

S.F.T.R.F. S.A.  
Société Française du Tunnel du Fréjus  
S.I.T.A.F. S.p.A.  
Società Italiana Traforo Autostradale Fréjus

# TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS GALLERIA DI SICUREZZA

PROGETTO DEFINITIVO 2006

STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

ALLEGATI

PARTE II - DESCRIZIONE DELL'OPERA

 **LOMBARDI SA**  
INGENIEURS-CONSEILS

 **SITEC** engineering s.r.l.

Dr Agr. Angèle Barrel





# Trafo Autostradale del Fréjus Tunnel Routier du Fréjus

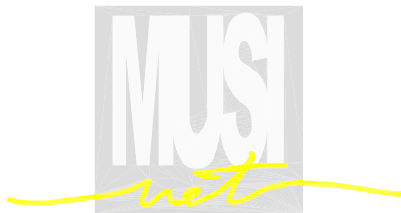
## **COSTRUZIONE GALLERIA DI SICUREZZA CONSTRUCTION GALERIE DE SECURITE**

### **DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA COMMISSIONE VIA**

|             |              |   |            |              |  |           |        |
|-------------|--------------|---|------------|--------------|--|-----------|--------|
| PRELIMINARE | PRELIMINAIRE | X | DEFINITIVO | AVANT-PROJET |  | ESECUTIVO | PROJET |
|-------------|--------------|---|------------|--------------|--|-----------|--------|

|  |         |                |            |  |  |
|--|---------|----------------|------------|--|--|
| Allegato 6.1: Le soluzioni alternative |         |                | 6          |  |  |
|  |         |                | N° Domanda |  |  |
| SCALA - ECHELLE                        | FORMATO | Aprile 2004    | FILE       |  |  |
|  |         | DATA EMISSIONE |            |  |  |

| rev. | data     | descrizione della revisione | Redattore | Verif. | Approv. |
|------|----------|-----------------------------|-----------|--------|---------|
| 0    | 01/04/04 | Uscita del documento        |           |        |         |

|                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| Attività specialistiche di supporto: | Il Responsabile del progetto<br><b>MUSI.NET S.p.A</b><br>Dott. Ing. Bernardo Magri | <br><b>MUSI.NET S.p.A.</b><br>Sede Legale e Uffici:<br>Corso Svizzera, 185 10149 TORINO<br>Tel. +390115712411 Fax. +390115712426<br>Part. Iva 08015410015 Cap. Soc. € 520.000 (interamente versato)<br>Cod. Fisc. e Reg. Imprese TO 08015410015 R.E.A. Torino 939200 |
|--------------------------------------|--|---|



**SOCIETE FRANCAISE DU  
TUNNEL ROUTIER DU FREJUS**

**SOCIETA ITALIANA TRAFORO  
AUTOSTRADALE DEL FREJUS**



**TUNNEL ROUTIER DU FREJUS  
TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS**

**SITUAZIONE ATTUALE E SOLUZIONI ATTUABILI  
AI FINI DELLA SICUREZZA NEL TRAFORO DEL FREJUS**

**SITUATION PRESENTE ET SOLUTIONS REALISABLES  
POUR LA SECURITE DANS LE TUNNEL DU FREJUS**

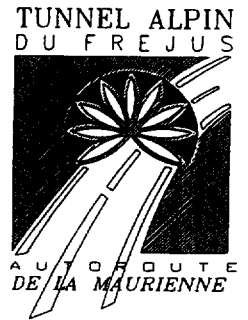
|   |      |           |          |           |                          |
|---|------|-----------|----------|-----------|--------------------------|
| B |      | ES        | PG       | YD        |                          |
| A |      | ES        | PG       | YD        |                          |
|   | Data | Approvato | Verifica | Approvaz. | Modifiche – Osservazioni |

|  |                   |
|--|-------------------|
|  | Date : MARZO 2001 |
|  |                   |
|  |                   |



**SITAF** SpA

Societa' Italiana  
Traforo Autostradale del Frejus



**SITUAZIONE ATTUALE E SOLUZIONI ATTUABILI AI FINI DELLA**

**SICUREZZA NEL TRAFORO DEL FREJUS**

**SITUATION PRESENTE ET SOLUTIONS REALISABLES POUR LA**

**SECURITE DANS LE TUNNEL DU FREJUS**

**Torino, 06/02/2001**

**Rif. wvf1898**

## INDICE

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>PREMESSA.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>SITUAZIONE ATTUALE .....</b>  | <b>3</b>  |
| 2.1.   | TIPOLOGIA DEL TRAFFICO.....  | 3         |
| 2.2.   | IMPIANTI ESISTENTI .....   | 3         |
| 2.2.1.   | Impianto di ventilazione .....   | 3         |
| 2.3.   | SISTEMI DI SICUREZZA .....   | 4         |
| 2.4.   | MODALITÀ DI INTERVENTO .....   | 5         |
| 2.5.   | MIGLIORAMENTO DELLA SITUAZIONE ATTUALE .....   | 5         |
| <b>3.</b>  | <b>SOLUZIONI ATTUABILI OD IN CORSO DI ATTUAZIONE AI FINI DELLA<br/>SICUREZZA .....</b> | <b>8</b>  |
| 3.1.   | INTERVENTI IMPIANTISTICI .....   | 8         |
| 3.2.   | LUOGHI SICURI O RIFUGI .....   | 9         |
| 3.3.   | GALLERIA DI SICUREZZA .....  | 11        |
| 1.1.1.   | Galleria di piccolo diametro .....   | 11        |
| 1.1.2.   | Galleria ad una corsia .....   | 13        |
| 1.1.3.   | Galleria con una corsia di transito e con una corsia di emergenza .....                | 14        |
| 1.1.4.   | Raddoppio del Traforo del Frejus.....  | 15        |
| <b>4.</b>  | <b>CONCLUSIONI.....</b>  | <b>16</b> |
| 4.1.   | VANTAGGI E SVANTAGGI DELLE DIVERSE SOLUZIONI .....                                     | 16        |
| 4.1.1.   | Soluzioni impiantistiche .....   | 16        |
| 4.1.2.   | Soluzioni strutturali.....   | 16        |
| <b>5.</b>  | <b>STIMA DI MASSIMA DELLE OPERE.....</b>   | <b>19</b> |
| 5.1.   | COSTI DI SCAVO E RIVESTIMENTO PER LE DIFFERENTI SOLUZIONI PREVISTE .....               | 19        |
| 5.1.1.   | Rifugi.....  | 19        |
| 5.1.2.   | Galleria di sicurezza.....   | 19        |
| 5.2.   | COSTI DI MASSIMA DEGLI IMPIANTI .....  | 21        |
| 5.2.1.   | Rifugi.....  | 21        |
| 5.2.2.   | Galleria di sicurezza.....   | 21        |
| <b>GESTIONE DELL'EMERGENZA - EVACUAZIONE DEGLI UTENTI.....</b> |  | <b>2</b>  |
| <b>1.</b>  | <b>PREMESSA.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>ESPERIENZE ED ATTIVITÀ IN CORSO : STATO DELL'ARTE .....</b>                         | <b>2</b>  |
| 2.1.   | NORD AMERICA.....  | 2         |
| 2.2.   | GIAPPONE.....  | 2         |
| 2.3.   | EUROPA .....   | 3         |
| <b>3.</b>  | <b>LE TECNOLOGIE PER I SERVIZI .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>4.</b>  | <b>SCENARIO DEI SERVIZI .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>5.</b>  | <b>OPPORTUNITÀ PER IL TRAFORO DEL FREJUS .....</b>                                     | <b>11</b> |
| 5.1.   | INTRODUZIONE .....   | 11        |
| 5.2.   | SCHEMA DI MODELLO DI ESERCIZIO .....   | 12        |
| <b>6.</b>  | <b>CONCLUSIONE.....</b>  | <b>14</b> |

## 1. Premessa

Ai fini della sicurezza nella gestione del Traforo del Frejus nei riguardi degli utenti, sono previsti numerosi interventi, che concernono opere strutturali, interventi impiantistici di diverso tipo, sia a livello di apparecchiature che di controllo locale e centralizzato, nonché tutta una serie di prescrizioni e di attrezzature per il personale addetto.

Nel seguito è brevemente richiamato quanto sopra esposto. Peraltro lo scopo di questa relazione è di mettere a confronto sotto l'aspetto operativo per la sicurezza e sotto l'aspetto economico due soluzioni :

- la prima riguarda la soluzione già prospettata dei rifugi da realizzare nel traforo, rifugi interdistanti mediamente circa 350 m e collegati ai canali AF soprastanti, adattati a vie di fuga per gli utenti in caso di emergenza.
- la seconda concerne la soluzione di una galleria di sicurezza, collegata con passaggi trasversali di by-pass con il Traforo. Tali passaggi costituiscono in caso di emergenza sia rifugi e vie di fuga degli utenti dal Traforo verso la galleria di sicurezza. La galleria serve alla evacuazione degli utenti ed all'intervento dei mezzi e delle squadre di soccorso.

La soluzione con galleria presenta ulteriori possibilità di impiego, che verranno brevemente esaminate nel prosieguo.

## **2. Situazione attuale**

### **2.1. Tipologia del traffico**

La tipologia del traffico, viene descritta nell'allegato "Il Frejus dà i numeri" Statistiche anno 2000.

### **2.2. Impianti esistenti**

Gli impianti odierni nel Traforo del Frejus sono costituiti come nel seguito descritto.

#### **2.2.1. Impianto di ventilazione**

##### **2.2.1.1 Sei Centrali di ventilazione (A1; B2; B3; C4; C5; D6) per la mandata dell'aria fresca (AF).**

Le centrali distribuiscono attualmente circa 1200 m<sup>3</sup>/s di aria attraverso bocche di immissione intervallate ogni 5 m sopra il marciapiede, lungo tutto il paramento sul lato est del traforo (verso di percorrenza Italia – Francia), ciascuna bocca con una portata di circa 0,470 m<sup>3</sup>/s.

##### **2.2.1.2 Sei centrali di ventilazione per l'estrazione di zone di fumo o per l'estrazione di miscela aria-fumi in caso di incendio. L'estrazione avviene attraverso serrande telecomandate a totale apertura, a totale chiusura od a parziale apertura dal PC (Posto di Controllo).**

La portata nominale di aeriforme (miscela aria-fumi) estraibile attraverso 7 bocche totalmente aperte è di circa circa 110 m<sup>3</sup>/s (portata corrispondente all'incirca all'incendio di riferimento di 30 MW, con produzione fumi di circa 80 m<sup>3</sup>/s).

##### **2.2.2. Impianto di estinzione antincendio ad acqua con idranti adatti a manichette a doppio attacco, uno normalizzato per l'Italia e l'altro per la Francia. Gli idranti hanno un passo di circa 125 m e sono disposti in nicchie sul lato ovest del Traforo. Sono alimentati tramite una condotta da due serbatoi, uno da 500 m<sup>3</sup> sul piazzale Italiano a caduta, l'altro di 250 m<sup>3</sup> sul piazzale Francese, in sovrappressione.**

##### **2.2.3. Impianto telefonico-SOS con apparecchi disposti in nicchie ogni 250 m. Pulsanti di allarme, ogni circa 20 m.**

**2.2.4.** Impianto TVcc, con telecamere ogni circa 300 m per un totale di 57 telecamere più 5 telecamere allocate sulla rampa di accesso e piazzale francese e 4 sulla via di accesso e piazzale italiano, con riporto su n.ro 10 monitor posizionati al PCC. Tre telecamere sono commutate automaticamente sulla zona allarmata, e le immagini vengono registrate. E' previsto il raddoppio delle telecamere per la visione contemporanea sulle due corsie.

**2.2.5.** Impianto radio isofrequenziale con cavo radiante che trasmette su varie frequenze, destinate al personale del Traforo, agli utenti della galleria tramite frequenza FM direttamente sulle autoradio, ai Vigili del Fuoco ed alle Polizie dei due Paesi.

**2.2.6.** Impianto di illuminazione con corpi illuminanti misti fluo e sox; illuminazione diurna su tre circuiti, di cui uno di emergenza; illuminazione di rinforzo agli imbocchi in rapporto alla luminosità esterna.

I valori di illuminamento al regime massimo sono di circa 50 lux medi.

I valori di illuminamento in emergenza sono di circa 10 lux medi.

**2.2.7.** Lampade ad oblò direzionali sui due paramenti della galleria, ogni circa 20 m.

**2.2.8.** Impianto di rilevazione incendio per i cavi elettrici disposti entro le canaline; queste ultime corrono nel canale AF.

**2.2.9.** Sistema di controllo centralizzato (GTC), per il rilievo e la regolazione in automatico degli impianti del Traforo. L'impianto fa capo a due centrali di controllo, una italiana (PCCI) ed una francese (PCCF), sorvegliate con continuità da personale addetto.

### **2.3. Sistemi di sicurezza**

Nei sistemi di sicurezza rientrano ovviamente gli impianti già descritti e nella fattispecie la gestione della ventilazione in caso di incendio, effettuata secondo le procedure e le consegne di sicurezza esistenti; inoltre vanno inclusi gli impianti detti ai punti 1.2.2÷1.2.9.

Inoltre il sistema di sicurezza include :



2.3.1. Luoghi sicuri, che sono localizzati anteriormente ai PHT (Poste Haute Tension; cabine elettriche) rispetto al Traforo. Essi sono attualmente ventilati con aria prelevata dal canale AF con lo stesso impianto che ventila i PHT (Vedi oltre ø 3.2).

2.3.2. Luoghi sicuri sistemati all'ingresso delle centrali B e C e serviti dall'impianto che ventila le centrali (Vedi oltre ø 3.2).

#### 2.4. **Modalità di intervento**

Le modalità di intervento sono regolate dalle procedure e consegne di sicurezza aziendali e dall'attivazione delle strutture esterne Franco-Italiane, secondo le disposizioni contenute nel PSB "Piano di Soccorso Binazionale", di cui si allega un estratto.

Tuttavia, in via esemplificativa, si precisa, che uno dei punti di forza del Traforo è rappresentato dalla stretta correlazione tra le due Società, Italiana e Francese, che ha la sua massima espressione nel PCC "Posto di Controllo Centralizzato" situato sul versante italiano, supportato da un PCC Ausiliario, sul lato francese, in caso di guasto.

Vale a dire che si può intervenire direttamente sulle installazioni tecniche del traforo, salvo il caso di situazione in degradato o guasto e solo dopo l'attivazione di una procedura tecnica effettuata dal Regolatore.

Ad esso fanno capo tutti gli impianti di comunicazione, gestione e sicurezza, e le due squadre di pronto intervento presenti con i loro mezzi di soccorso agli ingressi del tunnel.

Il tutto coordinato dal Regolatore e dal suo Operatore presenti 24 ore su 24.

#### 2.5. **Miglioramento della situazione attuale**

Va premesso che il Traforo del Frejus soddisfa alla sicurezza di esercizio della galleria.

Questa situazione è confermata dalla esperienza fatta nel corso della gestione del Traforo, soprattutto in questi due ultimi anni (1999÷2000) dopo la chiusura del Traforo del Monte Bianco.

La gestione accurata degli impianti, l'osservanza scrupolosa delle prescrizioni impartite al personale, l'attenzione con la quale il personale delle due Società SITAF ed SFTRF sorveglia con continuità l'andamento del traffico attraverso la strumentazione disponibile, il pattugliamento della galleria, il controllo continuo, tramite gli addetti alla sicurezza, degli automezzi agli imbocchi, la scorta di tutte le merci pericolose, le periodiche esercitazioni con simulazione di incidenti, ed in particolare la supervisione della GTC dal PCC, intervenendo in modo tempestivo in qualsiasi emergenza, permettono di ritenere che il Traforo del Frejus sia una galleria sicura.

Tuttavia il Comitato di Sicurezza e le Società SITAF ed SFTRF ed hanno individuato una serie di operazioni, ai fini della ulteriore riduzione dei possibili rischi nella gestione del Traforo, che si concretano in alcuni interventi illustrati al paragrafo 3.1 per gli impianti ed ai paragrafi 3.2 e 3.3 per l'aspetto strutturale, con soluzioni in quest'ultimo caso più impegnative.

Ulteriori provvedimenti che interessano sia la gestione di possibili emergenze che la sicurezza di esercizio, sono costituiti da disposizioni e da opere in parte realizzate ed altre da realizzare quali :

- a) aumento di personale nel Servizio Sicurezza sia degli A.d.S. con Vigili del Fuoco Volontari, che al PCC con il raddoppio dei regolatori (VV.FF., regolatori, scorta di tutte le merci pericolose);
- b) cadenzamento del traffico a tutte le barriere;
- c) distribuzione agli utenti di volantini per informazioni comportamentali in galleria, in caso di incidente;
- d) impianto radiomobile dedicato ai VV.FF. Italiani nel traforo;
- e) installazione impianto per la misurazione della velocità e distanza di sicurezza;
- f) installazione impianto per il conteggio ed individuazione dei veicoli presenti nel traforo;
- g) nuova segnaletica orizzontale in galleria e verticale sui piazzali;
- h) segnaletica di evacuazione

- i) servizio di sicurezza
  - PMA Posto medico avanzato
  - 10 Quads per evacuazione utenti dal condotto AF
  - 2 Quads Fire Express
  - Realizzazione CCO Francia
  - Realizzazione CCO Italia
  - Equipaggiamenti di sicurezza specifici per le squadre di sicurezza
  - Navette
  - Nuove autopompe
- l) camera fumi per formazione personale
- m) analisi dei rischi
- n) Piano di Soccorso Binazionale
- o) test di segnaletica verticale dinamica in galleria
- p) sistemazione di n. 6 luoghi sicuri
- q) portale termografico lato Italia e lato Francia
- r) ventilazione forzata dei luoghi sicuri
- s) segnalazione automatica di incidente ed incendio (DAI)
- t) verifica della stabilità strutturale dei condotti
- u) studio della ventilazione della galleria

### **3. Soluzioni attuabili od in corso di attuazione ai fini della sicurezza**

#### **3.1. Interventi impiantistici**

##### **3.1.1. Misurazione della velocità e della distanza di sicurezza.**

E' prevista una apparecchiatura dotata di radar a laser. Sono state ultimate le prove. E' prevista l'installazione di n. 5 apparecchiature per corsia, opportunamente intervallate.

##### **3.1.2. Conteggio ed individuazione dei veicoli**

Gli autoveicoli vengono conteggiati ed individuati all'ingresso ed all'uscita del Traforo con un sistema a radar con laser. E' in corso lo studio della sua integrazione con il sistema di conteggio al pedaggio.

##### **3.1.3. Sono in corso di allestimento due autobus-navetta, che stazioneranno una ad ogni imbocco.**

Le navette sono dotate di maschere per la respirazione e sono in grado di soccorrere e di trasportare all'esterno 20 utenti del Traforo.

##### **3.1.4. Sono in corso di allestimento due nuove autopompe, in sostituzione o aggiunta delle due attuali che stazioneranno una per piazzale. Sono dotate di sistema di visione ad infrarossi e di bombole di aria per l'alimentazione del motore.**

##### **3.1.5. Portale termografico**

E' in corso di prova sul piazzale italiano un sistema di portale termografico a due corsie per l'identificazione di temperature anomale superficiali di autocarri in transito, mediante un sistema di rilevazione a radiazioni infrarosse.

E' prevista l'installazione di due portali termografici, uno sul piazzale italiano ed uno su quello francese.

##### **3.1.6. Un sistema di rivelazione automatica di incidente (DAI, Detection Automatic d'Incident) è in grado di rilevare e di registrare situazioni anomale in galleria (sorpassi, veicoli fermi, persone appiedate, incendi, etc.) . Sono in corso di attuazione prove su tale sistema nel Traforo.**

3.1.7. E' prevista una condotta per il drenaggio di liquidi di sversamento, con opportuni sifoni di intercettazione.

### 3.2. Luoghi sicuri o rifugi

I luoghi sicuri o rifugi previsti sono nel numero di 35 e sono dislocati lungo il Traforo ad una distanza media di circa 350 m l'uno dall'altro, con una superficie media in pianta di  $\approx 49 \text{ m}^2$  caduno.

La Tavola 3.1.V (Allegato 1) riporta la distribuzione funzionale dei rifugi lungo il Traforo. Nella realizzazione dei lavori vengono distinti tre tipi di rifugi (V. Tabella N. 3.1, nonché la Tav. 3.1.V sull'Allegato 1).

#### - Rifugi di tipo a.

Sono i luoghi sicuri esistenti, che sono collocati anteriormente ai PHT, situati sul lato est del Traforo (verso di percorrenza Italia-Francia) e sono nel numero di 6. Questi luoghi sicuri vengono sottoposti ad interventi migliorativi ai fini della sicurezza.

#### - Rifugi di tipo b.

Sono i rifugi esistenti nelle centrali B e C, nonché i rifugi da allestire nei due garage di svolta e nel laboratorio IN2P3; in totale sono 5 rifugi.

I rifugi nei garage di svolta e nel laboratorio IN2P3 utilizzano gli ampliamenti esistenti e vengono completati con interventi di opere civili e con opere impiantistiche.

#### - Rifugi di tipo c.

Sono i rifugi di nuova realizzazione e sono nel numero di 24. Essi sono stati suddivisi in 6 rifugi di 1° fase (tipo c, 1) per i quali è prevista una realizzazione dopo l'anno 2001 ed in 18 rifugi di 2° fase (tipo c, 2) da realizzarsi successivamente all'anno 2001.

La tabella N. 3.1 riassume quanto sopra esposto.

La ventilazione dei rifugi verrà effettuata partendo da zone di presa dell'aria esterna facenti capo alle centrali A, B, C e D. Da ogni centrale, mediante due ventilatori centrifughi (uno di riserva all'altro) l'aria esterna viene immessa in un condotto in acciaio inox di opportuno diametro; il condotto entra nei canali dell'AF e percorrendo i canali va ad alimentare con derivazioni ciascun rifugio, disposto lungo il Traforo.

Sulle derivazioni sono disposte serrande motorizzate per alimentare ciascun rifugio secondo la portata di aria necessaria (normale o di emergenza).

La portata normale di ventilazione varia in funzione della volumetria dei rifugi, la portata di emergenza è di  $\approx 2500 \text{ m}^3/\text{h}$  di aria.

I ventilatori sono del tipo centrifugo ed a portata variabile, in modo da far fronte alle diverse esigenze di portata di aria per la ventilazione dei rifugi, sia per il funzionamento normale, sia per il funzionamento in emergenza.

Il proporzionamento in emergenza dei ventilatori può essere fatto sia per alimentare almeno tre rifugi al massimo della portata ed i rimanenti al regime di ricambio normale. Questa soluzione corrisponde alla condizione di minima ventilazione in emergenza richiesta dal Comitato di Sicurezza.

Ogni rifugio adduce mediante una scala metallica al corrispondente canale AF, che costituisce la via di fuga per gli utenti del Traforo. Alla via di fuga gli utenti sono guidati dal personale del Traforo o dai VV.F. Un apposito automezzo gommato (quad) è in grado di evacuare 8 persone alla volta lungo il canale AF.

