni" risultati reali conformi alle leggi regionali, ma sono di soli 4 apparecchi e sono stati calcolati ormai nel 2004, è quindi possibile che i risultati perseguibili oggi con altri apparecchi siano anche molto superiori. Il numero nella prima colonna rappresenta l'apparecchio ma la predominanza di uno o dell'altro non è assolutamente indicativa e spesso casuale legata all'esigenza di sintesi dei dati.

ELENCO PROGETTI ILLUMINOTECNICI

Strade extraurbane secondarie C: Lm [cd/m²] 1,5 - Uo 40% - UI 70% - Ti 10%

TIPOLOGIA DI INSTALLAZIONE		CLASSIFICAZIONE				TIPO DI STRADA				
Strade extraurbane secondarie		Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti	Carreggiate min.: 1 Corsie min.: 1 per senso di marcia Per il collegamento di più comuni (come S.P. o S.S.)				
C		1,5	40%	70%	10%					
CLASSI DI PROGETTO										
Corpo n.	Larg. Strada [m]	Altezza Sostegni [m]	Avanzamento [m]	Tilt [°]	Interdistanza [m]	Rapporto I/h	Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti %
SORGENTE LUMINOSA: 150 W Sodio alta pressione										
4	7	6,00	0,00	0,00	27,00	4,50	1,66	0,42	0,72	8,59
3	7	7,00	0,00	0,00	32,00	4,57	1,56	0,40	0,70	12,77
4	7	8,00	0,00	0,00	33,00	4,12	1,50	0,45	0,72	6,94
4	8	7,00	0,00	0,00	28,00	4,00	1,63	0,41	0,71	5,10
4	9	7,00	0,00	0,00	26,00	3,71	1,55	0,40	0,75	4,06
4	10	7,00	1,00	0,00	26,00	3,71	1,52	0,41	0,76	4,60

Strade urbane di scorrimento D: Lm [cd/m²] 1 - Uo 40% - UI 50% - Ti 10%

Strade urbane di quartiere E: Lm [cd/m²] 1 - Uo 40% - UI 50% - Ti 10%

Strade extraurbane locali F: Lm [cd/m²] 1 - Uo 40% - UI 50% - Ti 10%

TIPOLOGIA DI INSTALLAZIONE	CLASSIFICAZIONE				TIPO DI STRADA
Strade urbane di scorrimento	Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti	Carreggiate min.: 1 Corsie min.: 2 per senso di marcia Solo se il limite di velocità è inferiore a 50km/h
D	1,0	40%	50%	10%	
Strade urbane di quartiere	Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti	Carreggiate min.: 1 Corsie min.: 1 per senso di marcia o 2 per sensi unici Solo se proseguimento nella rete locale di strade tipo C e con corsie di manovra e parcheggi esterni alla carreggiata
E	1,0	40%	50%	10%	
Strade extraurbane locali	Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti	Carreggiate min.: 1 Corsie min.: 1 per senso di marcia o 2 per sensi unici Solo se con caratteristiche diverse dalle strade di tipo C
F	1,0	40%	50%	10%	

