



COMUNE DI VELLETRI

Città metropolitana di Roma Capitale

REALIZZAZIONE NUOVI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA STRADALE SU:

- BRETELLA VIA FONTANA DELLE FOSSE / VIA DEI BASTIONI
- VIA PAGANICO
- VIA SANTA MARIA DELL'ORTO
- VIA APPIA SUD
- VIA DEI CINQUE ARCHI

PROGETTO ESECUTIVO

**PRO
GAM**
società di ingegneria

Direttore Tecnico: Ing. Alessandro Catese
via Egidio Albornoz, 50 - 00165 Roma
Tel. 0683089487 - Fax. 06233200111
e-mail: alessandro.catese@pec.ording.roma.it

COMMITTENTE:

*COMUNE DI VELLETRI
Settore VI
Area 3 "Ufficio Reti"*

TITOLO

RELAZIONE GENERALE

CODICE ELABORATO

E · 2 8 6 · R 0 2

· □ · □ □ □

REV.

□ □

SCALA
VARIE

REV. N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	10.12.2021	EMISSIONE PER CONSEGNA			

1 PREMESSA

Il presente documento riporta la metodologia di calcolo per il progetto e le conseguenti verifiche illuminotecniche relative agli interventi di ampliamento e/o nuova realizzazione di impianto di illuminazione pubblica a realizzarsi all'interno del territorio del Comune di Velletri (RM), così come meglio evidenziati nelle tavole allegate al progetto esecutivo.

Nello specifico sarà realizzata, a partire da Nuovo allaccio, nuovo impianto sulle vie:

- Via Paganico;
- Via Santa Maria dell'Orto (offerta migliorativa);
- Bretella Via Fontana delle Fosse/Via dei Bastioni;
- Via Appia Sud;
- Via dei Cinque Archi.

Nella tabella che segue sono riportati la tipologia di sostegno, l'altezza del sostegno, inter-distanza dei sostegni categoria illuminotecnica di progetto ecc.

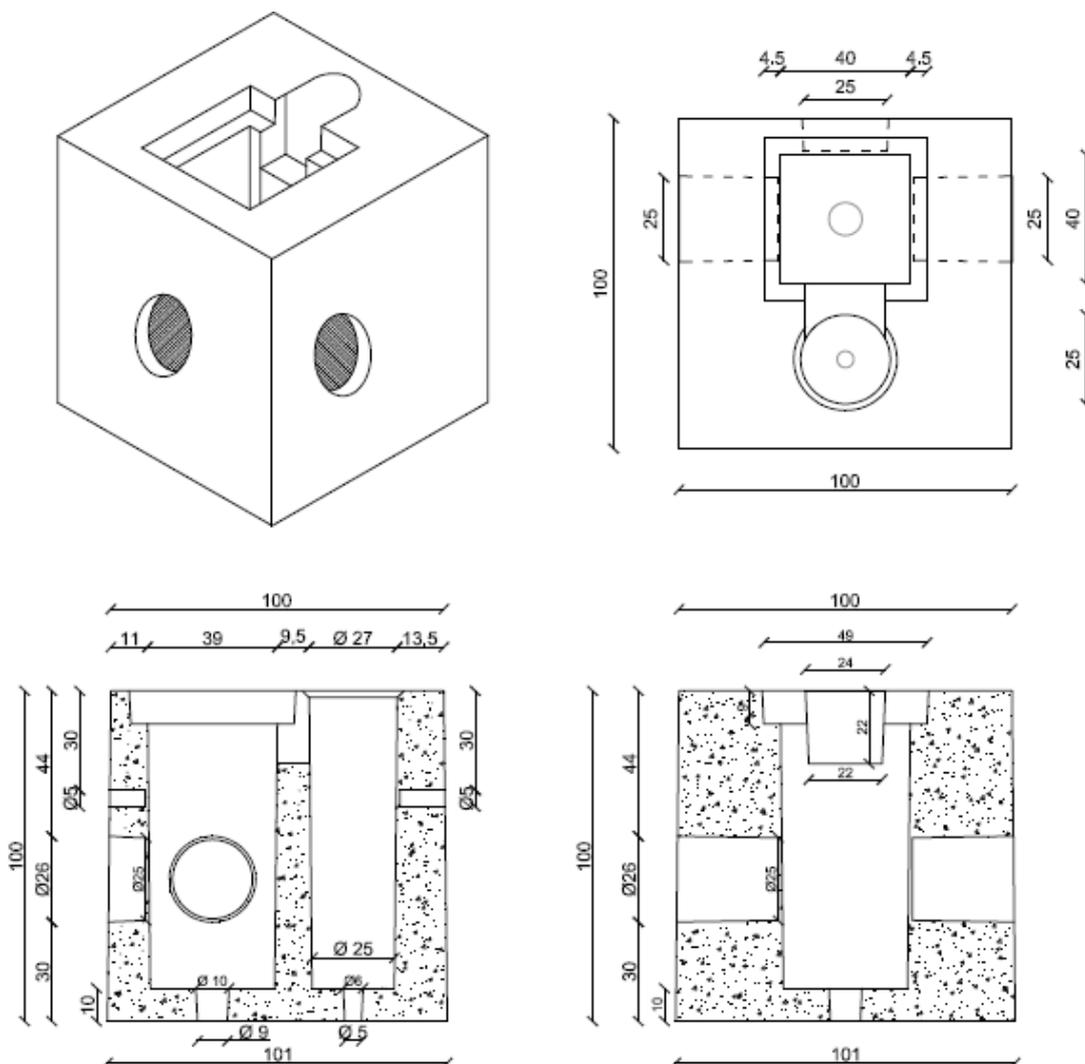
STRADA	TIPOLOG. SOST.	LUNGH. SBRACC. (m)	ALTEZZA SOSTEGNO (m)	INTERDISTANZA DI PROGETTO (massima)	DISPOSIZ. SOSTEGNI	SEZIONE STRADALE (carreggiata)	CAT. ILL. PROGETTO
Via Paganico	Test. P. dritto	0	8,0	40	Unilaterale	6,0 m	M3
Via S.M. Orto	Test. P. dritto	0	8,0	25	Unilaterale	6,0 m	M3
Bretella Fosse/Bastioni	Test. P. dritto	0	8,0	20	Unilaterale	8,0 m	M3
Appia Sud	Test. P. dritto	0	8,0	33.5	Unilaterale	8,0 m	M3
5 Archi	Test. P. dritto	0	8,0	30	Unilaterale	8,0 m	M3

Per quel che concerne il plinto di fondazione, questo dovrà essere realizzato in opera come da dettaglio costruttivo.