Ciascun rifugio è dotato di telecamera per la visione degli interlocutori presenti nel locale da parte del regolatore in servizio nel PC, nonché di radiotelefono ed altoparlante collegati con il PCC.

L'impianto di ventilazione e di distribuzione dell'aria ai rifugi, per ogni centrale con il relativo condotto, è controllato da un sistema di controllo a logica programmata (PLC), che fa capo ai PC delle due sale di comando esterne per la gestione tecnica centralizzata (GTC) di tutto il Traforo.

I rifugi sono individuabili dalla galleria mediante una apposita segnaletica luminosa, disposta nella galleria stessa e tale da guidare con facilità l'utente verso il rifugio.

La soluzione con i rifugi del tipo c comporta notevoli inconvenienti, in quanto essa deve essere realizzata con Traforo aperto al traffico ed i 24 rifugi debbono essere scavati sul lato est del Traforo nella posizione segnata sulla Tavola 3.1.V (Allegato 1).

Lo scavo è di circa 300 m<sup>3</sup> per ciascun rifugio e viene effettuato con cariche esplosive e successiva rimozione e trasporto all'esterno del materiale rimosso; esso richiede periodi di tempo di notevole durata, con il Traforo chiuso al traffico. Inoltre questa lavorazione comporta la creazione di cantieri lungo il Traforo stesso.

Si verificano pertanto notevoli difficoltà di gestione della circolazione ed un rilevante aumento del rischio di incidenti nel Traforo, nonché danni economici per la chiusura periodica al traffico.

\* \* \*

Sono in corso calcoli sulla resistenza strutturale della soletta dei canali AF ed AV per effetto di un incendio di 30 MW, con il raggiungimento di una temperatura di 1300°C secondo la curva HCM 120 (curva maggiorata idrocarburi).

Dai calcoli in corso emerge che, per garantire una resistenza siffatta, occorrerebbe rivestire la superficie inferiore di tutta la soletta, quella superiore del canale AV e quella del setto di separazione fra i canali AF ed AV con una parte isolante in fibrosilicato, tipo ad es. Promat, dello spessore di circa 30 mm.

I sostegni di questa parete sono costituiti da una intelaiatura metallica di acciaio refrattario AISI 309S, resistente alla alta temperatura.

La superficie da rivestire è di  $\approx 17,5$  m<sup>2</sup>/m di galleria, con un costo in opera di massima di  $\approx 200.000$  £/m<sup>2</sup>.

### **3.3. Galleria di sicurezza**

Sono previsti alcuni tipi di galleria di sicurezza, che possono anche svolgere altre funzioni, secondo quanto riportato nel seguito. Le gallerie possono essere ricavate sul lato Est del Traforo, (verso del traffico Italia – Francia) ovvero sul lato Ovest (verso del traffico Francia – Italia).

#### **3.3.1. Galleria di piccolo diametro**

Sono previste due soluzioni :

3.3.1.1. Un tronco di galleria della lunghezza di  $\approx 4140$  m e del diametro di  $\approx 3$  m, corre parallelamente al Traforo sul lato est e collega il piazzale francese con la centrale B, mentre un secondo tronco della lunghezza di  $\approx 4050$  m con lo stesso diametro, collega il piazzale italiano con la centrale C, correndo anch'esso parallelo al lato est del Traforo. Ciascun tronco è percorribile da un automezzo di limitate dimensioni.

I due tronchi si sviluppano ad una distanza di  $\approx 20\div 30$  m dall'asse del Traforo.

Vengono fatti una serie di collegamenti di by-pass, in corrispondenza delle progressive dei rifugi elencati nella Tabella N. 3.1 allegata.

Questi collegamenti, in caso di incidenti, costituiscono le vie di fuga degli utenti dal Traforo verso la galleria di sicurezza; da questa galleria le persone possono essere portate all'esterno con automezzi.

Le vie di fuga sono ventilate con aria pressurizzata dalla galleria e sono intercettate da porte tagliafuoco.

Le gallerie dispongono, secondo un passo da stabilire, di allargamenti (piazzole) per l'incrocio delle autovetture circolanti.

Nella zona centrale della galleria, fra le centrali A e B, per una lunghezza di  $\approx 4670$  m, vengono ricavati i rifugi dal rifugio R12 al rifugio R24, indicati nella Tabella N. 3.1 allegata.

I rifugi corrispondono a quelli già descritti al paragrafo 3.1 e sono relativi ai canali AF 3 ed AF 4.

Per le modalità di ventilazione dei rifugi valgono le stesse indicazioni già riportate al  $\varnothing$  3.1. Ciascuna galleria, con le vie di fuga è messa in pressione con un impianto di ventilazione situato all'imbocco corrispondente, ed è corredata di impianto di illuminazione.

Le dotazioni delle vie di fuga e dei rifugi (TV, radiotelefono, etc.) sono analoghe a quelle indicate per i rifugi al  $\varnothing$  3.2.

Nelle piazzole sono sistemate le apparecchiature necessarie alla gestione della galleria (radiotelefono, estintore, prese f.m., etc.).



Lo scavo della galleria potrebbe essere eseguito mediante l'impiego di una fresa di piccolo diametro e rivestita con dei conci prefabbricati posati a seguire.

**3.3.1.2.** Una galleria del diametro di 3 m, corre parallelamente al Traforo per tutta la sua lunghezza ( $\approx 12.800$  m) ed è realizzata con le stesse modalità descritte per i due tonchi del  $\varnothing$  3.3.1.1.

### **3.3.2. Galleria ad una corsia**

La soluzione contempla la realizzazione di una galleria di sicurezza ad una sola corsia, idonea al transito di un mezzo dei VV.F delle dimensioni di 2,50 m in larghezza e di 4,20 m in altezza. La fig. dell'Allegato 1 ne riporta la sezione trasversale.

La galleria può correre parallela al lato Est ovvero al lato Ovest del Traforo, ad una distanza di  $\approx 20 \div 30$  m dall'asse del Traforo stesso.

In questo secondo caso può essere prospettata la possibilità di collegamenti di by-pass con la galleria ferroviaria, da utilizzarsi come via di fuga da quest'ultima in caso di incidenti.

La sezione della galleria consente il transito di automezzi di maggiori dimensioni per l'evacuazione contemporanea di molti utenti in caso di incidente nel Traforo.

Collegamenti di by-pass, nelle stesse posizioni di quelle già descritte al  $\varnothing$  3.3.1.1, costituiscono le vie di fuga dal Traforo alla galleria di sicurezza.

Inoltre con questa soluzione possono essere costruiti collegamenti carrabili fra il Traforo e la galleria, per consentire ai mezzi motorizzati di soccorso di portarsi rapidamente sul luogo dell'incidente, in quanto il raggiungimento di tale luogo attraverso il Traforo può essere ostacolato dalla presenza di traffico fermo sulle due corsie.

I collegamenti carrabili possono essere realizzati con un interasse di 1000 m, ovvero possono essere disposti in corrispondenza dei PHT del Traforo ( $\approx 1500$  m di interasse). In quest'ultimo caso è possibile ampliare i PHT esistenti, che sono ormai al limite di capienza di apparecchiature, e creare, a lato del collegamento, nuovi PHT al servizio della galleria.

La galleria può inoltre essere utilizzata come galleria di servizio per la manutenzione degli impianti nel Traforo, con minori ostacoli alla circolazione nel Traforo stesso da parte degli automezzi di servizio.

Nella galleria vanno previsti ampliamenti per l'incrocio degli automezzi e per l'imbarco degli utenti in corrispondenza alle vie di fuga.

Gli impianti prevedono la pressurizzazione della galleria, delle vie di fuga e dei collegamenti carrabili, mediante impianti di ventilazione sistemati alle testate, nonché impianti di illuminazione, di segnaletica e altri impianti, già menzionati e connessi alla gestione ed alla sicurezza della galleria.

Lo scavo della galleria può essere eseguito impiegando una fresa da 7.50 m ed il rivestimento con un anello in conci prefabbricati posati immediatamente a seguito dello scavo, oppure in tradizionale mediante l'impiego di esplosivo. In questo secondo caso occorrerà prevedere un prerivestimento costituito da spritz-beton e da bulloni radiali, occasionalmente rinforzato con centine; il rivestimento definitivo dovrà essere realizzato quindi in calcestruzzo gettato in opera.

### **3.3.3. Galleria con una corsia di transito e con una corsia di emergenza (V.Tavola Allegato 1)**

La galleria contempla una corsia di transito della larghezza di 3,75 m per i mezzi di soccorso e di esercizio del Traforo ed una corsia di emergenza della larghezza di 3 m.

Per quanto attiene le vie di fuga e quelle di collegamento tra il Traforo e la galleria, nonché l'utilizzo come galleria di esercizio del Traforo, vale quanto già detto al paragrafo 3.3.2. In questa soluzione non è necessario realizzare gli ampliamenti per l'incrocio degli automezzi.

Questa galleria può inoltre consentire il transito unidirezionale del traffico commerciale, in caso di particolari evenienze, quali cantieri aperti per lavori nel Traforo con l'esigenza di percorrenza di tronchi ad una sola corsia, ovvero il transito di automezzi con trasporto di merci pericolose.

In questo caso peraltro la galleria va dotata di tutti gli impianti di controllo e di sicurezza, analoghi a quelli del Traforo.

L'impianto di ventilazione è del tipo longitudinale con coppie di ventilatori ad induzione in volta, di tipo reversibile, collocati lungo tronchi di galleria con passo da definire.

Le vie di fuga e le gallerie di collegamento sono pressurizzate mediante appositi ventilatori centrifughi a parete.

Da un punto di vista strettamente geologico – geomeccanico andrà attentamente valutata la possibilità di eseguire uno scavo meccanizzato utilizzando una fresa a piena sezione.

Nel caso di scavo in tradizionale si potrà avanzare impiegando esplosivo con applicazione di un prerivestimento in spritz-beton e bulloni o centine e di un rivestimento in calcestruzzo gettato in opera a seguire.

Con analoghe sezioni di avanzamento si potranno realizzare le gallerie di by – pass.

#### **3.3.4. Raddoppio del Traforo del Frejus**

Questa soluzione corrisponde ad un secondo Traforo, identico a quello esistente. Il sistema diventa pertanto una galleria a due fornici unidirezionali, ciascuno a due corsie di percorrenza.

E' ovunque riconosciuto, in sede tecnica, che la soluzione a doppio fornice è la più idonea sotto l'aspetto della sicurezza di esercizio delle gallerie autostradali.

## **4. Conclusioni**

### **4.1. Vantaggi e svantaggi delle diverse soluzioni**

#### **4.1.1. Soluzioni impiantistiche**

I vantaggi offerti dalle soluzioni impiantistiche aggiuntive emergono in modo evidente dalla descrizione, sia pure sommaria, fatta al ø 3.1.

#### **4.1.2. Soluzioni strutturali**

Le soluzioni strutturali concernono i rifugi e la galleria laterale di emergenza ed in aggiunta di servizio.

**4.1.2.1.** La soluzione rifugi esistenti (Rifugi di tipo a e di tipo b, V. ø 3.2) è facilmente realizzabile, in quanto si tratta di migliorare i rifugi annessi ai PHT ed alle centrali di ventilazione B e C, ovvero di realizzare tre rifugi negli attuali garage di svolta, che richiedono interventi strutturali ed impiantistici che non coinvolgono in pratica il traffico in galleria.

Questi rifugi risultano notevolmente distanziati fra di loro e non risolvono situazioni concernenti la disponibilità di un numero sufficiente di luoghi sicuri.

Per conseguire una soluzione accettabile occorre realizzare una serie di 24 rifugi (rifugi di tipo c, V. ø 3.2) che richiede lo scavo con esplosivi in galleria ed il trasporto all'esterno del materiale di risulta, nonché la creazione di cantieri in galleria per le opere civili ed impiantistiche connesse.

Nella fase di scavo pertanto il Traforo viene chiuso al traffico e nella fase di cantiere si pone l'esigenza della circolazione alternata su una sola corsia.

E' possibile in fase di cantiere, riducendo la carreggiata a 7 m, mantenere le due corsie con traffico bidirezionale, ma con aumento dei rischi di incidenti nella circolazione e comunque con l'interruzione periodica del traffico per passare a quello unidirezionale per esigenze di cantiere.

Certamente questa lavorazione, anche se eseguita dopo l'apertura del Traforo del Monte Bianco, comporta code e rallentamenti del traffico, una riduzione per ora non quantificata del traffico, un aumento del rischio di incidenti e perdite economiche.

Inoltre restano perplessità sulla possibilità di effettuare l'evacuazione degli utenti attraverso i canali dell'AF, in caso di incendi rilevanti e con il blocco del traffico su entrambe le corsie.

Da un punto di vista strutturale la demolizione di porzioni importanti del rivestimento esistente per la creazione dei rifugi richiede una accurata indagine sullo stato degli attuali rivestimenti.

Occorre inoltre tenere presente che il rivestimento con materiale isolante della soletta inferiore dei canali e della superficie interna del canale AV deve essere fatta senza traffico in galleria, con un lavoro notturno stimato su più squadre per 8 h/notte (ore 22÷ore 6) di 7giorni/7giorni alla settimana e per un periodo di  $\approx 52$  settimane ( $\approx 1$  anno).

- 4.1.2.2.** La soluzione con due tronchi di galleria di sicurezza a piccolo diametro parallele al Traforo e con la zona centrale realizzata con rifugi (V.  $\varnothing$  3.3.1.1), costituisce un sistema ibrido, che comporta gli stessi inconvenienti della soluzione con rifugi; inoltre i due tronchi di galleria hanno diametri modesti e tali da non consentire l'accesso alla zona incidentata dei mezzi di estinzione o per intervento di automezzi di evacuazione (navette) dei VV.F., in caso di ostruzioni da automezzi nelle due corsie del Traforo.

La soluzione con una galleria parallela al Traforo e di piccolo diametro (V.  $\varnothing$  3.3.1.2) presenta, come nella soluzione precedente, le stesse difficoltà indicate per i due tronchi di galleria nel caso di intervento delle squadre di soccorso.

Peraltro queste soluzioni non si possono classificare come "gallerie di sicurezza" nella accezione più completa di questa definizione. Da un punto di vista costruttivo queste soluzioni si presentano comunque come quelle più rapide.

- 4.1.2.3.** La galleria ad una corsia, con diametro interno di  $\approx 6,50$  m, come descritta al  $\varnothing$  3.3.2, rappresenta indubbiamente una soluzione accettabile ai fini della sicurezza per l'accessibilità al Traforo offerta alle squadre di soccorso, sia attraverso la galleria stessa, sia attraverso i collegamenti trasversali carrabili.

Le vie di fuga fra il Traforo e la galleria, costituite da gallerie di by-pass distanziante mediamente di  $\approx 350$  m, intercettate da zone filtro e pressurizzate, costituiscono ambienti più sicuri e più facilmente gestibili direttamente dagli utenti, rispetto alla soluzione con rifugi e vie di fuga verso i canali AF.

I collegamenti trasversali carrabili possono essere ricavati anche in corrispondenza ai PHT esistenti, ormai ai limiti di capienza per le apparecchiature, consentendone, come già annotato in precedenza, l'ampliamento per nuovi impianti e per gli impianti della galleria ausiliaria (illuminazione, pressurizzazione rifugi, etc.).

La galleria può inoltre essere utilizzata anche dal personale tecnico per l'accesso al Traforo in corrispondenza dei collegamenti carrabili, evitando agli automezzi di servizio di percorrere il Traforo, interferendo con il traffico.

La possibilità di realizzare la galleria impiegando una fresa rende questa soluzione esecutivamente vantaggiosa in termini dei tempi realizzativi con possibili produzioni di galleria finita di 15 m/giorno.

- 4.1.2.4.** La soluzione della galleria con una corsia di transito ed una di emergenza offre i vantaggi già indicati al  $\text{\textcircled{3}}$  3.3.3.

Questa soluzione offre inoltre le applicazioni previste nell'appendice 2 (Scenario tecnologico ed opportunità) con una migliore agibilità ed una maggiore sicurezza nell'esercizio del traffico commerciale del Traforo.

## 5. Stima di massima delle opere

### 5.1. Costi di scavo e rivestimento per le differenti soluzioni previste

#### 5.1.1. Rifugi

Xxxxxx

#### 5.1.2. Galleria di sicurezza

##### 5.1.2.1. Galleria di piccolo diametro

|     |  |   |                   |
|-----|--|---|-------------------|
| (i) | tronco di galleria 4140 m x £ 10.000.000 m | = | 41.400 M£.        |
|     | tronco di galleria 4050 m x £ 10.000.000 m | = | 40.050 M£.        |
|     | n° 18 vie di fuga l = 30 m x £ 6.500.000 m | = | 3.500 M£.         |
|     | n° 6 by - pass l = 30 m x £ 12.000.000 m   | = | 2.150 M£.         |
|     | n° 24 rinforzi strutturali x £ 100.000.000 | = | <u>2.400 M£.</u>  |
|     | <b>Totale</b>                              | = | <b>89.500 M£.</b> |

rifugi xxxxxx

|      |  |   |                    |
|------|--|---|--------------------|
| (ii) | galleria 12900 m x £ 10.000.000 m          | = | 129.000 M£.        |
|      | n° 26 vie di fuga l = 30 m x £ 6.500.000 m | = | 5.070 M£.          |
|      | n° 8 by -pass l = 30 m x £ 12.000.000 m    | = | 2.880 M£.          |
|      | rinforzi strutturali n° 34 x £ 100.000.000 | = | <u>3.400 M£.</u>   |
|      | <b>Totale</b>                              | = | <b>170.950 M£.</b> |

##### 5.1.2.2. Galleria ad una corsia con scavo meccanizzato

|  |  |   |                    |
|--|--|---|--------------------|
|  | 12.900 m x £ 25.000.000 m                  | = | 322.500 M£.        |
|  | n° 26 vie di fuga l = 30 m x £ 6.500.000 m | = | 5.070 M£.          |
|  | n° 8 by -pass l = 30 m x £ 12.000.000 m    | = | 2.880 M£.          |
|  | rinforzi strutturali n° 34 x £ 100.000.000 | = | <u>3.400 M£.</u>   |
|  | <b>Totale</b>                              | = | <b>333.850 M£.</b> |

### 5.1.2.3. Galleria con una corsia di transito ed una corsia di emergenza o raddoppio

**(i) soluzione con scavo in tradizionale**

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| 12.900 m x £ 35.000.000 m                  | = | 451.500 M£.        |
| n° 26 vie di fuga l = 30 m x £ 6.500.000 m | = | 5.070 M£.          |
| n° 8 by-pass l = 30 m x £ 12.000.000 m     | = | 2.880 M£.          |
| rinforzi strutturali n° 34 x £ 100.000.000 | = | <u>3.400 M£.</u>   |
| <b>Totale</b>                              | = | <b>493.450 M£.</b> |

**(ii) soluzione con scavo meccanizzato**

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| 12.900 m x £ 45.000.000 m                  | = | 580.000 M£.        |
| n° 26 vie di fuga l = 30 m x £ 6.500.000 m | = | 5.070 M£.          |
| n° 8 by-pass l = 30 m x £ 12.000.000 m     | = | 2.880 M£.          |
| rinforzi strutturali n° 34 x £ 100.000.000 | = | <u>3.400 M£.</u>   |
| <b>Totale</b>                              | = | <b>591.350 M£.</b> |



## 5.2. Costi di massima degli impianti

### 5.2.1. Rifugi

|   |                     |
|---|---------------------|
| Impianti elettrici e di ventilazione          | = 9.300 M£.         |
| Impianti di illuminazione                     | = 7.700 M£.         |
| Impianti di comunicazione e di controllo      | = 4.800 M£.         |
| Rivestimento isolante solette canali AF ed AV | = <u>45.000 M£.</u> |
| <b>Totale</b>                                 | <b>= 66.800 M£.</b> |

### 5.2.2. Galleria di sicurezza

#### 5.2.2.1. Galleria di piccolo diametro

|  |                     |
|--|---------------------|
| Impianti elettrici e di ventilazione     | = 7.400 M£.         |
| Impianti di illuminazione                | = 7.700 M£.         |
| Impianti di comunicazione e di controllo | = <u>6.600 M£.</u>  |
| <b>Totale</b>                            | <b>= 21.700 M£.</b> |

#### 5.2.2.2. Galleria di piccolo diametro e rifugi intermedi

|  |                     |
|--|---------------------|
| Impianti elettrici e di ventilazione     | = 8.000 M£.         |
| Impianti di illuminazione                | = 7.700 M£.         |
| Impianti di comunicazione e di controllo | = <u>6.600 M£.</u>  |
| <b>Totale</b>                            | <b>= 22.300 M£.</b> |

#### 5.2.2.3. Galleria ad una corsia

|  |                     |
|--|---------------------|
| Impianti elettrici e di ventilazione     | = 10.300 M£.        |
| Impianti di illuminazione                | = 9.300 M£.         |
| Impianti di comunicazione e di controllo | = <u>11.300 M£.</u> |
| <b>Totale</b>                            | <b>= 30.600 M£.</b> |

