



# ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

## ITINERARIO PALERMO – AGRIGENTO (SS121–SS189)

### AMMODERNAMENTO DEL TRATTO PALERMO–LERCARA

#### PROGETTO PRELIMINARE

##### GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

RESPONSABILE DI PROGETTO  
Dott. Ing. Fabrizio Arciuli

##### RESPONSABILI TECNICI

Geom. Michele Pacelli	Traccianti
Dott. Ing. Giampiero Liberati	Geotecnica
Dott. Ing. Fulvio Soccodato	Idraulica
Dott. Ing. Giuseppe Imbraguglio	Strutture
Dott. Geol. Flavio Capozucca	Geologia
Dott. Arch. Barbara Banchini	Ambiente
Dott. Ing. Francesco Bezzi	Impianti
Dott. Ing. Pierluigi Fabbro	Espropri/Interferenze
Dott. Arch. Roberto Roggi	Computi
Dott. Ing. Pier Giorgio D'Armini	Studio Trasportistico

PROGETTISTA: Dott. Ing. M. Averardi  
Ordine Ing. di Roma n. 8770  
Dott. Ing. A. Valente  
Ordine Ing. di Roma n. 20739

##### ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:

Ing. F. Nigrelli – Coordinatore



Responsabile Ing. P.R. Elliott



Responsabile Ing. S. Di Maio

Ing. F. Amico	Ing. M. Lascari
Ing. D. Anello	Arch. G. Liuzzo
Ing. G. Bicker	Geom. A. Lo Prinzi
Ing. G. Bonincontro	Prof. D. Lo Bosco
Ing. F. Busalacchi	Ing. S. Nigrelli
Ing. V. Canzoneri	Ing. A. Pantalena
Ing. M. Chubb	Ing. V. Plescia
Arch. P. Coniglio	Ing. G. Rosone
Prof. Ing. G. Giambanco	Ing. T. Short
Arch. F. Giambruno	Ing. G. Speciale
Arch. F. Giangreco	Ing. V. Sykes
Arch. G. Graziani	Geol. M. Vallone
Ing. M. Hawley	Ing. H. Woods
Ing. R. Kimber	Ing. M. Wright

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

DATA

PROTOCOLLO

### STUDI E INDAGINI PRELIMINARI

#### IMPIANTI

### RELAZIONE TECNICA IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SICUREZZA

CODICE PROGETTO	CODICE FILE	REVISIONE	FOGLIO	SCALA:
L0410A P 0301	POO_IM00_IMP_RE00_A.DOC	A		
C				
B				
A	EMISSIONE	30/05/07	ARCIULI	VALENTE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

**Itinerario Palermo – Agrigento**  
Relazione “Impianti”

## SOMMARIO

<b>1. OGGETTO DELLO STUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. IMPIANTI TECNOLOGICI IN GALLERIA.....</b>	<b>3</b>
2.1 IMPIANTI DI SICUREZZA IN GALLERIA .....	3
2.1.1 ALIMENTAZIONE E DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN MT E BT .....	5
2.1.2 ILLUMINAZIONE ED ADEGUAMENTO PARETI .....	8
2.2 VENTILAZIONE E CONTROLLO FUMI.....	20
2.2.1 VENTILAZIONE NATURALE .....	21
2.2.2 VENTILAZIONE LONGITUDINALE SEMPLICE .....	22
2.2.3 VENTILAZIONE LONGITUDINALE CON POZZI DI ESTRAZIONE.....	22
2.2.4 VENTILAZIONE SEMITRASVERSALE.....	22
2.2.5 VENTILAZIONE TRASVERSALE .....	23
2.2.6 LIMITI DI APPLICAZIONE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE .....	24
2.3 PERCORSI DI EMERGENZA .....	24
2.3.1 GALLERIE A DOPPIO FORNICE .....	24
2.3.2 GALLERIE A SINGOLO FORNICE.....	26
2.3.3 GALLERIE PROVVISORIAMENTE A SINGOLO FORNICE .....	27
2.4 IDRICO ANTINCENDIO.....	28
2.4.1 ELEMENTI IN CAMPO.....	28
2.4.2 ELEMENTI IN CENTRALE .....	29
2.4.3 LOGICA DI FUNZIONAMENTO .....	29
2.5 IMPIANTI SPECIALI DI SICUREZZA, COMUNICAZIONE E CONTROLLO...29	
2.6 IMPIANTO SOS.....	30
2.7 SEGNALETICA VERTICALE LUMINOSA .....	32
2.8 IMPIANTO TVCC.....	32
2.9 INDICATORI DI CORSIA.....	33
2.10 IMPIANTO RADIO .....	33
2.11 IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDI IN GALLERIA .....	34
2.12 IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDI ED ANTINTRUSIONE DEI LOCALI TECNICI .....	36
2.13 IMPIANTO DI MONITORAGGIO DEL TRAFFICO.....	36
2.14 IMPIANTO CO/OP .....	37
2.15 IMPIANTO ANEMOMETRI .....	38
2.16 IMPIANTO DI SUPERVISIONE “LOCALE” .....	38
<b>3. IMPIANTI TECNOLOGICI NEGLI SVINCOLI.....</b>	<b>40</b>
3.1 IMPIANTI ELETTRICI DI POTENZA.....	41
3.2 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	41
3.3 IMPIANTO TVCC.....	43
3.4 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE .....	43
<b>4. IMPIANTI TECNOLOGICI LUNGO LA TRATTA.....</b>	<b>44</b>
4.1 IMPIANTO CONTROLLO AMBIENTALE.....	44
4.2 IMPIANTO SOS.....	44
4.3 IMPIANTO TVCC.....	45
4.4 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE .....	45
4.5 CONDUTTURE LUNGO LA TRATTA.....	45

## OGGETTO DELLO STUDIO

L'intervento oggetto del presente studio riguarda l'ammodernamento dell'itinerario Palermo-Agrigento (S.S. 121 - Catanese) nel tratto costituito dal tronco Palermo-Roccapalumba della strada statale 121 (Catanese) e dal tronco Roccapalumba-Lercara della SS 189 il cui sviluppo complessivo è pari 56,1km.

Il primo tronco è identificato come SS 121 e si sviluppa dalla progressiva km 253+000, corrispondente allo svincolo di Villabate, alla progressiva km 203+520, presso il bivio di Manganaro. Questo primo tratto ha oggi uno sviluppo di 48.480 m.

Il secondo tronco, identificato come SS 189, inizia (km. 0+000) in corrispondenza della SS 121 al km 204+520 e termina a valle dell'abitato di Lercara al chilometro 9+000. Questo secondo tratto ha oggi uno sviluppo di 9.000 m.

L'ambito dell'intervento è sostanzialmente finalizzato alla riqualificazione della S.S.121 sia in termini di sicurezza, per la riduzione dell'alta incidentalità del tracciato esistente, sia in termini di potenziamento della Capacità della strada<sup>1</sup> a sopportare l'aumento di traffico generato dallo sviluppo dei due capoluoghi collegati (Palermo-Agrigento)

## 2. IMPIANTI TECNOLOGICI IN GALLERIA

### 2.1 Impianti di sicurezza in galleria

Nella presente relazione tecnica illustrativa vengono descritti gli impianti tecnologici previsti nel progetto preliminare del collegamento stradale Palermo-Agrigento nel tratto sino a Lercara (gallerie monodirezionali).

Nella progettazione si sono adottati principi che avessero come obiettivo:

- La sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti
- La semplicità ed economia di manutenzione
- La scelta di apparecchiature improntata a criteri di uniformità, elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose
- Il risparmio energetico
- L'affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio
- La cura dei vincoli ambientali e paesaggistici, in modo da non interferire negativamente con il contesto ambientale circostante

Gli impianti saranno definiti in funzione dei dati iniziali di progetto (direzione, velocità e volume del traffico, lunghezza dei forni delle gallerie, ecc...), e saranno comunque conformi alle seguenti disposizioni legislative e normative:

- Prescrizioni applicabili contenute nelle disposizioni legislative specifiche per la materia
- Prescrizioni applicabili contenute nelle Circolari Ministeriali specifiche per la materia
- Prescrizioni delle Norme UNI e CEI
- Prescrizioni delle Norme Tecniche ANAS

---

<sup>1</sup> Per il calcolo ideale della capacità della strada si è fatto riferimento all'Highway Capacity Manual 2000..

- Prescrizioni dei Vigili del Fuoco, degli Enti preposti a vigilare sulla sicurezza e delle Autorità locali
- Raccomandazioni CIE
- Prescrizioni delle Norme Tecniche ENEL e TELECOM
- Raccomandazioni della Commissione Europea Direzione Generale per l’Energia e i Trasporti
- Raccomandazioni PIARC (Permanent International Associations of Road Congress)

Nello specifico, per quanto riguarda le gallerie gli impianti tecnologici previsti gallerie si possono così suddividere:

- Alimentazione e distribuzione elettrica in MT e BT
- Impianti di illuminazione ed adeguamento pareti
- Impianto di ventilazione e controllo fumi
- Percorsi di emergenza
- Impianto idrico antincendio
- Impianti speciali di sicurezza, comunicazione e controllo

L’approccio che si è adottato nel progetto è stato quello di determinare, in funzione dei suddetti parametri di scelta, gli elementi strutturali specifici , con la relativa impiantistica, quali le vie di fuga, l’accesso per i mezzi servizio, le piazzole di sosta ed il drenaggio dei liquidi e gli impianti caratteristici delle gallerie quale l’illuminazione, la ventilazione, le stazioni di emergenza, l’erogazione idrica e la segnaletica.

Di seguito per ciascuna tipologia impiantistica si descrivono i criteri di scelta e di dimensionamento.

<b>N°</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Lunghezza</b>	<b>Direzione</b>
1	SPECCHIALE	1180	Palermo
2	MOLINAZZO	2653	Palermo
3	DON COLA	660	Palermo
4	BALESTRIERI	603	Palermo
5	CIPODDUZZA	1160	Palermo
13	FRIDDI	3600	Agrigento

*Tabella 1: Elenco delle gallerie nelle due direzioni*

### 2.1.1 ALIMENTAZIONE E DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN MT E BT

Di seguito, per impianti elettrici di potenza si intenderanno gli impianti di alimentazione ordinaria e di emergenza ed in continuità assoluta, i sistemi di distribuzione, i quadri elettrici, i cavidotti e l'impianto di terra.

Gli impianti elettrici di potenza a servizio delle gallerie sono stati concepiti in accordo alle seguenti ipotesi di base:

- L'alimentazione ordinaria dell'impianto sarà derivata dalla rete MT o BT dell'ente fornitore (ENEL) in corrispondenza di una cabina. Più precisamente si prevedono le seguenti tipologie di alimentazione:
- Galleria avente lunghezza inferiore a 200m: n.1 consegna in BT
- Galleria avente lunghezza compresa tra 200m e 1500m: n.1 consegna in MT in corrispondenza ad uno dei due imbocchi
- Galleria avente lunghezza compresa tra 1500m e 3000m: n.2 consegne in MT in corrispondenza ai due imbocchi. In alternativa si può realizzare un'unica consegna MT e collegare le due cabine agli imbocchi con collegamento MT
- Galleria avente lunghezza compresa tra 3000m e 6000m: n.1 consegna in MT in corrispondenza ad uno dei due imbocchi e realizzazione di n.3 cabine MT/BT collegate tra loro tramite anello MT. Vanno aggiunte le eventuali cabine interne dedicate alle eventuali centrali di ventilazione in caverna
- Galleria avente lunghezza compresa tra 6000m e 9000m: n.1 consegna in MT in corrispondenza ad uno dei due imbocchi e realizzazione di n.4 cabine MT/BT collegate tra loro tramite anello MT. Vanno aggiunte le cabine interne dedicate alle centrali di ventilazione in caverna
- I suddetti limiti di lunghezza sono puramente indicativi, in quanto essi possono subire delle variazioni in base alla distanza tra la il punto di collocazione delle cabine e gli imbocchi di galleria.
- Per le gallerie aventi lunghezza superiore a 500m si prevede la realizzazione di un sistema di alimentazione di emergenza costituito da gruppo/i elettrogeno/i in grado di alimentare contemporaneamente tutte le utenze elettriche di galleria in caso di black out della rete del distributore. Per le gallerie dotate di ventilazione di tipo trasversale, viste le potenze considerevoli installate, si prevede di realizzare un sistema di emergenza in grado di alimentare gli impianti di ventilazione necessari per gestire il caso di incendio in un punto all'interno della galleria e di far funzionare, in condizioni ordinarie, tutti gli impianti di ventilazione a regime ridotto (ad esempio al 50%). Resta inteso che anche per queste gallerie il sistema di emergenza sarà comunque idoneo ad alimentare, sia in condizioni ordinarie sia in caso di incendio, anche tutte le rimanenti utenze previste (illuminazione, impianti speciali di sicurezza, ecc...). Ciascun gruppo sarà dotato di serbatoio a bordo (capienza 120 litri) e di un serbatoio giornaliero interrato. Per le gallerie aventi lunghezza superiore a 3000m si prevede la realizzazione di un'unica stazione di emergenza in corrispondenza di una delle due cabine agli imbocchi (dove viene realizzata la consegna da parte dell'Ente distributore) e si distribuirà la rete di emergenza utilizzando lo stesso anello in MT impiegato per l'alimentazione ordinaria
- Per ciascuna galleria si prevede un sistema di alimentazione in continuità assoluta costituito da gruppo/i statico/i (UPS) con autonomia pari a circa 60 min (ovvero 10 min se è presente il gruppo elettrogeno). Il sistema garantirà l'alimentazione

contemporanea in caso di “black-out”, in attesa dell’entrata in funzione dell’eventuale gruppo elettrogeno, degli impianti speciali di sicurezza, della segnaletica luminosa, di metà dei circuiti dell’illuminazione permanente e di un terzo dell’illuminazione di rinforzo (la riaccensione delle lampade a scarica anche a seguito di brevi interruzioni dell’alimentazione richiederebbe infatti 4-5 min)

- I circuiti di alimentazione delle diverse utenze saranno dimensionati in modo da garantire una caduta di tensione inferiore al 4% ed il coordinamento con i dispositivi di protezione.
- Tutti i circuiti che attraversano la galleria saranno costituiti da cavi a bassissima emissione di fumi o gas tossici. In particolare, quelli previsti per la costituzione di circuiti ritenuti “vitali”, saranno del tipo RF resistente al fuoco, in modo da garantire la continuità di alimentazione anche in caso di incendio. Ciò vale solo dove le modalità di posa non consentono la tenuta REI 120 ovvero nei tratti terminali in vista o entro canaline portacavi
- Le passerelle nonché gli accessori di fissaggio presenti in galleria saranno in acciaio inox. Non si prevede pertanto l’uso di acciai verniciati o zincati
- Le linee dorsali di alimentazione dei componenti in campo saranno inserite entro cavidotti interrati posati lungo i due lati di ciascun fornice, interrotti ogni 36m da un pozzetto di ispezione (si vedano i particolari esecutivi)
- I cavi di risalita per l’alimentazione delle apparecchiature installate sulla volta della galleria saranno posati entro scanalature dedicate, ricavate lungo la volta con passo regolare di 36m (si vedano i particolari esecutivi)
- Le linee terminali saranno posate entro passerelle portacavi in acciaio inox complete di ogni accessorio e pezzi speciali idonei per la posa in galleria. La passerella avrà dimensioni di mm 300x75 e sarà completa di staffe di sostegno anch’esse in acciaio INOX
- Le cassette di derivazione saranno, per le linee relative alla illuminazione di rinforzo e permanente ordinaria, del tipo in acciaio INOX
- Le cassette di derivazione saranno, per le linee relative all’illuminazione permanente di sicurezza, resistenti al fuoco, assicurando la continuità elettrica a 920°C per 20 minuti, con struttura in fusione di acciaio Ft15
- Il quadro di media tensione sarà di tipo protetto con isolamento in aria ed apparecchiature in SF6
- I trasformatori saranno in resina e collocati entro box di contenimento
- Saranno previsti per ciascuna cabina, salvo casi particolari (ad esempio gallerie estremamente corte aventi lunghezza inferiore a 200m), i seguenti quadri elettrici:

Quadro	Sigla identificativa	Ubicazione in cabina
Quadro MT	Q_MT	Locale MT
Quadro generale	Q_BT	Locale quadri bt
Quadro continuità assoluta	Q_CA	Locale quadri bt
Quadro Servizi ausiliari	Q_SA	Locale quadri bt
Quadro di rifasamento	Q_RI	Locale quadri bt
Quadro ventilazione (eventuale)	Q_VE	Locale quadri dedicati
Quadro Illuminazione	Q_IL	Locale quadri dedicati
Quadro Gruppo Elettrogeno	Q_GE	Locale gruppo elettrogeno

(eventuale)		
-------------	--	--

*Tabella 2: Tipologia dei quadri elettrici previsti in cabina a servizio delle gallerie*

Si prevedono le seguenti tipologie di cabina elettrica:

- Cabina tipo 1 con i seguenti locali: locale di consegna e misura dell' Ente distributore, locale di controllo/magazzino e locale quadri BT. L'insieme di tali locali tecnici occuperà un'area con dimensioni di circa 20 mq
- Cabina tipo 2 con i seguenti locali: locale di consegna e misura dell' Ente distributore, locale MT, locale quadri BT, locale quadri dedicati (illuminazione e ventilazione) e locale di controllo. L'insieme di tali locali tecnici occuperà un'area con dimensioni di circa 130 mq
- Cabina tipo 3 relativo al caso delle cabine interne a servizio delle gallerie lunghe oltre i 3000m Si prevedono i seguenti locali: locale MT, locale quadri BT, locale quadri dedicati (illuminazione e ventilazione) e locale di controllo. L'insieme di tali locali tecnici occuperà un'area con dimensioni di circa 160 mq
- Cabina tipo 4 con i seguenti locali: locale di consegna e misura dell' Ente distributore, locale MT, locale quadri BT, locale quadri dedicati (illuminazione e ventilazione), locale di controllo e locale gruppo elettrogeno. L'insieme di tali locali tecnici occuperà un'area con dimensioni di circa 160 mq
- Cabina tipo 5 con i seguenti locali: locale di consegna e misura dell' Ente distributore, locale MT, locale quadri BT, locale quadri dedicati (illuminazione e ventilazione), locale di controllo, locale gruppo elettrogeno e locale antincendio (con vasca di accumulo sottostante). L'insieme di tali locali tecnici occuperà un'area con dimensioni di circa 210 mq
- Cabina tipo 6 relativo al caso della cabina esterna a servizio delle gallerie aventi lunghezza superiore a 3000m completa di stazione di emergenza centralizzata. Si prevedono i seguenti locali: locale di consegna e misura dell' Ente distributore, locale MT, locale quadri BT, locale quadri dedicati (illuminazione e ventilazione), locale di controllo, n.2-4 locali gruppo elettrogeno e locale antincendio. L'insieme di tali locali tecnici occuperà un'area con dimensioni di circa 300-350 mq.

