



ILLUMINAZIONE DELLE GALLERIE.
Relatore: Fabrizio Stucchi

Roma, 25 giugno 2024

© Copyright. All rights reserved Faerber Lighting System S.p.A.



AGENDA

- I principi dell'illuminazione delle gallerie.
- Tipologie di illuminazione.
- Zone della galleria e requisiti illuminotecnici.
- Telecontrollo.
- Tipologie di impianto.



I PRINCIPI DELL'ILLUMINAZIONE DELLE GALLERIE.

L'illuminazione rappresenta un aspetto fondamentale nella progettazione e realizzazione di una galleria stradale.

Questa componente deve rispondere a diversi obiettivi cruciali, tra cui:

- Garantire la sicurezza degli automobilisti offrendo un elevato livello di comfort visivo, equiparabile a quello presente nei tratti a cielo aperto.
- Favorire un'evacuazione sicura in situazioni di emergenza.
- Garantire un adeguato risparmio energetico.
- Assicurare un'elevata affidabilità per ridurre al minimo le interruzioni o le chiusure dovute a operazioni di manutenzione.

Ogni tunnel possiede caratteristiche uniche e richiede un approccio personalizzato, che implica un'approfondita analisi per selezionare i prodotti e le fotometrie più adatte al contesto specifico.



TIPOLOGIE DI ILLUMINAZIONE

1. ILLUMINAZIONE ORDINARIA

- ILLUMINAZIONE PERMANENTE
- ILLUMINAZIONE DI RINFORZO

2. ILLUMINAZIONE DI RISERVA (O DI SICUREZZA)

3. ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE

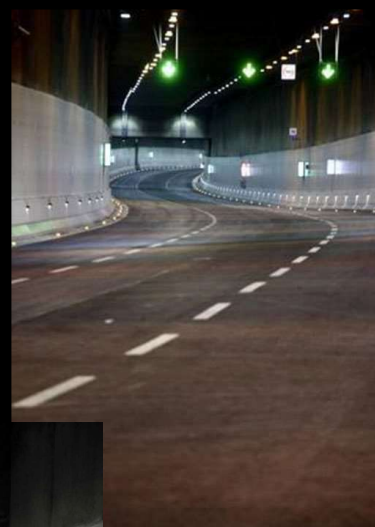


1-2 ILLUMINAZIONE ORDINARIA E DI RISERVA

SCOPO

L'ILLUMINAZIONE ORDINARIA deve essere prevista in modo tale da assicurare una visibilità adeguata ai conducenti nella zona di ingresso e all'interno della galleria, di giorno e di notte.

L'ILLUMINAZIONE DI RISERVA deve essere prevista in modo tale da fornire un minimo di visibilità agli utenti della galleria, per consentire loro di abbandonare quest'ultima con i loro veicoli in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica.