Si potrà, in accordo con la D.L. e previa autorizzazione da parte del R.U.P., prevedere l'utilizzo di plinti prefabbricati aventi caratteristiche tecnico-costrittive simili a quelle riportate nel particolare di seguito illustrato. In tal caso, si dovrà provvedere al riempimento dello scavo con calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

- Classe C25/30
- Resistenza Rck 25 N/mm²
- Classe di esposizione XC2

Sono state inoltre condotte verifiche al ribaltamento del palo di illuminazione secondo il D.M. 17/01/2018 - "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa C.M. n.7/2019 - "Istruzioni per l'applicazione nuove Norme Tecniche Costruzioni" e di cui si riportano i dati relativi alla verifica nelle condizioni peggiorative: plinto prefabbricato e altezza del palo fuori terra pari a 10,00 ml.



TIPOLOGIA	DIM. EST. (cm.)	ALTEZZA (cm.)	PESO KG
Pozzetto portapalo in c.a.v. a sezione quadrata, con pozzetto per ispezioni incorporato dim. int. 40x40 cm., armato con staffe perimetrali Ø5, con foro Ø25 o 35 cm. per pali da illuminazione da 8 a 10,5m. f.t. in funzione del sito di impianto e della tipologia di posa in opera	100x100	100	1.800

Tipologia di plinto prefabbricato compatibile.

2 CALCOLO PLINTI DI FONDAZIONE PALI DI ILLUMINAZIONE

2.1 - GENERALITÀ»

Si tratta della fondazione che ha lo scopo di sostenere i pali di illuminazione. Tale fondazione è realizzata tramite un blocco unico di calcestruzzo di forma parallelepipedica (vedi elaborati grafici). Il plinto potrà essere di tipo prefabbricato o realizzato gettato in opera.

Si ipotizza nel presente calcolo l'utilizzo di un plinto prefabbricato con una tipologia comune in commercio, di cui si rimanda agli elaborati di progetto. In particolare, si dovranno avere le seguenti dimensioni minime dei plinti:

Dimensioni minime plinti: base: 100x100 cm

Altezza: 100 cm

Peso: 1800 kg

Normativa di riferimento: D.M. 17/01/2018 - "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa C.M. n.7/2019 - "Istruzioni per l'applicazione nuove Norme Tecniche Costruzioni".

2.2 – VERIFICA A RIBALTAMENTO

Il dimensionamento dei blocchi è stato condotto ipotizzando le dimensioni e il peso del blocco di fondazione facendo riferimento al plinto tipo e verificandone successivamente l'idoneità statica. La verifica più gravosa con la quale è stato dimensionato il plinto è quella a ribaltamento per effetto del vento.

Si è eseguita la verifica nella condizione più sfavorevole di palo con altezza fuori terra $H=10,00\text{m}$. Il plinto così dimensionato verrà utilizzato, a vantaggio di sicurezza, anche per i pali di altezza inferiore, con momenti ribaltanti minori.

La verifica viene condotta secondo quanto riportato dalla citata normativa di cui al D.M. 17/01/2018 per il calcolo delle azioni del vento e le verifiche di ribaltamento.

La verifica a ribaltamento è condotta controllando che il momento ribaltante dovuta all'azione del vento sul palo e sull'armatura stradale, sia minore del momento stabilizzante dato dal peso del plinto e del palo. A vantaggio di sicurezza si trascura il contributo laterale del terreno e il peso del terreno sovrastante, dato che il plinto potrà essere posizionato circa a livello con il manto stradale. Si ha quindi che, adottando i coefficienti di sicurezza indicati dalle norme tecniche per le verifiche di tipo EQU (equilibrio), la verifica di ribaltamento è soddisfatta se:

$$M_r = \gamma P^* (p_w^* d^* H^* H/2 + p_w^* A_{arm} * H) \leq M_s = 0.9^* (P_{pl} + P_{pal})^* A/2$$

Dove:

Mr: momento ribaltante dovuto alla pressione del vento applicata nella mezzeria del palo
pw: pressione cinetica del vento
d: diametro medio del palo
H: Altezza fuori terra del palo
A arm: area laterale armatura stradale
Ms: Momento stabilizzante dovuto al peso del plinto applicato nel baricentro geometrico
Ppl: peso del plinto
Ppal: peso del palo+armatura
A: dimensione del plinto

La pressione del vento si è valutata secondo la seguente formula indicata nelle N.T.C. 2018