All'area occupata dai locali tecnici sopra indicata va aggiunta un'area di pertinenza immediatamente adiacente necessaria per il parcheggio e per le operazioni di carico/scarico delle apparecchiature.

Per le gallerie estremamente corte ( $l < 100m$ ) si prevede solo un quadro elettrico, completo di regolatore, installato all'esterno entro carpenteria in vetroresina completa di vano per alloggiare le apparecchiature necessarie all'Ente Distributore per realizzare la consegna BT.



Ciascun locale tecnico sarà dotato di idoneo impianto di ventilazione (o climatizzazione per il locale di controllo), di impianto luce e FM, di impianto rivelazione incendi e di controllo dello stato delle porte.

L'impianto di terra sarà realizzato con corda di rame nudo da 35 mmq e dispersori in acciaio ramato nell'area della cabina elettrica, per garantire la sicurezza degli impianti in caso di guasto. Per gli impianti in campo sono previste due dorsali per ciascun fornice (una per lato) in cavo isolato giallo/verde da 95 mmq, da collegarsi all'impianto disperdente generale. Per una maggiore efficienza dell'impianto di terra, si raccomanda il suo collegamento se possibile con dispersori naturali e con eventuali impianti adiacenti

Gli impianti elettrici di potenza saranno realizzati con particolare riferimento alle norme CEI dei CT 11, 17 e 64.

Resta inteso che nel caso di due o più gallerie vicine tra loro la stessa cabina elettrica potrà essere utilizzata per alimentare le due o più gallerie considerate con ovvi vantaggi dal punto di vista economico e manutentivo.

N°	Denominazione	Lunghezza	Totale Lampade SAP 250	Totale Lampade SAP 400	Lampade illuminazione Piazzole di sosta e passaggi pedonali	Potenza illuminazione piazzole di sosta e passaggi pedonali	Ventilatori	Potenza Installata kW	Cabine Elettriche
1	SPECCHIALE	1180	442	420	22	1584	4	1296,101	2
2	MOLINAZZO	2653	1044	420	58	4176	16	4359,811	3
3	DON COLA	660	242	420	7	504	4	1234,805	1
4	BALESTRIERI	603	230	420	7	504	4	1231,205	1
5	CIPODDUZZA	1160	456	420	22	1584	4	1300,301	2
13	FRIDDI	3541	1428	420	80	5760	24	6396,912	5

*Tabella 3: Analisi dei carichi per le gallerie considerando le due canne e i servizi*

## 2.1.2 ILLUMINAZIONE ED ADEGUAMENTO PARETI

L'impianto d'illuminazione, analogamente agli altri impianti, sarà conforme alla normativa vigente ed alle prescrizioni dettate dalle circolari ANAS.

Per il dimensionamento dell'impianto, oltre alle caratteristiche geometriche della galleria, si è fatto esplicito riferimento alle prescrizioni contenute nella pubblicazione CIE n° 88/1990 "Guide for the lighting of the road tunnels"; inoltre, si è tenuto conto delle raccomandazioni ANAS per i colori delle pareti e cioè:

- Colore bianco RAL 9010 per la galleria corrente
- Colore arancio RAL 2002 per le piazzole di sosta e per i profilo direttivo

I dati di progetto iniziali sono riassunti nella tabella seguente:

<b>Dati di progetto</b>	<b>Valore</b>
LUMINANZA ESTERNA MASSIMA (cd/mq)	3.500 (valore indicativo)
INTENSITÀ DI TRAFFICO (VEICOLI/h)	MEDIO (TRA 100 E 1000 VEICOLI/h)
VELOCITÀ MASSIMA (km/h)	120
LUMINANZA INTERNA (cd/mq)	10
ALTEZZA DI INSTALLAZIONE APPARECCHI (m)	6
N. FILE PER CANNA	2
POTENZA LAMPADE BASE (W)	100-150-250
POTENZA LAMPADE RINFORZO (W)	150-250-400
COLORE PARETI GALLERIA	BIANCO
TIPOLOGIA APPARECCHI BASE	SIMMETRICI
TIPOLOGIA APPARECCHI RINFORZO	ASIMMETRICI (CONTROFLUSSO)
RINFORZO IN USCITA	SI (per gallerie con L>500m)
UNIFORMITÀ LMIN/LMED	>0,4
UNIFORMITÀ LMIN/LMAX	>0,6
TIPOLOGIA CAVI	FG7(O)M1-FTG10(O)M1(RF31-22)
TIPOLOGIA DISTRIBUZIONE TERMINALE	ENTRO CANALINA
LARGHEZZA DELLA CARREGGIATA (m)	7,5
LARGHEZZA CORSIA NORMALE E SORPASSO (m)	3,75
ALTEZZA GALLERIA (m)	circa 8
RIFLETTANZA PAVIMENTAZIONE	C2
RIFLESSIONE PARETI	MEDIO/CHIARO 50%
TI	<10%
ANDAMENTO LUMINANZA IMBOCCHI	SECONDO CIE 1990

*Tabella 4: Dati di progetto impianto di illuminazione in galleria*

Si distinguono quattro tipi di sistemi di illuminazione:

- Rinforzo di ingresso (un terzo alimentato da UPS con “rincalzo” da gruppo elettrogeno e la parte rimanente alimentata solo da gruppo elettrogeno in caso di mancanza rete).
- Rinforzo di uscita eventuale (alimentata da gruppo elettrogeno in caso di mancanza rete).
- Permanente ordinaria (alimentata da gruppo elettrogeno in caso di mancanza rete).
- Permanente sicurezza (alimentata da UPS con “rincalzo” da gruppo elettrogeno in caso di mancanza rete).

Tipi di illuminazione che sono presenti all'interno delle varie gallerie a seconda della loro lunghezza:

- Gallerie con lunghezza inferiore ai 100 m: è prevista la sola illuminazione notturna con un valore di luminanza minimo di 1 cd/mq

- Gallerie con lunghezza compresa tra 100 m e 200 m: solo illuminazione permanente ordinaria/sicurezza.
- Gallerie con lunghezza compresa tra 200 m e 500 m: illuminazione permanente ordinaria/sicurezza e rinforzo in ingresso.
- Gallerie con lunghezza maggiore di 500 m: illuminazione permanente ordinaria/sicurezza e rinforzi in ingresso e in uscita.

Nella tabella allegata sono definiti i vari tipi di illuminazione presente per le singole gallerie, resta inteso che tutte le gallerie dotate di impianto di illuminazione (anche per  $l > 100\text{m}$ ) saranno illuminate anche nelle ore notturne con un adeguato livello di luminanza.

L'illuminazione delle gallerie presenta aspetti e problematiche diverse a seconda che ci si riferisca alle ore notturne o a quelle diurne.

Nel primo caso occorre prevedere un sistema di illuminazione che garantisca, in assenza di abbagliamento, un livello di luminanza leggermente superiore a quello prescritto per la categoria cui appartiene la strada in cui si trova la galleria, in relazione al fatto che in tal caso il traffico viene ritenuto più pericoloso.

Durante le ore diurne il sistema di illuminazione deve, invece, garantire un più facile adattamento della visione dei conducenti degli autoveicoli in transito, dal valore di luminanza presente all'esterno a quello interno, tenendo presente che, per valori di luminanza esterna molto elevati (che, di norma, si riscontrano in alcune centinaia di ore diurne all'anno) l'interno della galleria appare dall'esterno come un "buco nero" all'interno del quale non è possibile percepire alcun dettaglio.

Ai fini della illuminazione diurna le gallerie possono essere classificate come corte e lunghe.

Considerando che per le autostrade si hanno velocità di marcia non superiori a 130 km/h, cui corrisponde una distanza di arresto (spazio di frenata) convenzionale, valutata nella presunzione di particolare concentrazione del conducente quando affronta una galleria, pari a 160 m, la galleria in oggetto è da considerarsi lunga, poiché ponendosi davanti all'imbocco ad una distanza pari allo spazio di arresto non si vede buona parte del portale di uscita.

L'obiettivo dell'illuminazione diurna di una galleria lunga è quello di stabilire condizioni di comfort visivo che consentano di garantire, all'interno di essa, sicurezza di guida e regolarità di traffico (intensità e velocità) almeno pari a quelle che si hanno nei tratti di strada a monte ed a valle.

Dal punto di vista illuminotecnico una galleria lunga può essere suddivisa in quattro zone:

- zona di soglia o di adattamento;
- zona di transizione;
- zona interna;
- zona di uscita.

Procedendo nel senso di marcia, la zona con la quale il conducente ha l'impatto più problematico è la prima (zona di soglia o di adattamento). Nel tratto di strada antistante l'imbocco della galleria, infatti, egli si trova in un ambiente con una luminanza media molto elevata ed ha necessità di individuare eventuali ostacoli presenti nel tratto di strada del traforo in tempo utile per frenare. Se tale tratto non è illuminato a sufficienza, l'interno della galleria apparirà al conducente come un "buco nero" dentro il quale non è possibile percepire alcun ostacolo. E' quindi necessario realizzare nella zona di soglia della galleria una illuminazione di rinforzo il cui valore iniziale, andamento ed estensione devono garantire l'adattamento della

visione e la capacità di percezione del conducente dell'autoveicolo e, quindi, dipende dall'entità della luminanza esterna e dalla velocità di marcia.

### 2.1.2.1 Determinazione dei parametri illuminotecnici

Nella presente progettazione per quanto riguarda l'aspetto illuminotecnico si fa riferimento alla Norma CIE 88190; le raccomandazioni CIE prendono in considerazione una luminanza esterna  $L_{20}$  definita come la luminanza esterna media presente nel giorno e nell'ora di massima luminanza del sito entro il cono visivo dell'osservatore standard (vertice ad 1,5 m dal suolo e semiapertura di  $10^\circ$ ) quando esso si trova ad una distanza dall'imbocco pari a quella di arresto ( $d_s$ ) nella direzione di marcia lungo l'asse della strada.

La luminanza  $L_{20}$  così definita costituisce il riferimento rispetto al quale è valutabile il valore della luminanza alla soglia. Questa, a sua volta, costituisce la base per la determinazione della distribuzione delle luminanze interne.

La luminanza  $L_{20}$  viene ricavata come media ponderata delle luminanze (del cielo, della carreggiata, dei dintorni) presenti nel cono visivo di  $20^\circ$ , pesate per la relativa consistenza percentuale secondo la seguente relazione :

$$L_{20} = (\gamma L_C + \rho L_R + \varepsilon L_E) / 100$$

dove:

$L_C$  = luminanza del cielo;

$L_R$  = luminanza della carreggiata;

$L_E$  = luminanza dei dintorni;

$\gamma$  = % di cielo;

$\rho$  = % di carreggiata;

$\varepsilon$  = % di dintorni.

Dai dintorni si esclude l'imbocco del tunnel, per cui  $\gamma + \rho + \varepsilon < 100$ .

Per la valutazione delle luminanze  $L_C$ ,  $L_R$ ,  $L_E$  si possono utilizzare i valori indicati nella tabella 5:

Direzione di marcia (emisfero Nord) (*)	$L_C$ (cielo) [kcd/m <sup>2</sup> ]	$L_R$ (strada) [kcd/m <sup>2</sup> ]	$L_E$ (dintorni) [kcd/m <sup>2</sup> ]			
			rocce	edifici	neve	prati
N	8	3	3	8	15 (**) 15 (***)	2
E-W	12	4	2	6	10 (**) 15 (***)	2
S	16	5	1	4	5 (**) 15 (***)	2

(\*) Nell'emisfero Sud, il Nord ed il Sud devono essere scambiati.  
 (\*\*) Paesaggio montano con superfici prevalentemente ripide nella direzione del guidatore.  
 (\*\*\*) Paesaggio piatto più o meno orizzontale.

Tabella 5: Valori di  $L_C$ ,  $L_R$  ed  $L_E$  in kcd/m<sup>2</sup>

### 2.1.2.2 Luminanza nella zona di adattamento o di soglia

La zona di soglia ha un'estensione  $d_{th}$  pari alla distanza di arresto  $d_s$  incrementata di 15

m (extra lunghezza sufficiente a creare uno sfondo per un ostacolo standard poggiato verticalmente sulla carreggiata). La luminanza lungo questo tratto di galleria deve essere rapportata a  $L_{20}$  come segue:

- per metà della estensione della zona di soglia, la luminanza deve essere mantenuta costante ad un valore  $L_{th}$  che si ricava applicando ad  $L_{20}$  i fattori di riduzione di cui alla tabella 6 in relazione alla velocità dell'autoveicolo ed al tipo di apparecchi illuminanti impiegati;
- nella metà successiva, la luminanza andrà a ridursi gradualmente e linearmente fino a raggiungere il 40 % del valore iniziale.

Distanza di arresto [m]	Rapporto fra luminanza zona di soglia $L_{th}$ e luminanza esterna $L_{20}$ ( $L_{th} / L_{20}$ )	
	Per illuminazione di tipo simmetrico	Per illuminazione di tipo asimmetrico (controflusso)
60	0,05	0,04 (0,025)
100	0,06	0,05 (0,03)
160	0,10	0,06 (0,05)

Tabella 6 - Rapporto tra luminanza massima del tratto iniziale della galleria e luminanza esterna ( $L_{th} / L_{20}$ )

### 2.1.2.3 Luminanza nella zona di transizione e nella zona interna

La luminanza nella zona di transizione, che rappresenta il tratto di raccordo tra la zona di soglia e quella interna, deve ridursi dal valore relativo all'estremità finale della zona di adattamento fino al raggiungimento del valore di luminanza  $L_i$  relativo alla zona interna.

Nella zona interna la luminanza  $L_i$  deve mantenersi costante, lungo la direzione di marcia, a livelli generalmente superiori a quelli relativi al collegamento stradale esterno in considerazione della elevata concentrazione che si richiede al conducente per la maggiore pericolosità che presenta la guida in galleria. I valori di luminanza interna raccomandati dalla CIE sono quelli indicati nella Tabella 7.

Luminanza media della zona interna delle gallerie (cd/m <sup>2</sup> )			
Distanza di arresto	Flusso di traffico		
	leggero	medio	pesante
160 m	5	10	15
100 m	2	4	6
60 m	1	2	3

Tabella 7 - Luminanza media raccomandata per la zona interna.

La riduzione della luminanza nella zona di transizione dai valori relativi all'estremità finali della zona di adattamento al valore di  $L_i$  ricavato dalla tabella 3, dovrebbe ottenersi secondo il seguente andamento teorico raccomandato dalla CIE:

$$L_{tr} = L_{th} (1,9 + t)^{-1,4} \quad \text{con } t = \text{tempo di adattamento in secondi.}$$

Tale andamento darebbe luogo ad una lunghezza del tratto di transizione pari a circa 200 m, eccessiva rispetto alla lunghezza della galleria in oggetto.

Per tale motivo in alternativa all'andamento sopra indicato, si considera il seguente andamento raccomandato dall'AIDI:

$$L_{tr}(x) = 0,4 L_{th} (1/3)^{3,6 x / v}$$

dove  $v$  rappresenta la velocità di marcia in km/h incrementata del 20%. La lunghezza della zona di transizione che ne risulta vale:

$$d_{tr} = 0,582 v \log (0,4 L_{th} / L_i)$$

### 2.1.2.4 Luminanza nella zona di uscita

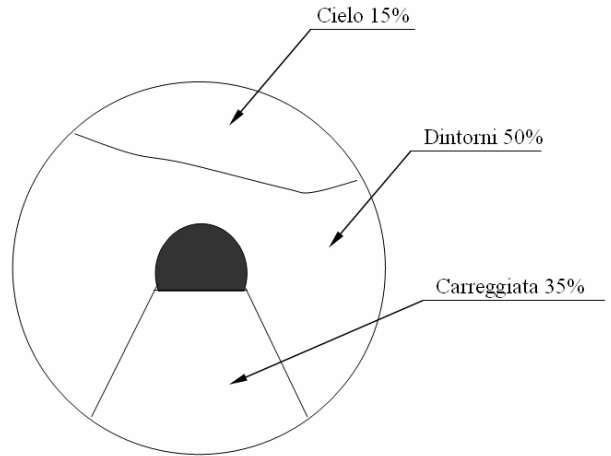
Per la zona di uscita, in considerazione del fatto che l'adattamento dell'occhio da bassi ad alti livelli di luminanza è pressoché istantaneo, non si hanno particolari vincoli sulla illuminazione con riguardo alla marcia diurna.