ILLUMINAZIONE ORDINARIA E DI RISERVA



DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

DM 14/09/2005 n.3476

D.Lgs. 5/10/2006 n. 264

UNI 11095

UNI 11248

UNI EN 13201

CEI-EN 60598-1

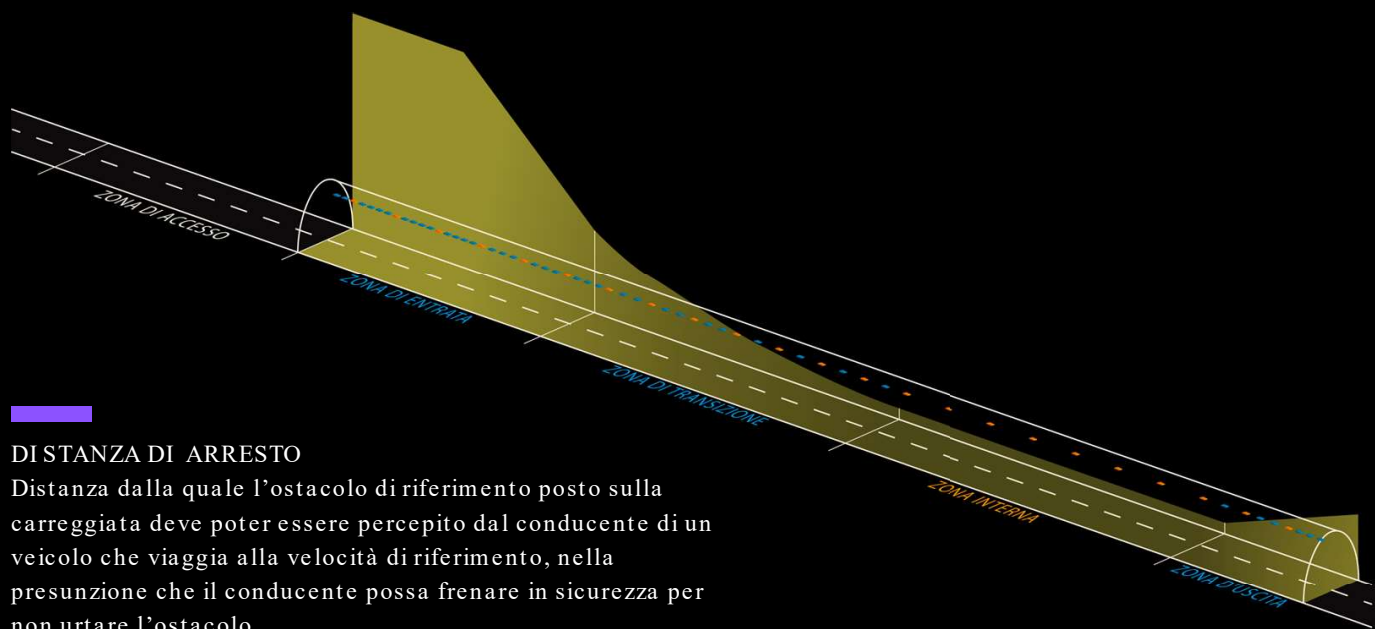
CEI-EN 60598-2-3 CEI-EN 60598-2-5

CEI-EN 60598-2-22 CEI 34-193

CEI 64-20



ZONE DELLA GALLERIA PER LA PRESCRIZIONE DEI REQUISITI ILLUMINOTECNICI



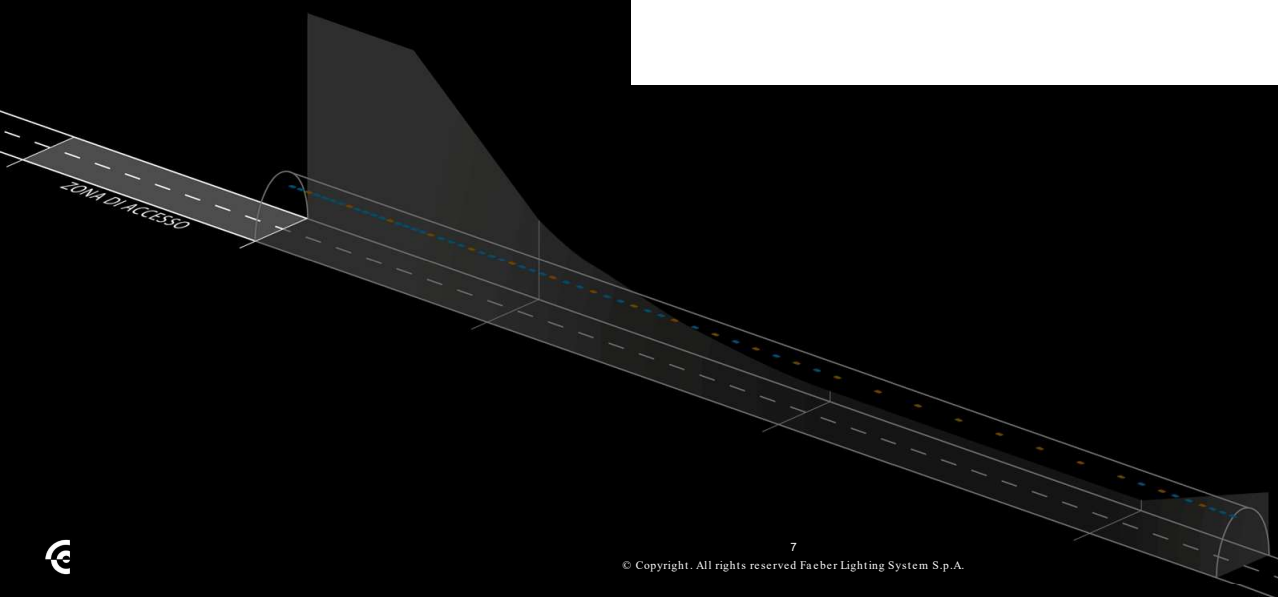
DISTANZA DI ARRESTO

Distanza dalla quale l'ostacolo di riferimento posto sulla carreggiata deve poter essere percepito dal conducente di un veicolo che viaggia alla velocità di riferimento, nella presunzione che il conducente possa frenare in sicurezza per non urtare l'ostacolo.