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot C_D$$

con i singoli parametri sotto specificati:

zona di riferimento	Zona 3
parametri di zona	$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$; $a_0 = 500 \text{ m}$; $k_a = 0,02 \text{ 1/s}$
altitudine del sito a_s	come $< a_0 = 500 \text{ m}$
velocità caratteristica di riferimento	$v_b = v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$
pressione cinetica di riferimento	$q_b = 456 \text{ N/mq}$
classe di rugosità	B
distanza dal mare	$< 18,6 \text{ miglia}$
categoria di esposizione e parametri	III ($k_r = 0,2$; $z_0 = 0,1 \text{ m}$; $z_{\min} = 5,00 \text{ m}$)
- coefficiente di esposizione a z_{\min}	$c_e(5,00 \text{ m}) = 1,71$
- coeff. di esposizione palo ($z_{\max} = 9 \text{ m}$)	$c_e(9,00 \text{ m}) = 2,07$
- coefficiente dinamico	$c_d = 1,0$
- coefficiente di forma	È valutato con le seguenti espressioni:
(si è fatto riferimento a quanto riportato nella circ.min. n. 617/2009, non essendo riportato tale coefficiente per tubi a sezione circolare nella nuova circolare)	$c_p = \begin{cases} 1,2 & \text{per } d\sqrt{q} \leq 2,2 \\ (1,783 - 0,263d\sqrt{q}) & \text{per } 2,2 < d\sqrt{q} < 4,2 \\ 0,7 & \text{per } 4,2 \leq d\sqrt{q} \end{cases}$

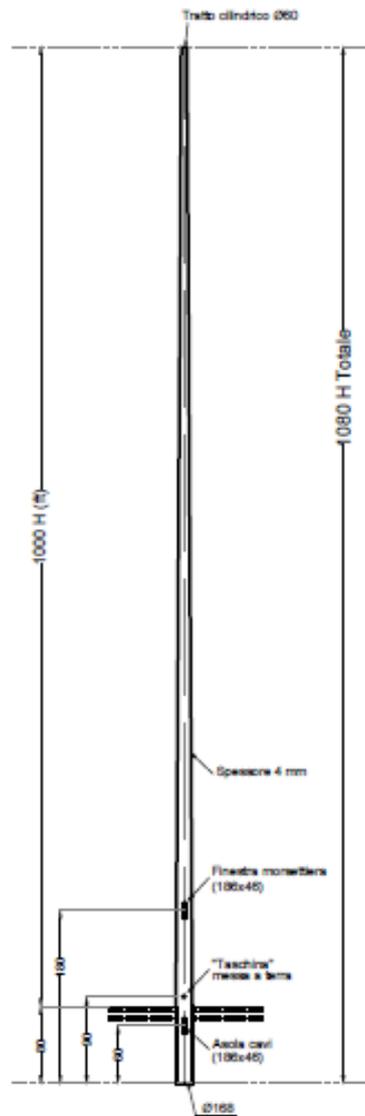
Dai calcoli riportati nel seguito si considera una pressione del vento massima sul palo e l'armatura stradale pari a:

$$p = 0,83 \text{ kN/mq}$$

VERIFICA A RIBALTAMENTO PALO ILLUMINAZIONE $H_{(fuori\ terra)} = 10,00m$

TIPOLOGIA "D"

Palo conico dritto - altezza 1000 cm (ft)



scala 1:50

PALO CONICO DRITTO
Ht = 10800 mm - H ft = 10000 mm
Diametro di base (D) = 168 mm
Diametro sommità (d) = 60 mm

MATERIALE:
Lamiere di acciaio - S235JR (UNI EN 10025)
PROTEZIONE:
ZINCATURA A CALDO EN 1461 - UNI EN 40-5

VERIFICA A RIBALTAMENTO PALO ILLUMINAZIONE $H_{(fuori\ terra)} = 10,00\ m$												
DATI DEL PALO				DATI ARM.		CALCOLO PRESSIONE DEL VENTO						
d_{medio}	H	peso	ecc. palo	sup.lat	peso	V_{rif}	q_{rif}	C_e	q	C_p	C_d	p
m	m	Kn	m	mq	Kn	m/s	N/mq		N/mq			kN/mq
0,114	10	1,4	0,21	0,09	0,105	27	456	2,14	974	0,85	1	0,83

CALCOLO MOMENTO RIBALTANTE.							
Fv, pal	H	Signor, amico	Fv, braccio	H	Mr, braccio	\square_r	Il sig., a
Kn	m	kNm	Kn	m	kNm		kNm
0,94	5	4,704	0,0743	10	0,743	1,5	8,17

MOMENTO STABILIZZANTE PLINTO								
Zoccolo P	B	M_s, pl	$P_{pal+braccio}$	B	M_s, pa	\square_s	M_s, a	Verifica
Kn	m	kNm	Kn	m	kNm		kNm	
18	0,5	9,00	1,505	0,5	0,753	0,9	8,78	OK

Nota: si considera l'armatura superiore allineata con il pozzetto
la verifica è fatta con vento laterale

3 PROGETTO AMPLIAMENTO IMP. DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il presente documento ha lo scopo di descrivere le caratteristiche tecniche ed i criteri di calcolo adottati nel dimensionamento dell'impianto di pubblica illuminazione prevista a servizio della viabilità nel comune di Velletri. Il presente documento riporta inoltre i report di calcolo e verifica degli impianti elettrici derivati dall'ampliamento della rete di illuminazione dei vari tronchi stradali considerati. Il quadro elettrico sarà alimentato direttamente dal contatore ENEL locale ed il sistema di distribuzione è del tipo TT.

La carpenteria del quadro sarà di tipo in SMC a doppio vano, nel primo vano sono installate le apparecchiature di proprietà dell'Ente erogatore di energia, nel secondo le apparecchiature di protezione e comando delle linee di illuminazione pubblica di pertinenza. Il nuovo sottoquadro che alimenterà la nuova linea di P.A. sarà derivato da quadro elettrico esistente ovvero di nuova fornitura a seconda delle necessità dei singoli tronchi stradali considerati.

Detto quadro sarà posato all'interno di opportuno armadio stradale a singolo vano con grado di protezione IP44 del tipo "Conchiglia" e conterrà gli opportuni dispositivi di protezione e manovra come da schema elettrico unifilare allegato.

3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli impianti e tutti i componenti elettrici installati, saranno realizzati a regola d'arte in osservanza alla normativa vigente. In particolare tutti i componenti e i materiali utilizzati saranno forniti di marcatura CE o altre marcature europee comparabili.