CLASSI DI PROGETTO

Corpo n.	Larg. Strada [m]	Altezza Sostegni [m]	Avanzamento [m]	Tilt [°]	Interdistanza [m]	Rapporto I/h	Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti %
SORGENTE LUMINOSA: 70 W Sodio alta pressione										
2	7	5,00	0,00	0,00	18,50	3,70	1,01	0,47	0,61	6,22
SORGENTE LUMINOSA: 100 W Sodio alta pressione										
4	7	6,00	0,00	0,00	28,00	4,67	1,03	0,43	0,69	6,91
4	7	7,00	0,00	0,00	30,00	4,29	1,03	0,41	0,67	6,05
1	7	8,00	0,50	0,00	40,00	5,00	1,06	0,40	0,52	9,87
1	7	9,00	0,00	0,00	40,00	4,44	1,01	0,43	0,51	10,00
4	8	5,00	0,00	0,00	23,00	4,60	1,03	0,41	0,74	4,71
4	8	6,00	0,00	0,00	24,00	4,00	1,04	0,41	0,82	6,41
4	8	7,00	0,00	0,00	27,00	3,86	1,01	0,40	0,76	4,44
1	8	9,00	0,50	0,00	38,00	4,22	1,00	0,41	0,52	9,78
SORGENTE LUMINOSA: 150 W Sodio alta pressione										
4	8	7,00	0,00	0,00	36,00	5,14	1,02	0,44	0,60	9,75
3	8	8,00	0,00	0,00	41,00	5,12	1,04	0,41	0,68	11,63
1	8	9,00	0,00	0,00	36,00	4,00	1,02	0,50	0,59	5,53
4	8	9,00	0,00	0,00	42,00	4,67	1,01	0,45	0,58	7,35
4	8	10,00	0,00	0,00	43,00	4,30	1,01	0,43	0,68	6,44
4	9	7,00	0,00	0,00	33,00	4,71	1,06	0,40	0,66	7,69
4	9	8,00	0,00	0,00	37,00	4,62	1,01	0,41	0,58	6,30
4	9	9,00	0,00	0,00	40,00	4,44	1,01	0,41	0,64	6,09
4	9	10,00	0,00	0,00	39,00	3,90	1,02	0,45	0,77	5,73
2	10	8,00	0,00	0,00	30,00	3,75	1,03	0,44	0,72	5,05
4	10	9,00	0,00	0,00	36,00	4,00	1,01	0,43	0,71	5,06
4	10	10,00	0,00	0,00	37,00	3,70	1,02	0,41	0,79	4,69