Nelle ore notturne, non risultando conveniente mantenere gli elevati livelli di luminanza previsti per l'illuminazione diurna ed essendo necessario prevenire l'effetto "buco nero" che si avrebbe se la luminanza all'uscita della galleria rimanesse a livelli superiori rispetto a quelli del collegamento stradale esterno susseguente, si adotta per tutto il tunnel un livello medio di luminanza compreso tra 2 e 5 cd/m<sup>2</sup>.

### 2.1.2.5 Parametri di progetto per direzione di marcia Nord (Palermo)

Considerando le consistenze percentuali del cielo, della carreggiata e dei dintorni, ricavate, a partire dalla fotografia dell'imbocco sud della galleria (fig.1) scattata alla distanza di arresto (160 m), delimitando i contorni del campo visivo sopra definito, la luminanza  $L_{20}$  per la direzione di marcia Nord-Est risulta:

$$L_{20} = (\gamma L_C + \rho L_R + \varepsilon L_E) / 100 = (0,15 \times 14 + 0,50 \times 2 + 0,35 \times 4,5) = 3,45 \text{ Kcd/m}^2$$



### Schema campo visivo ingresso galleria lato Sud-Ovest

Per quanto detto sopra la zona di soglia ha una lunghezza:

$$d_{th} = d_s + 15 = 160 + 15 = 175 \text{ m}$$

Considerando, inoltre, che si opta per un'illuminazione di tipo simmetrico, si ha:

- dall'imbocco della galleria sino ad una distanza pari a  $d_{th}/2 = 87,5 \text{ m}$  :  
 $L_{th} = \text{costante} = 0,10 \times L_{20} = 0,10 \times 5 = 0,345 \text{ Kcd/m}^2$
- nel tratto compreso tra 87,5 m e 175 m :  
la luminanza di soglia deve decrescere linearmente da  $345 \text{ cd/m}^2$  al 40 % di tale valore, cioè sino al valore di  $138 \text{ cd/m}^2$ .

Considerando un flusso di traffico medio, la luminanza interna, come si può facilmente ricavare dalla tabella 3, risulta essere pari a:

$$L_i = 10 \text{ cd/m}^2$$

Di conseguenza la zona di transizione, all'interno della quale la luminanza  $L_{tr}$  assumerà il valore fornito dalla relazione  $L_{tr}(x) = 0,4 L_{th} (1/3)^{3,6 \times x/v}$ , avrà una estensione:

$$d_{tr} = 0,582 v \log (0,4 L_{th} / L_i) = 0,582 (130 \times 1,2) \log (0,4 \times 0,345 / 0,010) = 103,49 \text{ m}$$

Nella figura 2 è riportato il diagramma teorico delle luminanze per la direzione di marcia Nord.

Diagramma teorico delle luminanze - Direzione di marcia NORD

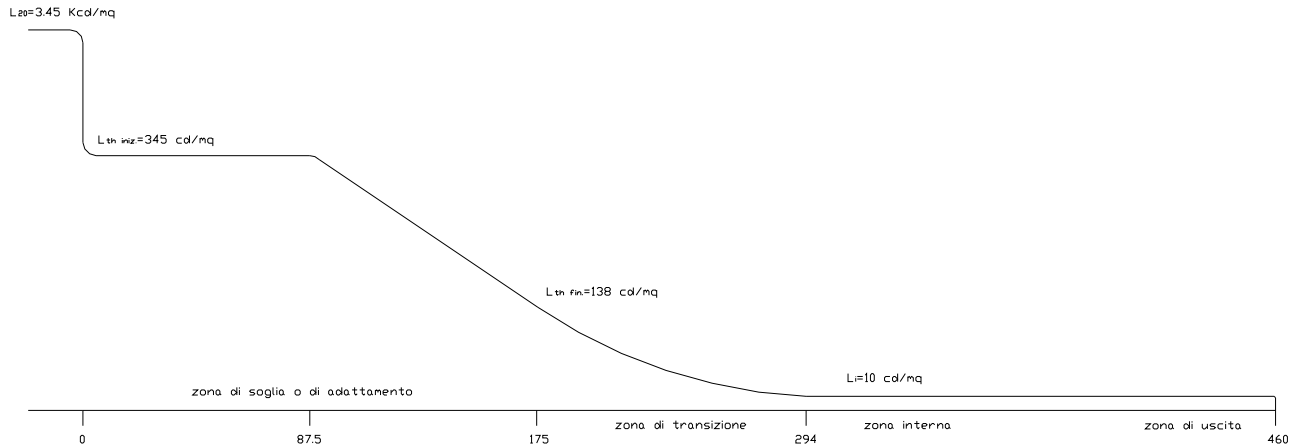


Fig. 2 : DIAGRAMMA TEORICO LUMINANZE DIR. NORD (Palermo)

### 2.1.2.6 Parametri di progetto per direzione di marcia Sud (Agrigento)

Analogamente a quanto visto per la direzione di marcia Nord-Est, note le grandezze individuate in fig 4 , la luminanza  $L_{20}$  per la direzione di marcia Sud-Ovest risulta:

$$L_{20} = (\gamma L_C + \rho L_R + \varepsilon L_E) / 100 = (0,15 \times 14 + 0,50 \times 2 + 0,35 \times 4,5) = 3.45 \text{ Kcd/m}^2$$

Anche in tal caso, ovviamente, la zona di soglia ha una lunghezza

$$d_{th} = d_s + 15 = 160 + 15 = 175 \text{ m}$$

All'interno di tale zona:

- dall'imbocco della galleria sino ad una distanza pari a  $d_{th}/2 = 87.5 \text{ m}$  :  
 $L_{th} = \text{costante} = 0,10 \times L_{20} = 0,10 \times 3.45 = 0,345 \text{ Kcd/m}^2$
- nel tratto compreso tra 87,5 m e 175 m :  
la luminanza di soglia deve decrescere linearmente da  $345 \text{ cd/m}^2$  al 40 % di tale valore, cioè sino al valore di  $138 \text{ cd/m}^2$ .

La luminanza nella zona interna deve assumere, anche in tal caso, un valore:

$$L_i = 10 \text{ cd/m}^2$$

Di conseguenza la zona di transizione, all'interno della quale la luminanza  $L_{tr}$  assumerà il valore fornito dalla relazione  $L_{tr}(x) = 0,4 L_{th} (1/3)^{3,6 \times x/v}$ , avrà una estensione

$$d_{tr} = 0,582 v \log (0,4 L_{th} / L_i) = 0,582 (130 \times 1,2) \log (0,4 \times 0,345 / 0,010) = 103.49 \text{ m}$$



Nella figura 3 è riportato il diagramma teorico delle luminanze per la direzione di marcia Sud (Agrigento)

Diagramma teorico delle luminanze - Direzione di marcia SUD

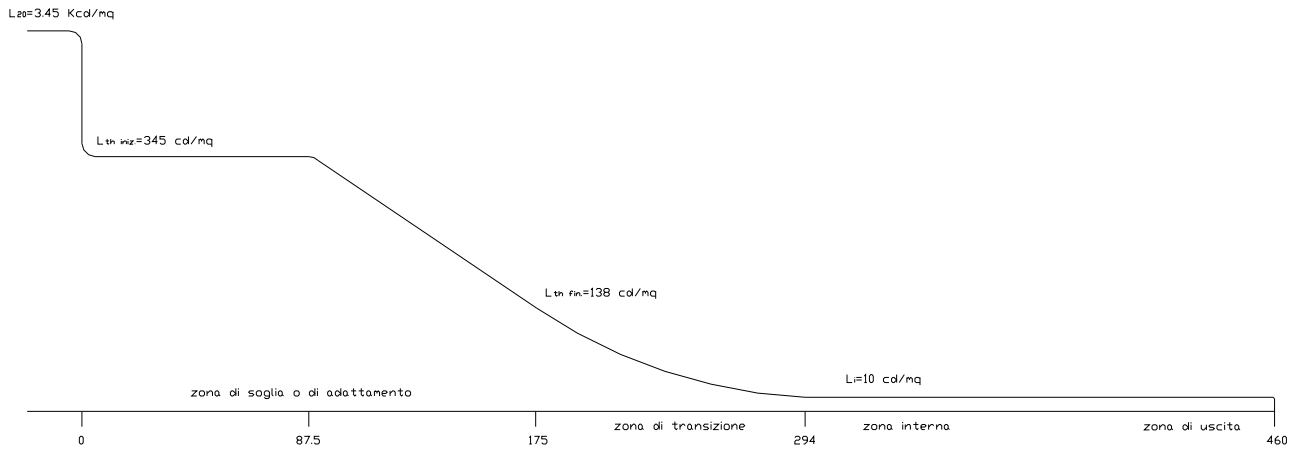


Fig. 3 : DIAGRAMMA TEORICO LUMINANZE DIR SUD (Agrigento)

### 2.1.2.7 Uniformità di luminanza

I valori di uniformità di luminanza raccomandate dalla CIE sono i seguenti:

- uniformità generale valutata sull'intera carreggiata  $U_o = L_{\min} / L_{\text{med}} \geq 0,4$ ;
- uniformità longitudinale valutata lungo l'asse di ciascuna corsia  $U_l = L_{\min} / L_{\max} \geq 0,6$ .

### 2.1.2.8 Flicker

Tra i parametri di progetto non si tiene conto dell'effetto disturbante dovuto al periodico susseguirsi dei centri luminosi e dei relativi riflessi nel campo visivo del conducente, stante la brevità della galleria oggetto della presente progettazione.

### 2.1.2.9 Controllo dell'abbagliamento

Nelle gallerie viene considerato solo l'abbagliamento fisiologico, che è quantizzato mediante l'incremento di soglia TI secondo le seguenti formule:

$$\begin{aligned}
 TI &= 65 L_V / L_R^{0,8} && \text{per } L_R \leq 5 \text{ cd/m}^2 \\
 TI &= 95 L_V / L_R^{1,05} && \text{per } L_R \geq 5 \text{ cd/m}^2
 \end{aligned}$$

con

$L_R$  = luminanza media sulla carreggiata e sulle pareti;

$L_V$  = luminanza equivalente di velo.

Per tutte le zone della galleria TI non deve superare il 15 %.

### 2.1.2.10 Scelta degli apparecchi illuminanti

Il progetto prevede l'utilizzo di corpi illuminanti in acciaio INOX IP65, classe II, e lampade al sodio alta pressione di diverse potenze (fino a 400W), resistenti alla corrosione in atmosfera acida e dotati di sistemi di fissaggio alla canalina portacavi facili da maneggiare in acciaio inox AISI316L, nel rispetto quindi delle indicazioni ANAS. Le ottiche saranno in puro alluminio (99,8%) simmetriche per i punti luce relativi all'illuminazione permanente ed asimmetrica per i punti luce relativi all'illuminazione di rinforzo (illuminazione in controflusso o flusso contrario).

All'interno della custodia è previsto il vano porta accessori separato dal vano lampada.

Al fine di rispettare le indicazioni ed i parametri illuminotecnici sopra descritti, l'impianto dovrà consentire più livelli di illuminazione, in particolare si avranno:

due circuiti di base che consentono due gradini di luminanza, uno a consumo ridotto ed uno di valore pari al doppio del precedente; tali circuiti saranno dotati di corpi illuminanti di tipo simmetrico con lampade SAP da 250 W;

due circuiti di rinforzo, indipendenti dai circuiti di base, con apparecchi di tipo simmetrico equipaggiati con lampade SAP da 00 W.

A partire dal quadro elettrico generale sono stati previste sette dorsali di alimentazione degli apparecchi illuminanti:

1. dorsale di alimentazione del circuito base 1 direzione di marcia Sud;
2. dorsale di alimentazione del circuito base 2 direzione di marcia Sud;
3. dorsale di alimentazione del circuito rinforzo 1 direzione di marcia Sud;
4. dorsale di alimentazione del circuito rinforzo 2 direzione di marcia Sud;
5. dorsale di alimentazione del circuito base 1 direzione di marcia Nord;
6. dorsale di alimentazione del circuito base 2 direzione di marcia Nord.
7. dorsale di alimentazione del circuito rinforzo 1 direzione di marcia Nord;
8. dorsale di alimentazione del circuito rinforzo 2 direzione di marcia Nord;

N°	Denominazione	Lunghezza	Direzione	Circuito Base 1	Circuito Base 2	Circuito Rinforzo 1	Circuito Rinforzo 2	Circuito Rinforzo Uscita	Totale Lampade SAP 250	Totale Lampade SAP 400	Potenza Installata kW
1	SPECCHIALE	1180	Palermo	118	118	81	81	48	236	210	185,9
2	MOLINAZZO	2653	Palermo	265	265	81	81	48	530	210	281,45
3	DON COLA	660	Palermo	66	66	81	81	48	132	210	152,1
4	BALESTRIERI	603	Palermo	60	60	81	81	48	120	210	148,2
5	CIPODDUZZA	1160	Palermo	116	116	81	81	48	232	210	184,6
13	FRIDDI	3600	Agrigento	360	360	81	81	48	720	210	343,2

*Tabella 8: Dettaglio delle lampade previste secondo i calcoli illuminotecnica effettuati e rispettive potenze installate*

### 2.1.2.11 Regolazione del flusso luminoso

L'alimentazione degli apparecchi illuminanti avverrà tramite un numero adeguato di regolatori di potenza dotati di microprocessore che provvedono a stabilizzare la tensione di alimentazione ed a regolarla in modo continuo per adeguare il flusso luminoso alle varie condizioni di visibilità.

L'adozione dei regolatori consente di:

- Aumentare la vita media delle lampade da circa 12.000 ore di funzionamento a circa 20.000 ore, perché la tensione di alimentazione è mantenuta in un intervallo del  $\pm 1\%$  della tensione nominale
- Diminuire gli shock causati alle lampade dai cicli di accensione spegnimento perché grazie alla regolazione vengono ridotti al minimo i casi in cui occorre spegnere le lampade e, qualora ciò si renda necessario, si può eseguire un ciclo di accensione a tensione ridotta che riduce lo stress della lampada
- Risparmiare l'energia elettrica connessa alla riduzione della tensione di alimentazione nel periodo in cui la lampada è nuova ed il flusso luminoso emesso eccede il valore di progetto

Al fine di adeguare l'intensità del flusso luminoso dei due circuiti di rinforzo alle condizioni di luminanza presenti all'esterno della galleria, si utilizzeranno controllori elettronici abbinati ad una sonda di rilevamento dell'illuminamento esterno da ubicare in testa al portale lato sud-est del tunnel.

## Andamento delle luminanze al variare delle condizioni di illuminazione esterne

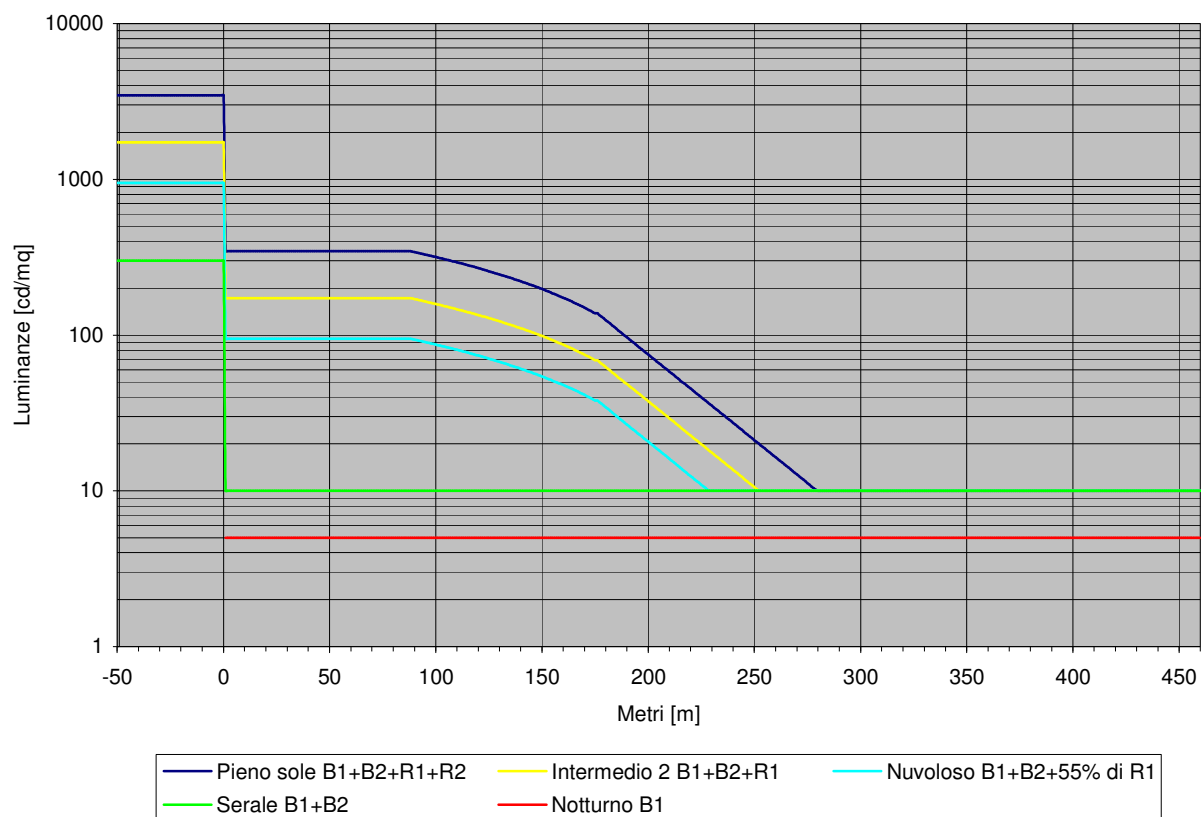


fig. 5 – Schema di regolazione del flusso luminoso

I controllori, che agiscono sui circuiti di rinforzo presenti in ognuna della canna della galleria e alimentati ciascuno da due linee separate, garantiranno una regolazione uniforme dei circuiti di rinforzo e lo spegnimento o l'accensione di singoli gruppi di lampade secondo una determinata scala di taratura. Lo schema di regolazione risulta essere quello indicato in figura 5. Come si vede la capacità dei regolatori di flusso consente di variare il flusso luminoso emesso dalle lampade dal 100% al 55%. In questo modo da un lato si ottiene un maggiore confort visivo nelle condizioni di illuminamento intermedie e da un lato si ottiene un elevato risparmio energetico.