#### 5.2.2.4. Galleria con una corsia di transito ed una corsia di emergenza

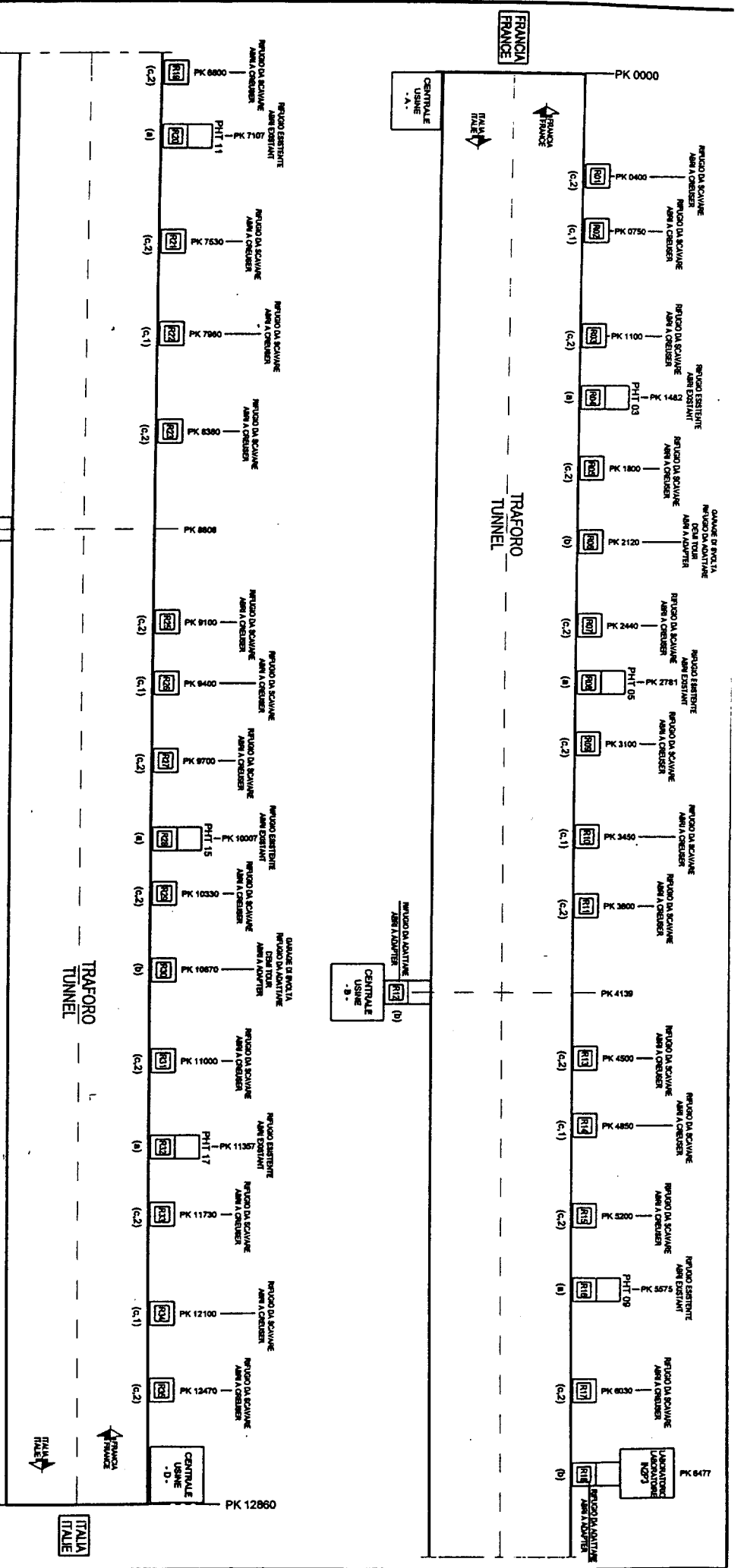
|  |                     |
|--|---------------------|
| Impianti elettrici e di ventilazione     | = 16.200 M£.        |
| Impianti di illuminazione                | = 11.500 M£.        |
| Impianto estinzione incendio ad acqua    | = 6.500 M£          |
| Impianti di comunicazione e di controllo | = <u>17.600 M£.</u> |
| Totale                                   | = 51.800 M£.        |

TAVOLA N. 3.1 - TABLEAU N. 3.1

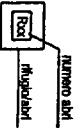

| Traforo del Frejus<br>Tunnel du Frejus  |                                |                                    | Elenco dei rifugi<br>Liste des Abris |   |  |   |   |   |                               |
|---|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|---|---|-------------------------------|
| PK  | Indice Rifugio<br>Repère abris | Interdistanza m<br>Interdistance m | Superfici<br>Surface                 | Rifugi esistenti (tipo a)<br>Abris existance (tipe a) | Rifugi tipo b<br>Abris tipe b  | Rifugi nuovi tipo c - fase 1<br>Nouveaux tipe c phase 1 | Rifugi nuovi tipo c - fase 2<br>Nouveaux abris tipe c phase 2 | Centrale di ventilazione<br>Centrale de ventilation | Note<br>Remarques             |
| 0   | Début                          | -                                  | -                                    |   |  |   |   |   |                               |
| 0,4   | R01                            | 400                                | 50                                   |   |  |   | 0   | A   |                               |
| 0,75  | R02                            | 350                                | 50                                   |   |  |   | 0   | A   |                               |
| 1,1   | R03                            | 350                                | 50                                   |   |  |   | 0   | A   |                               |
| 1,482   | R04                            | 382                                | 20                                   | 0   |  |   | 0   | A   | PHT 03                        |
| 1,8   | R05                            | 318                                | 50                                   |   |  |   | 0   | A   |                               |
| 2,12  | R06                            | 320                                | 90                                   |   | 0  |   |   | B   | garage di svolta<br>Demi-Tour |
| 2,44  | R07                            | 320                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 2,781   | R08                            | 341                                | 20                                   | 0   |  |   | 0   | B   | PHT 05                        |
| 3,1   | R09                            | 319                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 3,45  | R10                            | 350                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 3,8   | R11                            | 350                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 4,139   | R12                            | 339                                | 70                                   |   | 0  |   | 0   | B   | Centrale B                    |
| 4,5   | R13                            | 361                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 4,85  | R14                            | 350                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 5,2   | R15                            | 350                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 5,575   | R16                            | 375                                | 20                                   | 0   |  |   | 0   | B   | PHT 09                        |
| 6,03  | R17                            | 455                                | 50                                   |   |  |   | 0   | B   |                               |
| 6,477   | R18                            | 447                                | 90                                   |   | 0  |   | 0   | B   | IN2P3                         |
| 6,8   | R19                            | 323                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 7,107   | R20                            | 307                                | 20                                   | 0   |  |   | 0   | C   | PHT 11                        |
| 7,53  | R21                            | 423                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 7,96  | R22                            | 430                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 8,38  | R23                            | 420                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 8,808   | R24                            | 292                                | 70                                   |   | 0  |   | 0   | C   | Centrale C                    |
| 9,1   | R25                            | 292                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 9,4   | R26                            | 300                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 9,7   | R27                            | 300                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 10,007  | R28                            | 307                                | 20                                   | 0   |  |   | 0   | C   | PHT 5                         |
| 10,33   | R29                            | 323                                | 50                                   |   |  |   | 0   | C   |                               |
| 10,685  | R30                            | 355                                | 90                                   |   | 0  |   | 0   | C   | garage di svolta<br>Demi-Tour |
| 11  | R31                            | 315                                | 50                                   |   |  |   | 0   | D   |                               |
| 11,357  | R32                            | 357                                | 20                                   | 0   |  |   | 0   | D   | PHT 17                        |
| 11,73   | R33                            | 373                                | 50                                   |   |  |   | 0   | D   |                               |
| 12,1  | R34                            | 370                                | 50                                   |   |  |   | 0   | D   |                               |
| 12,47   | R35                            | 370                                | 50                                   |   |  |   | 0   | D   |                               |
| 12,86   | Fin                            | 390                                |                                      |   |  |   |   |   | Centrale D                    |
| Media<br>Moyenne  |                                | 357                                |                                      |   |  |   |   |   |                               |
| Numero<br>Nombre  | Rifugi<br>Abris                |                                    |                                      | 6 nei PHT<br>6 dans PHT                               | IN2P3+<br>2 garage<br>svolta<br>+2 centrali<br>IN2P3<br>+2demitou<br>rs+2<br>centrales | 6   | 18  |   |                               |
| Numero totale rifugi<br>Nombre total abris                                    |                                | 35                                 |                                      |   |  |   |   |   |                               |
| Superficie media per 400 m di traforo<br>Surface moyenne pour 400 m de tunnel |                                |                                    |                                      |   | 49,4 m <sup>2</sup>  |   |   |   |                               |

**ALLEGATO 1**

**TAVOLE SCHEMATICHE**



**LEGGENDA**

-  **RIFUGIO ABITI**
-  **Rifugio esistente con PHT (tipo a)**
- Abri existant avec PHT (type a)**
- Rifugio da adattare (Centrali, Demi Tour, Laboratorio INZP3) (tipo b)**
- Abri à adapter (Usine, Demi-Tour, Laboratoire INZP3) (type b)**
- Nuovo Rifugio da scavare - fase 1 di prima realizzazione (tipo c,1)**
- Nouveau Abri à creuser - fase 1 du premier realisation (type c,1)**
- Nuovo Rifugio da scavare - fase 2 di seconda realizzazione (tipo c,2)**
- Nouveau Abri à creuser - fase 2 du deuxieme realisation (type c,2)**

**SITAF - SFTRF**

DISPOSIZIONE SCHEMATICA DEI RIFUGI LUNGO IL TRAFORO  
DISPOSITION SCHEMATIQUE DES ABRIS DANS LE TUNNEL

Data Emisione: 16.05.2000      Scala/Echelle: -      Tavola/Plan: 3.1.V  
Data Revisione: 20.09.2000

STUDIO PROFESSIONALE ASSOCIATO ING. FERRO E CERIONI

**SCENARI INCIDENTALI**

**Gestione dell'emergenza - evacuazione degli utenti**

- a) Incendio autoveicolo
- b) Incendio autocarro pesante con carico infiammabile(max 500 litri gasolio autotrazione)
- c) Incidente stradale con blocco degli occupanti all'interno
- d) Terrorismo
- e) Vandalismo
- f) Avvelenamento da gas di combustione

I riferimenti normativi sono:

- 1) D.Lgs.626 del 19/09/94
- 2) D.M. 10/03/98 –Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro.
- 3) Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n.7938 del 6/12/99
- 4) Circolare Francese n.2000-63 DU 25/8/2000

L'incendio reale e quello simulato del Tunnel del Monte Bianco hanno permesso di avere informazioni dettagliate sul carico d'incendio dovuto ai veicoli e al materiale trasportato, sul comportamento dei fumi, sulla distribuzione della temperatura in un ambiente confinato di tipo lineare.

Il luogo sicuro sembra profilarsi come uno dei vari approcci alla sicurezza e risulta oggi prescelto esclusivamente da italiani e francesi e limitato ad alcune recenti esperienze pilota. Per luogo sicuro s'intende un'area protetta da compartimentazione antincendio ed avente caratteristiche idonee ad ospitare in regime di sicurezza un predeterminato numero di persone anche in caso d'incendio.

Nella prova d'incendio in scala reale effettuata nel Tunnel del Monte Bianco, equipaggiato con strumenti per la misura di vari parametri ambientali (velocità dell'aria, temperatura,

concentrazione dei gas prodotti dalla combustione, avanzamento del fronte dei fumi), è emerso che i suddetti luoghi sicuri devono essere collegati con una galleria di servizio e/o un canale ( che portano direttamente a cielo libero in totale assenza di fumo) per agevolare l'esodo delle persone in assoluta sicurezza.

E' stato confermato che il propagarsi delle fiamme e del fumo rende in brevissimo tempo invivibile l'atmosfera della galleria. Ricordo che la combustione di 1(uno) kg di combustibile produce circa  $14\text{m}^3$ (14000 litri) di fumo, e che è fondamentale l'apporto della ventilazione. Le prove che sono state effettuate bruciando anche idrocarburi e mantenendo la potenza del focolare ad un livello prestabilito tra 10 MW e 100 MW hanno evidenziato che le condizioni di ventilazione trasversale, semitrasversale e/o longitudinale sono però ininfluenti sul controllo dei fumi di un incendio di liquidi infiammabili di potenza superiore a 30MW.

Gli eventuali pozzi di ventilazione presenti lungo la linea, ancorché perfettamente adeguati alla ventilazione in condizioni di esercizio, possono risultare inadeguati per smaltire i fumi di un incendio, a causa della variazione dei parametri aerodinamici dei condotti.

Gli incrementi termici e le concentrazioni dei gas tossici, già dopo poco tempo dall'inizio dell'evento e specie nell'intorno dell'area d'incendio, possono essere rilevanti e tali da rendere invivibile l'ambiente-galleria.

I parametri legati alla visibilità (densità-ottica per metro, oscuramento) possono raggiungere in pochi minuti, specie in dipendenza del tipo e quantità di combustibile presenti, valori tali da rendere difficili o addirittura impossibili eventuali interventi di soccorso anche a grande distanza dal punto di origine del fuoco.

Alcuni studi, avviati anche in Italia sull'argomento, sembrano comunque mostrare la grande importanza posseduta dal parametro Ventilazione nel controllo d'incendi in gallerie. Tale fattore, connesso al rapporto tra la quantità d'aria che è necessaria per la completa combustione del combustibile ( $\approx$ kg 1,2 di aria per kg 1,0 di combustibile) e la quantità di aria che effettivamente arriva alla zona d'incendio, in ogni tipo d'incendio gioca un ruolo importante per la propagazione del fuoco.

Agire sulla ventilazione in presenza d'incendio significa, in sostanza, poter variare detto rapporto con conseguenze sia sulla presenza di gas asfittici e/o velenosi, sia sui massimi incrementi termici raggiungibili nell'intorno del punto d'incendio, sia nella turbolenza dei fumi che ovviamente diminuiscono la visibilità.

Debbo ricordare che nell'incendio del Tunnel del Monte Bianco in circa 7 minuti bruciarono 2500 kg di materiali combustibili con circa 40.000 m<sup>3</sup> di fumo che invasero 700 metri di galleria provocando la morte quasi istantanea di 39 persone (fumi ricchi di acido cianidrico prodotto dalla combustione dell'isolante poliuretano del cassone frigorifero, oltre che di CO) e impedendo ai soccorritori di raggiungere in tempo utile allo spegnimento il Tir belga in fiamme.

Gli eventuali provvedimenti da adottare per la protezione della galleria non possono comunque limitarsi alla ventilazione di tali ambienti.

Per una adeguata protezione le misure da scegliere dovranno essere molteplici ed articolate e dovranno principalmente tener in considerazione il fatto che per le persone eventualmente coinvolte in un incendio potrebbe essere molto difficile o impossibile l'esodo verso le zone all'aperto. Le persone coinvolte non hanno, di norma, né esperienza né addestramento sul comportamento da tenere in caso d'incendio e possono reagire in modo inadeguato e imprevedibile (panico).

La ventilazione normalmente realizzata serve esclusivamente alla diluizione dei fumi prodotti dai motori degli autoveicoli in transito e non all'espulsione dei fumi di un incendio e in particolare d'incendio di materiali infiammabili (benzine, gasoli...) che hanno una velocità di combustione 10 volte superiore a quella dei combustibili solidi. Ovvero un incendio di un automezzo che trasporta materiali solidi combustibili e non infiammabili ad eccezione del carburante in dotazione, può essere facilmente controllato.

Tra i vari provvedimenti appare certamente idonea la realizzazione dei rifugi, luoghi sicuri o zone di sicurezza entro cui però l'esodo delle persone dovrebbe essere convogliato.

Un esempio di luogo sicuro è la seconda canna.

Anche la realizzazione di rifugi collegati a percorsi che danno all'aperto può garantire l'esodo di coloro che dovessero essere coinvolti nell'incidente a condizione però che il



- 1) non sempre gli occupanti possono lasciare il Tunnel o essere soccorsi altrimenti
- 2) non sempre i sistemi di ventilazione sono idonei a tenere il fumo fuori dagli spazi interessati dalle aree di rifugio
- 3) non sempre è possibile raggiungere il luogo dell'incendio e tenere lo stesso sotto controllo

Per risolvere i tre punti sopra citati è necessario mettere i soccorritori in condizione di raggiungere il luogo dell'incendio senza entrare nel Tunnel, invaso dal fumo, costruendo in parallelo al Tunnel una galleria di servizio, comunicante con questo ogni 300 metri che garantisca la circolazione dei pedoni e l'accesso agli automezzi di soccorso e a quelli dei vigili del fuoco.

Per quest'ultimi i requisiti minimi di detta galleria devono essere:

|                       |   |
|-----------------------|---|
| larghezza:            | 3,50 metri  |
| altezza libera:       | 4,00 metri  |
| raggio di volta:      | 13,00 metri   |
| pendenza:             | non superiore al 10%                                    |
| resistenza al carico: | 20 Ton (8 sull'asse anteriore, 12 sull'asse posteriore) |
| passo:                | 4,00 metri  |

Detta galleria di servizio potrebbe essere utilizzata oltre che per l'esodo degli utenti e per il transito dei mezzi di soccorso anche, eventualmente, per il transito, sotto scorta di particolari carichi.

SCENARIO TECNOLOGICO ED OPPORTUNITÀ

1. Premessa

La **sicurezza stradale** costituisce un problema di assoluta rilevanza sociale in un contesto mondiale che registra una continua crescita della mobilità di passeggeri e merci. Per questo l'impegno dei costruttori automobilistici è teso al miglioramento continuo dei requisiti di sicurezza.

Configurando la sicurezza stradale come un *triangolo uomo-strada-macchina* in cui interagiscono diversi fattori : l'affidabilità del veicolo, la corretta manutenzione, la guida in buone condizioni fisiche, l'ambiente in cui ci si muove, l'adeguatezza delle infrastrutture, si scopre che il *fattore umano* è comunque all'origine della stragrande maggioranza degli incidenti.

Diviene quindi necessaria la **diffusione di tecnologie**, spesso già disponibili nel campo della comunicazione e della telematica, che consentano un *supporto* per il guidatore facilitandolo e, se necessario *sostituendolo*, nei diversi compiti che caratterizzano la guida del veicolo.

L'applicazione di tali tecnologie su veicolo può arrivare alla realizzazione di sistemi/funzioni in grado di **cancellare gli errori dei guidatori sostituendosi ad essi o aiutandoli** (come ABS, ASR, ESP, X-by-wire, Corner-by-wire, etc) completando alcune funzioni tipiche della guida quali il *controllo laterale* (Monitoraggio angolo cieco, Sorpasso assistito, Mantenimento Corsia) e *longitudinale* (Allarme anticollisione, Cruise Control Adattativo, Stop&Go, Anticollisione).

In questo contesto, il Centro Ricerche Fiat, in ambito di progetti Nazionali ed Europei, o strettamente ed univocamente per i Settori del Gruppo, ha sviluppato sistemi completi di ausilio alla guida integrati con concetti di comunicazione bi-direzionale veicolo-infrastruttura e veicolo-veicolo, in particolare *veicoli, anche commerciali ed industriali, che svolgono le principali funzioni di controllo longitudinale e laterale (supporto) in scenari autostradali ed urbani sino al concetto di guida automatica (sostituzione), finalizzati ad una maggiore sicurezza e comfort per il guidatore e per chi lo circonda, all'ottimizzazione del flusso dello scorrimento del traffico ed alla conseguente riduzione delle emissioni.*

## **2. Esperienze ed attività in corso : Stato dell'arte**

### **2.1. Nord America**

Le tematiche maggiormente affrontate dai programmi di ricerca Americani riguardano l'ingegneria di sistema e la standardizzazione con una impostazione di tipo *technology driven*, dove vengono sviluppati i dispositivi che la tecnologia rende possibile.

Esaminando l'elenco delle tematiche promosse dal programma di ricerca ITS (Intelligent Transportation Systems) si trovano molti progetti sia nell'area *Travel and Transportation Management* (40 progetti in fase di ricerca/sviluppo e 40 operativi), sia nell'area *Advanced Vehicle Control and Safety Systems* (34 progetti in fase di ricerca/sviluppo) di cui numerosi riguardano tematiche di Sicurezza Preventiva/Attiva quali Cruise Control Adattativo ed Anticollisione con particolare attenzione alle fasi di *User requirements ed Impact analysis*.

In previsione, dai risultati di tali progetti, nel 2004 il 14% dei veicoli saranno equipaggiati con sistema CCA/Collision warning. A partire dal 1992 il radar vorad è stato installato su 1200 autobus a Dallas per la segnalazione di ostacoli frontali, con conseguente riduzione di incidenti del 20%.

La sinergia tra i progetti delle varie aree è orientata verso *l'Automatic Highway*, per garantire compatibilità tra i diversi sistemi molta enfasi viene data agli *standard* (Programmi SAE e IEEE).

### **2.2. Giappone**

In diversi programmi giapponesi si può notare un approccio incrementale verso *l'autostrada automatica* ed il controllo del traffico (finanziati dall'*Highway Public Corporation* e dall'Associazione sul *Traffic Management Technology*).

I principali programmi di ricerca finanziati in Giappone relativamente all'*Advanced Vehicle Control Systems* sono:

ARTS (Advanced Road Transportation System) finanziato dal Ministero delle Costruzioni.

ASV (Advanced Safety Vehicle) finanziato dal Ministero dei Trasporti.

Il Ministero del Commercio e dell'Industria finanzia i programmi IV (Intelligent Vehicle), PVS (Personal Vehicle System) ed SSVS (Super Smart Vehicle System).

Da anni le maggiori case automobilistiche presentano *concept* con il controllo laterale e longitudinale del veicolo ed il link con l'infrastruttura.

La Mitsubishi, per prima a livello mondiale, nel 1995 ha offerto per il mercato giapponese, opzionalmente su vettura Diamante la funzione Cruise Control Adattativo.

Da anni sono inoltre in produzione sistemi Lidar di segnalazione ostacoli per vetture e veicoli industriali (Nissan, Mitsubishi).

### 2.3. Europa

L'Europa si muove maggiormente sul fronte della esplorazione e valutazione di numerose alternative attraverso finanziamento dell'Unione Europea.

Dopo i programmi PROMETHEUS e DRIVE orientati rispettivamente al sistema veicolo e al traffico, sono stati promossi nell'ambito del Telematics Applications Programme - DGXIII progetti finalizzati al controllo longitudinale (Anti Collision -ASSIST - Autonomous Support, Safety and Intervention SysTem , Urban Drive Control), al laterale (LACOS – Lateral Control Support), al *platooning* (CHAUFFEUR - Car Handling Automation For Failsafe European Roadways ) ed all'aiuto per il guidatore in caso di malore (SAVE).

Nell'ambito del 5<sup>th</sup> Programma Quadro, evidenziati i limiti delle tecnologie per la ricostruzione dell'area di manovra, sono stati finanziati progetti per lo sviluppo di sensori corto e lungo raggio (RADARNET, CARSENSE, CHAMELEON, PROTECTOR, SAFE TUNNEL) e la loro integrazione e validazione su veicolo al fine di rilevare e proteggere i pedoni, ridurre l'impatto a seguito di collisioni, costruire una cintura di sicurezza virtuale attorno al veicolo per consentirgli manovre anche automatiche di anticollisione.

Anche i primi documenti che impostano i contenuti strategici del 6<sup>th</sup> Programma Quadro insistono sul tema della sicurezza e della necessità di integrazione del veicolo con l'infrastruttura, evidenziando la necessità di integrare l'esperienza dei costruttori di veicoli con quella dei gestori delle infrastrutture per perseguire lo sviluppo di un *sistema integrato veicolo-infrastruttura intelligente*.

All'interno dell'Europa si possono inoltre notare diversi approcci a seconda delle nazioni coinvolte e dei relativi programmi nazionali.

La Germania per esempio sia per autofinanziamenti delle case automobilistiche, sia grazie alla disponibilità di grossi mezzi economici provenienti da finanziamenti pubblici nazionali (dopo PROMETHEUS è stato lanciato il progetto MOTIV 2000, e recentemente il progetto INVENTOR) è molto sensibile nel promuovere nuove funzioni finalizzate alla sicurezza, seguita da Inghilterra (Programma nazionale SECURE), Francia (VSR - Véhicule et Sécurité Routière) e Svezia.

In Italia non esiste un corrispondente finanziamento nazionale e quindi gli sviluppi sono fortemente legati alle prospettive di mercato e di prodotto: lo sviluppo di una funzione viene intrapreso solo quando sono soddisfatti alcuni requisiti di base, in particolare di redditività a breve/medio termine.

### **3. Le tecnologie per i servizi**

Noi non possiamo conoscere il futuro, ma possiamo identificare cambiamenti tecnologici, finanziari e trend che possono inevitabilmente modificare le circostanze che cambieranno il nostro stile di vita.