Gli stessi presenteranno caratteristiche di idoneità all'ambiente di installazione e saranno conformi alle norme di legge e ai regolamenti vigenti di uso generale, in particolare ai seguenti:

Norme di riferimento per la Bassa tensione:

- CEI 11-20 - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI 11-25 - Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 - Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 - Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3/1 - Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.

- CEI 33-5 - Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523 - Sistema di cablaggio. Capacità di trasporto di corrente.
- IEC 60364-5-52 - Impianti elettrici di edifici - Parte 5-52: Selezione e montaggio di apparecchiature elettriche - Sistemi di cablaggio.
- CEI UNEL 35023 - Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4 - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 - Cavi elettrici isolati con materiale elastometrico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 - Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 - Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

3.2 LINEE GUIDA PROGETTUALI

3.2.1 FUNZIONALITA'

L'illuminazione pubblica deve permettere agli utenti della strada di circolare nelle ore notturne con facilità e sicurezza; l'analisi delle esigenze visive che caratterizzano le diverse categorie di utenti costituisce pertanto la premessa per una razionale impostazione del progetto.

Il concetto di funzionalità è piuttosto differente per l'automobilista o per il pedone. Per il primo si tratta di percepire distintamente, localizzandoli con certezza e in tempo utile, i punti singolari del percorso (incroci, curve, ecc .) e gli ostacoli eventuali, per quanto possibile senza l'aiuto dei proiettori di profondità e anabbaglianti. Per il pedone sono essenziali la visibilità distinta dei bordi del marciapiede, dei veicoli e degli ostacoli nonché l'assenza di zone d'ombra troppo marcate .

La presenza e la forma degli oggetti sono percepiti in virtù dei contrasti di luminanza e di colore. Normalmente nella visione diurna i due tipi di contrasto coesistono mentre in quella notturna il contributo del contrasto di colore praticamente si annulla; il problema fondamentale dell'illuminotecnica si riduce pertanto a quello di produrre sulla strada i contrasti

di luminanza sufficienti a fornire una chiara immagine della strada e degli oggetti presenti su di essa.

La possibilità di percepire tali contrasti è influenzata dal livello medio di luminanza, dalla sua uniformità e dall'abbagliamento prodotto dai centri luminosi. Questi parametri costituiscono le principali caratteristiche per determinare se l'illuminazione è di qualità.

L'uniformità di luminanza garantisce che l'immagine della strada sia fornita in modo chiaro e senza incertezze fornendo visibilità e comfort visivo al guidatore. Esiste una relazione tra il livello di luminanza e i requisiti di uniformità: quando il livello di luminanza aumenta detti requisiti risultano meno stringenti. Inoltre l'impressione soggettiva concernente la qualità di un'installazione dipende da altri fattori quali l'intervallo tra i centri luminosi e la loro disposizione. L'uniformità di luminanza di una superficie stradale illuminata si modifica anche in funzione delle condizioni atmosferiche, peggiorando con fondo bagnato.

Per una circolazione sicura è necessario che il tracciato della strada, i suoi bordi, gli eventuali incroci e gli altri punti speciali devono essere resi visibili. L'impianto deve pertanto incrementare la visibilità della strada in rapporto ai fianchi stradali nonché la visibilità dei mezzi destinati a contribuire alla guida, quali la segnaletica orizzontale e le barriere di sicurezza ("guida visiva"), inoltre, tramite l'idonea disposizione degli apparecchi illuminati, il tracciato della strada e l'avvicinamento ad incroci o altri punti speciali, deve essere percepibile ad una distanza sufficiente ("guida ottica"). Un uso ottimale delle possibilità che gli impianti di illuminazione stradale possono offrire ai fini della guida visiva e ottica è altrettanto importante per la sicurezza e il comfort della circolazione quanto il livello di luminanza, l'uniformità o la limitazione dell'abbagliamento.

3.2.2 SICUREZZA

Gli impianti di illuminazione sono installati in condizioni di esposizione alle intemperie; inoltre sono accessibili ad un numero elevato di persone; infine richiedono interventi ad altezze notevoli da terra e su strade anche a traffico veicolare intenso e veloce: questi fatti rendono particolarmente stringenti i requisiti delle norme per la prevenzione degli infortuni. In particolare tutti i materiali ed apparecchi devono essere costruiti e installati a regola d'arte e l'esecuzione degli impianti deve essere affidata a imprese qualificate.

Tutte le parti in tensione dell'impianto, comunque accessibili, devono essere protette contro i contatti diretti; tutte le parti metalliche, comunque accessibili, che per difetto di isolamento possono andare in tensione, devono essere protette contro i contatti indiretti.

I componenti dei centri luminosi, in particolare le lampade, i rifrattori, le coppe e gli accessori elettrici, devono consentire una facile sostituzione in opera ma soprattutto devono essere

rigorosamente sicuri agli effetti delle cadute a seguito di oscillazioni, proprie del sostegno provocate dal vento o dal traffico pesante. I sostegni devono essere dimensionati in modo da resistere al carico della neve sull'apparecchio e alla spinta del vento. Inoltre la loro ubicazione dovrà essere tale da evitare il più possibile la probabilità che i veicoli possano entrare in collisione. La distanza dalla carreggiata dei sostegni che reggono i centri luminosi deve conseguentemente aumentare con la velocità media del traffico.

3.3 CRITERI DI QUALITÀ NELL'ILLUMINAZIONE Tabella di calcolo e verifica

3.3.1 GENERALITÀ»

La norma UNI 11248 "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche" indica i requisiti illuminotecnici qualitativi e quantitativi da considerare nel progetto degli impianti d'illuminazione stradale; essa è applicabile a tutte le strade rettilinee o in curva*, siano esse urbane o extraurbane, con traffico esclusivamente motorizzato o misto.