L'accensione del circuito base 2 verrà comandata da un interruttore crepuscolare la cui sonda di rivelamento della luminanza esterna sarà posta in testa al portale d'ingresso lato sud della galleria.

Le dorsali di alimentazione dei circuiti base 1 e 2 saranno poste sotto gruppo di continuità e sotto gruppo elettrogeno, che garantirà un'autonomia di circa sessanta minuti all'impianto di illuminazione permanente in caso di emergenza.

Saranno inoltre illuminati i by-pass, le piazzole di emergenza e le nicchie SOS.

Uno schema di principio dell'impianto di illuminazione con l'indicazione dei regolatori impiegati, la suddivisione dei circuiti nonché il posizionamento, la tipologia e le caratteristiche dei singoli corpi illuminanti è evidenziato negli elaborati grafici allegati al progetto.

## 2.2 VENTILAZIONE E CONTROLLO FUMI

La ventilazione delle gallerie stradali ha lo scopo di diluire ad di sotto dei limiti ammissibili le concentrazioni degli inquinanti e dei fumi nell'aria in modo da garantire da un lato il comfort fisiologico dei viaggiatori in ogni condizione di traffico previsto (massimo traffico scorrevole, traffico congestionato e traffico bloccato) e dall'altro assicurare una buona visibilità in galleria in condizioni ordinarie ed in caso di incendio.

Per gallerie brevi ed a basso volume di traffico la ventilazione può essere di tipo naturale, ovvero demandata al flusso d'aria derivante dalle differenti condizioni meteorologiche agli imbocchi oppure all'effetto pistone dei veicoli. Oltre certe lunghezze o certi volumi di traffico la ventilazione delle gallerie richiede necessariamente l'installazione di un impianto di ventilazione e controllo dei fumi di tipo meccanico.

I principali requisiti di un impianto di ventilazione per gallerie stradali in condizioni ordinarie ed in caso d'incendio sono i seguenti:

- L'impianto deve consentire la mandata dell'aria esterna e l'estrazione dell'aria viziata o dei fumi da incendio considerando le azioni interferenti dei vari parametri fluidodinamici (resistenze passive distribuite e localizzate, effetto pistone del flusso veicolare, effetto del vento e delle pressioni barometriche agli imbocchi) in condizioni ordinarie le portate dell'aria di ventilazione devono essere commisurate al livello del traffico in modo da mantenere al di sotto dei valori limite ammissibili le concentrazioni degli inquinanti prodotti dal flusso veicolare (\*). Gli inquinanti controllati sono normalmente CO (ossido di carbonio), NOx (ossido di azoto), SOx (ossido di zolfo) e opacità dell'aria (OP) che vengono misurati con apposita strumentazione. Le portate d'aria necessarie per diluire tali inquinanti sono sufficienti a diluire al di sotto dei valori di soglia ammessi anche gli altri inquinanti dovuti al traffico. Le modalità secondo cui varia la portata d'aria di ventilazione in funzione di CO, NO e OP sono predefinite in fase progettuale ma perfezionate sulla base dell'esperienza durante l'esercizio della galleria
- Le portate dell'aria di ventilazione devono essere commisurate al livello del traffico in modo da mantenere al di sotto dei valori limite ammissibili l'opacità dell'aria dovuta sia alle emissioni dei fumi da motori Diesel (\*), sia al particolato derivante dall'usura degli pneumatici, del manto stradale e dei sistemi frenanti
- In caso di incendio i sistemi di ventilazione devono favorire la stratificazione dei fumi verso la volta della galleria evitando che il flusso dei prodotti venefici della combustione si sposti verso i viaggiatori
- L'impianto deve evitare il ricircolo dell'aria viziata. Nel caso di gallerie a due canne unidirezionali i portali di sbocco dovrebbero essere sfalsati di circa 100 - 200 m per evitare ricircolo dell'aria viziata dovuta alla ventilazione longitudinale o all'aria trasportata dai veicoli per effetto pistone
- Le opere di presa e restituzione dell'aria di ventilazione delle gallerie devono essere realizzate nel rispetto dell'ambiente esterno ovvero non devono produrre eccessive emissioni acustiche (griglie di presa e torri di restituzione silenziate) e devono disperdere l'aria viziata in quota ad alta velocità così da disperderla su aree molto ampie in modo da non variare sensibilmente la concentrazione delle sostanze inquinanti al livello del terreno
- L'alimentazione elettrica degli impianti di ventilazione è comune a quella degli impianti di illuminazione e segue criteri simili. In caso di mancanza di tensione in rete l'alimentazione di tali impianti, o una loro quota parte, deve essere garantita mediante gruppi di emergenza (gruppi elettrogeni) in tempi dell'ordine dei 2 - 3' (alimentazione elettrica di emergenza). Il sistema di comando e controllo deve essere collegato ad alimentazione elettrica di sicurezza

- I ventilatori longitudinali installati sulla volta delle gallerie devono essere realizzati in acciaio inox, dovranno essere a flusso reversibile e dovranno resistere a 400°C per almeno 90'. Una resistenza equivalente deve essere garantita per le alimentazioni elettriche di tali apparecchi. I ventilatori di estrazione dell'aria viziata e fumi dovranno resistere a 400°C per 120 minuti. I ventilatori di immissione aria fresca non devono possedere particolari requisiti di resistenza a calore
  - La ventilazione deve essere gestita da un sistema automatico secondo due logiche distinte per servizio ordinario in funzione dei valori di concentrazione degli inquinanti rilevati da appositi sensori (che a loro volta dipendono dal volume di traffico) e servizio in caso di incendio anch'esso rilevato da appositi sensori sensibili alla massima temperatura o al massimo gradiente di variazione. Per il servizio in caso d'incendio andranno previste n. 2 fasi: la prima, in automatico, con la ventilazione ad uno stato minimo (funzione del verso dell'aria prima dell'incendio, della potenza di progetto, della posizione dell'incendio etc...) per favorire la stratificazione dei fumi, contenere il back layering e permettere l'esodo degli utenti in sicurezza, la seconda, esclusivamente manuale ad opera dei servizi intervent90 e soccorso, per l'estrazione massiccia dei fumi dall'interno della galleria.
  - Agli imbocchi della galleria deve essere previsto un quadro di comando che consente la gestione locale della ventilazione da parte dei VV.F. o delle squadre di soccorso
- (\*) Le emissioni di CO e di fumi da parte dei veicoli aumentano con la potenza erogata dai motori e quindi a parità di peso del veicolo, con la velocità e con la pendenza in salita (di conseguenza per gallerie a due canne unidirezionali, a pari velocità di riferimento, l'impianto di ventilazione sarà dimensionalmente inferiore per la canna in discesa). Inoltre, le emissioni di CO da parte dei motori aumentano con l'altitudine sul livello del mare e pertanto un impianto di ventilazione diviene più importante per gallerie in quota.

In funzione della direzione e del volume del traffico e della lunghezza dei fornicci si adottano sostanzialmente le seguenti tipologie di impianti di ventilazione:

- Ventilazione naturale
- Ventilazione longitudinale semplice
- Ventilazione longitudinale con pozzi di estrazione
- Ventilazione semitrasversale
- Ventilazione trasversale

Per ciascuna delle tipologie indicate viene di seguito fornita una breve descrizione.

### **2.2.1 VENTILAZIONE NATURALE**

Ventilazione naturale: la ventilazione naturale è dovuta da un lato all'effetto pistone dei veicoli (soprattutto nel caso di gallerie unidirezionali), dall'altro alle differenti condizioni climatiche agli imbocchi specie quando la galleria mette in comunicazioni 2 zone caratterizzate da microclimi diversi. Se in particolare i due effetti si sommano, la ventilazione naturale è sufficiente a garantire all'interno della galleria una qualità dell'aria sufficiente. Nelle gallerie monodirezionali la direzione del flusso d'aria indotto dalla ventilazione naturale è solitamente concorde alla direzione del traffico.

### 2.2.2 VENTILAZIONE LONGITUDINALE SEMPLICE

Sistema semplice ed economico che consiste nell'installazione sotto alla volta della galleria di ventilatori assiali ad induzione (booster) per il controllo della velocità longitudinale dell'aria. Tali ventilatori sono usualmente disposti a coppie (per piccole gallerie sono singoli mentre per grandi gallerie possono essere disposti a gruppi) opportunamente intervallate. L'aria fresca AF viene prelevata da un imbocco mentre l'aria viziata AV ed i fumi vengono restituiti all'imbocco opposto. La ventilazione longitudinale semplice si può applicare alle gallerie con traffico bidirezionale solo quando le condizioni di traffico consentono ai veicoli non coinvolti in un congestionamento stradale di uscire dalla galleria ovvero se in condizioni di traffico normale i veicoli possono uscire dalla galleria seguendo la direzione del fumo. Ad ogni modo, nelle gallerie a traffico bidirezionale è sempre opportuno adottare ventilatori reversibili per poter eventualmente invertire la direzione della spinta in funzione della pressione prevalente dovuta al traffico o alle condizioni meteorologiche esterne.

I ventilatori saranno completi di sensori di vibrazione e di distacco e delle relative centraline di gestione.

### 2.2.3 VENTILAZIONE LONGITUDINALE CON POZZI DI ESTRAZIONE

Con la sola ventilazione longitudinale nelle gallerie a traffico unidirezionale le concentrazioni degli inquinanti aumentano linearmente da un imbocco all'imbocco opposto; ciò limita l'impiego di questo sistema di ventilazione a gallerie di lunghezza contenuta entro qualche kilometro a meno di non interrompere la galleria con un camino per l'espulsione dell'aria viziata del tratto precedente e con un secondo camino per l'immissione di aria fresca per il tratto successivo. Tale sistema di ventilazione è intermedio tra ventilazione longitudinale e trasversale e richiede ventilatori assiali come per la ventilazione longitudinale e pozzi di estrazione ad intervalli regolari di 2.000 – 3.000 m. I pozzi di estrazione possono essere realizzati verticalmente ove possibile, altrimenti orizzontalmente sfruttando lo spazio vuoto sotto la volta della galleria con una soletta di compartimentazione REI180. All'interno della galleria il flusso dell'aria rimane comunque longitudinale e nelle gallerie unidirezionali deve essere concorde al senso del traffico. Gli imbocchi sono comunque utilizzati per il primo prelievo dell'aria fresca e l'ultima restituzione dell'aria viziata.

### 2.2.4 VENTILAZIONE SEMITRASVERSALE

Sistema intermedio tra la ventilazione longitudinale e trasversale che ammette tre versioni:

- Semitrasversale in mandata: implica la realizzazione di un condotto di immissione aria fresca AF solitamente realizzato sfruttando lo spazio vuoto sotto o sopra la sede stradale lasciando che l'aria viziata AV venga espulsa attraverso i portali della galleria;
- Semitrasversale in ripresa: implica la realizzazione di un condotto di espulsione aria viziata e fumi AV solitamente realizzato sfruttando lo spazio vuoto sopra la sede stradale lasciando che l'aria viziata AF venga reimpressa attraverso i portali della galleria
- Semitrasversale reversibile: implica la realizzazione di un condotto di immissione aria fresca AF solitamente realizzato sfruttando lo spazio vuoto sopra la sede stradale lasciando che l'aria viziata AV venga espulsa attraverso i portali della galleria. In caso di incendio si inverte il senso di rotazione dei ventilatori aspirando aria dalla galleria. A causa delle masse d'aria in gioco l'inversione del moto del flusso d'aria richiede tempi dell'ordine dei 10 – 15 minuti in funzione della lunghezza della tratta. I migliori risultati si ottengono dotando il condotto aria

di serrande motorizzate ed aprendo in caso d'incendio le sole serrande in corrispondenza dell'incendio come nel caso della ventilazione trasversale

Rappresenta un sistema di ventilazione razionale in virtù del fatto che spesso anche i sistemi di ventilazione trasversale vengono spesso eserciti in condizioni ordinarie come semitrasversali con notevoli riduzioni dei costi di esercizio.

Nel caso di gallerie a traffico bidirezionale è preferibile adottare il sistema semitrasversale in ripresa o reversibile.

I criteri di dimensionamento del condotto AF o AV o AF/V per la ventilazione semitrasversale sono i medesimi del sistema di ventilazione trasversale descritto al punto successivo ed ai quali si rimanda.

Anche in questo caso le gallerie lunghe vengono divise in tronchi da 1000 a 2500 m ciascuno servito da una propria centrale di ventilazione (CV). Le CV per ventilazione semitrasversale comprendono solamente la sezione di mandata (eventualmente utilizzabile come ripresa se la CV è reversibile) e pertanto comportano impegni di potenze e dimensioni praticamente dimezzate rispetto alle ventilazione trasversale.

## **2.2.5 VENTILAZIONE TRASVERSALE**

Sistema costoso che implica la realizzazione di un condotto di immissione aria fresca AF solitamente realizzato sfruttando lo spazio vuoto sotto la sede stradale ed un condotto di estrazione aria viziata AV o fumi da incendio solitamente realizzato sfruttando lo spazio vuoto sotto la volta della galleria con una soletta di compartimentazione REI180.

Nei casi di gallerie corte o gallerie esistenti nelle quali si decida di adottare la ventilazione trasversale, entrambe i condotti per AF ed AV vengono realizzati sotto la volta della galleria.

Altre volte i condotti di ventilazione possono essere realizzati con gallerie separate e parallele alla galleria stradale ma ciò va ad incidere sensibilmente sui costi di realizzo, motivo per cui tale soluzione si considera perlopiù nell'adeguamento di gallerie esistenti.

L'aria fresca viene immessa nella galleria stradale attraverso bocchette di mandata dotate di serranda di regolazione e derivate dal condotto AF poste ad intervalli regolari di circa 10 m sul fianco della galleria ad altezza dalla sede stradale di circa 50 cm. L'aria viziata viene estratta attraverso serrande motorizzate collegate con il condotto AV e poste ad intervalli regolari di circa 50 m sulla soletta sotto la volta. Il condotto AV serve anche per l'estrazione dei fumi caldi e tossici in caso d'incendio impedendo agli stessi di invadere la galleria stradale.

Generalmente le gallerie lunghe vengono suddivisi in tronchi di 1.000 – 2.500 m ciascuno servito da una propria centrale di ventilazione (CV).

Di solito negli impianti di ventilazione trasversale vengono utilizzati ventilatori assiali ad induzione (booster) per il controllo della velocità longitudinale dell'aria in galleria in caso d'incendio. Tali ventilatori sono usualmente disposti a coppie o gruppi maggiori opportunamente intervallati e posti sotto la volta della galleria. Il controllo della velocità longitudinale viene effettuato automaticamente seguendo una logica che in caso d'incendio tende a ridurre la velocità longitudinale dell'aria in galleria in modo da confinare il fumo in una zona ristretta favorendone l'aspirazione attraverso le serrande aperte immediatamente sopra l'incendio attraverso il canale AV e fumi evitandone la propagazione in galleria. Nelle gallerie dove entrambe i condotti AF e AV sono posti sotto alla volta, normalmente non rimane l'altezza utile per l'installazione dei ventilatori assiali: in tal caso, il controllo del flusso d'aria longitudinale in galleria viene effettuato mediante la ventilazione trasversale oppure mediante gruppi di booster installati sotto la volta in corrispondenza dei soli imbocchi della galleria (solitamente entro i primi



300 m di galleria dove ancora la volta non viene impiegata per il passaggio dei condotti per AF ed AV).

In teoria con ventilazione trasversale le concentrazioni degli inquinanti rimangono costanti lungo la galleria e quindi lo schema non ha limiti di applicazione nella lunghezza.

