

# LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO  
CUP C11J05000030001

GENIE CIVIL – OPERE CIVILI

METHODES DE CONSTRUCTION EN SOUTERRAIN – METODOLOGIA COSTRUTTIVA IN  
SOTTERRANEO  
TUNNEL DE BASE - COTE ITALIE – TUNNEL DI BASE - LATO ITALIA

RAPPORT DESCRIPTIF SUR LA LOGISTIQUE POUR LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES  
SOUTERRAINS – RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLA LOGISTICA PER LA COSTRUZIONE DELLE  
OPERE IN SOTTERRANEO

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/01/2013	Première diffusion / Prima emissione	C. KAUFFMANN (BG) C. SALOT (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	15/02/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	C. SALOT (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

CODE DOC	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>2</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>A</b>
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente		Numero			Indice			

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>PD2</b>	<b>//</b>	<b>//</b>	<b>33</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>10</b>	<b>03</b>
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-----------------

 **Tecnimont  
Civil Construction**  
Dott. Ing. Aldo Mancarella  
Ordine Ingegneri Prov. 30 n. 6271 F



 **LTF**  
LYON TURIN FERROVAIRE

LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)  
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)

## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO.....	4
1. INTRODUZIONE .....	5
2. DOCUMENTI DE RIFERIMENTO .....	5
3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	5
4. DESCRIZIONE DELL'AREA DI SICUREZZA DI CLAREA .....	6
4.1 Fase definitiva .....	6
4.2 Fase cantiere.....	8
5. TUNNEL DI BASE .....	11
5.1 Scavo del tunnel di base tra 61+060 e 60+640 circa.....	11
5.2 Scavo del tunnel di base oltre la pk 60+640 circa .....	12
5.3 Scavo rami del tunnel di base.....	12
6. SEZIONI IN FASE CANTIERE .....	13
6.1 Sito di Clarea e galleria intertubo.....	13
6.2 Galleria della Maddalena .....	14
6.3 Galleria di Val Clarea .....	16
6.4 Tunnel di Base.....	17
7. CADENZE .....	18
7.1 Nastri trasportatori.....	18
7.2 Treno di servizio.....	19
8. TRASPORTO DEI MATERIALI E DEL PERSONALE .....	21
8.1 Smarino.....	21
8.2 Materiali per cls.....	21
8.3 Altri materiali .....	22
8.4 Trasporto del personale.....	22
9. EVACUAZIONE DELLE ACQUE DI INFILTRAZIONE .....	23
9.1 Tunnel di Base.....	23
9.2 Galleria della Maddalena .....	23

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – Planimetria dell'area di Clarea in fase definitiva .....	7
<b>Figura 2</b> – Sezione galleria della Maddalena in fase cantiere.....	9
<b>Figura 3</b> – Planimetria dell'area di Clarea in fase cantiere.....	10
<b>Figura 4</b> – Principio della ventilazione del cantiere nella tratta tra 61+060 e 60+640 circa ...	12
<b>Figura 5</b> – Sezione galleria in linea con marciapiede.....	14
<b>Figura 6</b> – Sezione galleria intertubo con sala d'accoglienza.....	14
<b>Figura 7</b> : Sezione della galleria della Maddalena .....	16
<b>Figura 8</b> : Sezione della Galleria di Val Clarea .....	17
<b>Figura 9</b> : Sezioni del Tunnel di Base .....	18

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

<b>Tabella 1</b> – Calcolo delle cadenze di scavo in m <sup>3</sup> /h .....	19
<b>Tabella 2</b> – Calcolo delle cadenze di scavo in T/h .....	19
<b>Tabella 3</b> – Ipotesi .....	19
<b>Tabella 4</b> – Calcoli della durata necessaria ad un ciclo di scavo .....	20
<b>Tabella 5</b> – Ipotesi .....	20
<b>Tabella 6</b> – Calcoli della durata necessaria ad un ciclo di trasporto .....	20



## RESUME/RIASSUNTO

Le présent rapport a comme objectif de décrire et motiver les choix effectués quant au transport des matériaux en souterrain nécessaires à la réalisation de la section transfrontalière de la nouvelle ligne ferroviaire Lyon-Turin pour le tronçon coté Italie.

Compte tenu des matériaux provenant des excavations, des capacités de stockage en galerie et des matériaux nécessaires à la construction, les diverses méthodes de transport en souterrain sont exposées.

Le transport des matériaux d'excavation et des agrégats s'effectuera aussi bien par convoyeur que par véhicules sur pneus .

Ce choix permet d'utiliser dès les premières phases du creusement, le pont sur la Dora dans sa configuration temporaire.

Pour le dimensionnement des convoyeurs de transport de déblais, on a tenu compte des vitesses maximales prévues en phase d'excavation, en distinguant les avancements en traditionnel (D&B) des avancements avec TBM.

Dans le présent rapport, n'est décrite que la logistique du chantier souterrain de Clarea, situé au pied de la galerie de La Maddalena, concernant la réalisation du site de sécurité et du Tunnel de Base.

