REGIONE LIGURIA
DIPARTIMENTO PROGRAMMI REGIONALI, PORTI, TRASPORTI, LAVORI PUBBLICI ED EDILIZIA
Settore Progetti Infrastrutture Viabilità Porti e Logistica

Anas S.p.A.
Direzione Centrale Progettazione

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI
PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Doc. n: 02A\DEF\IEL\R002

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
1	15/11/2011	5	(n°pagine)	EGIS	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP GE05 D 11 01	T 00 IM 00 IMP RE 02	*Ing. Nicola Dinnella*

INDICE

1 INTRODUZIONE 3

2 RIFERIMENTI 4

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E LETTERATURA DI RIFERIMENTO 4

3 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE 5

3.1 PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE 5

4 PARAMETRI DI CALCOLO 10

4.1 DETERMINAZIONE DEI VALORI DI LV E DELLE CURVE DI LUMINANZA 10

4.2 DETERMINAZIONE DELLA LUMINANZA DI SOGLIA LS 11

4.3 RISULTATI DEI CALCOLI ILLUMINOTECNICI 11

4.3.1 Corpi illuminanti impiegati 11

4.3.2 Visualizzazione dei risultati 12

4.3.3 Rendering Capo Noli 12

FIGURE:

Figura 1.1 – Curva dei valori di luminanza da garantire nelle zone di soglia d transizione,

Figura 1.2 – Distanza d'arresto per le strade in funzione della pendenza longitudinale (pavimentazione stradale asciutta),

Figura 1.3 – Diagramma polare per la valutazione di Lseq,

Figura 1.4 – Rendering della galleria Capo Noli.

TABELLE:

Tabella 1 : Riferimenti normativi,

Tabella 1 : Valori di luminanza da considerare nella stima di Lseq,

Tabella 2 : Illuminamenti orizzontali,

Tabella 3 : Distanze di visibilità meteorologica.

APPENDICI:

Appendice A: Output di calcolo Galleria Capo Noli. pdf

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica descrive i criteri per il dimensionamento dell'impianto d'illuminazione delle gallerie Capo Noli che sarà realizzata sulla Via Aurelia tra Noli e Finale ligure by-passando l'attuale tracciato, che percorre la costa dell'omonimo Capo Noli.

La galleria capo Noli sarà composta da una corsia per senso di marcia e sarà lunga 808 m.

2 RIFERIMENTI

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E LETTERATURA DI RIFERIMENTO

Di seguito sono segnalati i principale riferimenti normativi che regolano la materia dell'illuminazione stradale e in galleria.

Numero	Riferimenti
1	UNI 11095 - Illuminazione delle gallerie
2	UNI 11248 - Requisiti illuminotecnica per strade con traffico motorizzato
3	D.M. 14 Settembre 2005 - Norme di illuminazione delle gallerie stradali
4	UNI EN 13201-2 "Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali"
5	Legge della Regione Liguria n.22 del 29/05/2007 "Norme in materia di energia"

Tabella 4 Riferimenti normativi

3 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE

3.1 PRESCRIZIONI ILLUMINOTECNICHE

La Norma UNI 11095 divide la sezione longitudinale del tunnel in cinque zone caratterizzate da differenti requisiti di luminanza che devono essere forniti dall'impianto di illuminazione.

Zona di accesso

È costituita dal tratto precedente l'ingresso in galleria. In essa, un'automobilista deve poter vedere all'interno del tunnel un eventuale ostacolo entro una distanza pari a quella di arresto.

Zona di soglia

È costituita dal tratto iniziale del tunnel. La sua illuminazione dipende dalla luminanza nella zona di accesso e la sua lunghezza è pari allo spazio di frenata.

Zona di transizione

È il tratto di tunnel in cui i livelli di luminanza devono essere gradualmente ridotti per consentire l'adattamento dell'occhio.