ZONA DI ACCESSO

E' il tratto di strada corrispondente alla zona di avvicinamento alla galleria, a partire da una distanza pari a quella d'arresto e fino al portale.

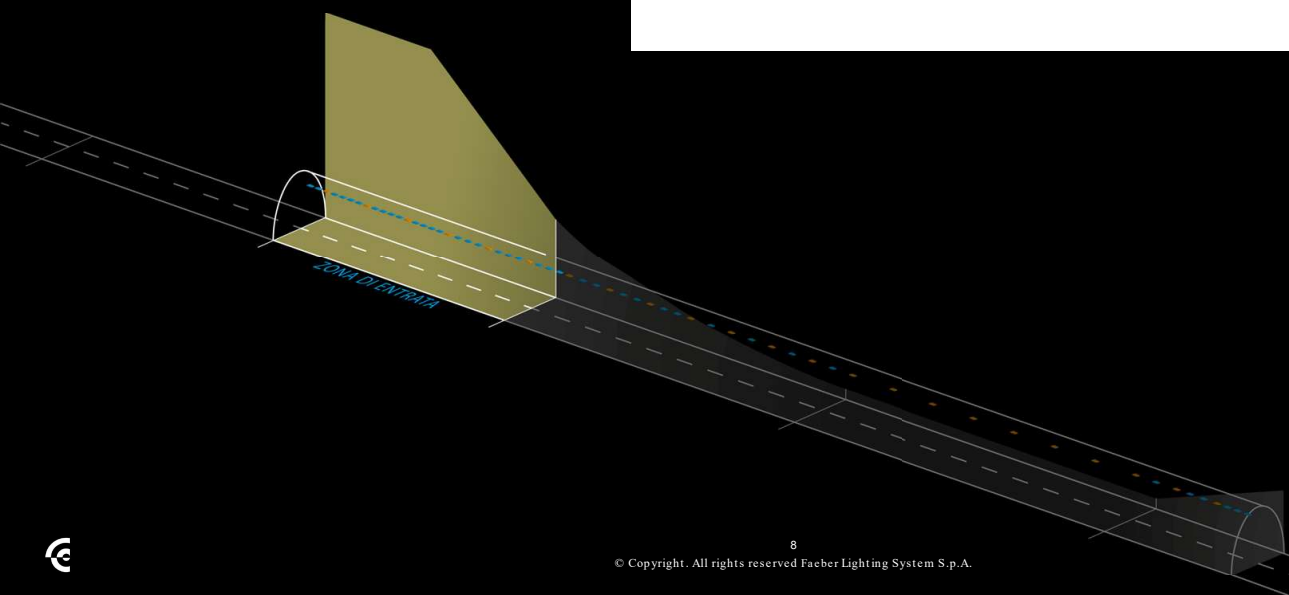
Percorrendo la zona di accesso il conducente deve essere in grado di vedere all'interno del tunnel.



ZONA DI ENTRATA

È la prima parte del tunnel, inizia dal portale ed è almeno uguale alla distanza d'arresto.

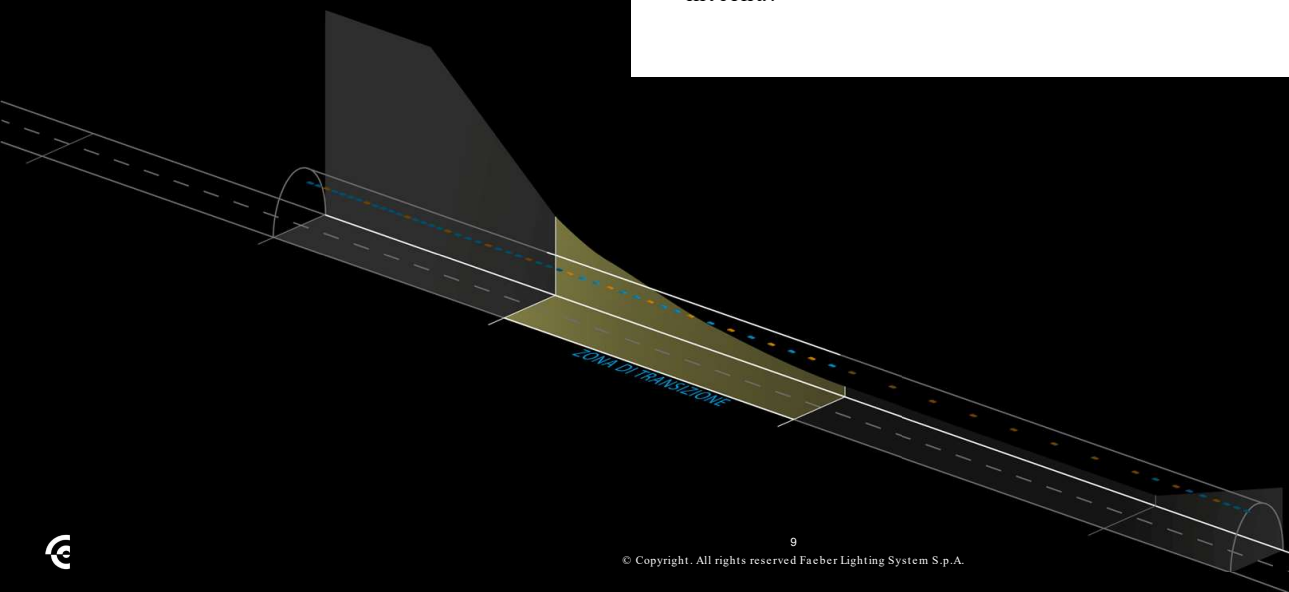
Il valore di luminanza iniziale è quello massimo e discende fino al 40%.