Gli scenari di utilizzo dell'impianto di ventilazione trasversale sono i seguenti:

- In condizioni ordinarie: l'aria fresca viene prelevata all'esterno dalla centrale di ventilazione, immessa nel condotto AF e quindi distribuita uniformemente all'interno della galleria attraverso le bocchette di mandata. L'aria viziata viene estratta dalla galleria attraverso le serrande motorizzate parzializzate in modo da estrarre ciascuna una portata d'aria in modo da mantenere una distribuzione uniforme, convogliata alla centrale di ventilazione attraverso il condotto AV e quindi espulsa. La portata d'aria di ventilazione è commisurata al volume di traffico. Per economia di gestione a volte può essere sufficiente gestire la ventilazione trasversale come semitrasversale utilizzando il condotto AF con portata d'aria ridotta (es. 80% del valore nominale) e lasciando che AV sia espulsa attraverso i portali o al più aspirando una portata d'aria ridotta attraverso AV es. 40% del valore nominale)
- In caso di incendio: l'aria fresca viene distribuita come in condizioni ordinarie ma a regime ridotto per evitare la destratificazione dei fumi. Vengono aperte completamente le serrande motorizzate di estrazione nella zona dell'incendio (solitamente si aprono n. 5 serrande nell'intorno dell'incendio) e chiuse tutte le altre. I fumi da incendio vengono aspirati attraverso le serrande motorizzate aperte ed espulsi. Gli eventuali ventilatori assiali ad induzione vengono utilizzati per controllare la velocità longitudinale dell'aria in prossimità dell'incendio per evitare il propagarsi dei fumi

## 2.2.6 LIMITI DI APPLICAZIONE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE

Vengono di seguito forniti i limiti di applicazione dei sistemi di ventilazione sopra descritti che considerano il fatto che la circolazione bidirezionale costituisce una situazione transitoria:

### Gallerie a canna singola con traffico bidirezionale:

- Ventilazione naturale: da valutare caso per caso e comunque generalmente accettabile fino 500 m
- Ventilazione longitudinale semplice: applicabile fino a 2.000 m
- Ventilazione longitudinale con pozzi di estrazione: applicabile fino a 4.000 m
- Ventilazione semitrasversale: applicabile fino a 4.000 m
- Ventilazione trasversale: non presenta limiti di applicazione

### Gallerie a canna doppia con traffico monodirezionale:

- Ventilazione naturale: da valutare caso per caso e comunque generalmente accettabile fino a 1.000 m
- Ventilazione longitudinale semplice: applicabile fino a 4.000 m
- Ventilazione longitudinale con pozzi di estrazione: applicabile fino a 6.000 m
- Ventilazione semitrasversale: applicabile fino a 6.000 m
- Ventilazione trasversale: non presenta limiti di applicazione

## 2.3 PERCORSI DI EMERGENZA

### 2.3.1 GALLERIE A DOPPIO FORNICE

Nelle gallerie a doppio fornice saranno previsti collegamenti pedonali ogni 300 m e collegamenti carrabili per il passaggio di veicoli di soccorso o di servizio ogni 900 m (DM 5/11/2001).

In breve i collegamenti dovranno essere tali da essere raggiungibili con percorsi non più lunghi di 150 m per i pedoni e 450 m per i mezzi di soccorso.

Solitamente i collegamenti carrabili sono affiancati da un collegamento pedonale: detti BPP i by pass pedonali e BPC i by pass carrabili e pedonali, al variare della lunghezza delle gallerie si avranno i seguenti scenari:

- $l < 300$  m: nessun collegamento
- $300 < l < 600$  m: BPP centrale
- $600 < l < 900$  m: BPP, BPP
- $900 < l < 1.200$  m: BPP, BPC centrale, BPP
- $1.200 < l < 1.500$  m: BPP, BPC, BPP, BPP
- $1.500 < l < 1.800$  m: BPP, BPP, BPC centrale, BPP, BPP
- $1.800 < l < 2.100$  m: BPP, BPC, BPP, BPC, BPP, BPP
- $2.100 < l < 2.400$  m: BPP, BPP, BPC, BPP, BPC, BPP, BPP
- $2.400 < l < 2.700$  m: BPP, BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP, BPP
- $2.700 < l < 3.000$  m: BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP
- $3.000 < l < 3.300$  m: BPP, BPP, BPC, BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP, BPP
- $3.300 < l < 3.600$  m: BPP, BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP, BPP
- $3.600 < l < 3.900$  m: BPP, BPP, BPC, BPP, BPP, BPC, BPP, BPC, BPP, BPC, BPP, BPP
- ecc

Qualora la lunghezza della galleria non sia multiplo esatto di 300 m i collegamenti saranno posti sempre nel rispetto dei massimi percorsi indicati, rispettando la posizione della piazzole di sosta ed eventualmente riducendone proporzionalmente il passo.

I collegamenti pedonali dovranno essere completamente compartimentati (almeno REI 120) e accessibili dai fornici tramite porte del tipo a doppia anta apribili in entrambe i sensi tali da consentire un passaggio netto, garantito per tutta la lunghezza del collegamento, pari a 120 x 210 cm (base x altezza). L'accesso dovrà essere ben visibile dalla galleria ed opportunamente illuminato.

Le porte dovranno essere normalmente chiuse in modo da impedire il passaggio d'aria e dei fumi tra un fornice e l'altro, dotate di dispositivo di autochiusura e conformi alle normative vigenti e dotate di sensori asserviti ad un allarme ottico e acustico locale.

Se le condizioni locali di tipo strutturale, geotecnico e geologico lo consentono le dimensioni interne dei collegamenti saranno tali da contenere un parallelepipedo della misura minima di 300x250x1000 cm (base x altezza x lunghezza): le dimensioni dei collegamenti dovranno comunque tener conto degli impianti installati (quadri, serrande di sovrappressione, ventilatori, ecc.). Qualora presenti, quadri elettrici ed altre postazioni tecnologiche dovranno essere separati rispetto alla via di esodo con elementi di compartimentazione almeno REI 120.

All'interno dei collegamenti è opportuno inserire una postazione di SOS/Fonico e l'illuminazione dovrà avere alimentazione di sicurezza.

Per gallerie di lunghezza inferiore a 1000 m il by pass pedonale può essere realizzato con una apertura con le caratteristiche di cui sopra dotata di una sola porta del tipo sopra indicato, poste in posizione centrale.

Per gallerie di lunghezza superiore a 1000 m invece, nel by pass dovrà essere realizzato un filtro compartimentato e chiuso con porte del tipo sopra indicato. In corrispondenza di ciascun collegamento pedonale dovrà essere previsto un sistema di ostacolo al passaggio dei fumi quale un impianto di ventilazione e controllo fumi che consenta, a porte chiuse, di mettere in sovrappressione il collegamento pedonale di circa 80 Pa rispetto al fornice in cui si è verificato l'incendio e nel contempo in modo da non pregiudicare, l'apertura delle porte stesse durante

l'esodo di emergenza. All'apertura delle porte che danno accesso al filtro, oltre all'allarme ottico ed acustico locale, deve essere inviato un segnale al centro di controllo di tratta.

Il sistema dovrà essere dimensionato in modo da impedire l'ingresso dei fumi nel collegamento pedonale almeno nella condizione di completa apertura della porta affacciata verso il fornice interessato dall'incendio con l'altra porta chiusa.

Per il dimensionamento dovrà essere preso come riferimento un incendio di potenza pari a 30 MW con sviluppo di fumi pari a 80 m<sup>3</sup>/s e una velocità di uscita dell'aria dalla porta aperta verso il fornice incidentato approssimativamente pari a 3 m/s.

La canna non interessata dall'incendio è considerata "luogo sicuro dinamico" e pertanto si dovranno adottare tutte le azioni necessarie alla salvaguardia degli utenti durante l'esodo (blocco del traffico su entrambe le carreggiate, indicazione via d'esodo, illuminazione, ventilazione, ecc.).

L'impianto di controllo fumi del collegamento pedonale sarà collegato ad alimentazione elettrica di emergenza. Il sistema di comando e controllo sarà collegato ad alimentazione elettrica di sicurezza.

I collegamenti carrabili dovranno essere completamente compartimentali (almeno REI 120) e accessibili dai fornici tramite porte tali da consentire un passaggio netto, garantito per tutta la lunghezza dei collegamenti, almeno pari a 350 x 400 cm (base x altezza).

Le dimensioni di tale collegamenti, se le condizioni locali di tipo strutturale, geotecnica e geologico lo consentono, saranno tali da contenere un parallelepipedo della misura minima di 500 x 500 x 1000 cm (base x altezza x lunghezza).

La pendenza dei collegamenti non dovrà essere superiore al 10% e la resistenza al carico dovrà essere tale da consentire il transito di automezzi di peso complessivo fino a 20 t.

Il raggio di volta per l'accesso dei mezzi di soccorso non dovrà essere inferiore a 13 m.

Le porte dovranno rimanere normalmente chiuse e poter essere aperte esclusivamente da personale autorizzato.

Ciascun collegamento carrabile dovrà essere abbinato ad un collegamento pedonale con le caratteristiche sopra descritte.

### **2.3.2 GALLERIE A SINGOLO FORNICE**

Nelle gallerie a singolo fornice, a traffico unidirezionale in assenza di collegamenti trasversali o bidirezionale, dovranno essere realizzate ogni 300 m delle uscite all'aperto, ovvero accessi verso un cunicolo di sicurezza pedonale (CSP).

Il cunicolo di sicurezza può essere realizzato in affiancamento o sottostante al vano stradale. In ogni caso il cunicolo di sicurezza dovrà essere realizzato in modo tale da garantire ovunque una protezione almeno REI 120 ed attrezzato in modo tale da consentire agli utenti in fuga di raggiungere l'ambiente esterno in maniera autonoma o eventualmente con veicolo di soccorso per gallerie di lunghezza superiore a 1000 m.

Le porte che separano la galleria dal cunicolo dovranno essere del tipo a doppia anta, e tali da consentire un passaggio netto pari a 120 x 210 cm (base x altezza). Le porte dovranno risultare ben visibili dalla galleria, opportunamente illuminate, dotate di sistema di autochiusura e conformi alle normative vigenti.

Il cunicolo di sicurezza dovrà essere realizzato ed attrezzato in modo tale da consentire agli utenti in fuga di raggiungere l'esterno in maniera autonoma e l'illuminazione dovrà avere alimentazione di sicurezza.

All'interno del cunicolo, in corrispondenza di ciascun accesso e con passo non superiore a 50 m dovranno essere collocate le segnalazioni indicanti le direzioni con le relative distanze delle uscite all'aperto.

Qualora presenti, quadri elettrici ed altre postazioni tecnologiche interne al cunicolo dovranno essere separati rispetto alla via di esodo con elementi di compartimentazione almeno REI 120.

Il cunicolo dovrà essere dotato di impianto di ventilazione per il ricambio d'aria.

Per gallerie di lunghezza inferiore a 1000 m il collegamento al cunicolo può essere realizzato con una apertura con le caratteristiche di cui sopra dotata di una sola porta del tipo sopra indicato.

Per gallerie di lunghezza superiore a 1000 m e traffico superiore ai 4500 veicoli/giorno corsia invece, nel collegamento tra galleria e cunicolo dovrà essere realizzato un filtro compartimentato almeno REI 120.

In condizioni normali il cunicolo di sicurezza e gli ambienti filtro dovranno essere equipaggiati con un sistema di ventilazione in grado di garantire un adeguato ricambio d'aria.

In caso di incendio, il sistema di ventilazione dovrà consentire, a porte chiuse, di immettere aria esterna nel cunicolo di sicurezza e mettere in sovrappressione l'ambiente filtro di circa 80 Pa rispetto alla galleria stradale.

Per il dimensionamento dovrà essere preso come riferimento un incendio di potenza pari a 30 MW, con sviluppo di fumi pari a 80 m<sup>3</sup>/s e una velocità di uscita dell'aria dalla porta aperta verso il fornice incidentato approssimativamente pari a 3 m/s.

Le porte dovranno rimanere normalmente chiuse, dotate di sistema di autochiusura e conformi alle normative vigenti.

Dovranno essere previsti gli accorgimenti necessari per non pregiudicare l'apertura delle porte negli ambienti in sovrappressione.

Per gallerie di lunghezza superiore a 1000 m e traffico superiore ai 4500 veicoli/giorno corsia le dimensioni del cunicolo dovranno inoltre essere tali da consentire il transito di un veicolo elettrico di soccorso permettendo contemporaneamente un passaggio pedonale netto di almeno 120 cm (cunicolo di sicurezza carrabile CSP). Nel caso in cui il cunicolo di sicurezza viene realizzato sottostante al vano stradale non è richiesta la possibilità di poter accedere con il veicolo alla sede stradale (il veicolo può essere pertanto progettato solamente per percorrere longitudinalmente il cunicolo).

L'impianto di ventilazione e controllo fumi del cunicolo di sicurezza e degli ambienti filtro sarà collegato ad alimentazione elettrica di emergenza. Il sistema di comando e controllo sarà collegato ad alimentazione elettrica di sicurezza.

### **2.3.3 GALLERIE PROVVISORIAMENTE A SINGOLO FORNICE**

In accordo al punto precedente, le gallerie temporaneamente a singolo fornice ma per le quali è prevista la realizzazione del secondo fornice possono essere realizzate secondo la modalità di seguito indicate.

Per le gallerie di lunghezza inferiore a 300 m, nella prima fase non si prevede alcun intervento oltre alla realizzazione del primo fornice. Nella seconda fase la galleria sarà completata con la realizzazione del secondo fornice.

Per le gallerie di lunghezza superiore a 300 m, nella prima fase, contestualmente al primo fornice verrà realizzato un cunicolo di sicurezza dedicato all'esodo con le caratteristiche indicate al punto precedente.

L'opportunità di realizzare il cunicolo di sicurezza in affiancamento al vano stradale viene considerata solamente per le n. 2 gallerie di lunghezza maggiore ovvero per le gallerie GN.05 (circa 7 km) e GN.10 (circa 5 km).

Potrebbe risultare conveniente realizzare il cunicolo di sicurezza come foro pilota per il secondo fornice ma in tal caso durante i lavori per realizzare il secondo fornice mancherebbe una via di esodo per il primo. Si esclude pertanto tale possibilità.

Nella seconda fase la galleria sarà completata con la realizzazione del secondo fornice ed in tal caso:

- se il cunicolo di sicurezza è realizzato in affiancamento alla sede stradale, questo viene conservato in posizione centrale con funzione di via di esodo per entrambe i fornici;
- se il cunicolo di sicurezza è realizzato sottostante alla sede stradale, con la realizzazione del secondo fornice vengono realizzati i by pass come descritto al punto “Gallerie a doppio fornice”. Il condotto di sicurezza può essere impiegato per altri scopi (passaggi impianti tecnologici) .

## 2.4 IDRICO ANTINCENDIO

In base alle indicazioni progettuali ANAS è necessario dotare le gallerie di impianto di spegnimento ad idranti solo se di lunghezza superiore a 1000 m.

Ciascun idrante dovrà essere derivato da una condotta ad anello in pressione alimentata da una o più stazioni di pompaggio con annesso serbatoio di accumulo (in breve centrali antincendio).

Le gallerie molto lunghe possono essere sezionate in tronchi di 2000 – 3000 m, ciascuno comprendente una centrale antincendio e associati impianti in campo. Il sezionamento degli impianti antincendio dovrà essere considerato anche nel caso di gallerie con tracciati che mettono in gioco forti dislivelli.

Di seguito vengono descritti i principali elementi costituenti un impianto idrico antincendio per gallerie.

### 2.4.1 ELEMENTI IN CAMPO

Comprendono essenzialmente:

- Tubazioni longitudinali in PEAD per i tratti interrati e limitatamente ai tratti esterni alla galleria, e acciaio UNI 8863 serie media per i tratti in galleria (diametro indicativo DN 100). Le tubazioni dovranno comunque essere protette contro il gelo, gli urti meccanici e l'incendio
- Cassette con idrante UNI45 ogni 150 m sul lato destro per le gallerie unidirezionali e sul lato rivolto verso il cunicolo / uscita di sicurezza per le gallerie temporaneamente bidirezionali con stacco da 2" ½ in acciaio UNI 8863 serie media verniciato. Ciascuna cassetta comprende n. 3 manichette UNI45 da 25 m per un totale di 75 m in modo da coprire ogni punto della galleria con 2 idranti successivi. Idranti e manichette vanno posti in appositi armadietti incassati contenenti anche n. 2 estintori portatili a polvere e a schiuma. In corrispondenza delle postazioni dove sono presenti gli armadietti definiti con la Circolare ANAS 7735 (ogni 300 m) idranti e manichette vanno posti sempre in appositi armadietti incassati mentre i n. 2 estintori portatili a polvere e a schiuma vanno posti nell'armadietto di cui alla Circolare ANAS 7735
- Idrante sottosuolo con due attacchi UNI45 un attacco UNI70 ed un attacco UNI 9490 per motopompa VV.F. posti in corrispondenza di ciascun imbocco in un pozzetto ben identificato

- Idrante soprassuolo con due attacchi UNI45 ed un attacco UNI70 posto in corrispondenza di ciascuna piazzola di sosta
- Cassetta con idrante UNI45 ed una manichetta UNI45 da 25 m all'interno di ciascuna centrale di ventilazione
- Valvole a farfalla per il sezionamento della rete idranti ogni 5 stacchi dalla condotta principale
- N. 2 estintori portatili a polvere e a schiuma agli imbocchi e ad intervalli di almeno 150-300m (ovvero in corrispondenza degli armadi SOS)

#### **2.4.2 ELEMENTI IN CENTRALE**

Comprendono essenzialmente:

- Gruppo di pompaggio UNI 9490 alimentato dalla rete normale e da una fonte di energia di emergenza composto ad esempio da una elettropompa centrifuga di servizio, una motopompa centrifuga di servizio azionata da motore endotermico oppure in alternativa una seconda elettropompa alimentata da gruppo elettrogeno ed una elettropompa centrifuga sommersa per la pressurizzazione del circuito (pompa pilota). Le alimentazioni elettriche delle elettropompe dovranno essere protette contro i cortocircuiti ed i contatti indiretti ma non contro i sovraccarichi. Il gruppo di pompaggio dovrà essere in grado di garantire la pressione di 0,5 MPa con una portata di 1000 l/min sulla condotta nelle condizioni idraulicamente più sfavorite
- Vasca di accumulo con capacità sufficiente ad alimentare una condotta a 1000 l/min per 120 min (quindi almeno 120 mc utili o per maggior sicurezza 150 mc). La vasca di accumulo dovrà essere dotata di tubazione di carico almeno DN75 allacciata all'acquedotto ove possibile. Sulla tubazione di carico dovrà essere innestato un collegamento DN70 per il caricamento del serbatoio di accumulo con autobotte.