**"Prevedere"** significa quindi, attraverso l'esperienza dei progetti in corso e di imminente avvio, l'analisi di come si muovono standardizzazione, normativa, mercato e clienti, la conoscenza delle evoluzioni tecnologiche e dello scenario socio-culturale **disegnare come il veicolo potrà realisticamente essere nel prossimo ventennio.** (rif. Figura 1)

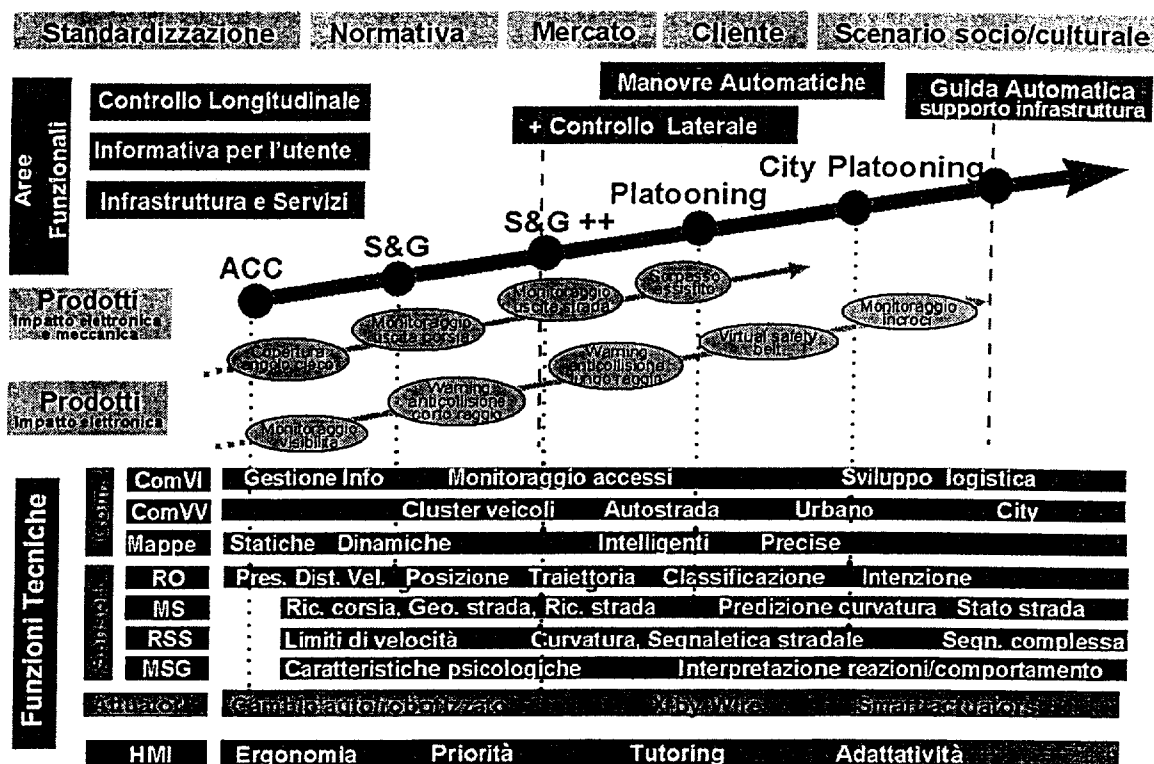


Figura 1

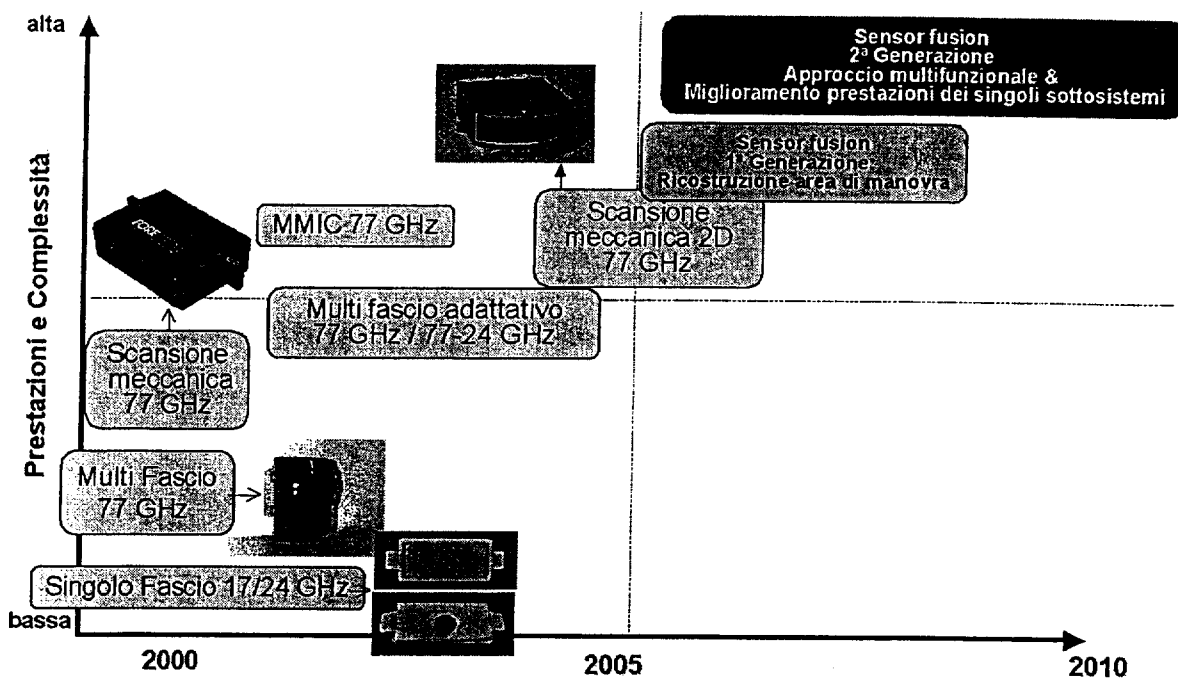
Legenda:

- HMI: Interfaccia uomo-macchina
- MSG: Monitoraggio Stato Guidatore
- RSS: Riconoscimento Segnaletica Stradale
- MS: Monitoraggio Strada
- RO: Riconoscimento Ostacoli
- ComVV: Comunicazione Veicolo Veicolo
- ComVI: Comunicazione Veicolo Infrastruttura

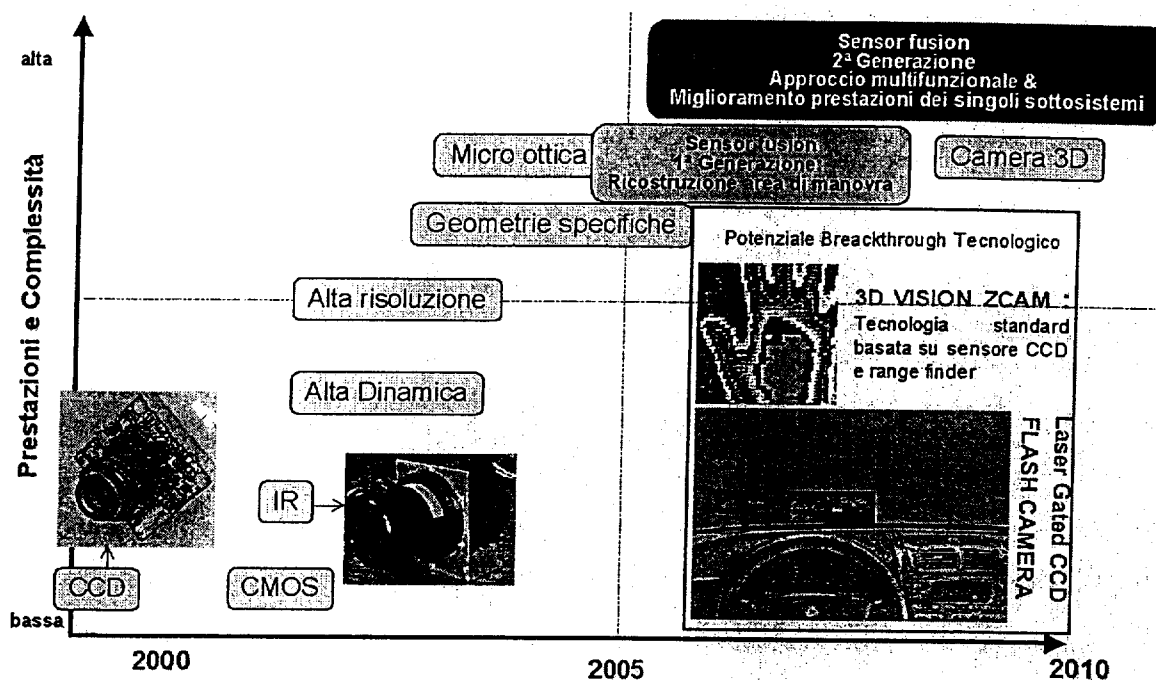
La figura, concordata a livello Europeo, evidenzia l'impatto delle funzioni tecniche nei prodotti per garantire la copertura delle aree funzionali: dal semplice controllo longitudinale (Cruise Control Adattativo già in produzione), alla sua integrazione con il controllo laterale, sino ad arrivare alla guida automatica con il significativo apporto delle tecnologie della comunicazione.

Un dettaglio contenente l'evoluzione delle tecnologie rilevanti per lo studio del tunnel ausiliario del Frejus, a rafforzare la fattibilità della road map disegnata, è riportato nelle figure seguenti.

### Tecnologie Radar



## Tecnologie dei Sistemi di Visione



Grazie alla continua evoluzione delle tecnologie legate al mondo delle telecomunicazioni, i servizi e le funzioni telematiche realizzabili sono sempre più numerosi e diversificati. Per quanto riguarda il settore veicolistico, fondamentale è l'utilizzo di un'unità telematica, generalmente costituita da sistema di localizzazione satellitare (GPS) e da un modulo di comunicazione voce/dati (GSM).

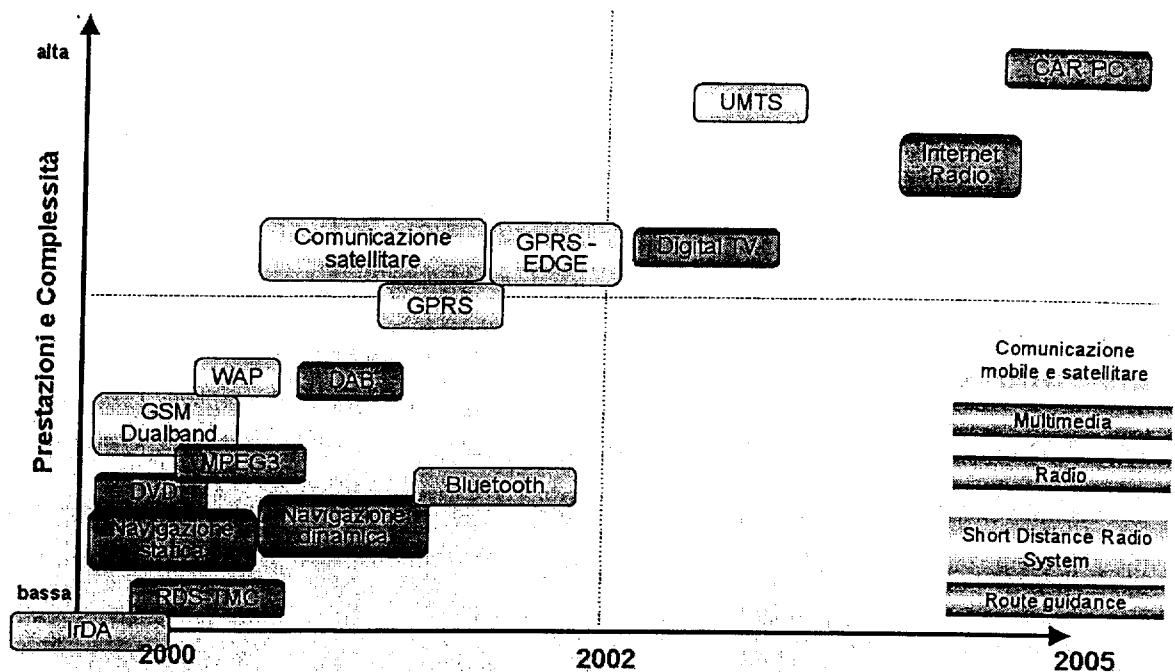
La diade GPS-GSM costituisce un'entità identificabile come nucleo telematico minimo in quanto elemento indispensabile per la maggior parte dei servizi e delle funzioni di informazione a distanza. I recenti sviluppi, soprattutto nel campo delle comunicazioni, hanno tuttavia posto le basi per una massiccia diffusione di dispositivi telematici evoluti, le cui caratteristiche innovative potrebbero favorire ulteriormente la penetrazione della telematica nelle applicazioni consumer. Agli aspetti strettamente legati alla componentistica hw occorre inoltre aggiungere l'evoluzione del software (WAP, Point to Point Protocol, Java VM, RTOS) e dei protocolli di rete attraverso cui il terminale può accedere ai servizi.



Di seguito vengono elencate le tecnologie attualmente disponibili e quelle in evoluzione, che costituiranno il nucleo tecnologico base dei sistemi di prossima generazione:

- **GPS (Global Positioning System):** sistema di posizionamento globale, sviluppato negli anni 70. Poco costoso ma impreciso (causa restrizioni imposte dall'uso in ambiente militare)
- **GSM (Global System for Mobile communications):** sistema globale di comunicazioni mobili, introdotto a fine anni 80. Basso costo, prestazioni voce: bassa qualità, dati: basso *rate*.
- **GSM – HSCSD (High Speed Circuit-Switched Data):** GSM dati commutato ad alta velocità, mai attivato. Costo di esercizio elevato, velocità dati fino a 8 volte superiore al GSM.
- **GSM – GPRS (General Packet Radio Service):** Servizi GSM con commutazione a pacchetto, disponibile a fine 2000. Costi contenuti e legati al traffico, velocità fino a 170 Kbps.
- **GSM – WAP (Wireless Application Protocol):** Servizio di accesso a dati tramite cellulare, in fase di sperimentazione. Estremamente promettente.
- **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System):** Sistema di comunicazione mobile universale, in fase di definizione (2002). Servizi dati fino a 384 Kbps (veicolare).
- **Satellite telephone:** Sistema di telefonia satellitare, già attivo (2000). Costi molto elevati, scarso successo da parte dell'utenza.
- **Bluetooth:** Rete locale wireless a 2,45 GHz, in fase di standardizzazione. Estremamente promettente anche per applicazioni veicolari (oltre che domestiche).
- **DAB (Digital Audio Broadcasting):** trasmissione digitale radio + dati (1 Mbps), in fase di sviluppo. integrazione servizi (larga banda) radio, info-traffico, D-GPS, cartografia, ecc.)
- **TETRA (Terrestrial Trunked Radio):** radio mobili ad accesso pubblico, sperimentale (fine 2000 in commercio). Analogo GSM ma elevata affidabilità/qualità (es. servizi pronto intervento)

Lo schema seguente evidenzia la road map delle tecnologie della comunicazione.



#### 4. Scenario dei servizi

L'introduzione e la diffusione delle tecnologie telematiche, ha originato la nascita del business dei servizi e di aziende atte a fornire tali servizi (*service provider*) o a raccogliere informazioni per i servizi (*content provider*). Lo scenario della telematica applicata ai veicoli deve tenere in considerazione ed evidenziare i servizi che non possono prescindere dalla presenza dell'automobile rispetto a quelli che possono essere erogati direttamente attraverso terminali a basso costo (telefono cellulare, PC palmtop, ecc.).

Qui di seguito si propone una breve rassegna di alcuni importanti servizi telematici per l'auto, già disponibili in versioni più o meno avanzate:

- **Telefonia mobile:** sono già sul mercato sistemi evoluti vivavoce e messaggistica SMS (GSM).
- **Navigazione su Internet:** il protocollo WAP consente di avere a bordo veicolo interfacce *web-like* nonostante la limitata capacità grafici e di memoria dei dispositivi, e la banda ridotta.

- **Telenavigazione:** Consente di ricevere a richiesta da una centrale informazioni sul percorso migliore in base ad opzioni selezionate (distanza minima, esclusione vie di comunicazione, ecc.). Il livello di dettaglio delle indicazioni fornite e di interazione dipendono da caso a caso.
- **Telemonitoraggio e telediagnosi:** Fornisce vari servizi (assistenza veicolo in panne, controllo stato del mezzo). sulla base di dati diagnostici raccolti da centraline sul veicolo (controllo motore, controllo ABS, ecc.) e trasmessi ad una centrale remota insieme alla posizione (GPS).
- **Telematica per la pianificazione degli interventi:** Garantisce una pianificazione mirata degli interventi di manutenzione del veicolo, grazie al trasferimento ad una centrale di gestione tecnica dei dati raccolti a bordo veicolo (riduzione spese manutenzione, fermo veicolo).
- **Antifurto telematico:** Comprende varie opzioni, tra cui: tracciamento veicolo in caso di furto o dimenticanza luogo posteggio; verifica a distanza di stati anomali (chiusura porte, autoradio accesa, ecc.); invio da veicolo della posizione corrente in caso di attivazione antifurto; controllo remoto del veicolo (blocco - sblocco porte, disattivazione sirena antifurto, ecc.).
- **Tele-soccorso (assistenza su chiamata):** Consta nella comunicazione (automatica o manuale) da parte del veicolo ad una centrale di una situazione di emergenza meccanica, medica o di sicurezza personale, corredata dall'informazione di posizione.
- **Tele-pagamento:** Il sistema a bordo veicolo può essere dotato di una apposita interfaccia utente per dispositivi esterni tipo Telepass, pagamento parcheggi, altre utenze (es. ZTL).
- **Informazioni sul traffico:** Comunicazione al veicolo di eventi di congestione del traffico (relativi alla posizione del veicolo), da parte di una centrale (RDS-TMC, GSM cell broadcast).
- **Informazioni sul viaggio:** Su turismo, logistica, ecc., trasmesse all'utente in modalità dati (es. Internet) o tramite SMS (su richiesta vocale). Possono essere personalizzate.

- **Gestione flotte:** Funzioni di base del servizio sono il tracciamento periodico dei veicoli, l'invio e la ricezione di messaggi riguardanti la variazione della missione del veicolo, ecc. Si hanno vantaggi in termini di maggiore efficienza e flessibilità nella gestione dei mezzi e semplificazione degli aspetti amministrativi e logistici (principalmente flotte pubbliche).
- **Speed enforcement:** Possibilità di controllare in remoto la velocità del mezzo, inviando un segnale di velocità al veicolo che, entrando direttamente nella centralina controllo motore, sostituisce la richiesta di velocità che il guidatore fa attraverso il pedale acceleratore.

Nei prossimi anni è previsto lo studio, l'implementazione e la sperimentazione di **soluzioni logistiche evolute**, basate sull'integrazione delle tecnologie della comunicazione con le tecnologie dei sistemi di Ausilio alla Guida per il controllo automatico del veicolo.

## 5. **Opportunità per il traforo del Frejus**

### 5.1. **Introduzione**

I contenuti dello scenario tecnologico precedentemente illustrato insieme all'ipotesi di realizzare una galleria di sicurezza con sezione a una corsia di marcia o a una corsia di marcia + emergenza rende possibile prevedere un utilizzo della galleria stessa anche per il passaggio di veicoli da trasporto ed in particolare di veicoli per il trasporto merci.

E' evidente che l'utilizzo della galleria per il trasporto deve tenere presente alcuni vincoli e alcune esigenze specifiche, quali:

- la galleria essendo monodirezionale consente il passaggio dei veicoli alternativamente o in una direzione o nell'altra
- Eventuali guasti ai veicoli nella galleria devono essere convenientemente gestiti.
- È necessario poter interrompere in qualsiasi momento e nel più breve tempo possibile il transito dei veicoli per consentire il passaggio dei veicoli di emergenza

Dalle precedenti necessità discende una ulteriore condizione:

- la gestione del transito dei veicoli nella galleria deve essere di tipo automatico (o almeno assistito).

Si possono quindi fare alcune ipotesi aggiuntive in relazione al livello di automazione disponibile.

Il minimo denominatore comune a tutte le ipotesi è la possibilità di avere una comunicazione voce e dati altamente affidabile fra veicoli e un centro di controllo del transito dei veicoli nella galleria.

Elemento aggiuntivo è la possibilità di controllare direttamente la marcia dei veicoli in modo centralizzato. Questo può essere fatto in modalità totalmente automatica potendo agire sugli attuatori (sterzo, motore, freni) direttamente dal centro di controllo, (escludendo quindi il guidatore), o in modo semiautomatico imponendo ai guidatori comportamenti e manovre da effettuare.

E' ovvio che nel primo caso i veicoli devono avere equipaggiamenti elettronici avanzati di livello superiore (peraltro compatibili con lo scenario tecnologico descritto nel precedente paragrafo). Mentre nel secondo caso è opportuno che i veicoli abbiano una dotazione minima che comprenda almeno:

- controllo laterale per mantenere la corsia
- controllo longitudinale anti collisione.

Con queste premesse è allora possibile ipotizzare una gestione "intelligente" dei transiti di veicoli nella galleria.

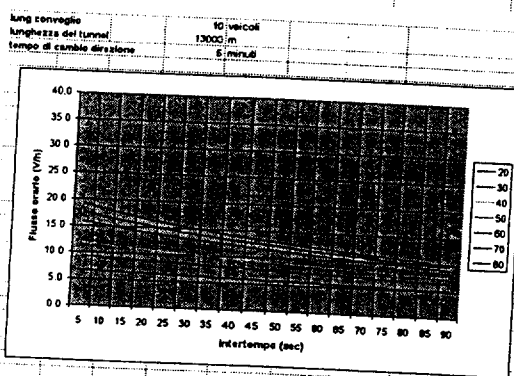
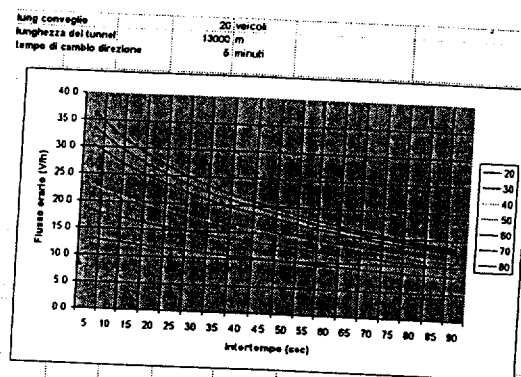
## **5.2. Schema di modello di esercizio**

La potenzialità del collegamento sia nel caso di "automazione totale" che "parziale" è strettamente legata ad alcune variabili che debbono essere convenientemente definite in sede di progetto, in particolare:

- la velocità target che si intende adottare per percorrere la galleria,
- il distanziamento minimo fra i veicoli
- il distanziamento medio fra i veicoli
- la dimensione del convoglio, ovvero la quantità di veicoli (con distanziamento medio) che si intende fare passare in ciascuna direzione alternativamente.