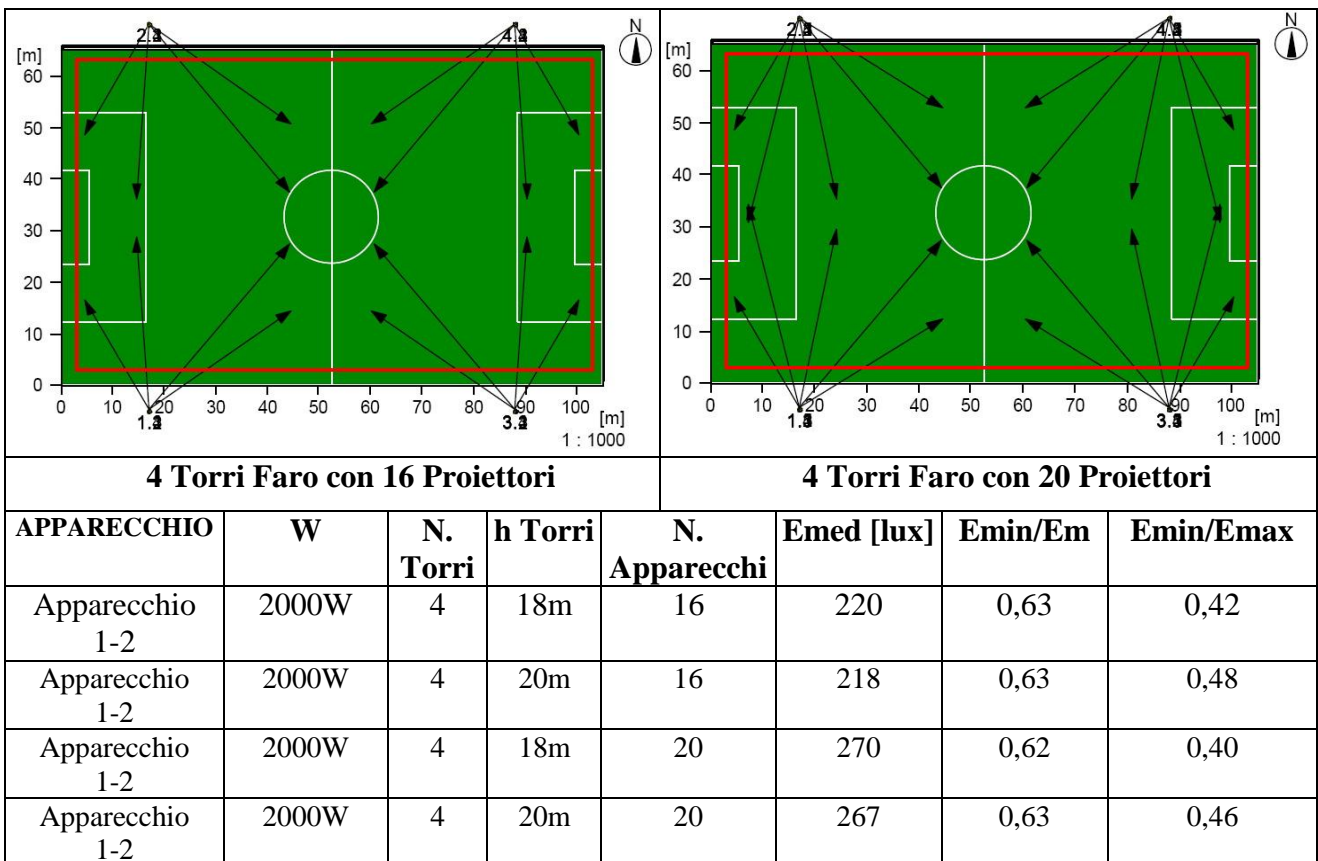
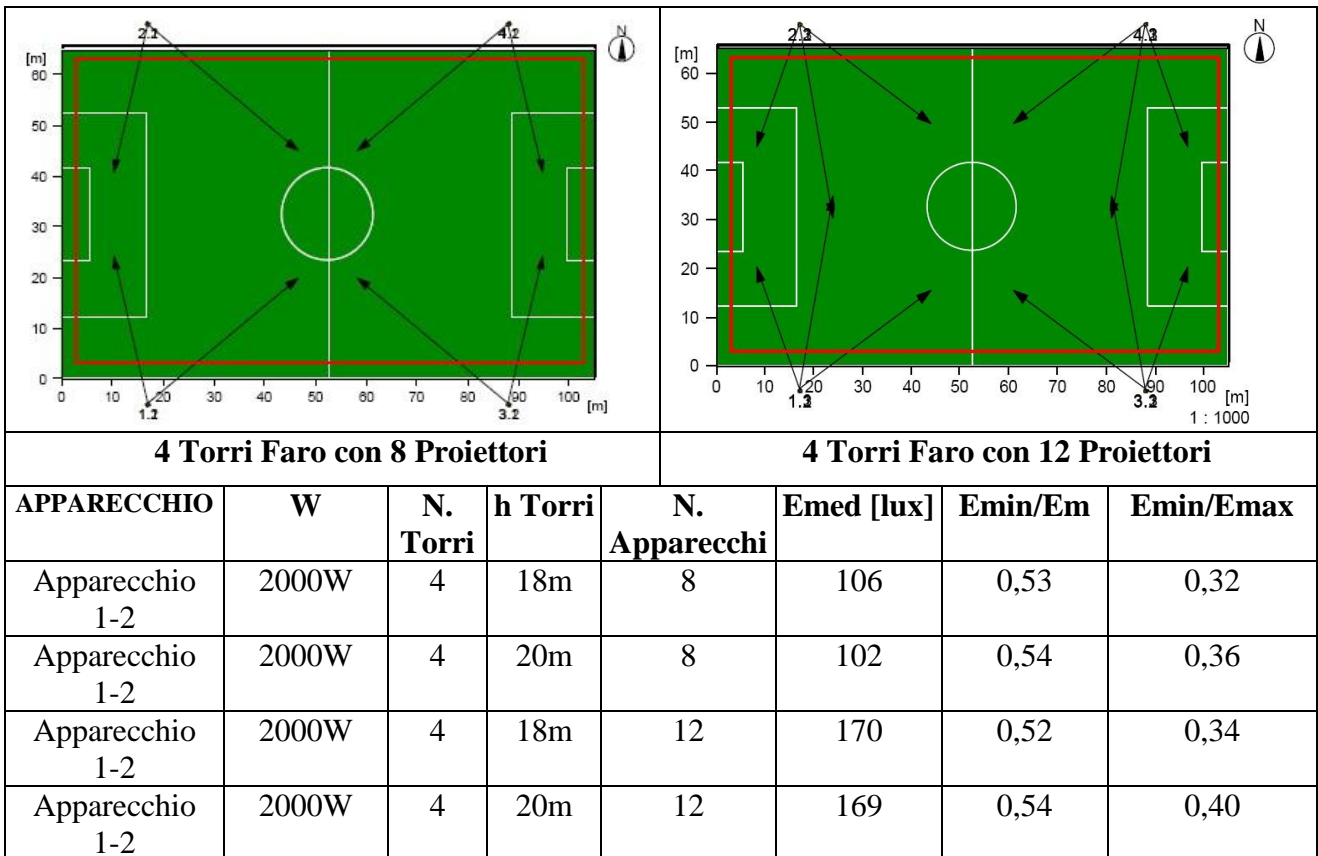
Strade urbane interzonali C: Lm [cd/m²] 0,75 - U_o 40% - U_I 50% - T_i 15%