#### **2.4.3 LOGICA DI FUNZIONAMENTO**

- La pompa pilota è sempre in servizio per mantenere l'impianto in pressione
- L'elettropompa entra in servizio all'abbassarsi della pressione in rete causata dall'utilizzo degli idranti
- La motopompa entra in funzione se non entra in funzione l'elettropompa.

### **2.5 IMPIANTI SPECIALI DI SICUREZZA, COMUNICAZIONE E CONTROLLO**

Nella presente sezione del documento vengono illustrati gli impianti speciali di sicurezza, comunicazione e controllo a servizio delle gallerie presenti nella tratta stradale in oggetto.

L'intero progetto è concepito per massimizzare il servizio, l'affidabilità e la sicurezza di strada ad elevato tenore di traffico e dal percorso geomorficamente montuoso. La scelta dei sistemi e dispositivi d'impianto, sia per qualità sia per varietà e completezza, riflette tale impostazione.

Gli impianti speciali di sicurezza, comunicazione e controllo previsti nel progetto si possono così elencare:

- Impianto rilevazione incendi in galleria
- Impianto rilevazione incendi locali tecnici

- Impianto SOS
- Impianto TVCC completo di sistema Rilevazione Automatica di Incidente
- Impianto radio
- Pannelli a messaggio variabile
- Segnaletica verticale luminosa
- Impianto semaforico
- Impianto di supervisione "locale" a servizio della singola galleria o svincolo stradale

I suddetti impianti saranno realizzati in corrispondenza delle gallerie presenti lungo la tratta con modalità e funzionalità descritte nel seguito. Per quanto concerne i pannelli a messaggio variabile si prevede la loro estensione all'intera tratta stradale (itinere) e/o agli svincoli, mentre per l'impianto SOS e l'impianto TVCC si prevede, in prima istanza, la predisposizione lungo la tratta stradale (itinere) e/o agli svincoli dei soli cavidotti e pozzetti necessari per la loro futura installazione.

## **2.6 IMPIANTO SOS**

Un sistema di chiamata di emergenza SOS Stradale, si basa sul fondamento che è dedicato alla sicurezza degli utenti della strada e pertanto si caratterizza per elevata affidabilità a fronte di interventi minimi di manutenzione e si basa sull'impiego di supporti di trasmissione fisici indipendenti, sicuri ed affidabili.

L'impianto risulta essenzialmente costituito dai seguenti componenti:

- Armadi SOS in galleria
- Armadio fonia/dati
- Dorsale di comunicazione/alimentazione

### **Armadi SOS in galleria**

In galleria, con passo pari a circa 300m (ovvero 150m per le gallerie aventi lunghezza superiore a 1000m), e nei by-pass pressurizzati è prevista l'installazione di Armadi SOS appositamente studiati per allocare le apparecchiature necessarie per la trasmissione e la segnalazione delle richieste di soccorso e dei dispositivi di primo intervento in caso di incendio (estintori) come previsto dalla circolare A.N.A.S. n. 7735 del Settembre 1999.

Per gallerie aventi lunghezza inferiore a 500 m non si prevedono armadi SOS.

L'armadio in lamiera di acciaio INOX AISI 316 conterrà le seguenti apparecchiature

- N. 2 estintori uno a polvere e uno a schiuma con controllo del loro prelievo
- Quadro completo di apparecchiature elettriche ed elettroniche per l'invio dei messaggi e per la visualizzazione locale degli allarmi
- Pannello fonia completo di apparecchiature telefoniche di interfaccia utente e n. 2 pulsanti a fungo di allarme incidente microfono e altoparlante

I box inferiori, allocanti gli estintori, sono provvisti di vetro a rompere.

L'armadio è dotato di quadro elettrico, finecorsa, sirena per allarme acustico e lampeggiante per allarme visivo. La sirena ed il lampeggiante vengono attivati in seguito al prelevamento di un estintore, all'apertura della porta oppure dalla pressione su uno dei pulsanti. Sono inoltre previsti contatti ausiliari per la segnalazione al sistema di controllo della galleria delle chiamate avvenute.

Gli armadi SOS costituiscono i punti di utilizzazione del sistema SOS da parte degli utenti automobilisti.

Gli armadi consentono di:

- Effettuare la chiamata di soccorso
- Ricevere la segnalazione di avvenuto riconoscimento della chiamata: lampada di conferma
- Colloquiare in voce con un operatore
- Rilevare e segnalare il distacco di un estintore
- Indicare agli automobilisti in transito una situazione di pericolo generico (incidente) tramite l'accensione dei lampeggiatori a luce gialla

### **Dorsale di comunicazione/alimentazione**

Il sistema SOS con fonia sarà realizzato utilizzando come sistema di trasmissione cavo multicoppia telefonico in rame, con almeno 1 coppia per ciascuna postazione SOS.

I supporti fisici di trasmissione in rame sono anche utilizzati per:

- La telealimentazione delle lampade di conferma del sottosistema SOS
- La telealimentazione delle parti elettroniche delle postazioni SOS

Le postazioni SOS sono collegate al supporto in rame tramite opportune cassette di sezionamento complete di trasformatori di disaccoppiamento in grado di far transitare indistorti i segnali B.F. (voce e dati).

### **Armadio Fonia/Dati**

L'armadio SOS permette la gestione delle chiamate provenienti dalle singole postazioni verso gli organi preposti. Nell'armadio si attesta il cavo multicoppia proveniente dal campo; le chiamate sono gestite tramite una centrale telefonica, con un numero di interni pari almeno al numero di postazioni SOS presenti in galleria ed eventualmente anche delle future colonnine SOS esterne. La comunicazione con l'esterno avviene tramite linee telefoniche (ISDN) in numero variabile a seconda del numero di chiamate contemporanee che si vogliono gestire.

### **Funzionalità del sistema SOS**

Le funzioni principali rese dal sistema SOS sono:

- Richiesta Soccorso Meccanico.
- Richiesta Soccorso Sanitario.
- Richiesta Soccorso Polizia.
- Richiesta Soccorso Incendio.
- Fonia.
- Colloquio in voce tra l'operatore e la postazione chiamante.
- Supervisioni e telecomandi accessori.
- Lampada Conferma Richiesta Soccorso.
- Lampeggio Lampada "Pericolo".
- Telemanutenzione delle postazioni SOS
- Test delle postazioni SOS.
- Auto test on line dell'intero sistema.
- Identificazione della postazione dalla quale è stato asportato uno dei 2 estintori disponibili.
- Invio allarme "estintore estratto" al sistema di supervisione.

### **Interfacciamento al Sistema di supervisione**

Il sistema SOS, dotato di propria rete di comunicazione (dati/fonia) in rame, si interfaccia con il sistema di supervisione e telecontrollo mediante i/o digitale per avere informazioni circa



l'eventuale pressione di pulsanti di emergenza, del prelievo di estintori e dell'avvenuta apertura delle porte di accesso alla nicchia SOS.

## **2.7 SEGNALETICA VERTICALE LUMINOSA**

La segnaletica verticale in galleria, sarà rispondente alla Circ. ANAS 7735/99 ed avrà lo scopo di fornire ai viaggiatori diverse segnalazioni di sicurezza:

- Presenza ed ubicazione di piazzole di sosta (in corrispondenza della piazzola e 250 m prima).
- Presenza ed ubicazione di colonnine SOS ed estintore.
- Vie di fuga con distanza ogni 100 m (alternativamente sui due piedritti della galleria)
- Ubicazione luoghi sicuri
- Ubicazione idranti
- Pericolo dovuto ad incidente, incidente con merce pericolosa e pericolo generico agli imbocchi e ogni 300 m.

I cartelli saranno, di tipo monofacciale o bifacciale ed avranno forma variabile a seconda di casi. Essi saranno costituiti da una struttura e saranno fissati alle pareti tramite sistemi di fissaggio in inox. Saranno dotati di schermo in lexan 4mm, ed avranno grado di protezione IP65. Infine saranno equipaggiati di un impianto di illuminazione interno in classe II e lampade fluorescenti di potenza adeguata.

La segnaletica luminosa sopra elencata è prevista in tutte le gallerie aventi lunghezza superiore a 500m ad eccezione dei cartelli di "via di fuga" previsti per tutte le gallerie aventi lunghezza superiore a 250 m.

## **2.8 IMPIANTO TVCC**

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto TVCC per la video sorveglianza delle gallerie. L'impianto risulta essenzialmente costituito da:

- Telecamere b/n fisse in galleria con passo 100 -150 m complete di alimentatore ed unità di conversione analogico/digitale.
- Telecamere brandeggiabili a colori installate agli imbocchi delle gallerie complete di alimentatore ed unità di conversione analogico/ottico.
- Nodo TVCC di galleria per la gestione dell' impianto a servizio della singola galleria. Il nodo è completo di registratore digitale, schede di elaborazione delle immagini (per il sistema di rilevamento automatico degli incidenti), schede di comunicazione, armadi e contenitori rack 19", tastiera di comando e monitor. I nodi di galleria sono installati nel locale di controllo previsto in adiacenza ai locali MT/bt.
- Cavi di connessione in cavo coassiale, in fibra ottica e/o con cavo in rame schermato e twistato e relativo cablaggio.

Per la trasmissione degli allarmi incidente e delle immagini ad un eventuale centro di controllo remoto è necessario un collegamento dedicato per ogni galleria (linea ADSL o ISDN). E' da notare che, vista le quantità di informazioni che è necessario trasportare, tanto maggiore sarà la velocità di connessione, maggiori saranno le prestazioni dell'impianto.

L'invio delle immagini può avvenire in modo automatico in caso di allarme o incidente in galleria, facendo pervenire sullo schermo dell'operatore solo le immagini relative alla zona allarmata.

### **Funzionalità dell'impianto TVCC**

Le principali funzioni richieste all'impianto TVCC sono le seguenti:

- Videosorveglianza in tempo reale dell'interno galleria, degli imbocchi di galleria (ed eventuali locali tecnici nei pressi) e delle postazioni SOS da postazione locale.
- Rilevazione automatica di incidente, veicoli fermi, veicoli contromano, veicoli lenti, formazione di code mediante elaborazione delle immagini ed invio dei relativi allarmi al centro di controllo.
- Gestione locale della diagnostica delle telecamere e delle apparecchiature
- Gestione remota con l'invio di immagini e allarmi all'eventuale centro di controllo

### **Interfacciamento al sistema di supervisione**

Il sistema TVCC si interfaccia al sistema di supervisione locale tramite segnali I/O gestiti dal PLC di cabina, segnali che permettono l'attuazione di eventuali procedure automatiche e/o l'acquisizione di allarmi/anomalie.

L'interfaccia verso l'eventuale centro di controllo remoto avviene tramite collegamento dati.

## **2.9 INDICATORI DI CORSIA**

Il progetto prevede la fornitura e la posa in opera di un sistema di indicatori di corsia a servizio delle gallerie dotate di impianto di ventilazione. Il sistema ha lo scopo di informare l'utenza in transito sulla strada circa le eventuali condizioni di turbativa alla fluidità del traffico all'interno delle gallerie onde poter pianificare il proprio viaggio.

Gli indicatori saranno rispondenti in particolare a tutto quanto è riportato nella norma CEI214-2/1 e CEI 214-2/2.

Gli indicatori di corsia saranno costituiti da pannelli grafici a led per pittogrammi predefiniti (freccia verde, freccia gialla e croce rossa) per la segnalazione dell'agibilità delle corsie e da strutture di sostegno in acciaio inox.

Gli stessi indicatori avranno la funzione di bloccare il traffico in galleria in caso di incidente oppure di superamento delle soglie di CO/OP/NO.

Essi saranno installati agli imbocchi e ripetuti ogni 300 m.

### **Interfacciamento al sistema di supervisione**

Gli indicatori di corsia si interfacciano ai sistemi locali di supervisione a servizio delle singole gallerie a livello dei vari PLC previsti con linee seriali tipo RS485.

## **2.10 IMPIANTO RADIO**

In galleria immediatamente dopo il portale di ingresso si interrompe ogni comunicazione radio.

Per i veicoli di servizio e quelli con funzioni di sicurezza, cioè forze dell'ordine, VV.F., e servizi di emergenza è necessario garantire, durante il transito in galleria, un collegamento radio ininterrotto con le relative centrali operative e/o col centro operativo.

Ciò può essere realizzato solamente con apposito impianto radio per la galleria.

Il progetto prevede la realizzazione dell'impianto a servizio delle gallerie aventi lunghezza superiore a 400m. Per lunghezze inferiori l'impianto non risulta necessario in quanto i segnali radio provenienti dall'esterno sono in grado di penetrare per circa 200m garantendo in tale modo la copertura all'interno del tunnel.

Il cavo, fissato in volta, dovrà essere idoneo a funzionare nella gamma di frequenza da 68 a 900 Mhz in modo tale da supportare i canali radio di seguito indicati:

- Canale radio semiduplex per VV.F. nella gamma 73...75 Mhz
- Canale radio semiduplex per Polizia Stradale nella gamma 69...78Mhz

- Canale radio semiduplex per Servizio sanitario 118 nella gamma 154...174 Mhz
- Canale radio semiduplex per Manutenzione Strade (ANAS) nella gamma 450...470Mhz
- Canale radio FM (Isoradio) per gli annunci agli automobilisti nella gamma 88...108Mhz
- Predisposizione allacciamento canali telefonici GSM

Per ogni galleria con lunghezza superiore ai 400 m si prevede una postazione radio per il contenimento delle apparecchiature di ricezione e trasmissione, tali postazioni diventano due o più collegate tra loro in fibra ottica nel caso di gallerie con lunghezza superiore ai 1500 m.

## 2.11 IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDI IN GALLERIA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di rilevazione incendi a servizio delle gallerie dotate di impianto di ventilazione. In particolare:

- impianto con cavo termosensibile in fibra ottica per tutte le gallerie dotate di impianto di ventilazione semitrasversale e trasversale: ciò al fine di garantire una corretta gestione delle bocchette di mandata e aspirazione;
- impianto con cavo termosensibile di tipo coassiale (sistema analogico) per tutte le gallerie dotate di ventilazione longitudinale dove non è necessaria una localizzazione precisa dell'incendio. La rilevazione con cavo coassiale sarà strutturata su tratte aventi lunghezza di circa 300 m per garantire comunque una localizzazione indicativa della zona allarmata agli organi preposti all'intervento di soccorso.

L'impianto con cavo in fibra ottica risulta costituito dai seguenti componenti principali:

- Cavo sensore in fibra ottica
- Unità di controllo e gestione del cavo sensore ottico

L'impianto in cavo coassiale risulta costituito dai seguenti componenti principali:

- Cavo sensore coassiale
- Unità terminale cavo sensore coassiale
- Unità di controllo e gestione del cavo sensore coassiale

### Cavo sensore in fibra ottica

Il cavo termosensibile è costituito da una fibra ottica a base acrilica del tipo multimodale 62,5/125. Il rivestimento esterno è in materiale ritardante la fiamma, a bassa emissione di fumi privo di materiali alogenati "halogen free". Un materiale gelatinoso interposto tra il rivestimento e la fibra stessa, dovrà conferire al cavo una particolare flessibilità e renderà ininfluenti eventuali stiramenti longitudinali, mantenendo una bassa massa termica per una immediata risposta alla variazione di temperatura.

Il cavo sarà fissato ad una fune di acciaio inox, diametro 4mm, portante ancorata alla volta.

Il tratto di collegamento tra l'unità di gestione e l'imbocco galleria è reso insensibile tramite opportuna configurazione del sistema "via software".

Il cavo è completamente immune dalle seguenti condizioni ambientali:

- Interferenze elettromagnetiche
- Umidità
- Sostanze chimiche corrosive e gas esausti corrosivi
- Polvere e sporcizia
- Influenze atmosferiche e radiazioni solari
- Illuminazione
- Variazione della temperatura ambientale
- Basse temperature agli ingressi delle gallerie
- Radioattività

- Può essere utilizzata in ambienti Eex-d
- Elevate compressioni

#### **Unità di controllo e gestione del cavo sensore**

L'unità di controllo genera il raggio laser ed effettua la valutazione del segnale tramite un monitoraggio continuo e lineare della temperatura lungo la linea di rilevazione.

L'utilizzo abbinato di una unità di controllo e del cavo sensore in fibra ottica consente di realizzare un sistema di sensoristica intelligente completamente programmabile sia per quanto riguarda la lunghezza delle zone da monitorare che i valori e le metodologie di intervento.

La centrale sarà provvista di software in ambiente Windows per il controllo, la configurazione, e l'interfacciamento col sistema di supervisione locale tramite linea seriale RS232 e protocollo in chiaro.