I seguenti grafici riportano l'andamento del flusso orario (capacità) per direzione di marcia in funzione del distanziamento fra i veicoli e della velocità. I due grafici sono ottenuti per

due diversi valori del numero di veicoli che alternativamente utilizzano la galleria, e considerano un tempo di non utilizzo della galleria nel cambio fra una direzione e l'altra di 5'.



Vale la pena di osservare i valori di flusso orario (capacità) in corrispondenza a valori ragionevoli dei parametri del modello di esercizio, ad esempio con:  $vel = 60 \text{ Km/h}$ ,  $intertempo = 60''$ , numero veicoli = 10, il valore della capacità oraria è di circa 11 veicoli /h, mentre con convogli da 20 veicoli la capacità sale a poco meno di 16 V/h. Tali valori assommano, su base giornaliera, rispettivamente a 264 e 384 veicoli in transito per ogni direzione.

Considerando che oggi il numero di transiti medi giornalieri varia da 1700 a 2700 in direzione Italia e tra 2200 e 3200 in direzione Francia, la potenzialità della galleria ad automazione totale o parziale è quindi variabile fra l'8% e il 22%. Questo valore è sicuramente compatibile con la possibilità di formare i convogli nel tempo allocato, (per i due casi precedenti rispettivamente 28 e 38 min.) ma dovrà essere valutata la capacità dei

piazzali dove si devono formare i convogli. Inoltre le percentuali trovate sembrano compatibili con i valori di tasso di diffusione dei veicoli "intelligenti" all'orizzonte temporale del 2010-2015.

Come detto in premessa l'utilizzazione della galleria di sicurezza anche per il transito di veicoli deve poter essere sospesa in modo repentino per consentire l'uso della galleria per le operazioni di emergenza. Ciò richiede la possibilità di "parcheggiare" i veicoli in transito in luoghi opportuni. Utilizzando ancora i dati precedenti si ha che i veicoli intervallati di 60" a 60 Km/h sono distanti 1000 m, sarà allora necessario predisporre delle "piazzole" ogni 1000 m., mentre dovrà essere previsto che gli ultimi 1500 m prima delle uscite dalla galleria siano a due corsie in modo che nella situazione più critica (necessità di inviare un veicolo di emergenza in contro mano a velocità doppia rispetto a quella dei veicoli in arrivo), i veicoli nella galleria, che potrebbero interferire con il veicolo di emergenza, possano essere "parcheggiati" immediatamente senza introdurre ritardi all'ingresso del veicolo di emergenza.

## 6. **Conclusione**

Pur con i limiti connaturati ad una analisi di larghissima massima, quale quella precedentemente esposta, è possibile ipotizzare un modello di esercizio che preveda l'utilizzo della galleria di sicurezza anche per il transito di veicoli da trasporto merci. Tale utilizzo è però possibile solo a condizione di poter controllare in modo continuo e affidabile il movimento di qualsiasi veicolo che utilizzi la galleria medesima. La potenzialità del modello di esercizio ipotizzato è peraltro compatibile con i livelli attesi di "automazione" dei mezzi ed è significativa in termini quantitativi.







**SOCIETE FRANCAISE DU  
TUNNEL ROUTIER DU FREJUS**

**SOCIETA ITALIANA TRAFORO  
AUTOSTRADALE DEL FREJUS**



**TUNNEL ROUTIER DU FREJUS  
TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS**

**DISPOSITIF D'EVACUATION DU TUNNEL  
NOTE DE SYNTHESE**

**DISPOSITIVO D'EVACUAZIONE TUNNEL  
NOTA SINTETICA**

|      |      |            |        |         |                              |
|------|------|------------|--------|---------|------------------------------|
| B    |      | ES         | PG     | YD      |                              |
| A    |      | ES         | PG     | YD      |                              |
| Ind. | Date | Etabli par | Vérif. | Approb. | Modifications - Observations |

|  |                   |
|--|-------------------|
|  | Date : MARZO 2001 |
|  |                   |
|  |                   |

## 0. PRESENTAZIONE

L'obiettivo della presente è di rispondere alle richieste del Comitato di Sicurezza del Tunnel del Frejus formulate nel corso della riunione del 12 e 13 ottobre 2000 (punto 8 del verbale), « approfondimento degli studi relativi ai Luoghi Sicuri complementari tenendo conto di tutte le ipotesi, comprese quella della costruzione di una galleria di sicurezza parallela, tenendo conto delle Istruzioni Tecniche ».

## 1. STATO DEI LUOGHI

Attualmente esistono 8 luoghi sicuri ventilati che distano l'uno dall'altro 1,4 Km. circa : 6 situati nei locali tecnici (PHT) ; 2 all'altezza delle centrali B e C (vedi piantina allegata).

Sono stati effettuati diversi studi elencati dettagliatamente nei seguenti documenti :

- situazione attuale e soluzioni realizzabili per la sicurezza nel Tunnel del Frejus (riferimento w vf 1898 del 06/02/01) ;
- resistenza al fuoco delle condotte di ventilazione (PK 0 / 6500), riferimento 16947/S/T/Z/004 ;
- nuovi rifugi, riferimento 16946/S/T/X/0003 ;
- soluzione mista Luoghi Sicuri + gallerie, riferimento 16946/S/T/Z/0006 ;
- costo e tempi di realizzazione delle diverse soluzioni, riferimento 16946/S/T/Z/0007 ;
- Luoghi Sicuri supplementari – dossier del progetto (febbraio 2001), riferimento 16946/S/T/Z/0005.

La presente nota fornisce una sintesi di questi studi.

## 2. PRINCIPIO DEI DISPOSITIVI D'EVACUAZIONE ESAMINATI

Sono state sviluppate due linee direttrici :

- la prima è basata sul principio dei Luoghi Sicuri ventilati pressurizzati, collocati ad una distanza di 400 m. circa uno dall'altro, che permettono di evacuare gli utenti attraverso la condotta di aria fresca del Tunnel, in attesa dell'intervento dei soccorsi. Oltre ai 6 luoghi sicuri già esistenti ed ai 5 da sistemare o risistemare nelle piazzole di inversione e nelle centrali, altri 22 saranno scavati nella roccia. La geometria dei Luoghi Sicuri varia in base alla possibilità di lavorare in assenza di traffico o meno (3 diverse possibilità). La scelta dipende dall'autorizzazione che è indispensabile per poter portare sui cantieri piccole quantità di esplosivo (15 Kg.) con la sola precauzione della scorta da parte di un mezzo di tipo TMD, (questa autorizzazione, nel corso della realizzazione del laboratorio sotterraneo, consentiva il trasporto di 50 Kg. di esplosivo). Considerato che la struttura delle condotte di ventilazione non resiste al fuoco HCM per due ore intere, deve necessariamente essere prevista una protezione termica per conferirle questa resistenza, almeno per quanto riguarda le zone in cui ciò si rende necessario per l'evacuazione degli utenti.

Lo schema dei principi è illustrato nelle planimetrie 2 e 5.

- la seconda è basata sul principio di una galleria di soccorso parallela al Tunnel per tutta la sua lunghezza e totalmente indipendente da quest'ultimo, ad una distanza che può variare da

20 a 30 metri, e che si raccorda al Tunnel ogni 400 metri circa, mediante by-pass (SAS), ed ai PHT (accesso di servizio).

La sezione di questa galleria di soccorso può essere adattata. Una sezione minima di 3 metri di diametro interno ( $10 \text{ m}^2$  di scavo) dovrà necessariamente essere corredata da allargamenti (in media di 50 metri ogni 400 metri) per consentire l'incrocio di veicoli sia durante i lavori, sia per i mezzi di soccorso in servizio (soluzione 2.1).

Può essere presa anche in considerazione una sezione più grande di 4,8 metri di diametro interno ( $24 \text{ m}^2$  di scavo), analoga alla galleria di servizio del tunnel sotto la Manica ; questa permetterebbe di disporre di uno spazio maggiore e permetterebbe quindi l'incrocio di piccoli veicoli specifici ed anche un simultaneo camminamento pedonale, evitando di realizzare degli allargamenti localizzati; essa è quindi più adatta all'utilizzo di un mezzo Tunnelier (TBM).

Una sezione superiore, che consenta due sensi di marcia e due marciapiedi (80 mq di scavo come minimo) è da prendere in considerazione e corrisponderebbe al raddoppio del tunnel stesso : in quest'ultimo caso non saranno sistematicamente previsti dei collegamenti tra i due tunnel. Possono essere prese in considerazione dei By-pass fra i due trafori ogni 1000 mt.

Fino a 4.80 metri di diametro interno, uno scavo con la perforatrice può essere ipotizzato (almeno per quanto concerne l'imbocco italiano), ma dovrà essere analizzato più dettagliatamente per adattarsi alle forti convergenze della zona centrale.

Lo schema è illustrato sulle planimetrie 3 e 6.

Dalle due linee direttrici sopra descritte, emerge una terza soluzione che si può denominare « mista » : si tratterà di realizzare partendo da ogni estremità del tunnel, una galleria di sicurezza (come nella seconda soluzione) ma questa galleria si interromperà all'altezza delle centrali di ventilazione B e C. Nella parte centrale del tunnel saranno realizzati dei luoghi sicuri (come nella prima soluzione) nella misura di otto unità ; sarà realizzata inoltre la protezione al fuoco della soletta delle condotte di ventilazione per l'intera distanza tra le due centrali.

L'interesse tecnico di questa soluzione consiste nel fatto che, a priori, riduce i rischi e le difficoltà di ciascuna delle due soluzioni di base :

- il numero ridotto dei luoghi sicuri da scavare permette di prevedere un lasso di tempo di realizzazione più corto e quindi minori perturbazioni alla circolazione.
- L'assenza della galleria nella parte centrale del tunnel, zona soggetta a forti deformazioni come già osservato in fase di costruzione del tunnel stesso, riduce fortemente i rischi geotecnici e la durata di tali lavori.

Questa soluzione, presa in considerazione esclusivamente nella configurazione con galleria a piccolo od eventualmente a medio diametro, è schematizzata sulla planimetria n. 4

Nel caso in cui venga presa in considerazione una galleria, essa sarà realizzata ad est del tunnel (cioè sul lato opposto al tunnel ferroviario) essenzialmente per ragioni di accessibilità agli imbocchi, soprattutto per il versante italiano.

### 3. SINTESI

Le planimetrie allegate, sintetizzano l'insieme delle soluzioni analizzate; per ognuna il grado di adeguamento alla circolare interministeriale n. 2000-63 è precisato. Sono inoltre stati stabiliti i criteri decisionali qui di seguito elencati :

- le restrizioni relative alla larghezza della carreggiata o alla circolazione nel corso della realizzazione dei lavori ;
- le incidenze sulla struttura stessa del tunnel ;
- i mancati incassi legati alla diminuzione del traffico durante certe fasi dei lavori ;
- la stima dei tempi di realizzazione ;
- la stima del costo dei lavori ed i mancati introiti.

# 1. LUOGHI SICURI COMPLEMENTARI (22 UNITA')

| Soluzione  | Tabella | Adeguamento alla circolare n. 2000/63 Particolarità di accesso | Incidenza dei lavori sulla circolazione   | Altri problemi particolari in fase di cantiere   | Incidenza della sistemazione rispetto alla integrità dell'opera | Costo della sistemazione<br>M. di Euro € (tasse escluse) |   |                     |                                       |                          |                                    | Mancati introiti in M. EURO | Tempi di realizzazione | Disponibilità dei dispositivi di evacuazione   |  |
|--|---------|--|---|--|---|--|---|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|--|--|
|  |         |  |   |  |   | Sezione corrente di galleria allargamenti compresi       | Galleria di comunicazione con il tunnel | Luoghi sicuri       | Protezione antincendio delle condotte | Installazione e centrali | Studi e controlli 10% e S.A.V. 15% |                             |                        |  | Totale   |
| 1.1.<br>Luoghi sicuri scavati con mezzi meccanici ed esplosivo a piccole cariche + protezione antincendio delle condotte per tutta la loro lunghezza | 2 e 5   | Buono -<br>Meno pratico rispetto ad una galleria               | - riduzione della larghezza delle corsie a 3,25 mt. su circa 100 mt. in 4 punti distinti del tunnel,<br>- per posa protezione delle condotte, 5 settimane effettuando 2 volte la circolazione alternata su 200 mt., 3 volte in due anni | - trasporti di esplosivi nel tunnel (deroga necessaria) - nel corso delle operazioni di brillamento interruzione del traffico per qualche minuto all'altezza del cantiere interessato (isolato dal tunnel mediante porta stagna) | Molto localizzata - vibrazione ridotta                          | 0  | 0                                       | 22 u x 1,22 = 27 M€ | 138000 M2 x 100 € = 14 M€             | 11 M€                    | 14 M€                              | 66 M€                       | 21 giorni = 15 M€      | 41 mesi 24h24 5 giorni su 7 in presenza di traffico  | 4 luoghi sicuri supplementari disponibili nell'arco di 11 mesi, poi 4 ogni 6 mesi. Totalità dei luoghi sicuri in 41 mesi   |
| 1.2.<br>Luoghi sicuri scavati mediante cariche esplosive maggiori + protezione antincendio delle condotte per tutta la loro lunghezza                | 2 e 5   | Buono -<br>Meno pratico rispetto ad una galleria               | - riduzione della larghezza delle corsie a 3,25 mt. su circa 100 mt. in 4 punti distinti del tunnel,  |  | Molto localizzata - vibrazione che sarà necessario ridurre      | 0  | 0                                       | 22 u x 1 = 22 M€    | 14 M€                                 | 11 M€                    | 13€                                | 60 M€                       | 135 giorni ossia 94 M€ | 39 mesi continuati in presenza di traffico - 1,5 mesi di interdizione al traffico per anno 9 | 8 luoghi sicuri complementari disponibili in 16 mesi (un terzo della lunghezza del tunnel) la totalità prevista in 39 mesi |

## 2. GALLERIA DI SICUREZZA SU TUTTA LA LUNGHEZZA (12.900 M)

| Soluzione                           | Tabella | Adeguamento alla circolare n. 2000/63 Particolarità di accesso                     | Incidenza dei lavori sulla circolazione                  | Altri problemi particolari in fase di cantiere                        | Incidenza della sistemazione rispetto alla integrità dell'opera | Costo della sistemazione<br>M. di Euro € (tasse escluse) |   |               |                                       |                          |                                    | Mancati introiti in M. EURO | Tempi di realizzazione | Disponibilità dei dispositivi di evacuazione   |  |
|-------------------------------------|---------|--|--|---|---|--|---|---------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|--|--|
|                                     |         |  |  |   |   | Sezione corrente di galleria allargamenti compresi       | Galleria di comunicazione con il tunnel | Luoghi sicuri | Protezione antincendio delle condotte | Installazione e centrali | Studi e controlli 10% e S.A.V. 15% |                             |                        |  | Totale   |
| 2.1.<br>Diametro interno di metri 3 | 3 e 6   | Buono<br>Previsione di mezzi specifici.<br>Ridotta possibilità di incrocio veicoli | Limitata alla fase finale della perforazione dei by-pass | Superamento delle zone a forte deformazione = forti rischi geotecnici | Molto localizzata, all'altezza dei raccordi                     | 6000 €/ml<br>ossia<br>77 M€                              | 10 M€                                   | 0             | 0                                     | 21 M€                    | 29 M€                              | 137 M€                      | 11 notti ossia ≈ 2 M€  | 64 mesi  | Indisponibilità fino al termine completo dei lavori - 64 mesi        |
| 2.2.<br>Diametro interno di 4,8 mt. | 3 e 6   | Buono<br>Previsione di mezzi specifici.<br>Ridotta possibilità di incrocio veicoli | Limitata alla fase finale della perforazione dei by-pass | Superamento delle zone a forte deformazione = forti rischi geotecnici | Molto localizzata, all'altezza dei raccordi                     | 9000 €/ml<br>ossia<br>116 M€                             | 10 M€                                   | 0             | 0                                     | 27 M€                    | 41 M€                              | 194 M€                      | 11 notti ossia ≈ 2 M€  | 64 mesi o 58 mesi in caso di perforazione e con apposito macchinario lato italia su una lunghezza di 4.400 mt. | Indisponibilità fino al termine completo dei lavori - 64 mesi (o 58) |
| 2.3.<br>Raddoppio del tunnel        | 6       | Ottimo nel caso di realizzazione dei luoghi sicuri                                 |  |   |   |  |   |               |                                       |                          |                                    | Da 800 a 900 M€             | 90 mesi                | Indisponibilità fino al termine completo dei lavori  |  |

## SOLUZIONI MISTE: GALLERIE DI SOCCORSO PER 8200 M. + 8 LUOGHI SICURI COMPLEMENTARI

| Soluzione   | Tabella | Adeguamento alla circolare n. 2000/63 Particolarità di accesso     | Incidenza dei lavori sulla circolazione  | Altri problemi particolari in fase di cantiere  | Incidenza della sistemazione e rispetto alla integrità dell'opera | Costo della sistemazione M. di Euro € (tasse escluse) |   |                       |                                       |                          |                                    | Mancati introiti in M. EURO | Tempi di realizzazione                | Disponibilità dei dispositivi di evacuazione                            |   |
|---|---------|--|--|---|---|---|---|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|---|
|   |         |  |  |   |   | Sezione corrente di galleria slargo compreso          | Galleria di comunicazione con il tunnel | Luoghi sicuri         | Protezione antincendio delle condotte | Installazioni e centrali | Studi e controlli 10% e S.A.V. 15% |                             |                                       |   | Totale  |
| 3.1<br>Diametro interno di 3 metri + tempi lunghi di esecuzione dei luoghi sicuri   | 4       | Buono/ mezzi da prevedere. Ridotta possibilità di incrocio veicoli | - riduzione larghezza delle corsie a 3,25 metri su una lunghezza di circa 100 mt. in quattro punti distinti del tunnel ;<br>- per posa protezione delle condotte 5 settimane effettuando due sensi unici alternati di 200 mt.  | -Rischio geotecnico medio. Rischio da PK 0 a 500 e da 1700 a 1900<br>- Trasporto di esplosivi all'interno del tunnel. Interruzione del traffico durante la fase di brillamento all'altezza del cantiere interessato | Molto localizzata<br>Vibrazione ridotta                           | 5400 €/ml<br>ossia<br>400 M€                          | 6 M€                                    | 8 u x 1,22 ≈<br>10 M€ | 48000 m2 x<br>100 € ossia<br>5 M€     | 20 M€                    | 22 M€                              | 107 M€                      | 7 giorni e 4<br>notti ossia<br>5 M€   | 41 mesi   | Il terzo centrale del tunnel sarà messo in sicurezza dopo 17 mesi<br>La totalità in 41 mesi |
| 3.2<br>Diametro interno di 3 metri + tempi rapidi di esecuzione dei luoghi sicuri   | 4       | Buono/ mezzi da prevedere. Ridotta possibilità di incrocio veicoli | - riduzione larghezza delle corsie a 3,25 metri su una lunghezza di circa 100 mt. in quattro punti distinti del tunnel;  | Rischio geotecnico medio. (zona a forte deformazione: evitata)<br>Rischio dalla P.K. 0 a 500 e da 1700 a 1900   | Molto localizzata<br>Vibrazione da ridurre                        | 5400 €/ml<br>ossia<br>400 M€                          | 6 M€                                    | 8 u x 1 = 8<br>M€     | 5 M€                                  | 20 M€                    | 22 M€                              | 105 M€                      | 45 giorni e 4<br>notti ossia<br>32 M€ | 41 mesi :<br>1,5 mesi di interdizione al traffico nel corso del 1° anno | Il terzo centrale del tunnel sarà messo in sicurezza dopo 16 mesi<br>La totalità in 41 mesi |
| 3.3<br>Diametro interno di 4,8 metri + tempi lunghi di esecuzione dei luoghi sicuri | 4       | Buono/ mezzi da prevedere. Incrocio possibile in ogni zona         | - riduzione larghezza delle corsie a 3,25 metri su una lunghezza di circa 100 mt. in quattro punti distinti del tunnel ;<br>- per posa protezione delle condotte 5 settimane effettuando due sensi unici alternati di 200 mt.. | -Rischio geotecnico medio. Rischio da PK 0 a 500 e da 1700 a 1900<br>- Trasporto di esplosivi all'interno del tunnel. Interruzione del traffico durante la fase di brillamento all'altezza del cantiere interessato | Molto localizzata<br>Vibrazione ridotta                           | 8000 €/ml<br>ossia<br>66 M€                           | 6 M€                                    | 8 u x 1,22 ≈<br>10 M€ | 5 M€                                  | 20 M€                    | 28 M€                              | 135 M€                      | 7 giorni e 4<br>notti ossia<br>5 M€   | 41 mesi   | Il terzo centrale del tunnel sarà messo in sicurezza dopo 17 mesi<br>La totalità in 44 mesi |
| 3.4<br>Diametro interno di 4,8 metri + tempi rapidi di esecuzione dei luoghi sicuri | 4       | Buono/ mezzi da prevedere. Incrocio possibile in ogni zona         | - riduzione larghezza delle corsie a 3,25 metri su una lunghezza di circa 100 mt. in quattro punti distinti del tunnel;  | Rischio geotecnico medio. (zona a forte deformazione: evitata)<br>Rischio dalla P.K. 0 a 500 e da 1700 a 1900   | Molto localizzata<br>Vibrazione da ridurre                        | 8000 €/ml<br>ossia<br>66 M€                           | 6 M€                                    | 8 u x 1 = 8<br>M€     | 5 M€                                  | 20 M€                    | 28 M€                              | 133 M€                      | 45 giorni e 4<br>notti ossia<br>32 M€ | 41 mesi :<br>1,5 mesi di interdizione al traffico nel corso del 1° anno | Il terzo centrale del tunnel sarà messo in sicurezza dopo 16 mesi<br>La totalità in 41 mesi |

# **TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS GALLERIA DI SICUREZZA PARALLELA TUNNEL ROUTIER DU FREJUS GALERIE DE SECURITE PARALLELE**

Ottimizzazione del diametro interno della galleria per garantire l'accesso dei veicoli di soccorso in sicurezza e comodità

Optimisation du diamètre intérieur de la galerie pour garantir l'accès des véhicules de secours en sécurité et commodité



## INDICE

|   | Pagina |
|---|--------|
| 1. GENERALITA   | 1      |
| 1.1 Scopi del rapporto  | 1      |
| 1.2 Riunioni  | 1      |
| 1.3 Documenti e basi di referenza   | 1      |
| 2. RIASSUNTO DELLA SITUAZIONE ATTUALE   | 2      |
| 3. DEFINIZIONE DEI MEZZI DI SOCCORSO E DELLE RESTRIZIONI                              | 4      |
| 3.1 Mezzi di soccorso e di lotta contro gli incendi                                   | 4      |
| 3.2 Restrizioni di esercizio  | 4      |
| 4. DESCRIZIONE DEI DIAMETRI E DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE POSSIBILI                   | 5      |
| 4.1 Sistema idoneo all'incrocio delle ambulanze                                       | 5      |
| 4.2 Sistema adeguato per l'incrocio dei veicoli di soccorso                           | 6      |
| 5. ASPETTI DI SICUREZZA   | 7      |
| 5.1 In generale   | 7      |
| 5.2 Punti chiave analizzati   | 7      |
| 6. AUTO-SALVATAGGIO DEGLI UTENTI, RAMI DI COLLEGAMENTO                                | 8      |
| 7. GESTIONE DELLA VENTILAZIONE, SAS AI PORTALI  | 8      |
| 8. FLESSIBILITÀ E SICUREZZA DEGLI INTERVENTI DI SOCCORSO, BY-PASS<br>TRAFORO-GALLERIA | 11     |
| 9. SICUREZZA DEGLI IMPIANTI   | 12     |
| 10. SICUREZZA DURANTE LE FASI DI LAVORO   | 12     |
| 11. PLANNING PREVISTO PER I LAVORI  | 13     |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 12. STIMA DEI COSTI | 14 |
| 13. CONCLUSIONI     | 15 |
| 14. ALLEGATI        | 16 |

## **1. GENERALITA**

### **1.1 Scopi del rapporto**

Il presente documento costituisce la presa di posizione della Lombardi SA, ed in particolare del suo Presidente Dr. Ing. G. Lombardi, sulle analisi in materia di sicurezza effettuate nell'ambito del gruppo di lavoro costituito dal Comitato di Sicurezza, a seguito alla lettera dei Ministri concernente la proposta di « un diametro adatto della galleria che dovrà permettere in ogni evenienza la circolazione dei veicoli di soccorso in tutta sicurezza e agio ».