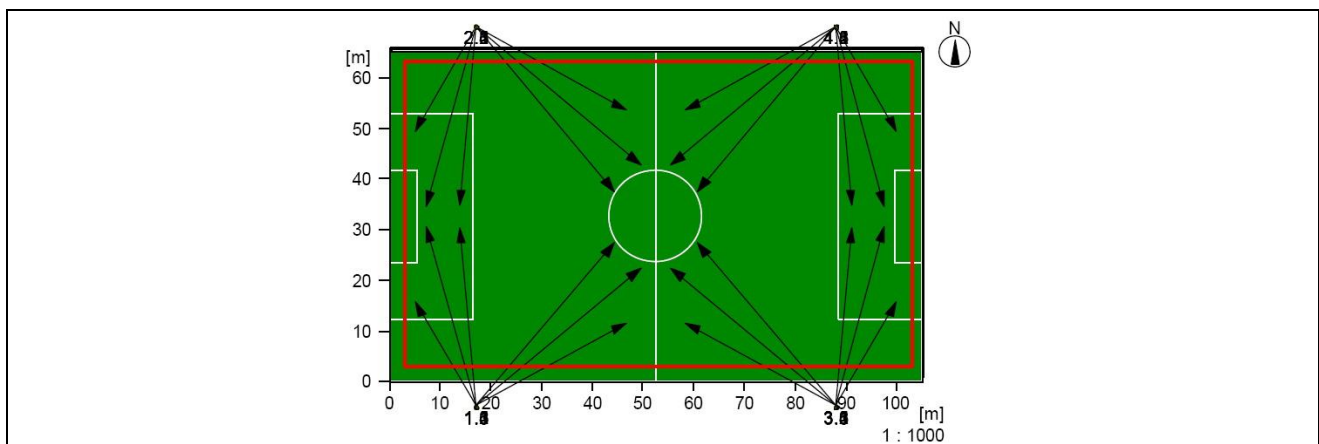
TIPOLOGIA DI INSTALLAZIONE		CLASSIFICAZIONE				TIPO DI STRADA				
Strade urbane interzonali		Lm [cd/m ²]	U _o	U _I	T _i	Carreggiate min.: 1 Corsie min.: 1 per senso di marcia o 1 per sensi unici Note: - solo se strade tipo F - Urbane locali di rilievo che attraversano l'intero centro abitato				
C		0,75	40%	50%	15%					
CLASSI DI PROGETTO										
Corpo n.	Larg. Strada [m]	Altezza Sostegni [m]	Avanzamento [m]	Tilt [°]	Interdistanza [m]	Rapporto I/h	Lm [cd/m ²]	U _o	U _I	T _i %
SORGENTE LUMINOSA: 70 W Sodio alta pressione										
2	7	5,00	0,00	0,00	25,00	5,00	0,80	0,41	0,50	6,86
4	7	6,00	0,00	0,00	27,50	4,58	0,75	0,45	0,65	6,35
2	7	7,00	0,00	0,00	26,00	3,71	0,76	0,47	0,78	6,83
SORGENTE LUMINOSA: 100 W Sodio alta pressione										
4	7	6,00	0,00	0,00	35,00	5,83	0,75	0,40	0,50	11,18
4	7	7,00	0,00	0,00	37,00	5,29	0,76	0,42	0,56	8,99
4	7	8,00	0,00	0,00	34,00	4,25	0,77	0,52	0,65	8,32
1	7	9,00	0,00	0,00	48,00	5,33	0,82	0,44	0,51	11,36
1	7	10,00	0,00	0,00	49,00	4,90	0,76	0,47	0,54	10,56
4	8	6,00	0,00	0,00	32,00	5,33	0,77	0,41	0,66	7,87
4	8	7,00	0,00	0,00	33,00	4,71	0,76	0,44	0,67	7,14
4	8	8,00	0,00	0,00	35,00	4,38	0,76	0,40	0,72	6,22
4	8	9,00	0,00	0,00	36,00	4,00	0,75	0,42	0,68	5,50
1	8	10,00	0,00	0,00	44,00	4,40	0,82	0,42	0,50	9,26
SORGENTE LUMINOSA: 150 W Sodio alta pressione										
4	8	7,00	0,00	0,00	39,00	5,57	0,81	0,44	0,50	10,00
4	8	8,00	0,00	0,00	44,00	5,50	0,81	0,42	0,52	10,65
4	8	9,00	0,00	0,00	47,00	5,22	0,79	0,42	0,51	8,51
3	8	10,00	0,00	0,00	51,00	5,10	0,79	0,41	0,66	9,00
4	8	11,00	0,00	0,00	55,00	5,00	0,75	0,43	0,51	7,70
1	8	12,00	0,00	0,00	55,00	4,58	0,83	0,40	0,52	5,47
4	9	7,00	0,00	0,00	39,00	5,57	0,78	0,40	0,54	9,48
4	9	8,00	0,00	0,00	43,00	5,38	0,75	0,43	0,57	9,60
3	9	9,00	0,00	0,00	45,00	5,00	0,76	0,42	0,63	9,43
4	9	10,00	0,00	0,00	50,00	5,00	0,75	0,41	0,51	7,30
4	9	11,00	0,00	0,00	52,00	4,73	0,75	0,41	0,57	6,45
4	9	12,00	0,00	0,00	51,00	4,25	0,83	0,42	0,50	3,44
4	10	7,00	0,00	0,00	37,00	5,29	0,79	0,40	0,63	7,72
4	10	8,00	0,00	0,00	40,00	5,00	0,75	0,40	0,56	7,36
4	10	9,00	0,00	0,00	42,00	4,67	0,80	0,41	0,57	6,12
3	10	10,00	0,00	0,00	45,00	4,50	0,79	0,40	0,71	10,76
4	10	11,00	0,00	0,00	47,00	4,27	0,76	0,43	0,67	5,84
4	10	12,00	0,00	0,00	47,00	3,92	0,76	0,43	0,76	5,29