La presente relazione ha l'obiettivo di descrivere e motivare le scelte effettuate per quanto riguarda il trasporto dei materiali in sotterraneo necessari alla realizzazione della sezione transfrontaliera della nuova linea Torino-Lione per la parte lato Italia.

Si sono esposti i diversi metodi di trasporto in sotterraneo tenendo conto dei materiali provenienti dallo scavo, delle capacità di stoccaggio in galleria e dei materiali necessari alla costruzione.

Il trasporto dei materiali di scavo e degli aggregati si effettuerà sia con nastri trasportatori che con veicoli su gomma.

Questa opzione permette di utilizzare, sin dalle prime fasi di scavo, il ponte sulla Dora a Susa nella sua configurazione temporanea.

Per il dimensionamento dei nastri trasportatori dello smarino, si è tenuto conto delle velocità massime previste in fase di scavo, distinguendo gli avanzamenti in tradizionale (D&B) dagli avanzamenti con TBM.

Nella presente relazione si descrive solamente la logistica del cantiere sotterraneo di Clarea, situata al piede della galleria della Maddalena, per quanto riguarda la realizzazione dell'area di sicurezza e del Tunnel di Base.



## 1. Introduzione

Lo scopo della presente relazione è quello di presentare ed illustrare le diverse metodologie costruttive e le logistiche da adottare ai lavori in sotterraneo da realizzare nella sezione transfrontaliera della linea ferroviaria Torino-Lione per la parte lato Italia, in particolare l'area di sicurezza di Clarea ed il fronte d'attacco del tunnel di Base a Susa.

## 2. Documenti de riferimento

I documenti di riferimento per la presente relazione sono i seguenti:

- PD2-C3A-TS3-0435 Relazione generale illustrativa (capitolo 26-19 sezione corrente lato Italia)
- PD2-C3A-TS3-6010 Relazione generale illustrativa (capitolo 33-01-02 Costruzione/generale/lato Italia)
- PD2-C3A-TS3-3949 Relazione tecnica e di calcolo (capitolo 26-19 sezione corrente lato Italia)
- PD2-C3A-TS3-0896 Scavo meccanizzato con fresa (capitolo 33-02-02 Costruzione/metodologia costruttiva in sotterraneo/lato Italia)
- PD2-C3A-TS3-0880 relazione illustrativa sui metodi di scavo delle gallerie e delle opere connesse (capitolo 33-02-02 Costruzione/metodologia costruttiva in sotterraneo/lato Italia)
- PD2-C3A-TS3-6557 Tunnel di Base – Avanzamento con metodo D&B (sezioni tipo S1, S2, S3a) – Schema delle fasi esecutive (tavola 1 di 4)
- PD2-C3A-TS3-6558 Tunnel di Base – Avanzamento con metodo D&B (sezioni tipo S3b, S4) – Schema delle fasi esecutive (tavola 2 di 4)
- PD2-C3A-TS3-6559 Tunnel di Base – Avanzamento con metodo D&B (sezioni tipo S5a, S5b, S6, S7, S8) – Schema delle fasi esecutive (tavola 3 di 4)
- PD2-C3A-TS3-6560 Tunnel di Base – Avanzamento con metodo D&B (scavi a mezza sezione) – Schema delle fasi esecutive (tavola 4 di 4)
- PD2-C3A-TS3-6561 Tunnel di Base – Sezioni tipo in fase di costruzione.
- PD2-C3A-TS3-6571 Tunnel di Base – Avanzamento con martellone nelle rocce verdi (sezioni tipo S3a) – Schema delle fasi esecutive (tavola 1 di 2)
- PD2-C3A-TS3-6572 Tunnel di Base – Avanzamento con martellone nelle rocce verdi (sezioni tipo S5a) – Schema delle fasi esecutive (tavola 2 di 2)
- PD2-C3A-TS3-7804 Planning OOCC Italia
- PD2-C3A-TS3-7853 Planning area di sicurezza di Clarea e discenderia di Maddalena

Sarà opportuno anche fare riferimento ai documenti direttamente collegati alle relazioni citate in precedenza. Nonchè alla relazione allegata in allegato 1.

## 3. Quadro normativo di riferimento

Il quadro normativo è trattato nel documento PD2-C3A-TS3-1113 “Consegna 44-norme tecniche - quadro normativo” e dei suoi allegati.

Gli indirizzi operativi per la costruzione in sicurezza sono invece inseriti in allegato 1. Si tratta di un documento redatto congiuntamente dalle autorità Italiane e Francesi.

## **4. Descrizione dell'area di sicurezza di Clarea**

### **4.1 Fase definitiva**

L'area di Clarea comprende l'unica discenderia lato Italia (la galleria della Maddalena) ed un'area di sicurezza sotterranea.

In corrispondenza dell'area di sicurezza che si estende per una lunghezza di 750 m, l'interdistanza tra le due canne del Tunnel di Base è 80 m.