ZONA DI TRANSIZIONE

È la parte del tunnel che inizia subito dopo la zona d'entrata e finisce all'inizio della zona interna concludendo l'impianto di adattamento in ingresso.

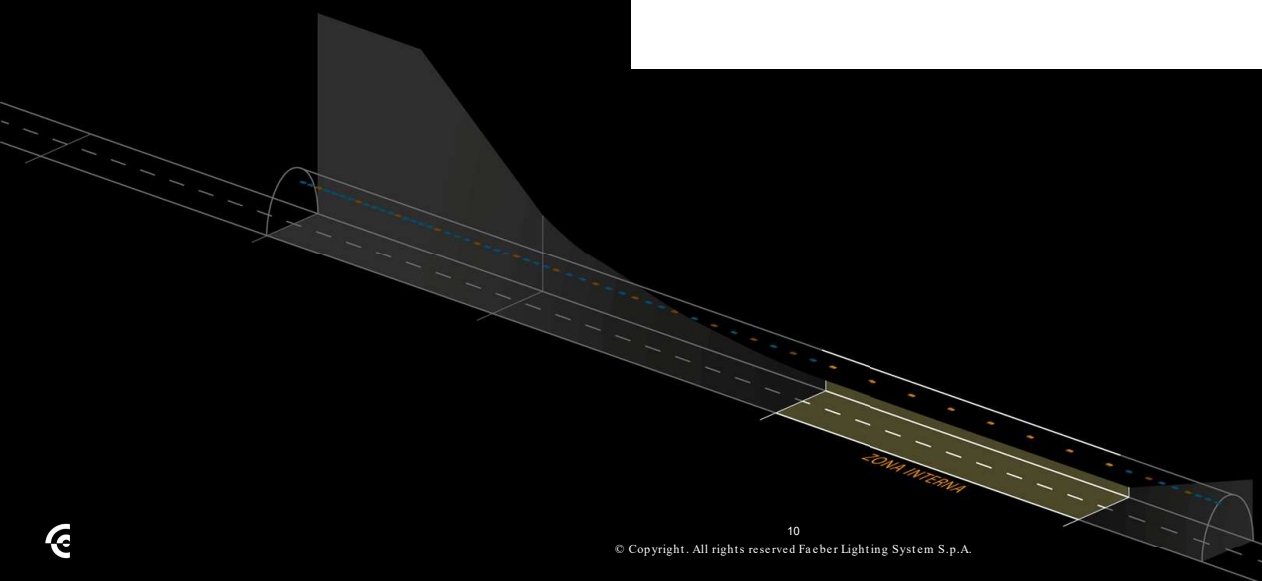
Nella zona di transizione il livello di illuminazione diminuisce gradualmente dal 40% del valore massimo fino al livello della zona interna.



ZONA INTERNA

Quest'area si estende dalla fine della zona di transizione, cioè dalla fine dell'impianto di adattamento diurno, fino all'inizio della zona di uscita o fino al portale.