Le grandezze fotometriche cui fare riferimento per garantire un corretto compito visivo agli utenti delle strade sono:

- luminanza** media mantenuta del manto stradale (L_m [cd/m²]);
- uniformità generale*** (U_0) e Longitudinale**** (U_l) di detta luminanza;
- indice di abbagliamento debilitante causato dall'installazione (TI [%]);
- spettro di emissione delle lampade;
- guida ottica.

Livello di luminanza. Dal livello di luminanza dipende il potere di rivelazione, inteso come percentuale di un insieme definito di oggetti percepibile dal conducente in ogni punto della strada. Il potere di rivelazione aumenta all'aumentare della luminanza media del manto stradale, con andamento dipendente dall'uniformità e dal grado di abbagliamento debilitante prodotto dall'impianto.

Uniformità di luminanza. Generalmente, il parametro utilizzato per descrivere la distribuzione delle luminanze sulla superficie stradale il rapporto $U_0 = L_{min}/L_m$, dove L_{min} è la luminanza puntuale minima e L_m è quella media sull'intera superficie stradale. Il potere di rivelazione cresce con U_0 , con andamento dipendente anche dal grado di abbagliamento debilitante.

Abbagliamento debilitante. L'effetto dell'abbagliamento debilitante è quello di ridurre notevolmente il potere di rivelazione. Il parametro generalmente utilizzato per quantificare l'abbagliamento debilitante è l'indice TI .

Spettro di emissione delle lampade. I tipi di sorgenti luminose ritenuti idonei per l'illuminazione stradale sono numerosi e differiscono considerevolmente tra di loro per la composizione spettrale della luce emessa.

La "distanza di visibilità" dipende sensibilmente dallo spettro di emissione. Dallo spettro di emissione dipendono:

- l'acuità visiva;
- l'impressione di luminosità a parità di luminanza della superficie stradale;
- la velocità di percezione;
- il tempo di recupero visivo dopo essere stati soggetti ad abbagliamento.

Guida ottica. Per guida ottica s'intende la capacità di un impianto di illuminazione di dare all'utente un'immagine immediatamente riconoscibile del percorso da seguire fino ad una distanza che dipende dalla massima velocità permessa su quel tronco di strada. La guida ottica contribuisce alla sicurezza e alla facilità della guida. Pertanto essa è particolarmente importante per le intersezioni. Tra i fattori che influiscono sulla guida ottica nelle intersezioni vi sono il colore della luce, l'altezza dei pali, il livello di luminanza, la disposizione dei centri luminosi. I valori di tali grandezze sono riportati in funzione dell'indice della categoria illuminotecnica di appartenenza della strada, a sua volta dipendente dalla classificazione della strada in funzione del tipo di traffico.

La norma raccomanda inoltre che sia evitata ogni discontinuità ad eccezione dei punti singolari intenzionalmente introdotti per attirare l'attenzione dei conducenti. La successione dei centri luminosi, l'intensità ed il colore della luce emessa devono cioè garantire la cosiddetta "guida ottica" (o visiva) cioè dare all'utente un'immagine immediatamente riconoscibile del percorso da seguire.

* Con raggio di curvatura non minore di 200 m, e con fondo stradale asciutto.

** Rapporto tra l'intensità proveniente da una superficie luminosa in una data direzione e l'area apparente di quella superficie. Luminanza media mantenuta: valore che assume la luminanza media del manto stradale nelle peggiori condizioni d'invecchiamento e insudiciamento dell'impianto.

*** Rapporto fra luminanza minima e media su tutta la strada.

****Rapporto fra luminanza minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia.

3.3.2 INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE

Ai fini della progettazione illuminotecnica risulta fondamentale definire i parametri di progetto e quindi classificare correttamente il territorio in ogni suo ambito. A questo scopo si definiscono le seguenti categorie:

- a) Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi: tale categoria deriva direttamente dalle leggi e dalle norme di settore, la classificazione non è normalmente di competenza del progettista ma lo stesso può aiutare

nell'individuazione della corretta classificazione.

- b) Categoria illuminotecnica di progetto: dipende dall'applicazione dei parametri di influenza e specifica i requisiti illuminotecnici da considerare nel progetto dell'impianto.
- c) Categorie illuminotecniche di esercizio: in relazione all'analisi dei parametri di influenza e ad aspetti di contenimento dei consumi energetici, sono quelle categorie che tengono conto del variare nel tempo dei parametri di influenza.

La classificazione illuminotecnica di ambiti stradali ha come fine ultimo la definizione dei valori progettuali di luminanza che devono essere rispettati. In caso di mancanza di strumenti di pianificazione (PRIC o PUT), la classificazione illuminotecnica avviene applicando la norma UNI 11248 e la norma EN 13201.

3.3.3 CLASSIFICAZIONE STRADALE

La classificazione stradale deve essere comunicata al progettista dal committente o dal gestore della strada, valutate le reali condizioni ed esigenze. Le categorie illuminotecniche di ingresso dipendono dai tipi di strada delle zone di studio e sono sintetizzate nella tabella seguente in funzione del vigente Codice Stradale e del DM 6792 del 5/11/2001.

CLASSIFICAZIONE STRADA	CARREGGIATE INDIPEND.(min)	CORSIE SENSO DI MARCIA (min)	ALTRI REQUISITI MINIMI
A – autostrada	2	2+2	
B – extraurbana principale	2	2+2	tipo tangenziale e superstrade
C – extraurbana secondaria	1	1+1	con banchine lat.li transitabili - S.P. oppure S.S.
D – urbana a scorrimento veloce	2	2+2	velocità limit >50 km/h
D – urbana a scorrimento	2	2+2	velocità limit <50 km/h
E – urbana di quartiere	1	1+1 o 2 nit	solo proseguimento strade C -
F – extraurbana locale	1	1+1 o 1	se diverse da strade C
F – urbana interzonale	1	1+1 o 1	urbane locali di rilievo che attraversano il centro abitato
F – urbana locale	1	1+1 o 1	tutte le altre strade del centro abitato