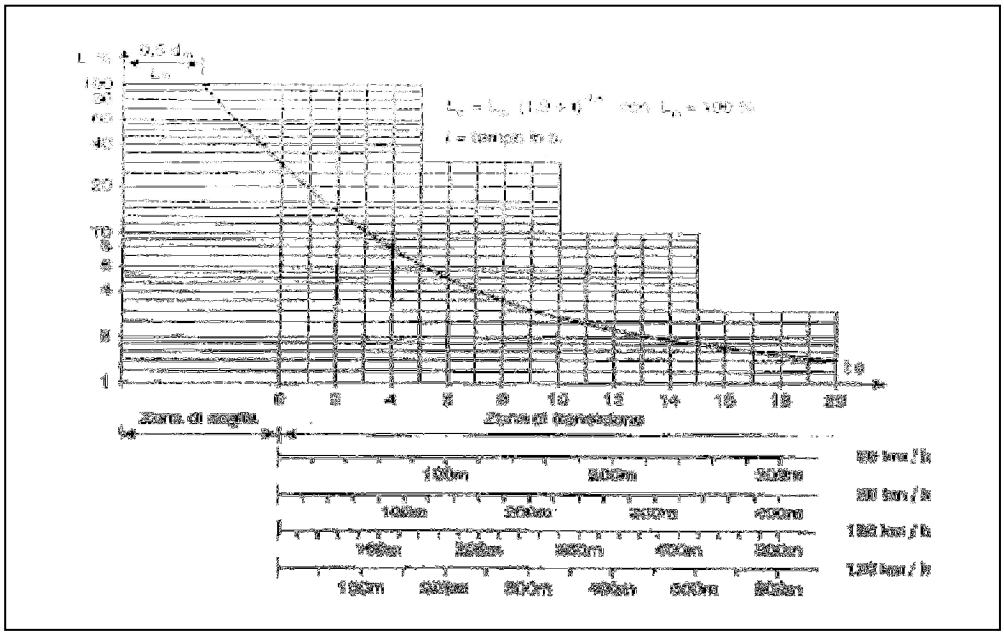


Figura 3.1 – Curva dei valori di luminanza da garantire nelle zone di soglia d transizione

Zona interna

Nel tratto interno del tunnel i livelli di luminanza sono normalmente mantenuti ad un valore costante. L'occhio del guidatore è ormai adattato a bassi valori di luce.

Zona di uscita

È la zona terminale del tunnel. In questa solitamente la visibilità non è critica in quanto gli eventuali ostacoli sono individuati come corpi scuri su fondo chiaro. L'eventuale incremento della luminanza in questa zona può migliorare il comfort per gallerie a senso unico di marcia con sorpasso consentito e nel caso in cui la galleria venga occasionalmente utilizzata nel senso di marcia opposto. In ogni caso, secondo la norma UNI 11095, l'illuminazione di rinforzo nella zona di uscita non risulta un vincolo progettuale.

Per realizzare le condizioni richieste, il sistema di illuminazione è in generale costituito da due o tre impianti:

- Impianto di rinforzo
- Impianto di illuminazione permanente
- Impianto di rinforzo per zona di uscita (non previsto nel presente progetto)

Uniformità della luminanza

In tutte le zone della galleria, su ogni corsia e sulle pareti fino ad almeno 2 m di altezza, sia di giorno che di notte e per ogni stato di parzializzazione dell'impianto di illuminazione, l'uniformità generale U_0 e l'uniformità longitudinale U_l di luminanza devono essere:

$$U_0 \geq 0{,}4$$

$$U_l \geq 0{,}6$$

Per la determinazione dei valori di Luminanza da garantire la Norma UNI 11095 richiede di valutare la Luminanza esterna come luminanza di velo. Tale valore di Luminanza è visto come somma di tre termini:

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

dove:

L_{seq} è la luminanza di velo equivalente

L_{atm} è la luminanza atmosferica

L_{par} è la luminanza del parabrezza

Per agevolare il calcolo di Lseq si ricorre normalmente al diagramma polare di fig. 2, costituito da 9 anelli concentrici suddivisi in 12 settori, angolarmente uguali e pari a 30°, ma di altezza tale che l'area di ciascun settore, produca la stessa luminanza di velo equivalente qualora soggetto ad una luminanza costante.(1)

(1) La scala del diagramma polare dipende dalla distanza di arresto.