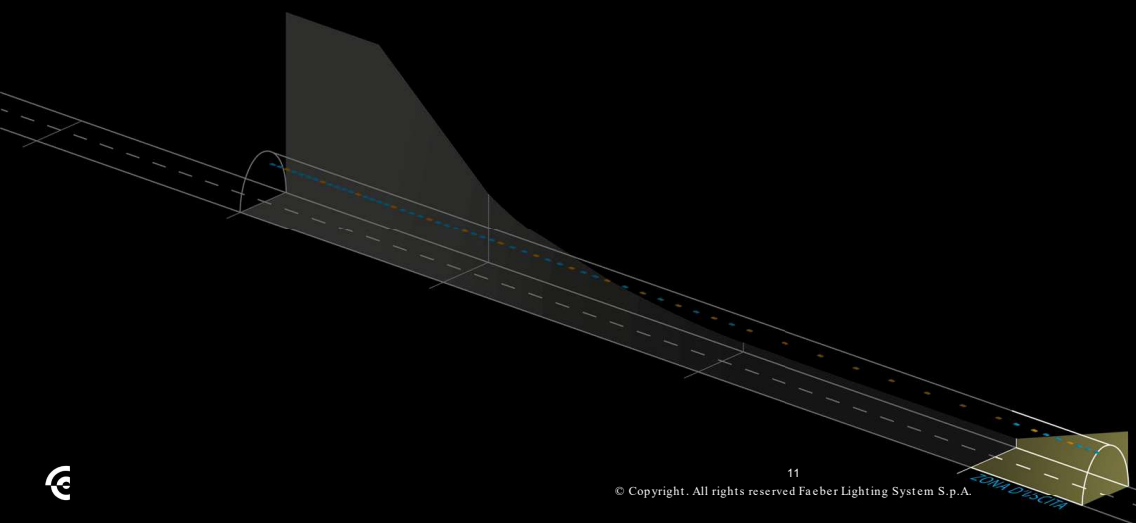
I livelli di luminanza sono costanti e devono garantire al conducente una guida in totale sicurezza.



ZONA DI USCITA

Ultimo tratto della galleria dove la visibilità del conducente è condizionata dalla luce esterna. La sua lunghezza corrisponde alla distanza d'arresto.

In alcuni casi un graduale incremento del livello di illuminazione, fino a 5 volte il livello della zona interna può essere fortemente consigliato.



ILLUMINAZIONE DI RINFORZO

Durante le ore del giorno la condizione di visione più critica si ha all'imbocco della galleria. Infatti a causa dell'elevata differenza di livello di luce tra interno ed esterno della galleria l'imbocco appare al conducente come un buco nero.

Gli apparecchi di illuminazione devono quindi fornire in questa zona una illuminazione proporzionale a quella esterna sufficiente a compensare questo effetto.

Il livello di illuminazione è quindi variabile e dipende dalle condizioni esterne (es. ore del giorno, soleggiato, nuvoloso ecc).



LUMINANZA DI SOGLIA

Le condizioni di sicurezza si considerano soddisfatte se la luminanza fornita dall’impianto di illuminazione (LUMINANZA DI SOGLIA) è pari a: $L_t = c L_v$ ove L_v è la luminanza debilitante e c è un coefficiente determinato dal tipo di impianto

La luminanza debilitante è a sua volta data dalla somma:

$L_v = L_{seq} + L_{atm} + L_{par} + L_{cru}$

OVE:

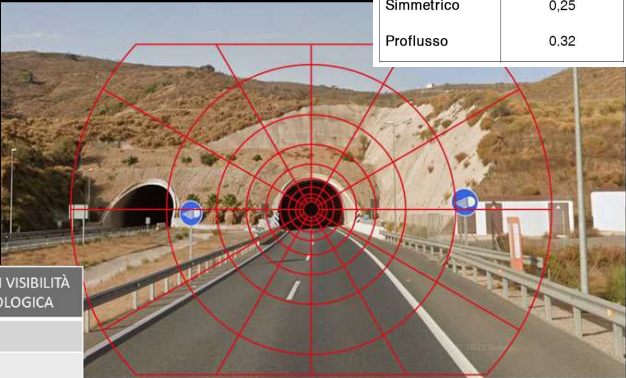
L_{seq} ➡ è la luminanza di velo ricavabile con analisi di ADRIAN

L_{atm} ➡ è la luminanza atmosferica

L_{par} ➡ è la luminanza del parabrezza

L_{cru} ➡ è la luminanza del cruscotto

Tipo di impianto	Fattore c
Controflusso	0,23
Simmetrico	0,25
Proflusso	0,32

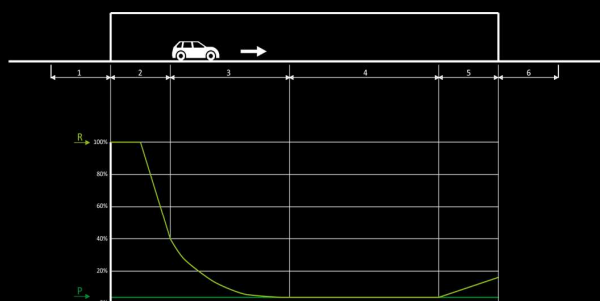


CONDIZIONI	DISTANZA DI VISIBILITÀ METEOROLOGICA
FOSCHIA	5
AMBITO URBANO	8
LEGGERA FOSCHIA	10
LIMPIDO	20
MOLTO LIMPIDO	30



Man mano ci si addentra nella galleria l'occhio si adatta alle condizioni presenti quindi i livelli di illuminazione possono essere diminuiti gradualmente.