Il Mandato definito dai Ministri prevede in particolare lo studio comparativo di diverse soluzioni che forniscano delle valutazioni che tengano conto:

- della sicurezza e della rapidità d'intervento delle squadre e dei mezzi di soccorso e di lotta contro gli incendi;
- della loro efficacia rispetto a possibili incidenti nel traforo principale;
- dei tempi di realizzazione e dei costi di questa galleria di sicurezza in funzione delle differenti ipotesi considerate.

### **1.2 Riunioni**

Il Comitato di Sicurezza, durante la riunione del 17 febbraio 2006, ha deciso di costituire un gruppo di lavoro composto da SFTRF/SITAF/CETU con la partecipazione di Lombardi. Il gruppo di lavoro si è riunito il 24 febbraio 2006 per discutere e definire le proposte da sottomettere al Comitato di Sicurezza il 1° marzo 2006.

### **1.3 Documenti e basi di referenza**

I documenti disponibili analizzati nell'ambito del progetto della galleria di sicurezza sono in particolare:

- documenti di realizzazione del traforo attuale, parti francese e italiana;
- progetto preliminare della galleria di sicurezza elaborato dalla società MUSI.NET S.p.A. nel settembre 2002;

- progetto definitivo della galleria di sicurezza elaborato dallo studio Lombardi SA Ingegneri Consulenti.
- studio di concetti e strategie per il trasferimento delle installazioni dei PHT esistenti nelle stazioni tecniche previste nella galleria di sicurezza, elaborati dallo studio Lombardi SA Ingegneri Consulenti.

## 2. RIASSUNTO DELLA SITUAZIONE ATTUALE

Le caratteristiche del traforo autostradale del Fréjus possono essere così riassunte:

- lunghezza: 12'868 m;
- vano di circolazione: 9,00 x 4,50 m; (4,50 è l'altezza massima tra la carreggiata e la soletta)
- pendenza uniforme: 0,54 % (Francia - Italia);
- altitudine: 1'228 m s.l.m. portale nord; 1'298 m s.l.m. portale sud
- 11 rifugi e collegamenti alle vie di fuga sopra la soletta intermedia;
- 6 centrali di ventilazione: 2 ai portali e 2 doppie intermedie ai km 4.1 e 8.8
- 12 locali tecnici (PHT) con inter-distanza media di 1450 m e superficie di 2x40 m<sup>2</sup> ca.;
- 5 garage: al km 2.1, al km 4.1 (centrale B), al km 6.4 (laboratorio LSM), al km 8.8 (centrale C) e al km 10.7

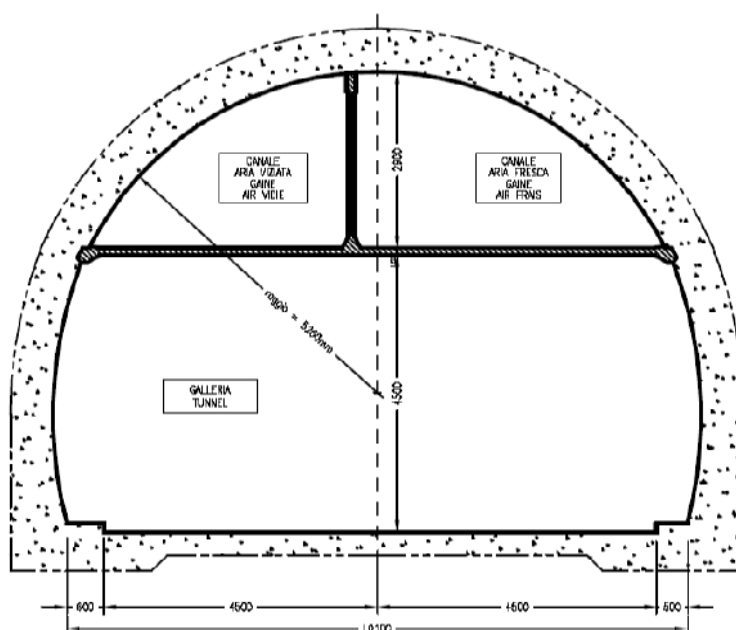


Figura 1: Sezione tipo del traforo autostradale del Fréjus.

Parecchie operazioni che garantiscono un aumento dei livelli di sicurezza del traforo sono stati realizzati dal 1999, in particolare:

- rinnovamento delle installazioni video con l'introduzione dei nuovi DAI;
- adattamento del sistema di ventilazione, in particolare con la messa in servizio delle serrande di estrazione fumi di grande superficie e del controllo delle correnti longitudinali d'aria mediante l'immissione e l'estrazione nei diversi settori.

Il progetto di costruzione della galleria di sicurezza, che ha ricevuto avviso favorevole dal CS nel giugno 2005, ha considerato varie misure per migliorare la sicurezza del traforo stradale, in particolare:

- la realizzazione di 34 rifugi con inter-distanza media di 367 m e superficie al suolo di 67 m<sup>2</sup> per migliorare la sicurezza degli utenti in caso d'incidenti o d'incendio nel traforo, che costituiscono di fatto una via di fuga sicura per i servizi pubblici e per i soccorsi;
- la realizzazione di 10 stazioni tecniche, di cui 2 ai portali e 8 in sotterraneo, a livello delle PHT esistenti, con un inter-distanza media di 1450 m e una superficie di 220 m<sup>2</sup>, che permettono la gestione dell'insieme dei lavori di rinnovamento degli impianti;
- realizzazione di 2 by-pass carrozzabili ubicati presso le centrali di ventilazione sotterranee.

### 3. DEFINIZIONE DEI MEZZI DI SOCCORSO E DELLE RESTRIZIONI

#### 3.1 Mezzi di soccorso e di lotta contro gli incendi

A seguito delle informazioni comunicate dagli specialisti del corpo di soccorso italiano e francese, il gruppo di lavoro propone come ipotesi di base l'incrocio nella galleria di sicurezza di un TITAN con una navetta ORTHROS.

Detti veicoli sono attualmente in dotazione dalle squadre d'intervento del traforo del Fréjus e hanno le seguenti dimensioni:

|                 |           |        |
|-----------------|-----------|--------|
| TITAN           | Larghezza | 2.60 m |
|                 | Altezza   | 3.70 m |
|                 | Lunghezza | 7.10 m |
| Navetta ORTHROS | Larghezza | 2.60 m |
|                 | Altezza   | 3.43 m |
|                 | Lunghezza | 9.31 m |

Le larghezze non tengono conto degli specchietti retrovisori.

#### 3.2 Restrizioni di esercizio

La concezione delle nuove strutture previste per il miglioramento della sicurezza della del traforo del Fréjus deve considerare che l'insieme dei lavori devono essere effettuati con il traforo in esercizio e dunque tutti gli interventi sulle strutture attuali andranno limitati al minimo.



## 4.2 Sistema adeguato per l'incrocio dei veicoli di soccorso

A seguito di intensi scambi d'opinione in seno al gruppo di lavoro e tenendo in considerazione l'incrocio di veicoli di soccorso a una velocità di 40 km/h e con margini di sicurezza minimi, consegue un diametro utile della galleria di sicurezza di 8.00 m. Per tener conto dei margini di tolleranza esecutiva, il diametro teorico dei conci di rivestimento dovrà essere di 8.20 m.

Questo diametro permette d'integrare una sagoma libera di 6.60 m x 4.00 m. Questa sagoma non è comunque conforme alle sagome richieste per la circolazione stradale.

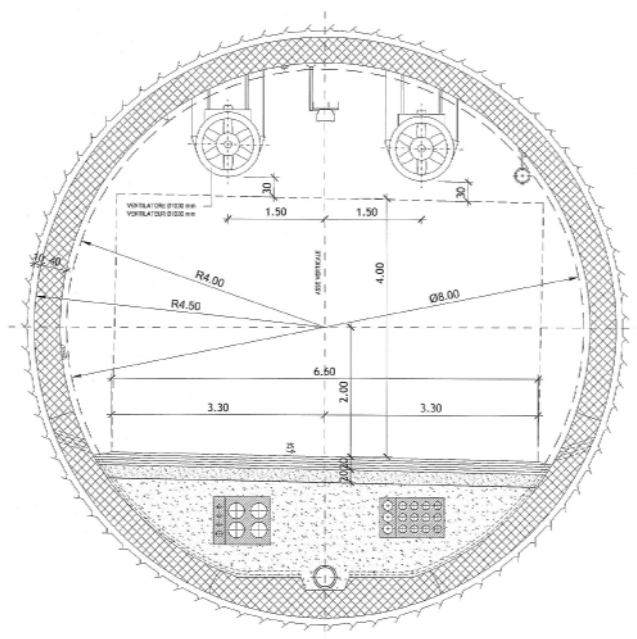


Figura 3: Sezione tipo sagoma libera 6.60 x 4.00 m

In considerazione anche degli aspetti geotecnici, la galleria di sicurezza sarà realizzata con un inter-asse traforo-galleria di ca. 50 m.

Il sistema proposto non comprende più le SAS ai portali, questo per garantire un accesso rapido ai mezzi d'intervento nella galleria di sicurezza e la possibilità di far penetrare simultaneamente più veicoli di soccorso.



## **5. ASPETTI DI SICUREZZA**

### **5.1 In generale**

Nel traforo del Fréjus, come in altre gallerie con circolazione bi-direzionale, l'analisi della sicurezza degli utenti può essere considerando l'insieme delle strutture, degli impianti e dei mezzi d'intervento disponibili con i punti chiave della sicurezza, in particolare:

1. mezzi di prevenzione e informazione,
2. possibilità di auto salvataggio degli utenti,
3. gestione corretta della ventilazione (caso normale e d'incendio),
4. rapidità, flessibilità e sicurezza degli interventi di soccorso,
5. sicurezza degli impianti,
6. sicurezza durante le fasi di lavoro.

### **5.2 Punti chiave analizzati**

Da un punto di vista strettamente tecnico il gruppo di lavoro non ha analizzato il punto 1 «mezzi di prevenzione e informazione » in quanto oggetto di discussione a livello più globale. Il gruppo di lavoro non ha neppure analizzato il sistema di ventilazione esistente del traforo, poiché sono in atto lavori di adeguamento dei livelli di sicurezza i cui risultati saranno disponibili a breve termine.

Per quanto riguarda il punto 4, il gruppo di lavoro si limita a prevedere condizioni tecniche per l'accesso agevole alla galleria di sicurezza, delegando la definizione delle strategie d'intervento ai servizi di soccorso.

## **6. AUTO-SALVATAGGIO DEGLI UTENTI, RAMI DI COLLEGAMENTO**

Per quanto concerne la possibilità degli utenti di mettersi al riparo nei minuti successivi ad un evento, il gruppo di lavoro, in considerazione anche delle analisi effettuate in seguito a incidenti recenti, propone la funzione rifugio non debba essere mescolata con altre funzioni tecniche o di by-pass.

Tenendo conto delle norme attualmente in vigore in Europa, l'interdistanza media di 367 m, prevista nel progetto del 2005, è ritenuta sufficiente e ottimale anche in considerazione delle interferenze con altre strutture esistenti e della geologia del massiccio.

Nel caso di un diametro di 5.50 m, il rifugio avrà una superficie di 54 m<sup>2</sup>.

Nel caso di un diametro di 8.00 m ,a seguito dell'aumento dell'interasse traforogalleria, il rifugio avrà una sezione di 164 m<sup>2</sup>.

## **7. GESTIONE DELLA VENTILAZIONE, SAS AI PORTALI**

Contrariamente ai sistemi di ventilazione originariamente proposti per la galleria di sicurezza, la soluzione prevista attualmente con un maggiore diametro pari a 8.00 m, non comprende più le SAS ed i ventilatori di pressurizzazione ai portali, ma impiega degli acceleratori ubicati in volta alla galleria per il controllo aeraulico permettendo un rapido e indisturbato accesso delle forze di soccorso.

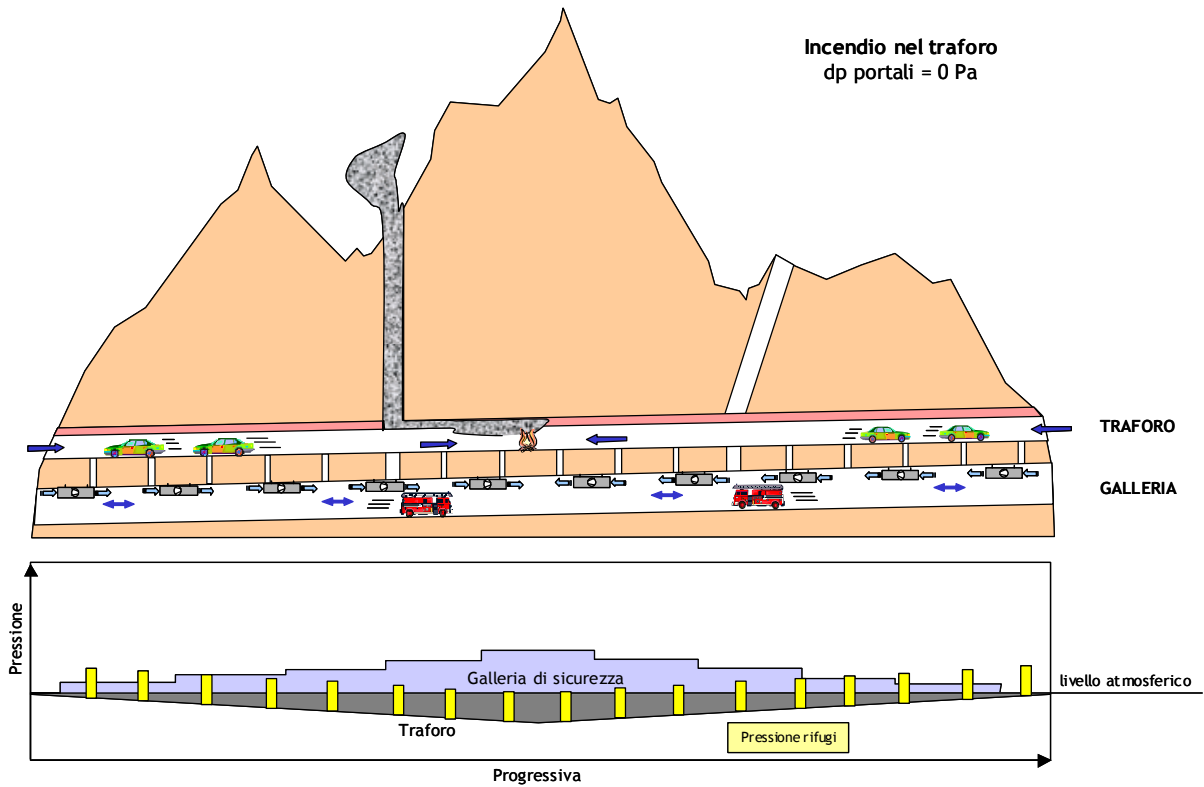


Fig. 3 : Diagramma di ventilazione, incendio nella galleria,  $dp=0 \text{ Pa}$  barometrico.

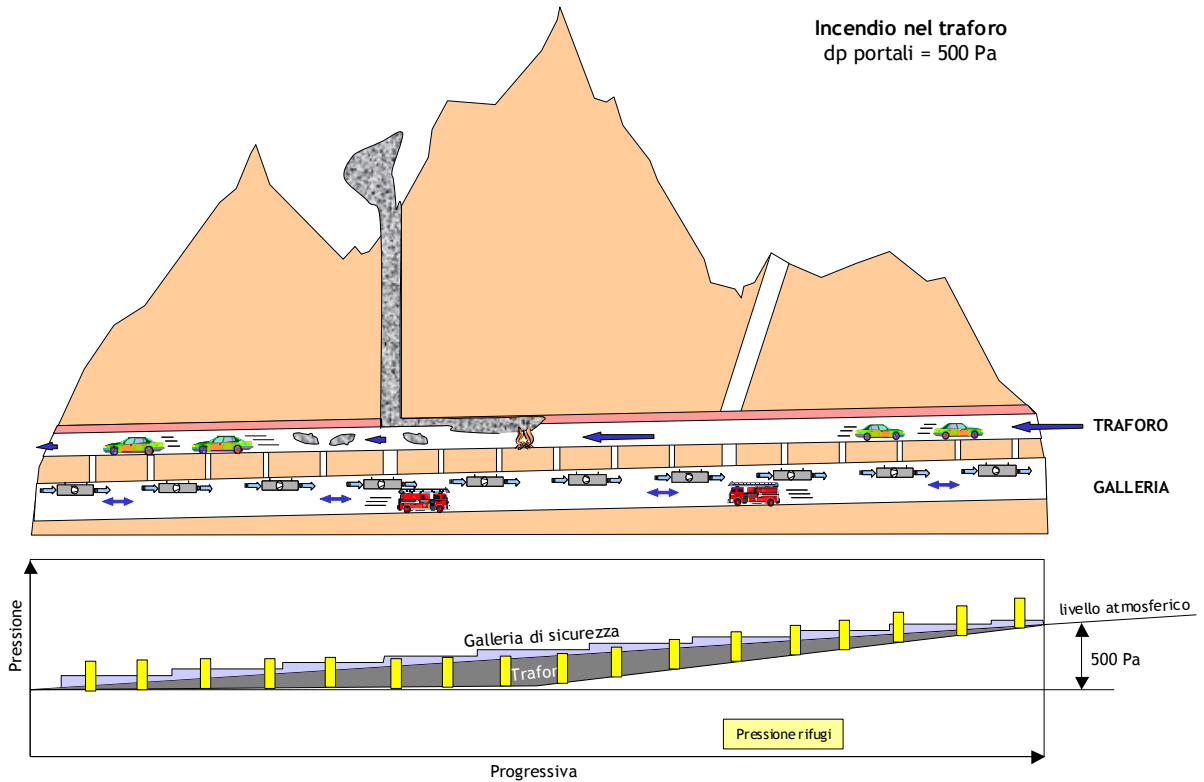


Fig. 4 : Diagramma di ventilazione, incendio in galleria,  $dp=500 \text{ Pa}$  barometrico.

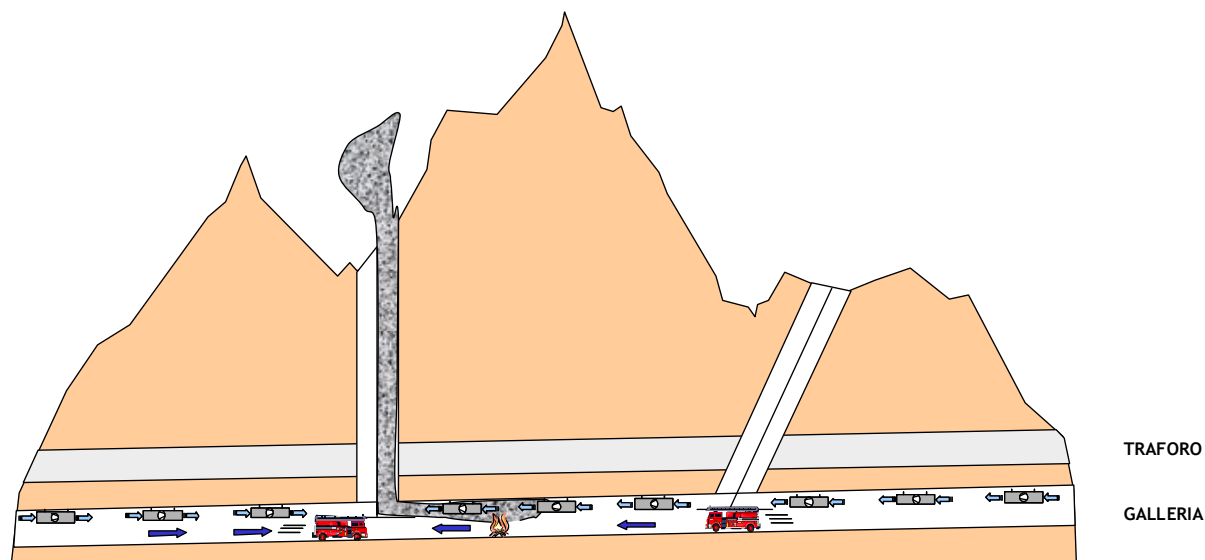


Fig. 5 : Diagramma di ventilazione, incendio nella galleria di sicurezza.

Il nuovo sistema non permette una pressurizzazione allo stesso livello della galleria di sicurezza, in particolare in caso di forti differenze di pressioni barometriche tra i due portali che possono raggiungere dei valori dell'ordine di 500 Pa. D'altro lato la sicurezza degli utenti è sempre garantita in modo efficace grazie alla messa in sovrappressione (80 Pa) dei rami di collegamento, delle stazioni tecniche e dei by-pass rispetto al traforo, in accordo con le norme in vigore. Per questo motivo i rami sono dotati di una ventilazione indipendente. Gli acceleratori permettono di controllare la velocità longitudinale dell'aria nella galleria e rendono parimenti possibile una pressurizzazione sufficiente ad evitare qualsiasi penetrazione di fumi dai portali o da porte aperte.

Onde permettere di gestire anche il caso d'incendio in galleria di sicurezza e di evitare parimenti un'invasione incontrollata di fumo della stessa, il gruppo di lavoro propone tra l'altro di prevedere la possibilità di estrazione massiccia di fumi a livello delle centrali sotterranee del traforo stradale. A questo scopo sono richiesti dei collegamenti aeraulici tra il traforo e le due centrali.