Un modo grafico per la determinazione dei diametri delle circonferenze concentriche è il seguente:

rilevato il rapporto di scala r = dfoto/dreale della fotografia in base ad una dimensione nota,

i diametri delle circonferenze dc sono dati da:

$$dc = 2 \cdot tg\theta \cdot da \cdot r$$

ove θ sono gli angoli definiti dal Prospetto II e da è la distanza d'arresto

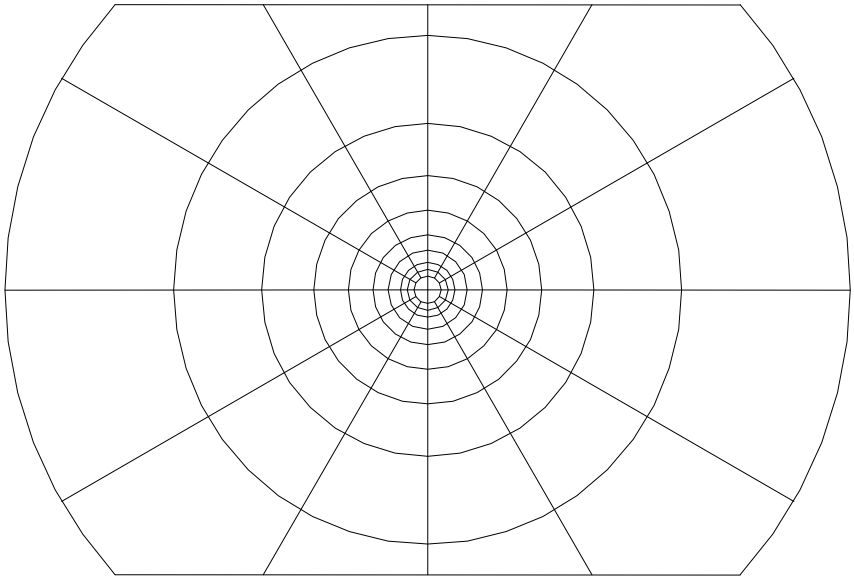


Figura 3.2 – Diagramma polare per la valutazione di Leq

Il diagramma, deve essere sovrapposto ad una fotografia del fornice di ingresso fatta da una distanza maggiore della distanza di arresto. Nell'impossibilità di fotografare l'imbocco, può anche essere utile uno schizzo prospettico di tutto quanto si presenta attorno all'entrata della galleria.

Le luminanze medie (misurate o stimate mediante il prospetto I) delle superfici emittenti che interessano ciascuno dei 108 settori, di cui è costituito il diagramma, hanno lo stesso peso sulla L_{seq} che può quindi essere calcolata con la formula:

$$L_{seq} = 0{,}51 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_{i=1}^{9} \sum_{j=1}^{12} L_{ij}$$

in cui $L_{i,j}$ è la luminanza della superficie emittente dell'i-esmo anello e del j-esimo settore del diagramma polare di fig. 4.2.

Direzione di marcia	Luminanza [kcd·m^{-2}]					
	Cielo	Strada	Rocce	Edifici	Neve	Prati
Verso Nord	**8**	**3**	**3**	**8**	**15**	**2**
Est-Ovest	**12**	**4**	**2**	**6**	**10 (V)** **15 (H)**	**2**
Verso Sud	**16**	**5**	**1**	**4**	**5 (V)** **15 (H)**	**2**

Tabella 5 Valori di luminanza da considerare nella stima di L_{seq}.

(V) Paesaggio montagnoso con superfici prevalentemente ripide, rivolte verso il conducente.

(H) Paesaggio pianeggiante, più o meno orizzontale.

La luminanza L_{atm} dello strato di atmosfera compreso tra l'occhio dell'osservatore alla distanza di arresto e la sezione d'ingresso in galleria è dovuta alla diffusione atmosferica del flusso luminoso proveniente dal sole e dalle superfici emittenti che costituiscono i dintorni dell'imbocco. Il suo valore è determinato dalla formula che segue (di Padmos ed Alferdinck):

$$L_{atm} = 1{,}3 \ \frac{d_a \cdot E_h}{\pi \cdot V_m}$$

in cui:

E_h è l'illuminamento orizzontale [lux];

d_a è la distanza di arresto [m];

V_m è la distanza di visibilità meteorologica [m], ossia la distanza a cui a causa della luminanza dell'atmosfera un oggetto nero osservato sullo sfondo del cielo all'orizzonte presenta un contrasto pari a 0,05.

I dati relativi ad E_h e V_m possono essere sia misurati in loco, sia reperiti nelle pubblicazioni specialistiche, sia ancora stimati in base ai dati convenzionali dei prospetti II e III.

Latitudine locale	**Illuminamento orizzontale [klx]**
36°N	64
38°N	62
40° N	60
42° N	58
44° N	57

46° N	55

Tabella 6 Illuminamenti orizzontali.