Le normative definiscono le caratteristiche della curva di attenuazione calcolata in base alle condizioni di massima luminanza del portale e della velocità di percorrenza.



UNI 11095:2021 –VALUTAZIONE DELL'ANDAMENTO DELLA LUMINANZA DEBILITANTE

La normativa UNI 11095:2021 prevede 2 metodi di valutazione dell'andamento delle luminanze nella zona di entrata, che inizia dal portale di entrata e copre la distanza d'arresto:

- METODO A
- METODO B

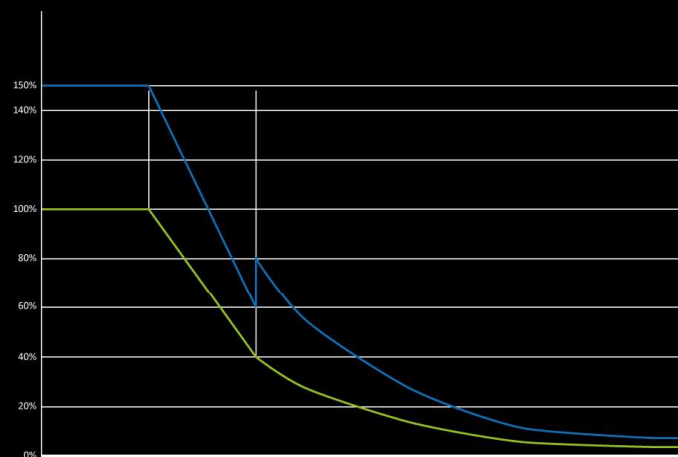
La zona di transizione rimane invariata in entrambi i casi e inizia alla distanza d'arresto dal portale di ingresso.

La luminanza trasversale scende con una curva esponenziale a partire dal 40,7 % del valore iniziale fino al raggiungimento del valore della luminanza media trasversale della zona interna.

METODO A

Nella prima metà della zona di entrata la luminanza debilitante è considerata costante e pari alla luminanza debilitante misurata alla distanza di arresto (DP, MAX).

Nella seconda metà $L_v(x)$ decresce linearmente con la distanza a partire dal valore di $L_v(-DP, MAX/2)$ fino alla sezione di entrata $L_v(0)$ ove raggiunge il 40,7 % del valore iniziale.

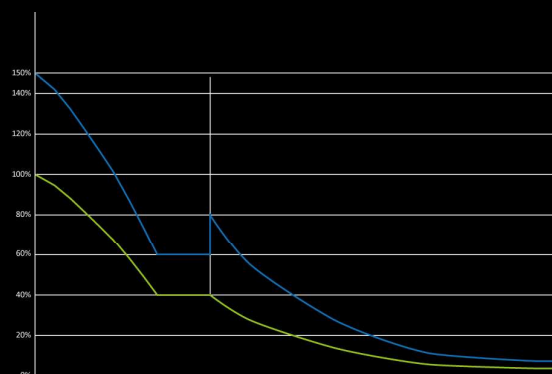


MASSIMO VALORE AI FINI DEL RISPARMIO ENERGETICO ($1.5/2 \times L_{MIN}$)
ANDAMENTO MINIMO DELLE LUMINANZE

METODO B

Metodo che si basa sulla valutazione della luminanza debilitante in avvicinamento alla sezione di entrata della galleria con passo non superiore a 10 m di percorso, iniziando dalla distanza di riferimento DP,MAX alla quale si ottiene $L_v(-DP,MAX)$ e terminando alla distanza DMIN alla quale si ottiene $L_v(-DMIN)$.

MASSIMO VALORE AI FINI DEL RISPARMIO ENERGETICO ($1,5/2 \times L_{MIN}$)
ANDAMENTO MINIMO DELLE LUMINANZE



La normativa UNI 11095:2021 nell'APPENDICE D prevede un ulteriore metodo di progettazione basato su un andamento di tipo analitico della luminanza media trasversale

ILLUMINAZIONE PERMANENTE

Una volta che gli occhi si sono adattati è sufficiente un livello di illuminazione molto più basso (tipico da 2 a 10 cd/mq) e costante, in modo da garantire un passaggio sicuro.