#### **Funzionalità della rilevazione incendi con cavo in fibra ottica**

Le caratteristiche principali del sistema si possono così riassumere:

- Precisione di lettura:  $\pm 1,25$  m
- Tempo massimo di risposta  $\leq 30$ s valutato su una lunghezza totale della fibra di 2 km
- Precisione di misurazione della temperatura:  $\pm 2^\circ\text{C}$

L'unità di controllo, unitamente al cavo sensore, dovrà formare un sistema intelligente completamente programmabile in relazione alla ampiezza della zona ed alla soglia di allarme e dovrà essere in grado di:

- Visualizzare in tempo reale su PC locale e remoto il tracciato interattivo della temperatura in funzione della posizione e del tempo lungo tutta la linea di rilevazione (profilo termico)
- Indicazione dello stato delle singole zone
- Localizzazione dell'incendio con precisione  $\pm 1,25$  m
- Indicazione dell'estensione dell'incendio
- Indicazione della direzione di propagazione dell'incendio

#### **Cavo sensore coassiale**

Il cavo sensore di tipo coassiale con formazione polimera provvede a variare la resistenza tra i due conduttori in funzione della temperatura, fornendo un segnale in mV all'elettronica di gestione del cavo.

Il cavo sarà fissato ad una fune di acciaio inox, diametro 4mm, portante ancorata alla volta.

Il cavo è completamente immune dalle seguenti condizioni ambientali:

- Umidità;
- Sostanze chimiche corrosive e gas esausti corrosivi;
- Polvere e sporcizia;
- Influenze atmosferiche e radiazioni solari;
- Variazione della temperatura ambientale;
- Basse temperature agli ingressi delle gallerie;

#### **Unità terminale cavo sensore coassiale**

L'unità di fine linea provvede a chiudere la linea del cavo termosensibile essa è contenuta in cassetta in policarbonato IP65.

### **Unità di gestione e controllo cavo sensore coassiale**

L'unità elettronica di controllo progettata appositamente per il cavo termosensibile fornisce l'allarme incendio e l'allarme di corto circuito e circuito aperto tramite due contatti a relè.

L'unità di controllo della tratta fornisce l'alimentazione elettrica al cavo di cui sopra e legge i valori con i diversi criteri di riferimento.

Nel caso di supero delle soglie di allarme incendio e di corto circuito o circuito aperto intervenuto, viene segnalato sul display lo stato di allarme che viene trasferito in tempo reale al sistema di supervisione locale tramite appositi relè.

## **2.12 IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDI ED ANTINTRUSIONE DEI LOCALI TECNICI**

A servizio dei locali tecnici e delle nicchie SOS è previsto un impianto di rilevazione incendi ed antintrusione costituito dai seguenti elementi:

- Centrale ad indirizzo in grado di gestire sensori in campo su più linee di rilevazione, completa di alimentatore, display. La centrale sarà interfacciata al sistema di supervisione locale tramite linea seriale in grado di inviare i messaggi di allarme. La centrale esistente è di tipo interattivo, a tecnologia analogica, con microprocessore di gestione e controllo, caratterizzata da elevata affidabilità di esercizio ed immunità contro falsi allarmi
- Rivelatori ottici nei locali quadri elettrici e nei locali di controllo, indirizzati singolarmente con funzionamento in tecnica analogica, con regolazione continua della soglia di intervento in funzione dello stato e delle condizioni ambientali dei rivelatori stessi
- Rivelatori termovelocimetrici nelle nicchie SOS e nei locali gruppi elettrogeni, indirizzati singolarmente con funzionamento in tecnica analogica, con regolazione continua della soglia di intervento in funzione dello stato e delle condizioni ambientali dei rivelatori stessi
- Pulsanti manuali di allarme ubicati in corrispondenza delle nicchie SOS e all'esterno dei locali tecnici, indirizzati singolarmente con funzionamento in tecnica analogica, con regolazione continua della soglia di intervento in funzione dello stato e delle condizioni ambientali dei rivelatori stessi
- Contatti magnetici per il controllo dello stato delle porte (limitati ai soli locali tecnici di cabina)
- Moduli di ingresso per l'acquisizione dei segnali provenienti dai contatti magnetici
- Linee di rilevazione costituite da cavo twistato e schermato.

## **2.13 IMPIANTO DI MONITORAGGIO DEL TRAFFICO**

Per la rilevazione del passaggio e del tipo dei veicoli verranno utilizzati sensori laser da montare direttamente in volta in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie dotate di impianto di ventilazione.

Il principio di funzionamento di detti sensori è basato sulla misura del cosiddetto "time of flight". Un piccolissimo impulso di luce (della durata di qualche nanosecondo) viene inviato contro un "bersaglio" e viene misurato il tempo impiegato dalla luce riflessa per tornare al sensore. Sulla base di tale misura, una volta misurato il tempo di fondo scala, ossia il tempo che un impulso inviato contro il terreno impiega per essere riflesso, si è in grado di misurare l'altezza degli oggetti che si interpongono con il terreno "pennellando" il fascio laser su una strada si è quindi in grado di ricostruire, in tempo reale, la sagoma dei veicoli che, passando sotto il campo di azione del sensore, interagiscono con i raggi laser riflettendoli prima del dovuto.

Tale tecnica di misura permette di ottenere una precisione accurata, consentendo di discriminare anche i casi di veicoli incolonnati ed attaccati gli uni agli altri. Essa risulta insensibile alle variazioni climatiche, presenza di nebbia, pioggia, neve, ecc., e non richiede lavori di manutenzione sul fondo stradale.

Il sistema di gestione è costituito da un PC Embedded, di dimensioni contenute, in grado di gestire di massimo 3 rilevatori laser ed è estremamente compatto, versatile e resistente. Tale sistema sarà collocato entro nicchia dedicata realizzata nei pressi dell'imbocco galleria.

Il sistema deve consentire l'acquisizione dei dati (sotto forma di coordinate polari), dallo strumento laser installato al di sopra delle corsie stradali, provvede all'elaborazione degli stessi si tramite software in grado di riconoscere in tempo reale i tipi di veicoli, tramite la loro sezione trasversale.

Il sistema sarà in grado di:

- Riconoscere il numero, la dimensione e la velocità dei veicoli in transito
- Catalogare e archiviare per tipo gli autoveicoli con la relativa velocità
- Archiviare i dati in file perfettamente interpretabili da qualsiasi programma (excel, access, word, etc.)
- Gestire lo scambio dati tramite rete Ethernet o linea seriale con un sistema di supervisione
- Comandare tramite uscite digitali ventilatori, semafori, etc.
- In opzione vi è la possibilità di comandare cartelli stradali elettronici alfanumerici e/o a pittogrammi.

## 2.14 IMPIANTO CO/OP

Nelle gallerie dotate di impianto di ventilazione saranno previste stazioni di misura di CO e opacità (OP) ogni 400-500m circa in galleria a partire da 250m dagli imbocchi.

Il principio di funzionamento della concentrazione del CO nell'atmosfera della galleria si basa sull'assorbimento della radiazione infrarossa nella banda spettrale da 4,5÷4,9  $\mu\text{m}$ , tipica del CO. La sorgente infrarossa dell'apparecchio viene focalizzata da una lente sul ricevitore di infrarosso, quest'ultimo posto ad una distanza dalla sorgente compresa fra 3 e 20 m (tipicamente 10m). La banda spettrale della luce è confinata attraverso un filtro ad interferenza nel campo specifico della banda spettrale del CO e rilevata dal ricevitore.

Il ricevitore contiene una cella ad elevata concentrazione di CO che viene confrontata con l'atmosfera del tunnel, contenente CO a minor concentrazione. La differenza fra le due concentrazioni al ricevitore dà una misura differenziale, proporzionale alla concentrazione del CO nell'atmosfera della galleria.

Lo strumento, grazie al suo principio di funzionamento ed al filtro ad interferenza, ha una notevole sensibilità.

Il misuratore di opacità è costituito da due identiche unità, ognuna equipaggiata con un trasmettitore ed un ricevitore ed ognuna otticamente allineata per assicurare una buona affidabilità della misura.

Il sistema è in grado di compensare automaticamente gli effetti sulle misure per sporcamento delle superfici ottiche o per deriva dei componenti dell'apparecchio.

La visibilità dell'aria nel tunnel viene misurata mediante l'emissione da parte di una sorgente (trasmettitore) di una radiazione con lunghezza d'onda prestabilita nel vicino infrarosso. Il fascio viene focalizzato su un ricevitore posto ad una certa distanza dal trasmettitore. L'intensità della radiazione al ricevitore, rapportata alla intensità del trasmettitore, risulta ridotta dal particolato presente nell'atmosfera della galleria.

I misuratori di CO ed OP fanno capo ad una unità di interfaccia e di elaborazione, tramite interfaccia seriale RS422, collocata entro le nicchie SOS in apposito armadio. Tale unità rileva e trasmette i valori misurati, i parametri per la calibrazione ed il controllo dei misuratori stessi.

L'altezza di montaggio delle coppie di sensori sulla parete della galleria è compresa fra 2,7÷3 m, fuori della sagoma limite in galleria.

## 2.15 IMPIANTO ANEMOMETRI

Nelle gallerie dotate di impianto di ventilazione saranno previste delle stazioni di misura della velocità e della direzione dell'aria ogni 500 - 1000m.

Le stazioni, indicate nel seguito con AN (anemometro), funzionano mediante impulsi ad ultrasuoni.

Due unità, sorgente e ricevitore, sono montate ai due lati del tunnel con angolo  $\alpha$  di inclinazione fisso, compreso tra 30° e 60° (tipicamente 45°).

Ogni unità contiene un trasduttore piezoelettrico ad ultrasuoni, che funziona alternativamente come sorgente o ricevitore.

Gli impulsi ad ultrasuoni sono irradiati con l'angolo  $\alpha$  nella direzione del flusso dell'aria. Per ogni direzione alternativa del suono, le onde ultrasoniche sono accelerate nel verso concorde con il flusso dell'aria e rallentate nel verso opposto.

Pertanto nel verso concorde il tempo di transito degli impulsi risulta maggiore di quello nel verso contrario. La differenza tra i tempi di transito cresce proporzionalmente alle velocità dell'aria nel tunnel e quindi la velocità è misurata in funzione di tale differenza.

L'insieme sorgente-ricevitore è connesso, tramite interfaccia RS 232, alla centralina di misura disposta in galleria entro le nicchie SOS. L'unità di misura contiene l'elettronica del sistema, le interfacce I/O di connessione ed i cavi di collegamento con interfaccia RS 485.

Le caratteristiche del sistema sono:

- Altezza di montaggio della sorgente-ricevitore 3÷4 m; il montaggio è fatto sulle pareti della galleria con apparecchi fuori dalla sagoma limite
- Distanza di lavoro sino a 20 m
- Scala di misura della velocità da + 20 a -20 m/s
- Accuratezza della misura 0,1 m/s
- Autoverifica mediante controllo ciclico del punto di zero e simulazione del valore di campo
- Segnali di ingresso/uscita analogici e digitali.

## 2.16 IMPIANTO DI SUPERVISIONE “LOCALE”

Per impianto di supervisione locale si intende l'insieme di apparecchiature atte al controllo ed alla gestione degli impianti tecnologici a servizio della singola galleria o del singolo svincolo.

I materiali ed i pacchetti software previsti rispondono alle principali norme europee e mondiali e sono tutti di tipo industriale. Con particolare riferimento alla Norma IEC 1131, riguardante la standardizzazione dei Controllori Logici Programmabili.

La comunicazione avviene tramite protocolli standard industriale in conformità alla norma CEI EN 60870-5-“Protocolli di trasmissione” .

Queste tecniche di comunicazione vengono utilizzate al fine di rendere il più possibile agevole ed efficace il collegamento con apparati standard presenti sul mercato e basati su tecnologie diffuse ormai in modo capillare; lo scopo è quello di integrare in una rete componenti di automazione (PLC) con altri, dedicati alla rilevazione e/o alla elaborazione dei dati.

Il controllo della singola galleria avviene tramite dispositivi di rilevazione (anemometri, CO, OP, sensori traffico, tecnologici,...) connessi tramite opportuni trasduttori ad un anello in fibra ottica

al fine di garantire una eccellente affidabilità e permettere, anche in caso di guasto della rete principale, una completa funzionalità. I dati vengono elaborati da una serie di PLC (ognuno per la sua competenza) e coordinati da un master di galleria che garantisce il buon funzionamento dell'insieme grazie ad idonei programmi software.

Gli impianti gestiti localmente sono i seguenti:

- **Ventilazione:**
  - Sensori di ossido di carbonio in galleria
  - Sensori di opacità dell'aria in galleria
  - Sensori di velocità dell'aria in galleria
  - Ventilatori e/o stazioni di ventilazione per la movimentazione dell'aria in galleria e conseguente diluizione degli inquinanti in senso longitudinale
  - Sensori di vibrazione dei ventilatori
  - Segnali di stato protezioni e distribuzione energia dai quadri elettrici per la distribuzione dell'energia elettrica alle utenze interessate
- **Illuminazione:**
  - Stazione di rilevamento della luminanza esterna
  - Regolatore per rinforzi agli imbocchi di galleria
  - Regolatore per illuminazione permanente
  - Segnali di stato protezioni e distribuzione energia dai quadri elettrici per la distribuzione dell'energia elettrica alle utenze interessate
- **Televisione a circuito chiuso TVCC e rilevazione incidenti:**
  - Segnali dalle telecamere di galleria
  - Segnali dagli apparati di rilevazione incidenti
- **Pannelli a messaggio variabile PMV e indicatori di corsia**
  - I pannelli a messaggio variabile si differenziano, a seconda delle caratteristiche (struttura, messaggistica e segnalazioni). Fanno riferimento all'impianto di supervisione locale gli indicatori di corsia che vengono interfacciati verso i PLC attraverso comunicazioni seriali RS485
- **Impianto controllo traffico**
  - Interfacciamento dell' unità di gestione dei sensori di controllo traffico tramite seriale RS485 verso i PLC di galleria
  - Segnali di stato
- **Impianto SOS in Galleria**
  - Cassette di segnalazione in galleria
  - Scomparto estintori con illuminazione interna
  - Interfaccia verso l'utente composta da pulsanti e spie luminose
  - Sezione di logica per le basi I/O remote
- **Impianto rivelazione incendio**
  - Centrale rivelazione incendi e controllo accessi ad indirizzo
  - Centrale gestione cavo sensore in fibra ottica
  - Centrale gestione cavo sensore coassiale
- **Impianti di cabina**
  - Segnali comandi e misure relativi a quadri elettrici, gruppi elettrogeni, UPS
  - Segnali di stato ed allarmi protezioni dei quadri elettrici per la distribuzione dell'energia elettrica alle utenze di galleria/svincolò

### Architettura del sistema di supervisione locale

L'impianto di supervisione locale risulta essenzialmente costituito da:

- PLC in configurazione MASTER, collocato nel locale di controllo di cabina, collegato con gli eventuali PLC SLAVE tramite rete di comunicazione locale (LAN) realizzata in fibra ottica. Il



master possiede gli algoritmi di gestione generali ed i protocolli di comunicazione verso i suoi slave. Il master inoltre possiede tutte le informazioni provenienti sia dai sensori che da altre fonti collegate.

- PLC in configurazione SLAVE collocato in alcune nicchie in galleria, preposti alla raccolta dei segnali e misure provenienti dagli elementi in campo. Il PLC, all'interno dell'insieme di elementi di propria competenza lo slave diventa master dei componenti a lui connessi.
- Rete di collegamento locale (LAN), in configurazione ad anello chiuso, per la trasmissione dei dati tra i PLC master ed i PLC slave costituita da cavo in fibra ottica multimodale 62,5/125 tipo Loose con protezione intermedia in filato di vetro antiroditore e guaina esterna protezione LSZH.
- Unità remote per la lettura di segnali I/O collocate all'interno di ogni armadio SOS. Tali unità vengono collegate a gruppi, in funzione delle distanze tra le postazioni SOS e i PLC di riferimento, tramite bus di campo. Ogni base remota sarà completa di unità I/O digitali, scheda di comunicazione ed alimentatore. Tali unità saranno prevalentemente preposte alla lettura dei segnali provenienti dai finecorsa atti al controllo porte, estintori, idranti e dei contatti relativi ai pulsanti presenti negli armadi SOS.

### Tipologia di segnali

Il comando degli impianti ed il rilevamento di "misure", "stati" ed allarmi saranno effettuati tramite le unità di campo.

Sinteticamente, i punti gestiti dal sistema di supervisione possono essere così classificati:

- Comando di apertura e/o chiusura interruttore (uscita digitale - DO)
- Segnalazione di stato di allarme (ingresso digitale - DI) ottenuta tramite un contatto ausiliario pulito, da un finecorsa
- Misura di grandezza analogica (ingresso analogico - AI). Questa sarà realizzata utilizzando apposito trasduttore di misura o tramite relé a microprocessore del singolo interruttore
- Invio di grandezza analogica (uscita analogica - AO)
- Comunicazione seriali RS485 con terzi sistemi (centrali rivelazione incendi, indicatori di corsia, ...) con protocolli standard o proprietari ma resi trasparenti al sistema di supervisione

### Postazioni per la supervisione locale

A livello locale, in corrispondenza di ogni PLC Master di galleria, sarà presente un Personal Computer (PC) interfacciato con il PLC Master stesso; le pagine grafiche create consentiranno tra l'altro di visualizzare tutte le variabili controllate in tempo reale. Ovviamente il numero e la tipologia delle pagine grafiche dipenderanno dalla galleria di cui si sta trattando. In prima analisi si possono individuare due postazioni tipiche: postazioni per gallerie dotate di impianto di ventilazione e postazioni per gallerie sprovviste di impianto di ventilazione.

Si noti che, data la rapida evoluzione del mercato, la configurazione dei PC sarà adeguata a quanto disponibile sul mercato al momento della realizzazione dell'impianto.

### Interfacciamento verso postazione remota

Il sistema di supervisione locale si potrà interfacciare verso l'eventuale sistema di gestione remoto tramite linea telefonica o con collegamento in fibra ottica.