Condizioni atmosferiche	**Distanza di visibilità meteorologica [km]**
Molto limpide	50
Limpide	20
Leggera foschia	10
Foschia	5

Tabella 7 Distanze di visibilità meteorologica

La luminanza del parabrezza L_{par} dovuta alla diffusione determinata anche da piccole graffiature presenti su di un parabrezza apparentemente in ottimo stato, può essere stimato in base alla luminanza di velo equivalente L_{seq} secondo le seguente formula:

$$L_{par} = 0{,}4 \cdot L_{seq}$$

A partire dal valore di Lv si può determinare la luminanza da garantire nella zona iniziale di Soglia come che deve risultare non inferiore al valore ottenibile dalla formula:

$$L_s = \frac{L_v}{6\left(\frac{0{,}1}{\pi\, q_c} - 1\right) - 1}$$

in cui:

L_v è la luminanza di velo

q_c è il coefficiente di qualità del contrasto

Quale valore orientativo per i principali sistemi di illuminazione attualmente impiegati, in fase di inizio della progettazione, q_c può essere assunto pari a ($cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$):

- 0,1 per un impianto di tipo a proflusso (flusso luminoso diretto nel senso di marcia)
- 0,2 per un impianto di tipo simmetrico (rispetto ad un piano ortogonale al senso di marcia)
- 0,6 per un impianto di tipo a controflusso. (flusso luminoso diretto contro il senso di marcia).

4 PARAMETRI DI CALCOLO

4.1 DETERMINAZIONE DEI VALORI DI LV E DELLE CURVE DI LUMINANZA

Al fine della determinazione del valore di luminanza di soglia Lv sono state effettuate le seguenti ipotesi:

- Velocità di progetto pari a 80 Km/h
- Pendenza strada pari a +1,57% verso Finale, -1,57% verso Noli
- Visibilità meteorologica Vm pari a 50 km (condizioni atmosferiche molto limpide)
- Un Illuminamento orizzontale Eh di 55 klux (latitudine 46° N)
- Considerando la tipologia di strada in oggetto, per caratteristiche di manto e manutenzione, dal prospetto IV si ottiene, con pavimentazione stradale asciutta una distanza d'arresto pari a: da = 81 m verso Finale e da = 86 m verso Novi.
- Coefficiente di manutenzione = 0,8
- Tabella di riflessione per manto stradale C2 (UNI 11248)
- Pareti con fattore di riflessione diffuso medio =0,45