3.3.4 CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI RIFERIMENTO

Le categorie illuminotecniche di riferimento sono determinate sulla base della classificazione esposta e dei prospetti riportati dalla norma UNI 11248, sintetizzati nella tabella seguente:

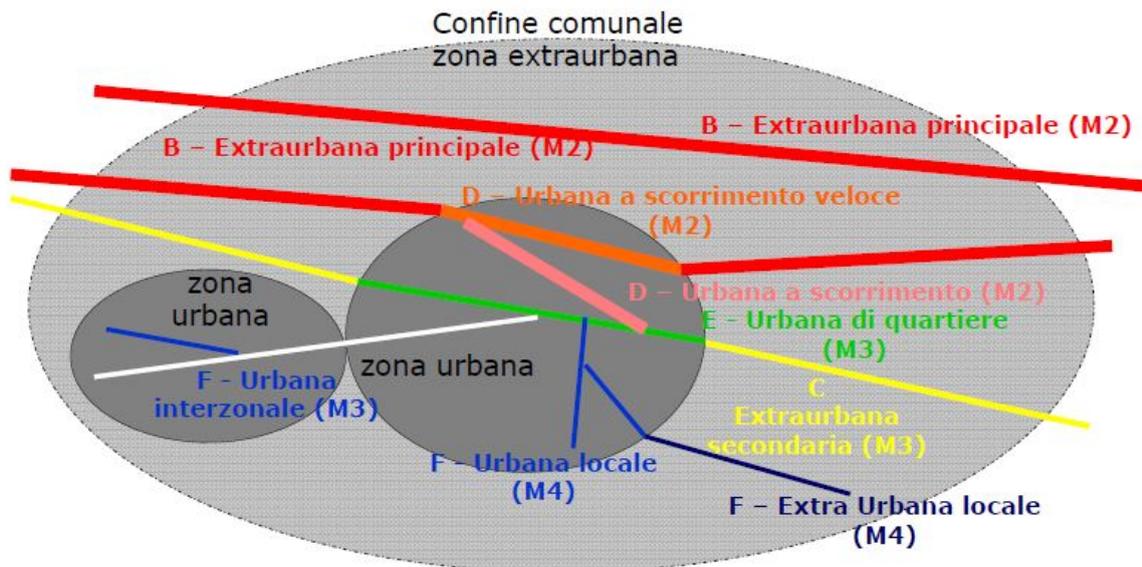
TIPO DI STRADA	DESCRIZIONE DEL TIPO DI STRADA	LIMITI DI VELOCITA (km/h)	CATEGORIA ILLUM. DI RIFERIMENTO
A1	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	70 - 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	70 - 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	70 - 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	C4/P2	

Qualora non sia calcolabile il parametro di luminanza stradale secondo la UNI EN 13201-3 si devono utilizzare le categorie illuminotecniche CE di livello luminoso comparabile, le quali definiscono gli illuminamenti orizzontali di aree di conflitto come strade commerciali, incroci principali, rotatorie, sottopassi pedonali, ecc .

Nel caso specifico dell'area di intervento, le strade che dovranno essere illuminate sono classificate di tipo F "locali extraurbane" con limite di velocità di 50 km/h e pertanto appartenenti alla categoria M4.

3.3.5 CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

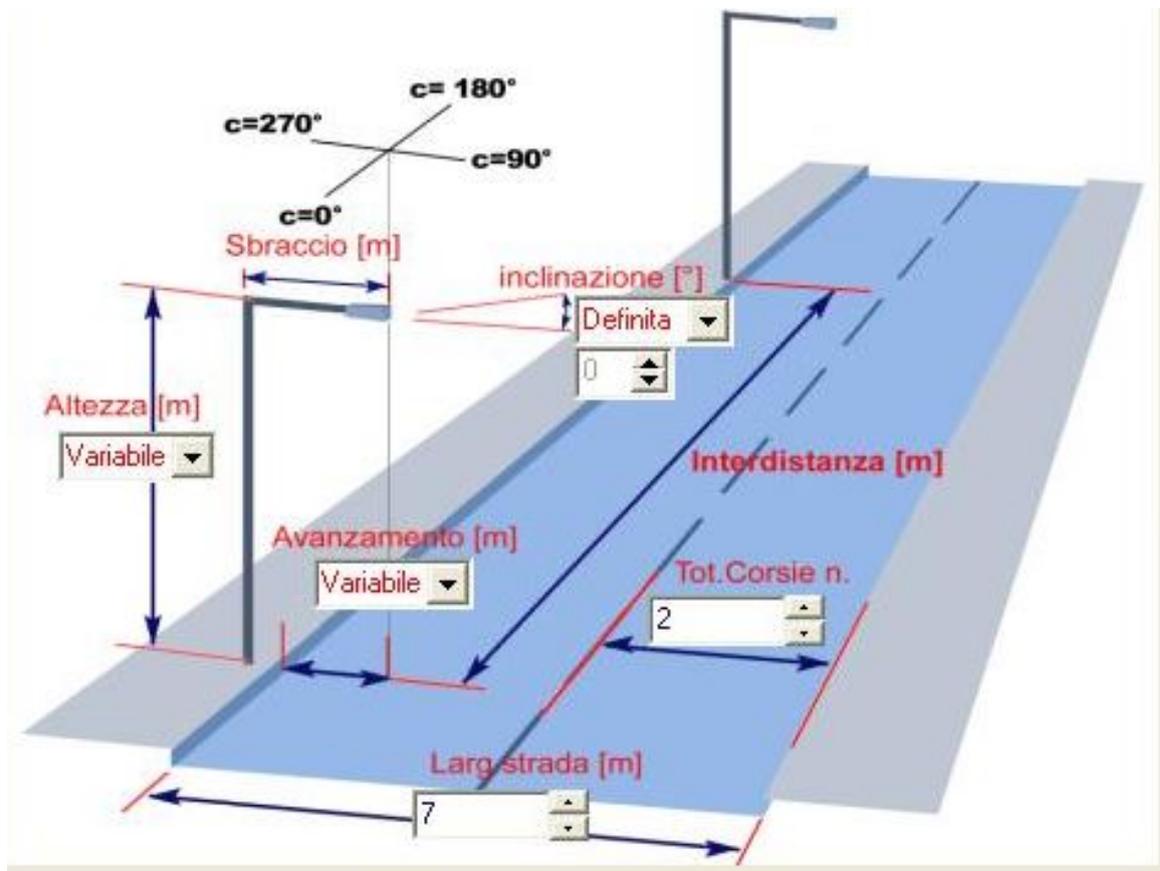
La categoria illuminotecnica di progetto si determina sulla base della valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare la categoria illuminotecnica che garantisce la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione e l'impatto ambientale.