## **3. IMPIANTI TECNOLOGICI NEGLI SVINCOLI**

In corrispondenza degli svincoli si prevedono i seguenti impianti:

- Impianti elettrici di potenza
- Impianto di illuminazione
- Impianto TVCC (predisposizione)
- Pannelli a messaggio variabile (PMV)

### 3.1 IMPIANTI ELETTRICI DI POTENZA

Di seguito per impianti elettrici di potenza si intendono gli impianti di alimentazione (quadri elettrici ed apparecchiature varie) ed i sistemi di distribuzione (cavidotti) a servizio degli impianti di svincolo.

Gli impianti elettrici di potenza a servizio dello svincolo si possono così riassumere:

- La cabina di alimentazione degli impianti di svincolo sarà posizionata nell'ambito della sua area di competenza e prevedrà la presenza di tre locali, uno dedicato ad impianti ed apparecchiature dell'Ente fornitore, uno dedicato ai quadri ed apparecchiature BT ed una sala controllo/magazzino, aventi superficie complessiva pari a circa 20m<sup>2</sup>
- L'intero impianto a servizio dello svincolo (impianto di illuminazione ed impianti speciali) sarà alimentato da un unico quadro generale (Q\_BT) collocato entro il manufatto dedicato sopra descritto. Tale quadro sarà allacciato direttamente alla rete di bassa tensione dell'ENEL, in quanto la modesta potenza totale richiesta non giustifica la necessità di una trasformazione dalla media tensione. Dal quadro saranno derivate le linee di alimentazione dei vari circuiti, protetti ciascuno da un interruttore automatico magnetotermico differenziale. Dal quadro saranno alimentati anche tutti i servizi ausiliari di cabina (impianti luce, FM, estrattori per ventilazione, ausiliari quadri elettrici,...)
- L'accensione e lo spegnimento di ciascun impianto saranno comandati da un sistema regolabile a fotocellula; la regolazione della luminosità dell'impianto sarà effettuata con programmazione oraria/settimanale attraverso l'impiego di regolatore di potenza installato entro il manufatto sopra menzionato
- Si prevede altresì l'installazione di un gruppo di continuità assoluta avente potenza nominale idonea per alimentare i vari servizi ausiliari che necessitano di tale tipo di alimentazione (ad es. eventuali PLC)
- Per l'alimentazione dei punti luce si impiegheranno cavi unipolari di tipo FG7R 0.6/1kV aventi sezioni tali da contenere la caduta di tensione entro il 4%
- La distribuzione sarà realizzata con linee interrato e protette da tubi in polietilene di tipo corrugato a doppia parete mentre negli eventuali sottopassi le linee saranno contenute in tubo in acciaio inox. La derivazione agli apparecchi illuminanti sarà realizzata entro morsettiera collocata a base palo in esecuzione classe II
- I cavidotti saranno collocati entro scavo ad almeno 0.60 m di profondità. Sarà posato inoltre un ulteriore cavidotto per contenere le linee di alimentazione ad impianti speciali (e.g. Pannelli a Messaggio Variabile) e/o di riserva per ogni evenienza. Ogni 25/35m, e comunque in corrispondenza di ogni cambio di direzione, verrà realizzato un pozzetto di interruzione della tratta onde facilitare la posa delle linee elettriche. Tali interruzioni saranno dislocate comunque in corrispondenza di ogni punto luce al fine di permettere la derivazione del cavo di alimentazione al punto luce stesso (armatura stradale o proiettore)
- L'impianto di terra sarà realizzato con corda di rame nudo da 35 mmq e dispersori in acciaio ramato nell'area della cabina elettrica, per garantire la sicurezza degli impianti in caso di guasto. Per gli impianti in campo (impianti di illuminazione) non sono previste dorsali di terra in quanto si prevede un impianto in classe II

### 3.2 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'illuminazione stradale deve permettere agli automobilisti di circolare di notte con la massima sicurezza ed il comfort più elevato possibile; l'obiettivo è quello di percepire distintamente, localizzandolo con certezza ed in tempo utile, i punti singolari della strada e gli ostacoli eventuali, per quanto possibile, senza l'aiuto dei fanali dell'autoveicolo.

La percezione sicura e rapida è possibile grazie al contrasto degli oggetti sul fondo; questo fondo è esteso alla totalità del campo visivo del conducente, che comprende, in ordine di importanza decrescente:

- La carreggiata ed i suoi bordi
- Le piazzole di sosta
- Il cielo, ivi compresi i punti luminosi formati dalla superficie visibile dei corpi illuminanti e delle lampade

Più frequentemente, la percezione degli ostacoli si ottiene con l'effetto silhouette: l'ostacolo si distacca come ombra scura su fondo chiaro costituito dal rivestimento chiaro; poiché non si conosce a priori la natura dell'ostacolo, è auspicabile di prendere tutti i provvedimenti utili affinché il contrasto sia sufficiente. La possibilità di percepire questo contrasto è influenzata da:

- Il livello medio della luminanza del manto stradale
- L'uniformità di detta luminanza
- L'illuminazione dei bordi e dei dintorni della strada
- La limitazione dell'abbagliamento causato dall'installazione

Il livello di illuminamento è un'indicazione della quantità di luce ricevuta dalla carreggiata; si tratta di un'informazione utile, ma senza importanza pratica per l'apprezzamento della qualità visuale dell'impianto di illuminazione. Ciò che conta è l'aspetto della carreggiata illuminata, percepita dall'utente della strada; questo aspetto dipende dalla quantità di luce riflessa verso il conducente dalle diverse parti della carreggiata, ossia dalla luminanza del suo rivestimento.

I requisiti di quantità e qualità dell'illuminazione stradale sono indicati dalla Norma UNI 10439; essi sono espressi in termini di livello ed uniformità di luminanza del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata, limitazione dell'abbagliamento, guida ottica.

Le prescrizioni ivi formulate sono quelle minime per manti asciutti; tuttavia, se l'impianto soddisfa tali condizioni, la sicurezza della circolazione risulta ragionevolmente soddisfacente anche in condizioni di pioggia.

Le prestazioni richieste per una strada di tipo B, come classificata dal codice della strada, sono le seguenti:

<b>Dati di progetto</b>	<b>Valore di riferimento</b>
Luminanza media mantenuta (Lm) valore minimo	2 cd/m <sup>2</sup>
Uniformità U <sub>0</sub> = L <sub>min</sub> / L <sub>med</sub>	≥ 0,4
Uniformità U <sub>I</sub> = L <sub>min</sub> /L <sub>max</sub>	≥ 0,7
TI	≤ 10

*Tabella 5: Dati di progetto impianto di illuminazione di svincolo*

L'impianto di illuminazione deve soddisfare, inoltre, le esigenze di guida visiva, in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa; affinché tali esigenze siano soddisfatte, si

eviterà ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari, per i quali sarà necessario richiamare l'attenzione degli automobilisti.

Nello specifico, il progetto preliminare prevede l'illuminazione dell'area di svincolo con l'utilizzo predominante di armature stradali con lampada a vapori di sodio ad alta pressione, dotate di telaio e calotta in pressofusione di alluminio, ottica ad elevato rendimento (fino a a 99,85%) e coppa in policarbonato. Grado di protezione IP65-Classe II.

Infine, i sottopassi saranno illuminati con proiettori asimmetrici ai vapori di sodio alta pressione, con corpo in acciaio Inox e riflettore ottico in alluminio ad elevato rendimento (fino a a 99,85%) e vetro temperato di chiusura. Grado di protezione IP65-Classe II.

La scelta di utilizzare lampade a vapori di sodio alta pressione, di tipo tubolare chiara, è dovuta all'ottima resa di queste. Tali lampade, inoltre, assicurano un'ottima resa cromatica ed un ottimo rapporto lumen/costo.

### **3.3 IMPIANTO TVCC**

Il progetto prevede la sola predisposizione dei cavidotti e pozzetti per la futura realizzazione di un impianto TVCC per la video sorveglianza degli svincoli stradali e delle future ed eventuali postazioni SOS collocate in itinere.

Le predisposizioni riguarderanno cavidotti e pozzetti per:

- Una o più telecamere brandeggiabili a colori installate in corrispondenza degli svincoli complete di alimentatore ed unità di conversione analogico/ottico
- Eventuale nodo TVCC per la gestione dell'impianto a servizio dello svincolo. Il nodo sarà installato nel locale di controllo
- Cavi di connessione in cavo coassiale, in fibra ottica e/o con cavo in rame schermato e twistato e relativo cablaggio

Per le funzionalità future del sistema TVCC si rinvia al relativo paragrafo riferito alle gallerie.

### **3.4 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE**

Il progetto prevede la fornitura e la posa in opera di un sistema a pannelli a messaggio variabile (PMV). Il sistema ha lo scopo di informare l'utenza in transito sulla tratta stradale circa le eventuali condizioni di turbativa alla fluidità del traffico onde poter pianificare il proprio viaggio.

I PMV saranno rispondenti in particolare a tutto quanto è riportato nella norma CEI214-2/1 e CEI 214-2/2.

I pannelli a messaggio variabile a servizio degli svincoli, installati prima delle vie di uscita (tipo "A") sono ricavati dalla composizione delle seguenti parti costitutive:

- Pannello per testi alfanumerici indicanti il fenomeno e/o la tratta interessata dal fenomeno da segnalare
- Pannello "full color" a pittogrammi per la visualizzazione dei segnali stradali corrispondenti al fenomeno da segnalare
- Coppia di lanterne semaforiche a led per avviso segnalazione
- Centralina di comando completa di scheda di interfaccia e diagnostica da montare all'interno dell'armadio posto a lato della struttura metallica di sostegno
- Portale a cavalletto di sostegno in acciaio zincato

I pannelli a messaggio variabile a servizio degli svincoli, installati lungo le vie di ingresso (tipo "B"), sono ricavati dalla composizione delle seguenti parti costitutive:

- Pannello per testi alfanumerici indicanti il fenomeno e/o la tratta interessata dal fenomeno da segnalare
- Pannello “full color” a pittogrammi per la visualizzazione dei segnali stradali corrispondenti al fenomeno da segnalare
- Lanterne semaforiche a led per avviso segnalazione
- Centralina di comando completa di scheda di interfaccia e diagnostica da montare all’interno dell’armadio posto a lato della struttura metallica di sostegno
- Portale a bandiera di sostegno in acciaio zincato

In prossimità degli svincoli di ingresso/uscita, i PMV informano il viaggiatore su:

- Condizioni della viabilità nel tratto seguente
- Eventuali incidenti nel tratto seguente
- Vento forte, nebbia, pioggia o neve nel tratto seguente

In base alle informazioni ricevute, il viaggiatore può decidere di lasciare o di non entrare nel tratto stradale.

## **4. IMPIANTI TECNOLOGICI LUNGO LA TRATTA**

Lungo la tratta oggetto del presente lavoro si prevedono i seguenti impianti/apparecchiature:

- Impianto controllo ambientale
- Impianto SOS (predisposizione)
- Impianto TVCC (predisposizione)
- Pannelli a messaggio variabile (PMV)
- Predisposizione delle condutture per impianti in bassa tensione (BT), media tensione (MT) e a servizio degli impianti di telecomunicazione.

### **4.1 IMPIANTO CONTROLLO AMBIENTALE**

Il progetto prevede l’installazione di centraline di controllo dei parametri ambientali atte a rilevare la velocità del vento, la presenza di nebbia, neve o pioggia.

L’informazione che si ottiene tramite questi dispositivi consente di verificare eventuali condizioni di pericolo che verranno date ai viaggiatori tramite i Pannelli a Messaggio Variabile, nella tratta immediatamente precedente quella in cui è stata rilevata la situazione di pericolo.

Per il rilevamento della velocità del vento in itinere si prevede l’utilizzo di anemometri a coppe installati su palo in corrispondenza dei viadotti più significativi, in versione riscaldata con scaldiglie, basati su tecnologia a microprocessore. Per il rilevamento delle condizioni atmosferiche si prevede l’utilizzo di centraline di controllo meteorologiche, da installare su palo ad una altezza di 2-2.5 m. Tale sistema è in grado di determinare la presenza di nebbia, pioggia e neve, con la possibilità di distinzione tra alta o bassa precipitazione per queste ultime.

Tutti questi dispositivi saranno interfacciati al sistema di controllo (PLC) della galleria più vicina al loro punto di installazione.

### **4.2 IMPIANTO SOS**

Il progetto prevede la sola predisposizione dei cavidotti e pozzetti per un sistema di chiamata di emergenza SOS, sistema che si baserà sul fondamento che esso sarà dedicato alla sicurezza degli utenti della strada e pertanto dovrà essere caratterizzato da un’elevata affidabilità a fronte

di interventi minimi di manutenzione e dovrà essere basato sull'impiego di supporti di trasmissione fisici indipendenti, sicuri ed affidabili.

L'impianto SOS lungo la tratta stradale sarà analogo a quello all'interno delle stesse gallerie, a differenza che non saranno installati gli armadi SOS, bensì delle colonnine SOS in vetroresina con una interdistanza di 1500-2000 m.

Le predisposizioni riguarderanno cavidotti e pozzetti per:

- Colonnine SOS in itinere con interdistanza 1500-2000m
- Dorsale di comunicazione/alimentazione

Per quanto concerne la funzionalità del sistema SOS si rinvia al relativo paragrafo riferito alle gallerie.

### **4.3 IMPIANTO TVCC**

Il progetto prevede la predisposizione dei cavidotti e pozzetti per la futura realizzazione di un impianto TVCC per la video sorveglianza delle postazioni SOS collocate in itinere.

Le predisposizioni riguarderanno cavidotti e pozzetti per garantire la gestione di:

- Telecamere brandeggiabili a colori installate delle postazioni SOS in itinere (ogni 1500-2000m circa) complete di alimentatore ed unità di conversione analogico/ottico
- Cavi di connessione al nodo TVCC più vicino (cavo coassiale, in fibra ottica e/o con cavo in rame schermato e twistato)

Per quanto concerne la funzionalità dell'impianto TVCC si rinvia al relativo paragrafo riferito alle gallerie.

### **4.4 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE**

Il progetto prevede la fornitura e la posa in opera di un sistema a pannelli a messaggio variabile (PMV) a servizio della tratta stradale prima delle gallerie dotate di ventilazione, ad una distanza di almeno 150 m dagli imbocchi e comunque non inferiore allo spazio di arresto di un veicolo in corsa. Il sistema ha lo scopo di informare l'utenza in transito sulla tratta stradale circa le eventuali condizioni di turbativa alla fluidità del traffico onde poter pianificare il proprio viaggio.

I PMV saranno rispondenti in particolare a tutto quanto è riportato nella norma CEI214-2/1 e CEI 214-2/2.

I pannelli a messaggio variabile a servizio della tratta stradale possono essere di tipo "A" e/o "B" già descritti con riferimento agli impianti di svincolo.

I pannelli a messaggio variabile, sulla carreggiata stradale e/o in prossimità delle gallerie, informano il viaggiatore su:

- Condizioni della viabilità nel tratto seguente
- Condizioni nella prossima galleria
- Eventuali incidenti nel tratto seguente
- Vento forte, nebbia, pioggia o neve nel tratto seguente

In base alle informazioni ricevute il viaggiatore può, per esempio, regolare la velocità del proprio mezzo o fermarsi su una piazzola in attesa di condizioni migliori.

### **4.5 CONDUTTURE LUNGO LA TRATTA**

Le condutture lungo la tratta stradale necessarie per l'alimentazione degli impianti in itinere saranno realizzate con tubi in polietilene (PE) di tipo corrugato a doppia parete. I cavidotti saranno collocati entro scavo ad almeno 1.00 m di profondità e negli attraversamenti stradali, previsti circa ogni 2000 m in corrispondenza delle piazzole SOS, saranno annegati in getto di cls dello spessore minimo di 10 cm. Essi avranno diametro interno almeno pari ad 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti.

Il progetto prevede n.2 cavidotti separati, collocati sulle due carreggiate, per gli impianti elettrici di potenza (Energia) e per gli impianti speciali (Telecomunicazione).

Si prevedono, in accordo alle prescrizioni ANAS, i seguenti cavidotti:

- Sezione Telecomunicazioni (T): n.3 tribubi (2 per gestori reti telecomunicazioni e 1 per ANAS) e 1 tubo in PE a doppia parete di diametro almeno 160 mm (per ANAS).
- Sezione Energia (E): n.3 tubi in PE a doppia parete di diametro almeno 160 mm (2 per impianti del Gestore Distribuzione Elettrica MT/BT e 1 per ANAS).

Circa ogni 50 m e comunque in corrispondenza di ogni cambio direzione, inizio e/o fine di viadotti e/o apparecchiatura terminale da servire (colonnina SOS, PMV, ecc...), verranno realizzati dei pozzetti rompitratta onde facilitare la posa delle linee elettriche e speciali.

Ogni 1000m e comunque in corrispondenza di ogni inizio e/o fine di viadotti e/o di apparecchiatura da servire (colonnina SOS, PMV, ecc...), verranno realizzati dei pozzetti di derivazione onde facilitare l'alimentazione terminale delle apparecchiature in itinere. In entrambi i casi (rompitratta e derivazione) trattasi di pozzetti in c.a.v. prefabbricati delle dimensioni interne nette adeguate al numero dei cavidotti che ad essi fanno capo e dotati di chiusini in ghisa pesante. Anche per i pozzetti si manterrà la medesima distinzione proposta per i cavidotti (Energia ed impianti di Telecomunicazione).