La norma UNI 11095:2021 definisce questa luminanza in funzione di quella prevista dalla UNI EN 13201-2 per la strada in esame:

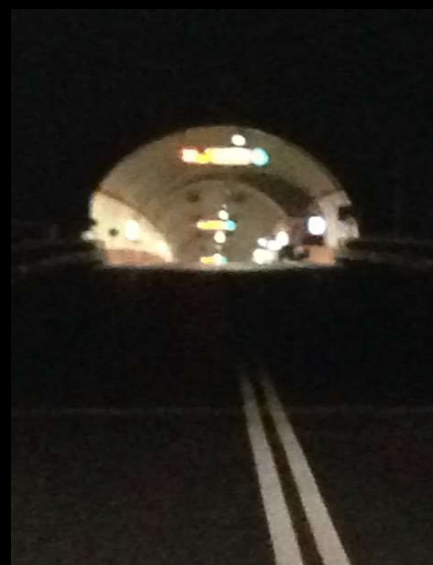
- Gallerie a senso unico ➡ $L_i > 1,5$ volte
- Gallerie a doppio senso ➡ $L_i > 2$ volte



ILLUMINAZIONE NOTTURNA

Di notte non esiste la luminanza dell'ambiente esterno e la luminanza media della carreggiata deve essere

- almeno pari a: 1 cd/mq, se la galleria non fa parte di una strada illuminata
- alla luminanza del tratto di strada di cui fa parte, se quest'ultima è illuminata, ma con livello non minore di 1 cd/mq.



ILLUMINAZIONE DI USCITA

Nel caso di gallerie monodirezionali, soprattutto se lunghe, il livello di illuminazione della parte finale dovrebbe essere gradualmente aumentato per adattare l'occhio alle condizioni di illuminazione esterna.



ILLUMINAZIONE DI RISERVA

■
Illuminazione che persiste in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria, garantendo livelli di luminanza per l'intera lunghezza della galleria, indipendenti dalle prescrizioni qualitative dell'impianto e consentendo agli utenti che si trovano in galleria di poterne uscire in sicurezza, eventualmente a velocità ridotta.

■
La norma UNI 11095:2021 prescrive un valore minimo di 1 cd/mq per un tempo di almeno 30'

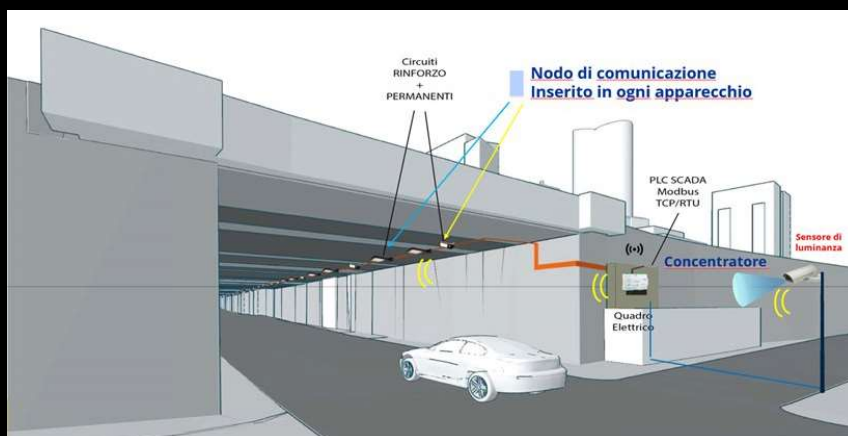
■
Generalmente è ottenuta alimentando parzialmente gli apparecchi della permanente attraverso un gruppo di continuità

TELECONTROLLO

Per permettere l'illuminazione variabile viene generalmente posta una sonda di luminanza in prossimità dell'ingresso della galleria che misura istante per istante i livelli di illuminamento dell'imbocco e comunica con i proiettori in modo da ridurne o aumentare di conseguenza la potenza.