La tabella seguente riporta l'indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza.

PARAMETRO DI INFLUENZA	RIDUZIONE MASSIMA DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA
Complessità del campo visivo normale	1
Condizioni non conflittuali	1
Flusso di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Segnaletica cospicua nelle zone non conflittuali	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
Assenza di svincoli e/o intersezioni a raso	1
Assenza di attraversamenti pedonali	1

Analisi tipologica sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza.



3.4 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

3.4.1 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Il contatto indiretto avviene con una massa in tensione a seguito di un guasto di isolamento. Negli impianti di illuminazione esterna la protezione contro i contatti indiretti può essere eseguita mediante uno dei seguenti sistemi:

- interruzione automatica dell'alimentazione (classe I - messa a terra);
- componenti ad isolamento doppio o rinforzato (classe II);
- separazione elettrica.

Nel caso specifico la protezione contro i contatti indiretti è consigliabile sia assoluta dalla tipologia dell'impianto ad isolamento doppio o rinforzato. Il PE ed il relativo impianto di terra è da installare solo nel caso in cui si decida di utilizzare il primo sistema (Classe I).

Gli apparecchi di illuminazione sono previsti in classe II e pertanto dovranno presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a 4 MK (rif. CEI 34-21).

Le derivazioni alle lampade saranno realizzate direttamente all'interno dei pozzetti a perfetta regola d'arte per il ripristino del doppio livello di isolamento dei conduttori .

3.4.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Tutto l'impianto elettrico sarà realizzato con componentistica per posa da esterno avente grado di protezione non inferiore a IP54D. Tutte le parti attive dei circuiti elettrici saranno pertanto racchiuse in custodia con tale grado di protezione minimo.

Lo sfiocciamento dei cavi dovrà essere realizzato all'interno del componente di classe II. Come protezione aggiuntiva è stata prevista l'installazione di un interruttore magnetotermico differenziale di opportuna In ed avente una I_{dn} pari a 0,3 mA.

3.4.3 CONDUTTURE E CAVI

Per condotta (elettrica) si intende l'insieme dei conduttori e degli elementi che assicurano l'isolamento, il supporto e la protezione meccanica. Essendo l'impianto in classe II d'isolamento, i cavi ammessi saranno provvisti di guaina e con tensione di isolamento almeno 0,6/1kV, idonei per la posa permanente in cavidotto interrato, del tipo seguente:

FG160R16 0.6/1kV: cavo unipolare, isolato in gomma G7 con guaina in PVC, a norme CEI.

La sezione di un cavo è stata valutata in base al valore della sua portata I_z, della corrente di impiego I_b del circuito e della sua lunghezza per limitare la caduta di tensione.

Calcolata la corrente di impiego I_b viene scelto un cavo di portata I_z < I_b. La corrente I_n

dell'interruttore di protezione è scelta non inferiore alla corrente I_b e non superiore alla portata I_z , secondo la relazione:

$$I_b < I_n < I_z.$$

Inoltre la sezione del cavo deve essere tale da contenere la caduta di tensione entro i limiti ammessi.

La portata I_z di un cavo è il più elevato valore di corrente che a regime termico il cavo può condurre, in determinate condizioni di installazione, senza superare la massima temperatura di servizio, caratteristica del tipo di isolante.

Le portate dei cavi interrati sono state calcolate sulla base delle indicazioni contenute nella norma CEI- UNEL 35026. Il flusso luminoso di una lampada diminuisce con la tensione, specialmente nel caso di lampade a scarica. Occorre pertanto contenere la caduta di tensione entro i limiti ammessi, stabiliti dalla norma CEI 64-8 alla sezione 714 nella misura del 5% rispetto alla tensione nominale dell'impianto. La caduta di tensione risulta essere nettamente inferiore a quanto previsto dalla norma. A tal proposito si vedano i calcoli allegati alla presente.

I cavi saranno posati all'interno di cavidotti interrati da realizzarsi tramite tubazioni in polietilene a doppio strato con schiacciamento non inferiore a 450 N, in conformità alla variante V1 della norma EN 50086-2-4 (CEI 23-46); il diametro esterno delle tubazioni è standardizzato sul valore di 125 mm. Le tubazioni devono essere poste in opera su scavo predisposto ad una profondità di circa 80 cm dal piano stradale, in letto di sabbia con nastro di segnalazione superiore.

3.4.4 PROTEZIONI ELETTRICHE

3.4.4.1 PROTEZIONE CONTRO IL SOVRACCARICO

La corrente di sovraccarico è una corrente superiore alla portata I_z del cavo che si stabilisce in un circuito elettricamente sano, per esempio a causa di un motore con rotore bloccato.

Gli apparecchi di illuminazione possono dar luogo a correnti elevate solo in caso di guasto (cortocircuito) sicché non sarebbe necessario proteggere i circuiti luce contro il sovraccarico.