## 8. FLESSIBILITÀ E SICUREZZA DEGLI INTERVENTI DI SOCCORSO, BY-PASS TRAFORO-GALLERIA

Il progetto della galleria di sicurezza del 2005 prevedeva due by-pass carrozzabili a livello delle centrali sotterranee B e C. Per rispondere alla richiesta dei servizi di soccorso di poter disporre di una struttura che garantisca la flessibilità della scelta degli scenari d'intervento e della sicurezza del personale d'intervento, è utile prevedere un numero più elevato di by-pass.

In considerazione della disposizione attuale delle strutture del traforo e soprattutto del fatto che la realizzazione di collegamenti tra galleria di sicurezza e traforo in esercizio è molto complessa, il gruppo di lavoro propone l'esecuzione di by-pass nel traforo a livello dei garage esistenti sul lato Italia-Francia. Da notare che questa configurazione non corrisponde a quanto previsto dalle norme per la costruzione di by-pass nel caso di tunnel a doppia canna.

La disposizione dei by-pass sarà dunque la seguente :

|                                       |         |
|---------------------------------------|---------|
| By-pass 1 (garage 1)                  | Km 2.1  |
| By-pass 2 (garage 2, centrale A)      | Km 4.2  |
| By-pass 3 (garage 3, Laboratorio LSM) | Km 6.4  |
| By-pass 4 (garage 4, centrale B)      | Km 8.8  |
| By-pass 5 (garage 5)                  | Km 10.7 |

La disposizione di by-pass nelle centrali B e C e quelli ubicati presso i garages 2 e 4 sono visibili nell'annesso.

Sono attualmente in corso i contatti con i responsabili per la disposizione dei by-pass ubicati presso il laboratorio LSM. La soluzione ideale consiste nel mantenimento dell'interasse traforo-galleria di 50 m e di prevedere i locali del laboratorio sul lato ovest della galleria di sicurezza, utilizzando l'accesso al laboratorio a partire dalla galleria di sicurezza, senza interferenze dunque con la circolazione del traforo.

## **9. SICUREZZA DEGLI IMPIANTI**

La messa in sicurezza degli impianti del traforo stradale del Fréjus, con in particolare il trasferimento completo dei Posti Alta Tensione attuali nelle nuove Stazioni Tecniche ed il passaggio dell'alimentazione d'energia nella galleria di sicurezza sono gli obiettivi più urgenti. Questi obiettivi saranno raggiunti unicamente grazie alla galleria di sicurezza sia essa con diametro pari a 5.50 m che di 8.00 m.

Per quanto concerne gli impianti da prevedere nella galleria di sicurezza, la soluzione con diametro di 8.00 m prevede lo stesso standard del progetto precedente.

## **10. SICUREZZA DURANTE LE FASI DI LAVORO**

I collegamenti previsti in entrambe le due soluzioni proposte saranno realizzati durante l'avanzamento. Il fatto di poter disporre di un diametro di scavo più ampio permette la gestione del cantiere in modo ottimale.

Inoltre, nelle due soluzioni proposte le interferenze tra traforo e galleria sono paragonabili. Le differenze principali consistono nel numero di by-pass. Si sottolinea comunque che le connessioni saranno realizzate nelle zone dei garages esistenti con rischi minori.

## 11. PLANNING PREVISTO PER I LAVORI

Il traforo del Fréjus, aperto al traffico nel 1980, è stato costruito in 5 anni e 9 mesi tra l'inizio dei lavori e la messa in servizio.

Nel caso della galleria di sicurezza è importante sottolineare che il progetto prevede, sia per la soluzione con diametro 5.50 m che per la soluzione con 8.00 m, la realizzazione dei rami di collegamento in avanzamento. I rami saranno equipaggiati e messi a disposizione degli utenti. I primi rami saranno disponibili già dopo 12 mesi dall'inizio dei lavori. Per la sicurezza degli utenti non esiste quindi una differenza rimarchevole tra le due soluzioni.

La tabella riporta i tempi previsti per le singole fasi di lavoro.

| Fase | Descrizione   | Diam. 5.50 | Diam. 8.00 |
|------|---|------------|------------|
| 1    | Piatta-forme (preparazione aree di cantiere)  | 0.5 anni   | 0.8 anni   |
| 2    | Scavo all'esplosivo e camera di montaggio   | 1.0 anno   | 1.2 anni   |
| 3    | Scavo con fresatrice e rami di collegamento, by-pass e locali tecnici, centrali B, C e camere di smontaggio | 1.5 anni   | 2.0 anni   |
| 5    | Pavimentazione  | 0.5 anni   | 0.5 anni   |
| 6    | Impianti e portali  | 1.25 anni  | 1.50 anni  |
| 7    | Messa in servizio   | 0.5 anni   | 0.5 anni   |

I tempi di messa in servizio definitiva dipendono dalle strategie delle società concessionarie riguardo al trasferimento degli impianti ed all'integrazione dei due sistemi, traforo e galleria di sicurezza.

## 12. STIMA DEI COSTI

| N° | Opera  | Costi 5.50<br>[mio €] | Costi 8.00<br>[mio €] |
|----|--|-----------------------|-----------------------|
| 1  | Opere genio civile   | 140.0                 | 190.0                 |
| 2  | Attrezzature   | 39.0                  | 40.0                  |
| 3  | Depositi, opere ambientali e paesaggistiche                  | 15.0                  | 25.0                  |
| 4  | Opere al portale lato Italia                                 | 12.0                  | 12.0                  |
| 5  | Opere al portale lato Francia                                | 7.5                   | 7.5                   |
| 6  | Opere di mitigazione lato Italia                             | 2.0                   | 2.0                   |
| 7  | Opere di compensazione lato Italia                           | 5.5                   | 7.0                   |
| 8  | Costi di monitoraggio ambientale lato Italia                 | 0.85                  | 1.0                   |
|    |  |                       |                       |
|    | <b>Totale parziale costi di costruzione</b>                  | <b>222</b>            | <b>285</b>            |
|    |  |                       |                       |
| 9  | Costi sicurezza 4 %  | 9.0                   | 11.4                  |
| 10 | Topografia, sondaggi, prove                                  | 2.0                   | 2.0                   |
| 11 | Acquisizioni fondiarie                                       | 1.0                   | 1.0                   |
| 12 | Imprevisti 5 %   | 12.0                  | 14.3                  |
| 13 | Studi e controllo lavori 10 %                                | 22.0                  | 28.5                  |
| 14 | Costi diversi (pubblicità, commissioni, collaudi, prove) 2 % | 4.0                   | 5.8                   |
|    | <b>TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE</b>                           | <b>272</b>            | <b>348</b>            |
|    |  |                       |                       |
|    | <b>TOTALE COSTI SITAF</b>                                    | <b>136</b>            | <b>174</b>            |
|    | <b>TOTALE COSTI SFTRF</b>                                    | <b>136</b>            | <b>174</b>            |
|    |  |                       |                       |

La percentuale degli imprevisti al 5 % risulta dalla legge italiana.

I costi di adattamento del laboratorio LSM non sono compresi in questa stima in quanto non saranno a carico delle società concessionarie.



### 13. CONCLUSIONI

Le misure di sicurezza messe in atto durante gli ultimi anni nel traforo del Fréjus hanno permesso di raggiungere un livello minimo che non risponde però, in modo completo, alle recenti evoluzioni della tecnica e delle diverse direttive in materia.

In particolare, i lavori in corso per la ventilazione permetteranno di ottenere in quest'ambito i livelli attuali della tecnica.

Per quanto concerne la sicurezza globale degli utenti, è necessario produrre uno sforzo supplementare sia per dare la possibilità dell'auto-salvataggio agli utenti nei minuti immediatamente seguenti ad un evento, sia per la sicurezza dei rifugi, delle vie di fuga e degli impianti. Lo scavo della galleria di sicurezza parallela permette di raggiungere tali obiettivi, rispettando i vincoli di realizzazione dei lavori con il traforo in esercizio.

La lettera dei Ministri ha evidenziato un aspetto determinante per la riuscita delle operazioni di salvataggio: la circolazione dei mezzi di soccorso nella galleria in tutta sicurezza e agio. Il progetto della galleria di sicurezza del 2005, che prevede un diametro di 5.00 m, permette unicamente l'accesso di ambulanze, ma non di rispondere a detto requisito. La discussione all'interno del gruppo di lavoro ha permesso di evidenziare una soluzione con diametro della galleria di sicurezza di 8.00 m che permette l'accesso ai veicoli di soccorso attuali (Titan e navetta Orthros delle società concessionarie e dei veicoli di soccorso pubblici francesi e italiani). Un numero sufficiente di by-pass e una gestione della ventilazione senza le SAS ai portali permette di definire delle strategie d'intervento efficaci e flessibili per far capo a varie situazioni di rischio.

I tempi di realizzazione e i costi della galleria di sicurezza con diametro pari a 8.0 m sono stimati a 348 mio di euro, confrontati a 272 mio di euro per la soluzione con diametro della galleria di sicurezza di 5.50 m.

La probabilità di incendi dei veicoli pesanti nei grandi trafori stradali con circolazione bidirezionale è in aumento negli ultimi anni. L'analisi tecnica dei recenti casi impone di considerare globalmente i punti chiave della sicurezza descritti in questo rapporto. In effetti, un solo elemento non è mai determinante per il successo nelle operazioni di soccorso. In quest'ottica, è quindi auspicabile la realiz-

zazione di una galleria di sicurezza con un diametro di 8.0 m, per raggiungere un livello di sicurezza globalmente ottimale e permettere ai servizi di soccorso di scegliere le migliori strategie d'intervento. Le differenze, rispettivamente i vantaggi di questa soluzione possono così essere riassunti:

| Soluzione diametro 5.50                            | Soluzione diametro 8.00  |
|--|--|
| Incrocio di ambulanze (una ferma e una al passo)   | Incrocio Titan e Navetta Orthros a 40 km/h   |
| Accesso limitato dei servizi di soccorso           | Accesso rapido, flessibile ed agevole dei servizi di soccorso                            |
| SAS ai portali                                     | Accesso diretto  |
| Gestione dell'incendio dalle centrali di testa.    | Aspirazione fumi nella galleria di sicurezza in corrispondenza delle centrali intermedie |
| 34 rifugi ogni 367 m, superficie 54 m <sup>2</sup> | 34 rifugi ogni 367 m, superficie 164 m <sup>2</sup>                                      |
| 2 by-pass ogni 4300 m                              | 5 by-pass ogni 2145 m  |

#### 14. ALLEGATI

Disegni:

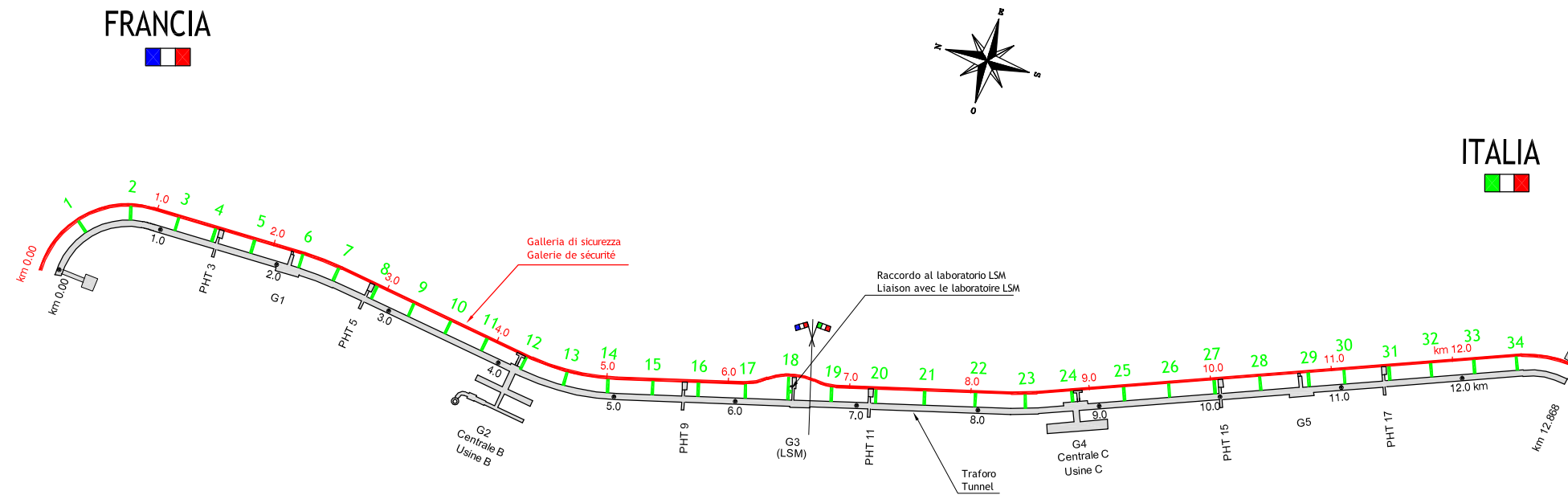
- Profilo tipo sezione 8.0 m
- Localizzazione dei rami di collegamento
- Disposizione di un ramo di collegamento
- Localizzazione dei by-pass
- Disposizione dei by-pass in prossimità dei garages 1 e 5
- Disposizione dei by-pass in prossimità delle centrali B e C
- Localizzazione delle stazioni tecniche
- Disposizione delle stazioni tecniche
- Tabella di confronto

# ANNEXES / ALLEGATI



DISPOSIZIONE RAMI DI COLLEGAMENTO  
DISPOSITION DES RAMEAUX DE LIAISON

PLANIMETRIA GENERALE DEGLI INTERVENTI  
IMPLANTATION DES OUVRAGES



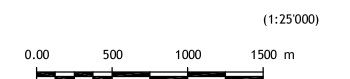
Galleria di sicurezza - posizione rami di collegamento  
Galerie de sécurité - position des rameaux de liaison

| N° rifugi<br>N° de abris | PM rifugi<br>PM de abris | Distanza rifugi<br>Distance abris | N° rifugi<br>N° de abris | PM rifugi<br>PM de abris | Distanza rifugi<br>Distance abris |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Imbocco francese         | 0.0                      |                                   | 18                       | 6507.0                   | 375.5                             |
| 1                        | 378.0                    | 378.0                             | 19                       | 6864.25                  | 357.25                            |
| 2                        | 756.0                    | 378.0                             | 20                       | 7221.5                   | 357.25                            |
| 3                        | 1137.0                   | 381.0                             | 21                       | 7629.5                   | 408.0                             |
| 4                        | 1510.5                   | 373.5                             | 22                       | 8038.16                  | 408.66                            |
| 5                        | 1841.0                   | 330.5                             | 23                       | 8446.82                  | 408.66                            |
| 6                        | 2195.0                   | 354.0                             | 24                       | 8855.5                   | 408.68                            |
| 7                        | 2547.0                   | 352.0                             | 25                       | 9274.0                   | 418.5                             |
| 8                        | 2895.5                   | 348.5                             | 26                       | 9655.0                   | 381.0                             |
| 9                        | 3238.0                   | 342.5                             | 27                       | 10036.1                  | 381.1                             |
| 10                       | 3574.0                   | 336.0                             | 28                       | 10397.1                  | 361.0                             |
| 11                       | 3913.0                   | 339.5                             | 29                       | 10760.0                  | 362.9                             |
| 12                       | 4256.5                   | 343.0                             | 30                       | 11113.0                  | 353.0                             |
| 13                       | 4629.5                   | 373.0                             | 31                       | 11467.9                  | 354.9                             |
| 14                       | 5005.0                   | 375.5                             | 32                       | 11818.0                  | 350.1                             |
| 15                       | 5380.5                   | 375.5                             | 33                       | 12172.9                  | 354.9                             |
| 16                       | 5756.0                   | 375.5                             | 34                       | 12525.4                  | 352.5                             |
| 17                       | 6131.5                   | 375.5                             | Imbocco italiano         | 12877.75                 | 352.35                            |

34 Rami di collegamento distanza media : 368 m  
distanza massima : 419 m

34 Rameaux de liaison espacement moyen : 368 m  
espacement maximal : 419 m

SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE :

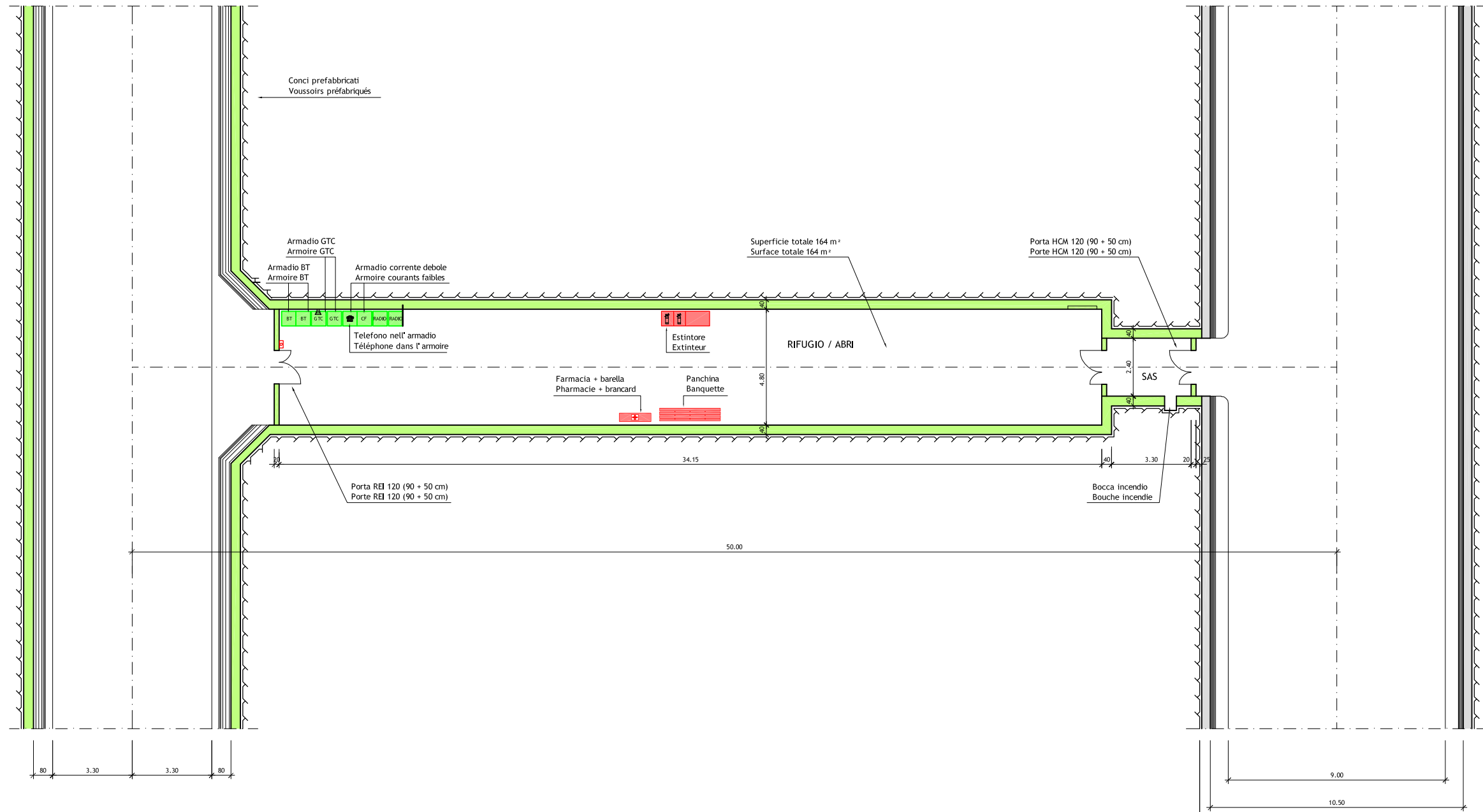


DISPOSIZIONE RAMI DI COLLEGAMENTO  
DISPOSITION DES RAMEAUX DE LIAISON

PIANTA  
SITUATION

GALLERIA DI SICUREZZA  
GALERIE DE SECURITE

TRAFORO ESISTENTE  
TUNNEL EXISTANT



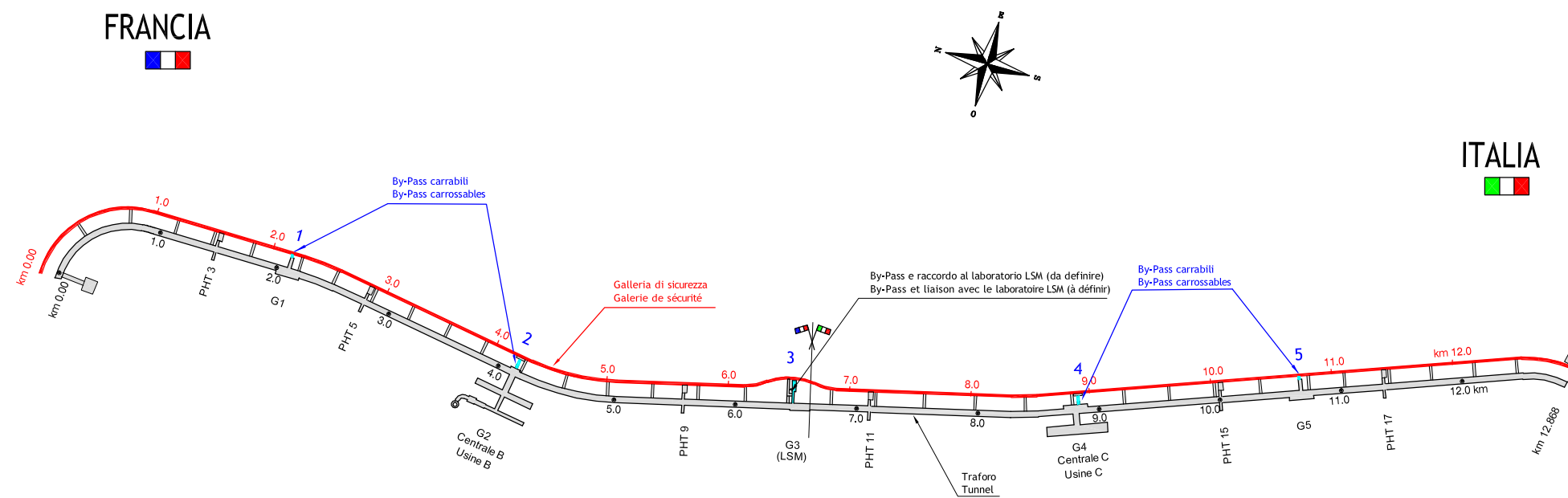
← NUOVO  
NOUVEAU      ● ESISTENTE  
EXISTANT      →

SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE :



POSIZIONE DEI BY-PASS CARRABILI  
POSITION DES BY-PASS CARROSSABLES

PLANIMETRIA GENERALE DEGLI INTERVENTI  
IMPLANTATION DES OUVRAGES



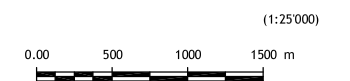
Galleria di sicurezza - posizione By-Pass  
Galerie de sécurité - position By-Pass

| N° By-Pass | Posizione          | PM By-Pass | Distanza By-Pass |
|------------|--------------------|------------|------------------|
| N° By-Pass | Position           | PM By-Pass | Distance By-Pass |
|            | Imbocco francese   | 0.0        |                  |
| 1          | Garage 1           | 2170.4     | 2170.4           |
| 2          | Garage 2 - Usine B | 4216.0     | 2045.6           |
| 3          | Garage 3 - LSM     | 6507.0     | 2291.0           |
| 4          | Garage 4 - Usine C | 8896.0     | 2389.0           |
| 5          | Garage 5           | 10736.5    | 1840.5           |
|            | Imbocco italiano   |            | 2141.75          |

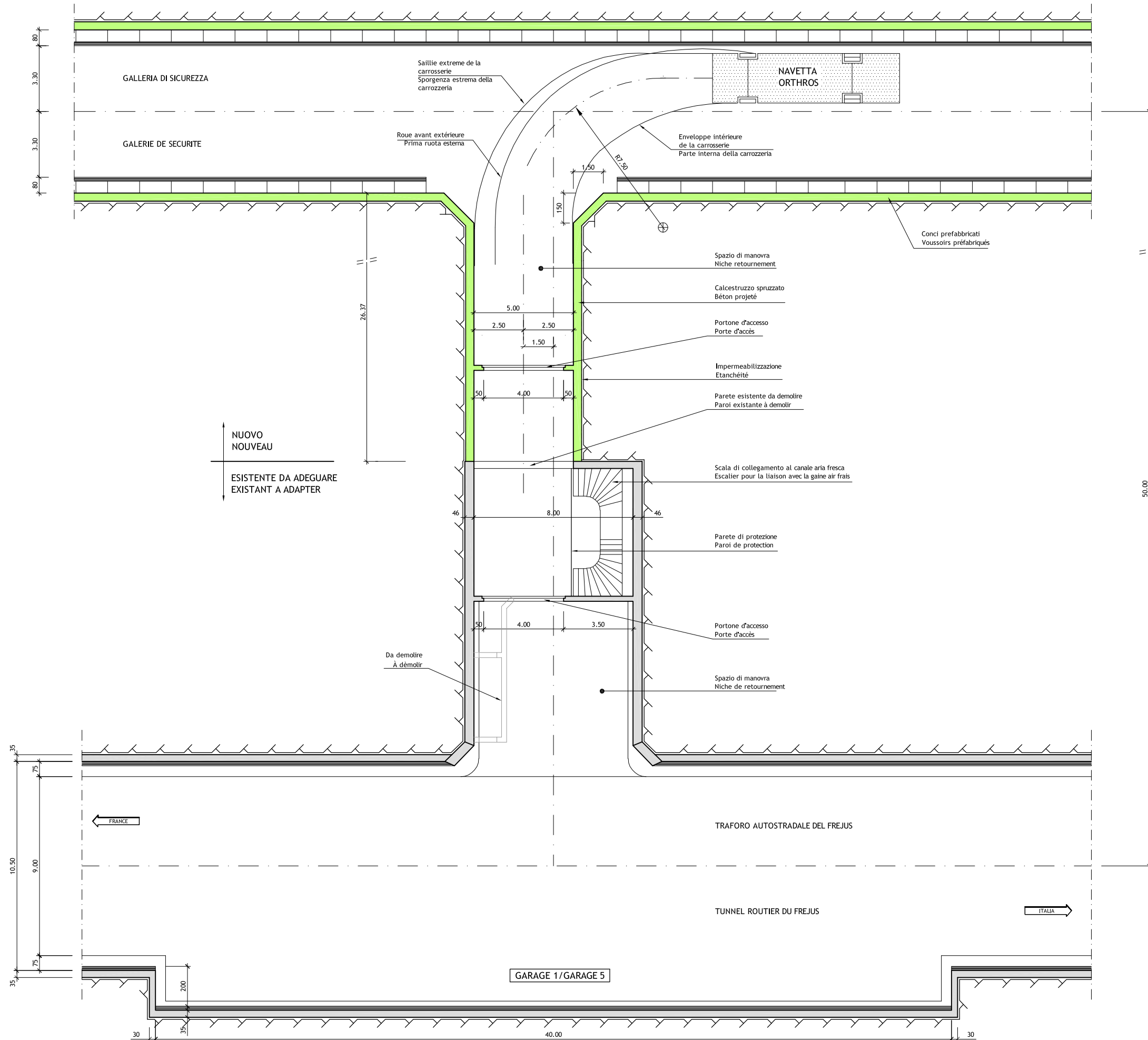
5 By-Pass carrabili      distanza media : 2145 m  
distanza massima : 2389 m

5 By-Pass carrossables      espacement moyen : 2145 m  
espacement maximal : 2389 m

SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE :



DISPOSIZIONE DEI BY-PASS CARRABILE AI GARAGES 1 E 5  
DISPOSITION DES BY-PASS CARROSSABLES AUX GARAGES 1 ET 5



SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE : (1:100)

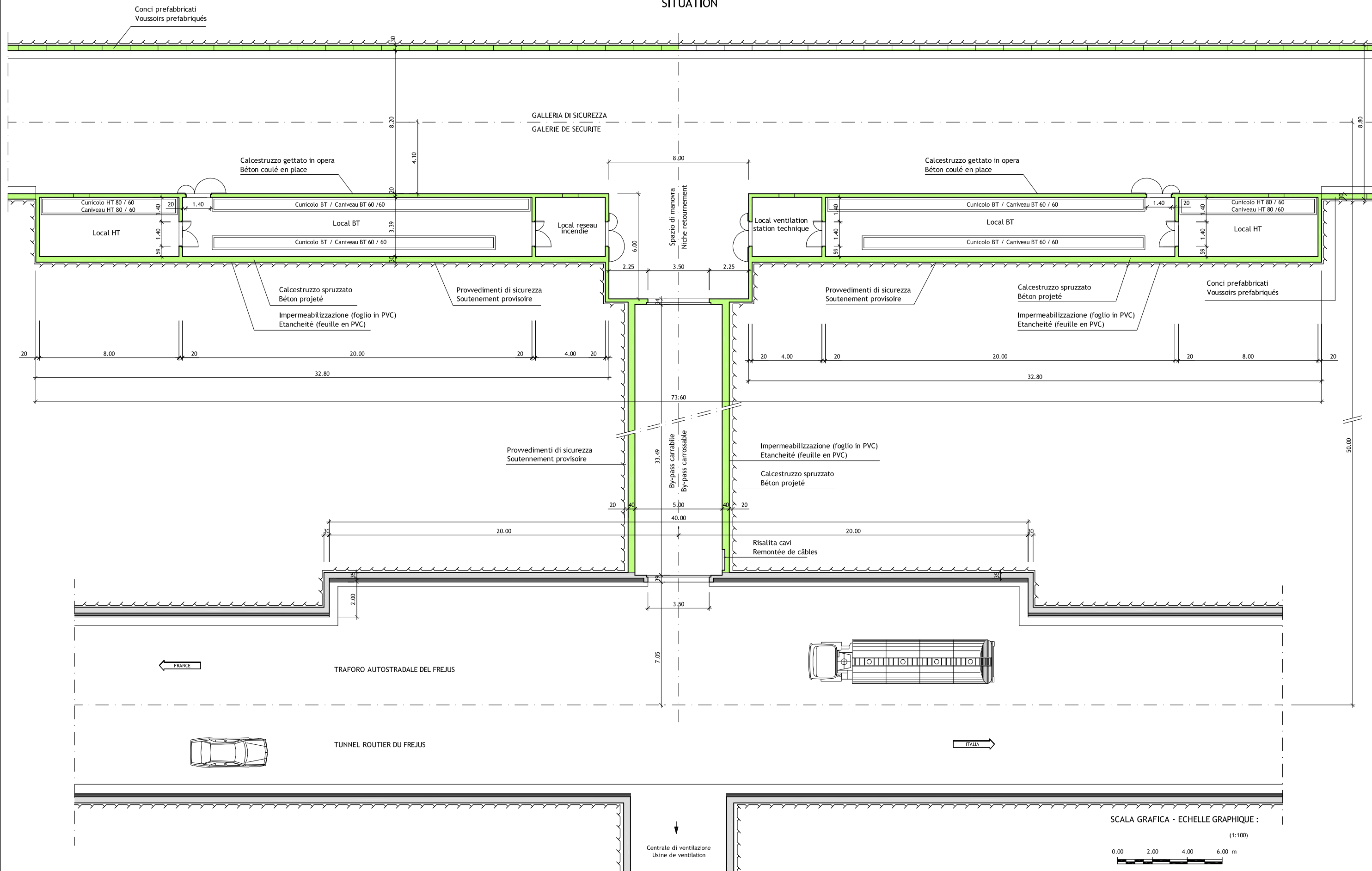


6145.0-P-506



DISPOSIZIONE STAZIONI TECNICHE CON BY-PASS CARRABILI  
DISPOSITION DES STATIONS TECHNIQUES AVEC BY-PASS CARROSSABLES

PIANTA  
SITUATION



SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE :

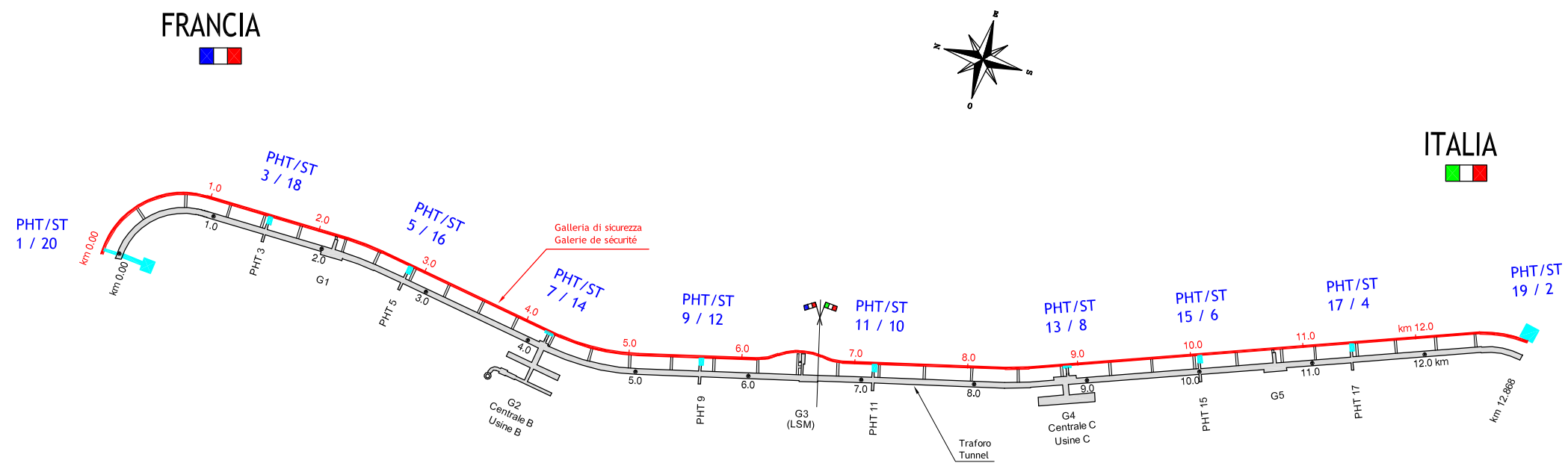
(1:100)

0.00 2.00 4.00 6.00 m

6145.0-P-507

# STAZIONI TECNICHE STATIONS TECHNIQUES

## PLANIMETRIA GENERALE DEGLI INTERVENTI IMPLANTATION DES OUVRAGES



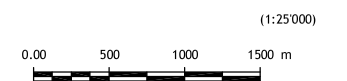
Galleria di sicurezza - posizione stazioni tecniche ST  
Galerie de sécurité - position stations techniques ST

| N° ST<br>N° ST                | PM ST<br>PM ST | Distanza ST<br>Distance ST | N° PHT<br>N° PHT |
|-------------------------------|----------------|----------------------------|------------------|
| Imbocco francese<br>ST 1 / 20 | 0              |                            | PHT 1-20         |
| ST 3 / 18                     | 1551.0         | 1551.0                     | PHT 3-18         |
| ST 5 / 16                     | 2855.0         | 1304.0                     | PHT 5-16         |
| ST 7 / 14                     | 4216.0         | 1361.0                     | PHT 7-14         |
| ST 9 / 12                     | 5635.4         | 1419.4                     | PHT 9-12         |
| ST 11 / 10                    | 7181.0         | 1545.6                     | PHT 11-10        |
| ST 13 / 8                     | 8896.0         | 1715.0                     | PHT 13-8         |
| ST 15 / 6                     | 10076.6        | 1180.6                     | PHT 15-6         |
| ST 17 / 4                     | 11427.4        | 1350.8                     | PHT 17-4         |
| Imbocco italiano<br>ST 19 / 2 | 12877.75       | 1450.35                    | PHT 2-19         |

10 stazioni tecniche    distanza media : 1430 m  
distanza massima : 1715 m

10 stations techniques    espacement moyen : 1430 m  
espacement maximal : 1715 m

SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE :

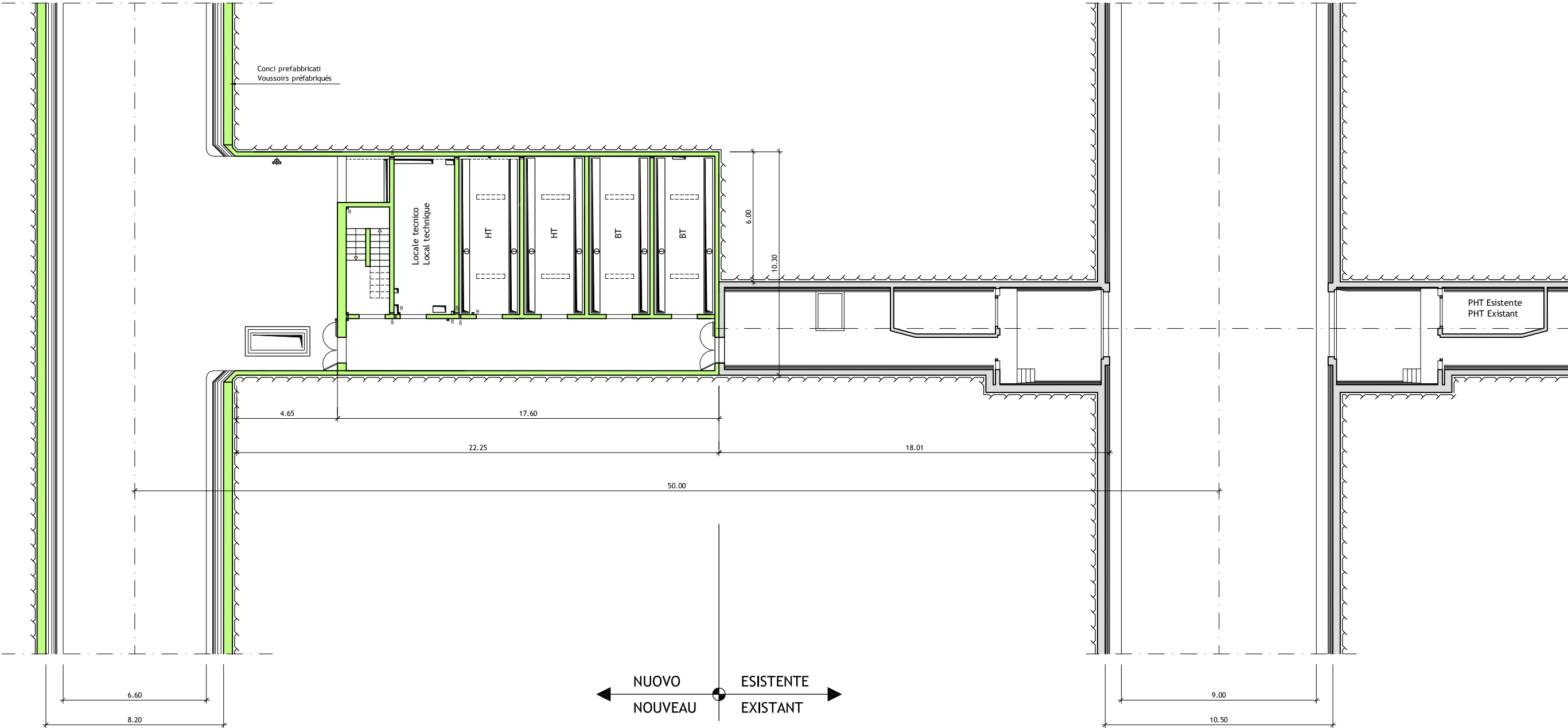


DISPOSIZIONE STAZIONI TECNICHE  
DISPOSITION DES STATIONS TECHNIQUES

PIANTA  
SITUATION

GALLERIA DI SICUREZZA  
GALERIE DE SECURITE

TRAFORO ESISTENTE  
TUNNEL EXISTANT



SCALA GRAFICA - ECHELLE GRAPHIQUE :

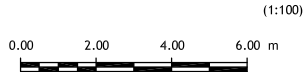


TABELLA DI CONFRONTO  
TABLEAU DE COMPARAISON

| SEZIONE TIPO<br>COUPE TYPE  | MEZZI D' INTERVENTO<br>MOYENS D' INTERVENTION  | ACCESSO<br>ACCES  | VENTILAZIONE<br>VENTILATION   | DIAMETRO E RIVESTIMENTO<br>DIAMETRE ET REVETEMENT  | VOLUMI DI SCAVO<br>VOLUMETRIE D' EXCAVATION                   | RIFUGI / ABRIS  | BY PASS   | COSTI APPROSSIMATIVI<br>(da verificare)<br>COÛTS APROXIMATIFS<br>(à vérifier) |
|---|--|---|---|--|---|---|---|---|
| <p>SAGOMA 4.50 x 3.00 m / GABARIT 4.50 x 3.00 m</p> <p>D = 5.50</p> | <p>AMBULANZA<br/>INCROCIO POSSIBILE CON UN VEICOLO FERMO<br/>E UNO AL PASSO ( CON RETROVISORI CHIUSI)</p> <p>AMBULANCE<br/>CROISEMENT POSSIBLE AVEC UN VEHICULE<br/>ARRETE ET L'AUTRE AU PAS (AVEC<br/>RETROVISEURS REPLIES)</p> | <p>SAS AI PORTALI<br/>SAGOMA 3.50 X 3.50 m</p> <p>SAS AUX TÊTES<br/>GABARIT 3.50 X 3.50 m</p> | <p>GALLERIA DI SICUREZZA IN SOVRAPRESSIONE<br/>CENTRALI DI VENTILAZIONE IN<br/>CORRISPONDENZA DELLE SAS AI PORTALI</p> <p>GALERIE DE SECURITE EN SURPRESSION<br/>USINES DE VENTILATION AU DROIT DES SAS<br/>AUX PORTAILS.</p>   | <p>DIAMETRO ESTERNO DI SCAVO 6.30 m<br/>DIAMETRO INTERNO 5.50 m<br/>RIVESTIMENTO IN CONCI<br/>SPESSORE 30 cm.</p> <p>DIAMETRE EXTERIEUR D'EXCAVATION 6.30 m<br/>DIAMETRE INTERIEUR 5.50 m<br/>REVETEMENT EN VOUSSOIRS<br/>EPAISSEUR 30 cm.</p> | <p>570'000 m<sup>3</sup></p> <p>570'000 m<sup>3</sup></p>     | <p>34 RIFUGI CON SUPERFICIE UTILE PER<br/>UTENTI DI 54 m<sup>2</sup></p> <p>INTERASSE MEDIO 368 m.<br/>INTERASSE TRAFORO-GALLERIA 32 m</p> <p>34 ABRIS AVEC UNE SURFACE UTILE<br/>POUR LES USAGERS DE 54 m<sup>2</sup></p> <p>ESPACEMENT MOYEN 368 m<br/>ENTRE-AXE TUNNEL-GALERIE 32 m</p>  | <p>2 IN CORRISPONDENZA DELLE<br/>CENTRALI SOTTERRANEE<br/>INTERASSE 4300 m</p> <p>2 AU DROIT DES USINES<br/>SOTTERRAINES ENTRE-AXE<br/>4300 m</p> | <p>272 mio €</p> <p>272 mio €</p>   |
| <p>SAGOMA 6.60 x 4.00 m / GABARIT 6.60 x 4.00 m</p> <p>D = 8.00</p> | <p>TITAN/NAVETTA ORTHROS<br/>INCROCIO POSSIBILE CON VEICOLI IN<br/>MOVIMENTO</p> <p>TITAN/NAVETTE ORTHROS<br/>CROISEMENT POSSIBLE AVEC LES<br/>VEHICULES EN MOUVEMENT</p>  | <p>ACCESSO DIRETTO AI PORTALI</p> <p>ACCES DIRECT AUX TETES</p>                               | <p>VENTILAZIONE LONGITUDINALE CON<br/>JET-FANS E POSSIBILITÀ DI GESTIRE<br/>DIFFERENZA DI PRESSIONE BAROMETRICA AI<br/>PORTALI.</p> <p>GESTIONE INCENDIO CON ESTRAZIONE IN<br/>CORRISPONDENZA DELLE CENTRALI<br/>SOTTERRANEE.</p> <p>VENTILATION LONGITUDINALE AVEC<br/>ACCELERATEURS ET POSSIBILITÉ DE<br/>GÉRER LES DIFFÉRENCES DE PRESSION<br/>BAROMÉTRIQUE AUX PORTAILS.</p> <p>GESTION INCENDIE AVEC EXTRACTION<br/>AU DROIT DES USINES SOTTERRAINES</p> | <p>DIAMETRO ESTERNO DI SCAVO 9.20 m<br/>DIAMETRO UTILE 8.00 m<br/>MARGINE DI TOLLERANZA 0.20 m</p> <p>DIAMETRE EXTERIEUR D'EXCAVATION 9.20 m<br/>DIAMETRE UTILE 8.00 m<br/>MARGE DE TOLÉRANCE 0.20 m</p>                                       | <p>1'200'000 m<sup>3</sup></p> <p>1'200'000 m<sup>3</sup></p> | <p>34 RIFUGI CON SUPERFICIE UTILE PER<br/>UTENTI DI 174 m<sup>2</sup></p> <p>INTERASSE MEDIO 368 m<br/>INTERASSE TRAFORO-GALLERIA 50 m</p> <p>34 ABRIS AVEC UNE SURFACE UTILE<br/>POUR LES USAGERS DE 174 m<sup>2</sup></p> <p>ESPACEMENT MOYEN 368 m<br/>ENTRE-AXE TUNNEL-GALERIE 50 m</p> | <p>5 IN CORRISPONDENZA<br/>DEI GARAGES<br/>INTERASSE MEDIO 2145 m</p> <p>5 AU DROIT DES GARAGES<br/>ENTRE-AXE MOYEN 2145 m</p>                    | <p>348 mio €</p> <p>348 mio €</p>   |