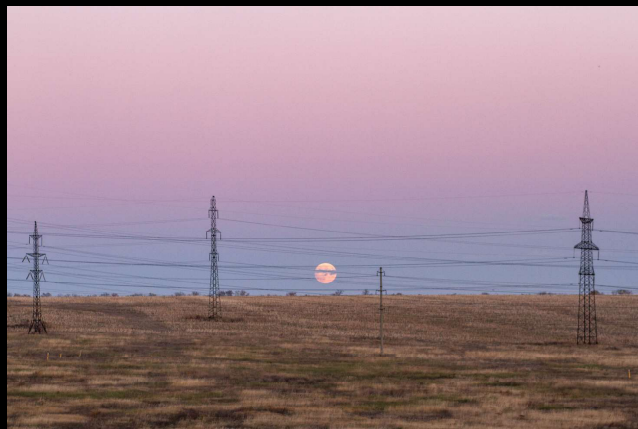
I metodi di comunicazione possono essere:

- a. Power Line Communication
- b. ONDE RADIO
- c. DALI



A. POWER LINE COMMUNICATION

- Le informazioni corrono sulla linea di alimentazione tramite onde sovrapposte alla fondamentale (onde convogliate)
- Con questa opzione è possibile controllare il singolo punto luce, realizzare scenari personalizzati di illuminazione, verificare il consumo energetico dell'impianto e segnalare eventuali guasti.
- Il sistema può essere integrato con altri sistemi di controllo come sensori di traffico, sensori ambientali e sistema SCADA.
- Non è necessario cablare un bus aggiuntivo



B. ONDE RADIO

- Le informazioni vengono trasmesse da onde radio
- Con questa opzione è possibile controllare il singolo punto luce, realizzare scenari personalizzati di illuminazione, verificare il consumo energetico dell'impianto e segnalare eventuali guasti.
- Il sistema può essere integrato con altri sistemi di controllo come sensori di traffico, sensori ambientali e sistema SCADA.
- Non è necessario cablare un bus aggiuntivo



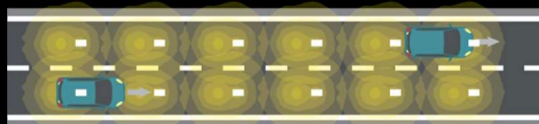
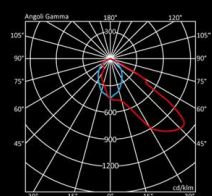
C. DALI

- Le informazioni vengono trasmesse tramite doppino dedicato con protocollo dali
- Date le limitazioni di questo protocollo, devono essere previste più linee di comunicazione

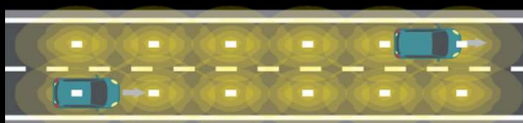
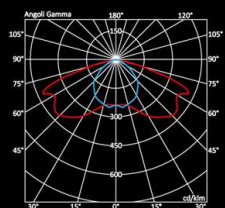


TIP I DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE - FOTOMETRIE

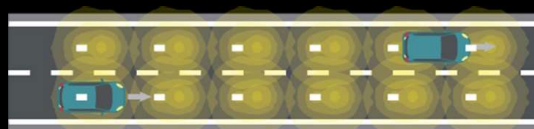
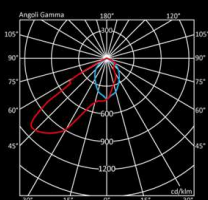
CONTROFLUSSO:



SIMMETRICO:



PROFLUSSO:



TIP I DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE- INSTALLAZIONE



DISPOSIZIONE
LATERALE



DISPOSIZIONE
CENTRALE

3 ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE

SCOPO

Facilitare l'allontanamento a piedi degli utenti della galleria in situazioni di pericolosità, per esempio, in caso di incendio.

CAMPO DI APPLICAZIONE

Gallerie > 500m con traffico > 500 veicoli/h

DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

D.Lgs. 5/10/2006

UNI EN 16276 (Vie di fuga interne)

UNI-EN 1838 (Via di fuga esterne)

CEI-EN 60598-1 CEI-EN 60598-2-3

CEI-EN 60598-2-22 CEI 34-193

CEI 64-20



PERCORSO EVACUAZIONE ALL'INTERNO DELLA GALLERIA PRINCIPALE

La carreggiata principale diventa un marciapiedi per pedoni

Distanza picchetti $< 25\text{m}$ e ad altezza $< 1,5\text{m}$

Almeno su un lato

Intensità $> 0,1\text{ cd x metro di distanza}$ con minimo 1 cd

USCITE DI EMERGENZA

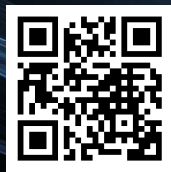
Rendere le uscite visibili ed evidenziarle quando è necessario per l'evacuazione.

- Marcatura (obbligatoria)
- Illuminazione (consigliata)
- Lampeggio $0,5 \div 2\text{ Hz}$ $> 100\text{ cd}$





GRAZIE!



www.faeber.com



© Copyright. All rights reserved Faerber Lighting System S.p.A.