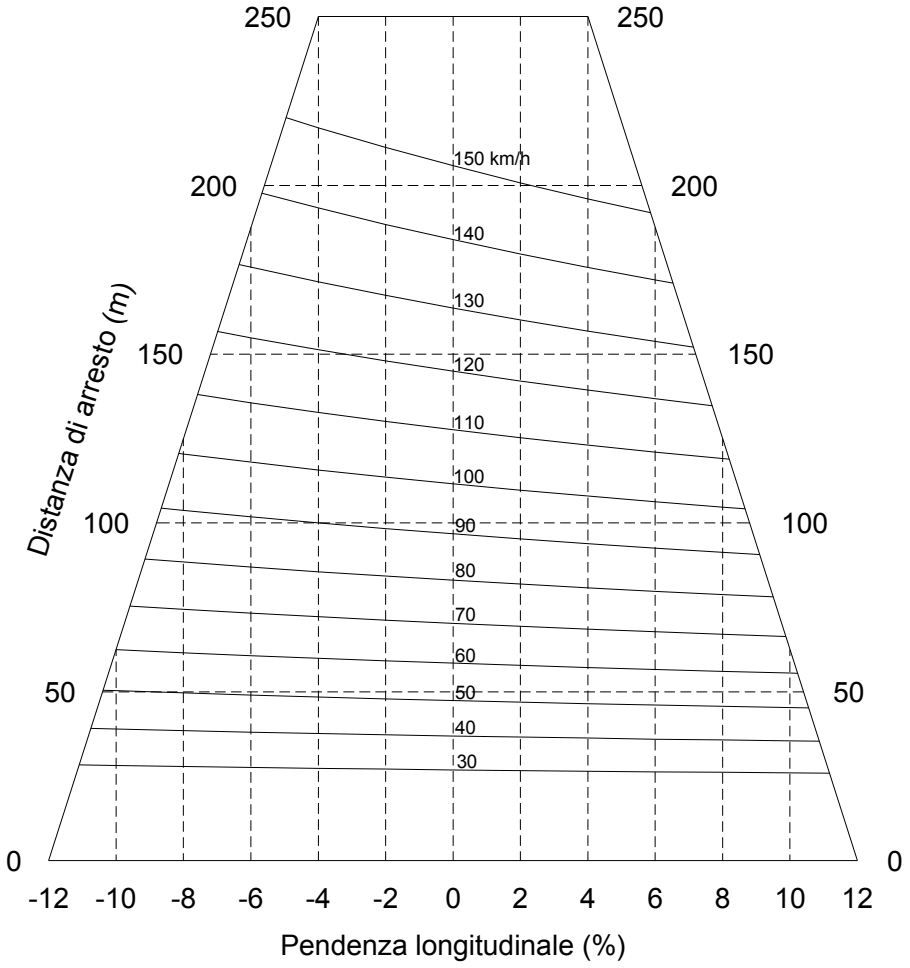


Figura 4.1 – Distanza d'arresto per le strade in funzione della pendenza longitudinale (pavimentazione stradale asciutta)

In via cautelativa viene considerata per entrambi gli imbocchi una da = 100 m.

E' stato considerato come diagramma di riferimento per il calcolo della distanza d'arresto in funzione della pendenza longitudinale, quello riferito a pavimentazione stradale asciutta, in quanto è da considerarsi improbabile il caso di pavimentazione stradale bagnata in presenza di elevate luminanze di velo per più di 75 h all'anno.

Per la determinazione della luminanza di soglia verrà considerata una direzione di marcia preferenziale Est - ovest ,un'altezza media del campo visivo occupato dalle strutture pari a 100 m.

4.2 DETERMINAZIONE DELLA LUMINANZA DI SOGLIA LS

La determinazione della luminanza di velo deve essere calcolata sovrapponendo il Diagramma di Adrian alla sezione del fornice di ingresso della galleria (Fig. 3.2). Dal momento che la galleria è in fase di progettazione e non esiste la possibilità di fotografarne l'imbocco la luminanza di velo è stata stimata in 100 cd/mq.

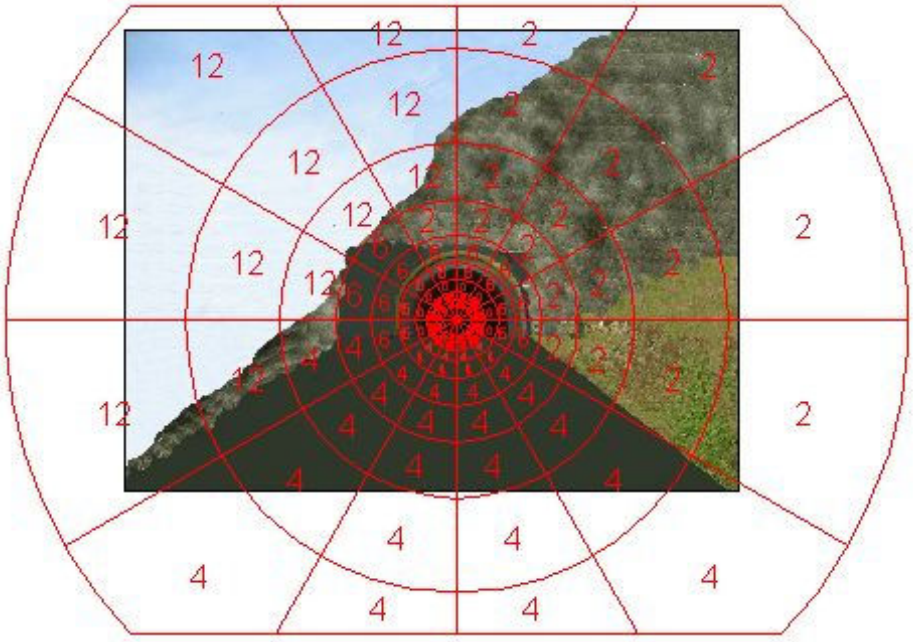


Figura 4.2 – Diagramma polare per la valutazione di Lseq

La figura 4.2 rappresenta indicativamente i contributi dell'ambiente circostante al valore della luminanza di velo.