Strade urbane locali F: Lm [cd/m²] 0.5 - Uo 30% - UI 40% - Ti 15%

TIPOLOGIA DI INSTALLAZIONE		CLASSIFICAZIONE				TIPO DI STRADA				
Strade urbane locali		Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti	Carreggiate min.: 1 Corsie min.: 1+1 (o 1 se senso unico)				
F		0,5	30%	40%	15%	Note: Tutte le strade del centro abitato che non rientrano nelle precedenti categorie				
CLASSI DI PROGETTO										
Corpo n.	Larg. Strada [m]	Altezza Sostegni [m]	Avanzamento [m]	Tilt [°]	Interdistanza [m]	Rapporto I/h	Lm [cd/m ²]	Uo	UI	Ti %
SORGENTE LUMINOSA: 50 W Sodio alta pressione										
4	7	5,50	0,00	0,00	26,50	4,82	0,56	0,36	0,62	4,68
4	7	6,00	0,00	0,00	33,50	5,58	0,50	0,36	0,56	9,53
4	8	6,00	0,00	0,00	24,50	4,08	0,54	0,35	0,70	3,74
SORGENTE LUMINOSA: 70 W Sodio alta pressione										
4	7	6,00	0,00	0,00	33,50	5,58	0,50	0,36	0,56	9,53
4	7	7,00	0,00	0,00	38,50	5,50	0,56	0,35	0,58	7,20
1	8	6,00	0,00	0,00	34,00	5,67	0,56	0,46	0,41	13,14
4	8	7,00	0,00	0,00	38,50	5,50	0,57	0,35	0,57	7,94
SORGENTE LUMINOSA: 100 W Sodio alta pressione										
4	8	10,00	0,00	0,00	51,50	5,15	0,53	0,35	0,51	6,54
4	8	9,00	0,00	0,00	47,50	5,28	0,56	0,35	0,58	6,86
4	8	8,00	0,00	0,00	44,00	5,50	0,58	0,35	0,58	8,69
3	8	7,00	0,00	0,00	41,50	5,93	0,51	0,36	0,65	10,92
SORGENTE LUMINOSA: 150 W Sodio alta pressione										
4	9	8,00	0,00	0,00	48,00	6,00	0,58	0,37	0,42	10,78
4	9	9,00	0,00	0,00	53,00	5,89	0,57	0,41	0,45	10,71
3	9	10,00	0,00	0,00	60,00	6,00	0,59	0,37	0,48	13,28
3	9	11,00	0,00	0,00	65,00	5,91	0,60	0,36	0,50	12,08
3	9	12,00	0,00	0,00	68,00	5,67	0,51	0,37	0,55	9,25
4	10	8,00	0,00	0,00	48,00	6,00	0,56	0,36	0,45	9,69
4	10	9,00	0,00	0,00	54,00	6,00	0,53	0,37	0,47	9,93
3	10	10,00	0,00	0,00	60,00	6,00	0,51	0,36	0,46	9,56
3	10	11,00	0,00	0,00	66,00	6,00	0,50	0,36	0,47	14,19
3	10	12,00	0,00	0,00	65,00	5,42	0,50	0,36	0,58	8,25