Si è tuttavia scelto di ricorrere ugualmente a questo tipo di protezione allo scopo di ottenere una maggiore sicurezza e prescindere dalla lunghezza massima della linea protetta contro il cortocircuito. Infatti, in mancanza della protezione contro il sovraccarico, il dispositivo di protezione contro il cortocircuito potrebbe non essere in grado di proteggere una linea di notevole lunghezza per un cortocircuito in fondo alla medesima. Il criterio di scelta

dell'interruttore automatico per la protezione contro il sovraccarico è esposto al precedente paragrafo 3.3.2.

3.4.4.2 PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO

L'interruttore automatico idoneo per la protezione contro il sovraccarico garantisce anche la protezione contro il cortocircuito purché abbia un idoneo potere di interruzione I_{cu} , almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta I_{cp} nel punto di installazione.

Le derivazioni agli apparecchi di illuminazione, anche se di sezione inferiore a quella della linea dorsale, saranno comunque protette dall'interruttore di linea.

3.4.4.3 CONDUTTURE

Le linee di alimentazione dorsale degli impianti, previste per la posa interrata, saranno realizzate con cavi del tipo unipolare, flessibile, non propaganti l'incendio, isolati in gomma etilenpropilenica (G7) sotto guaina in PVC, rispondenti alle norme CEI 20-13 e CEI 20-22.

I cavi utilizzati saranno dotati di sezione sufficiente a garantire il rispetto di quanto normativamente richiesto in relazione alle cadute di tensione a fine linea ed alla sicurezza dell'impianto, con un minimo di 6 mm².

Le linee di derivazione dell'alimentazione ai punti luce saranno dello stesso tipo indicato per le dorsali, di sezione minima pari a 2,5 mm², diritte fino all'apparecchio illuminante. I punti luce saranno collegati alternativamente, in modo ciclico, sulle tre fasi. Le giunzioni delle linee dorsali saranno presenti esclusivamente all'interno dei pozzetti e dovranno essere costruite in maniera perfetta per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori.

Contestualmente alla posa delle linee, su ciascun conduttore saranno indicati il circuito e la fase di appartenenza, tale indicazione sarà la stessa riportata nei quadri elettrici in prossimità dell'interruttore corrispondente. L'indicazione sarà realizzata tramite nastro colorato su ciascun cavo all'interno dei pozzetti di giunzione.

3.4.4.4 CAVIDOTTI

Gli impianti, in base a requisiti di sicurezza, estetici e funzionali, presenteranno una rete di distribuzione realizzata in cavidotto interrato dedicato. Le canalizzazioni interrate per il contenimento e la protezione delle linee saranno realizzate esclusivamente con tubo flessibile a doppia parete (liscio all'interno, corrugato all'esterno), serie pesante, in polietilene ad alta densità, conforme alla norma CEI 23-46, contrassegnato dal Marchio Italiano di Qualità, corredato di guida tirafilo e manicotto di congiunzione per l'idoneo accoppiamento, avente

diametro nominale:

- 125 mm per la posa delle linee della dorsale di alimentazione;
- 60 ÷ 80 mm per la posa della linea di derivazione dai pozzetti ai punti luce.

I cavidotti saranno protetti inglobandole inferiormente, lateralmente e superiormente in un cassonetto di sabbia fine per almeno 20 cm (se la profondità non risultasse inferiore a 80 cm) o in un cassonetto in calcestruzzo. Al di sopra dovrà essere stesa, all'interno dello scavo, la bandella segnaletica recante la dicitura "cavi elettrici".

3.4.4.5 Quadri elettrici

Il sottoquadro elettrico sarà costruito e verificato in conformità alla norma CEI EN 61439 e alla norma CEI 23-51. Sarà realizzato in materiale termoplastico con sistema modulare in classe II e dovrà possedere un grado di protezione non inferiore a IP55, secondo la Norma CEI EN 60259; tenuta all'impatto minimo 20 J. Secondo CEI EN 60439-5. A sportelli aperti le parti interne del quadro avranno grado di protezione almeno IP20. Gli involucri saranno marcati internamente in modo chiaro ed indelebile su apposita targhetta identificativa l'anno di fabbricazione, la denominazione del modello, il nome o marchio del costruttore, il numero di serie, marcatura CE, il grado di protezione IP e l'isolamento. Internamente agli involucri dei quadri sarà posizionata una busta porta documenti contenente:

- dichiarazione di conformità;
- rapporto di prova;
- schema elettrico unifilare e funzionale completo di siglatura conduttori e morsetti;
- caratteristiche tecniche componenti;
- manuali di uso e manutenzione delle apparecchiature installate;
- targa di avviso riportante la scritta "LAVORI IN CORSO – NON EFFETTUARE MANOVRE".

Le apparecchiature contenute saranno montate e cablate secondo quanto previsto dalle relative normative in vigore e tenendo conto di determinati requisiti tecnici, quali:

- sollecitazioni meccaniche e termiche;
- scelta di apparecchi incorporati in virtù del comportamento termico e del potere di interruzione;
- soluzioni che consentano di rispettare i limiti di sovratemperatura;
- caratteristiche nominali del quadro.

I quadri elettrici saranno contenuti in armadi completamente chiusi, realizzati in SMC (vetroresina) a doppio isolamento, autoestinguento, con resistenza meccanica secondo norme DIN VDE 0660 parte 503 ed IEC 60439-5, muniti di sportello anteriore cieco con serratura unificata per il comparto ENEL cifra 12 e per il quadro di comando cifra 21.

Gli armadi saranno sopraelevati da terra per almeno 20 cm mediante basamenti in calcestruzzo. Nel basamento sarà annegato il telaio per l'ancoraggio dell'armadio (l'armadio non potrà essere tassellato sul basamento stesso). L'accesso all'armadio dovrà sempre essere pavimentato, privo di zone avvallate per evitare possibili ristagni d'acqua e di fango, ben percorribile.

Le tubazioni interrate entranti nella carpenteria saranno sigillate mediante schiuma poliuretana al fine di prevenire la formazione di condensa interna una volta ultimato