4.3 RISULTATI DEI CALCOLI ILLUMINOTECNICI

4.3.1 Corpi illuminanti impiegati

Per il calcolo illuminotecnico sono stati impiegati i seguenti corpi illuminanti :

- Illuminazione di rinforzo Asimmetrici controflusso con lampade a LED
  - lampade da 2x54 led flusso luminoso 18050 lm
  - lampade da 2x36 led flusso luminoso 12000 lm
  - lampade da 1x36 led flusso luminoso 6450 lm
- Illuminazione permanente simmetrici con lampade a LED

- lampade da 1x54 led flusso luminoso 7500 lm

L'impianto di illuminazione di rinforzo è caratterizzato dall'impiego di corpi illuminanti con passo variabile, nei primi 200 in funzione della curva di luminanza (fig. 3.1). L'impianto di illuminazione permanente è caratterizzato da un passo costante pari a 8.5 m.

L'installazione delle lampade: altezza, passo e distanza dal ciglio destro sono indicate nelle tavole grafiche e, in forma tabellare, nell'allegato di calcolo; il dettaglio della suddivisione funzionale dei circuiti è riportata nello schema unifilare della cabina elettrica.

4.3.2 Visualizzazione dei risultati

Per rispettare le curve di luminanza si sono divise le zone di soglia e transizione in più tratti a luminanza costante, con rapporto tra il valore della luminanza di ciascun gradino non minore della metà della luminanza del gradino precedente.

La zona di transizione è stata troncata ad un valore conforme a quanto riportato nella norma UNI 11095.

Tutti i calcoli sono stati eseguiti con un coefficiente di manutenzione pari a 0.8 e un fattore di riflessione per le pareti pari a 0,45.

Per il manto stradale è stato previsto manto stradale, classificato in classe C2 UNI 11248.

L'andamento della curva di luminanza calcolata è apprezzabile nel corrispondente calcolo illuminotecnico, allegato alla presente.

4.3.3 Rendering Capo Noli

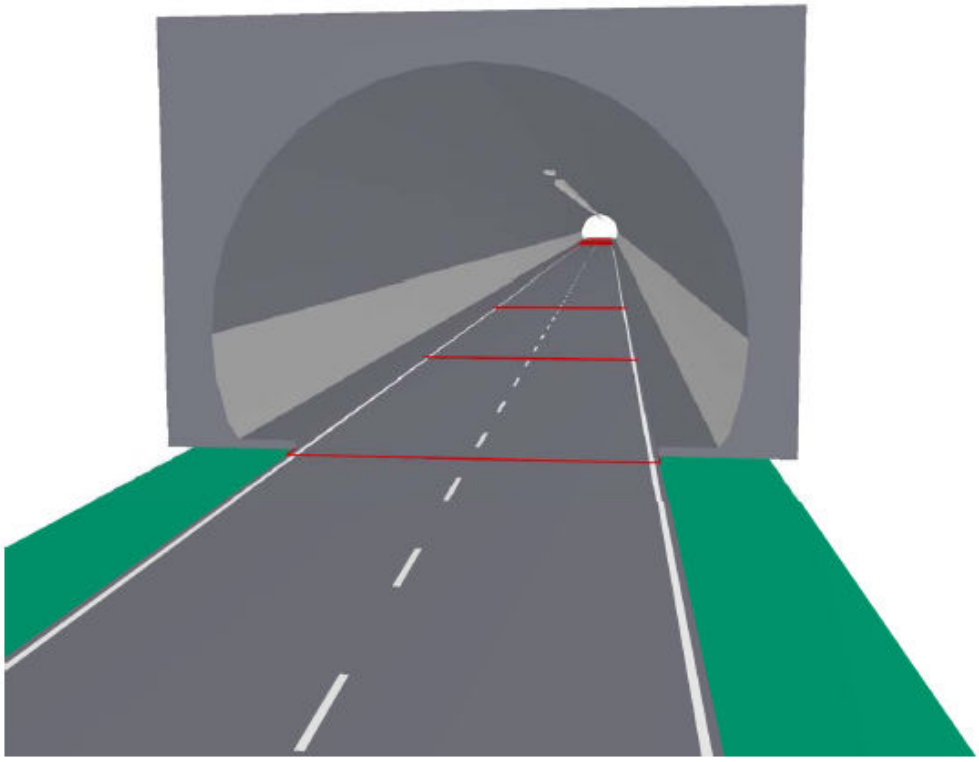


Figura 4.3 – Rendering della galleria Capo Noli

Appendice A: Output di calcolo Galleria Capo Noli. pdf