IMPIANTI SPORTIVI – GRANDI DIMENSIONI

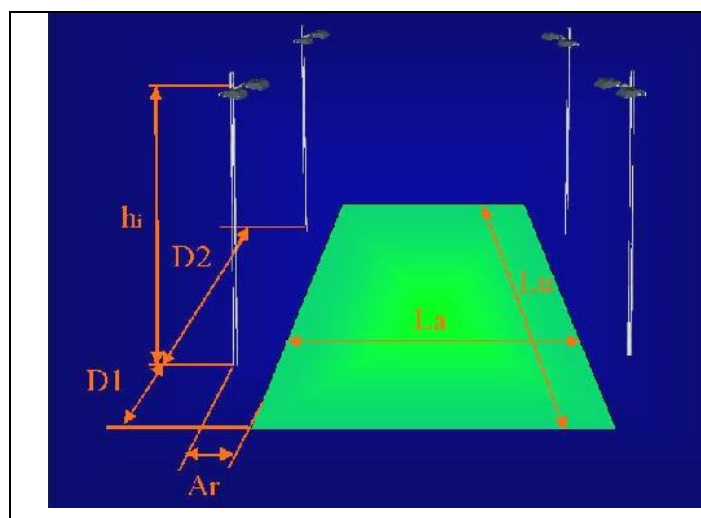




4 Torri Faro con 24 Proiettori

APPARECCHIO	W	N. Torri	h Torri	N. Apparecchi	Emed [lux]	Emin/Em	Emin/Emax
Apparecchio 1-2	2000W	4	18m	24	313	0,70	0,43
Apparecchio 1-2	2000W	4	20m	24	310	0,64	0,45

IMPIANTI SPORTIVI – PICCOLE E MEDIE DIMENSIONI



APPARECCHIO	W	TIPO DI IMPIANTO	Valori di rif. max	La	Lu	N° PALI	hi	Ar	D1	D2
Apparecchio 3-4	8x400W	CALCETTO	200 Lux	18	38	8	11	0,50	4,00	10,00
Apparecchio 3-4	8x400W	TENNIS	200 Lux	11	24	4	10	1,50	5,00	14,00
Apparecchio 3-4	8x400W	BASKET	200 Lux	15	28	6	11	0,50	3,50	10,50

PISTE CICLABILI

Ricordiamo che i progetti tabulati danno dei “buoni” risultati reali conformi alle leggi regionali, ma sono di soli 4 apparecchi e sono stati calcolati ormai nel 2004, è quindi possibile che i risultati perseguibili oggi con altri apparecchi siano anche molto superiori.

CLASSI DI PROGETTO: S1, S2, S3									
Classe	Sorgente [W]	Larg. Strada [m]	Altezza Sostegni [m]	Avanzamento [m]	Tilt [°]	Interdistanza [m]	Rapporto I/h	Emedio [lx]	Emin [lx]
S1	SAP 70W	2	5	0	0	27.5	5.5	17	8
S1	SAP 70W	2	4	0	0	24	6	16	6
S2	SAP 70W	2	5	0	0	30	6	12	5
S2	SAP 70W	2	4	0	0	26	6.5	11	4
S3	SAP 50W	2	5	0	0	35	7	8	2
S3	SAP 50W	2	4	0	0	30	7.5	8	1.7

Tabella 2 – Tabella orientativa per ottimizzare i risparmi, i risultati illuminotecnici e le potenze installate