L'area di sicurezza comprende una galleria intertubo, che ospita la futura sala d'accoglienza, 8 rami di sicurezza con interdistanza 50 m, due rami di accesso soccorsi e due rami per i veicoli bimodali situati alle due estremità dell'area.

Un'altra caverna, situata al centro dell'area di sicurezza, costituisce il punto da cui si scaveranno le gallerie in fase cantiere.

La galleria della Maddalena, di una lunghezza di circa 7180 m e di un raggio di curvatura minimo di 1000 m, permette di accedere all'area di sicurezza. La galleria si immette all'estremità della galleria intertubo lato Italia. Questa galleria permetterà il collegamento tra il sito ed il cantiere sotterraneo e la superficie.

La galleria di ventilazione di Clarea, di una lunghezza di 4540 m circa, permetterà di fornire la ventilazione dell'area di sicurezza e del Tunnel di Base in fase d'esercizio (il suo nome esatto è infatti galleria di ventilazione di Val Clarea). Questa galleria si immetterà direttamente nella caverna tecnica e sarà scavata principalmente dal basso verso l'alto (salvo i primi cento metri circa, scavati in attacco montante a partire dal sito della centrale di ventilazione della val Clarea).

Rapport sur les méthodes de creusement coté Italie / Relazione sui metodi di scavo delle gallerie lato Italia

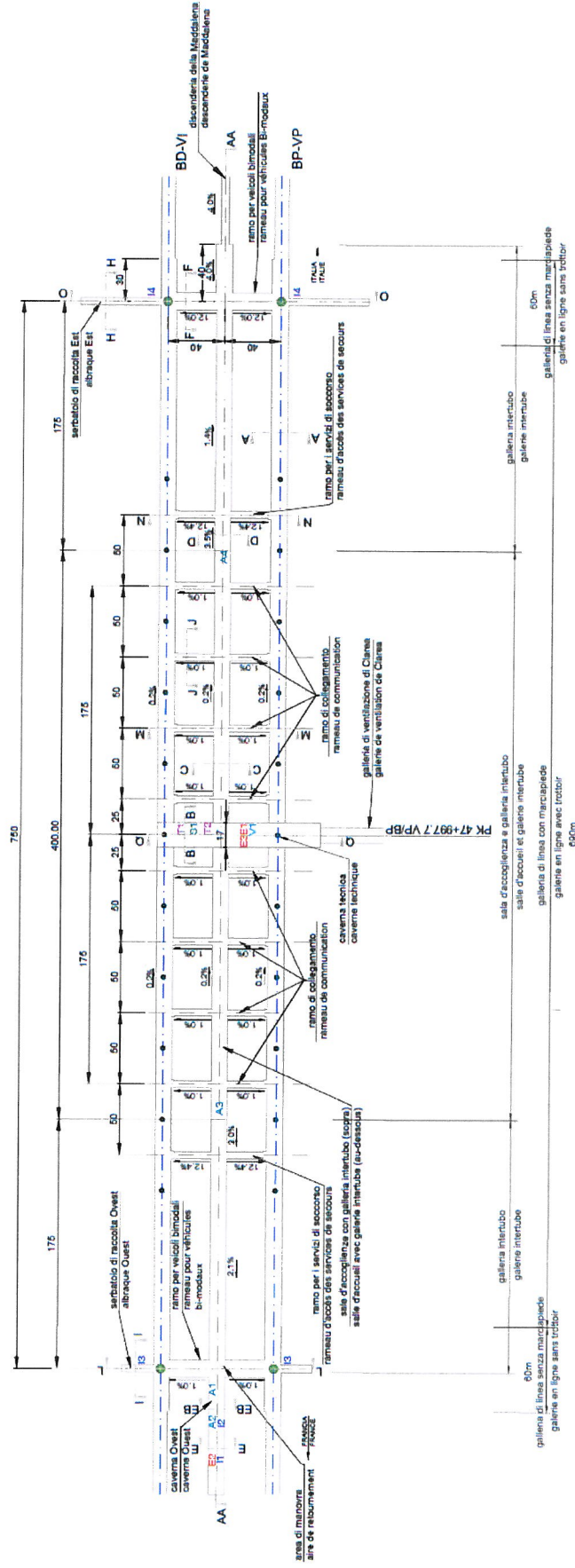


Figura 1 – Planimetria dell' 'area di Clarea in fase definitiva



## 4.2 Fase cantiere

La problematica principale della logistica in fase cantiere è la gestione dell'evacuazione del marino e l'approvvigionamento del cantiere in materiali ed attrezzature, in maniera da limitare i flussi di trasporto tra la superficie e il sotterraneo.

La galleria della Maddalena permetterà il collegamento tra il cantiere sotterraneo e la superficie, in cui transiteranno dunque l'insieme delle attrezzature e dei materiali necessari ai lavori di scavo.

La caverna tecnica, per via della sua grande dimensione, è il luogo privilegiato per la logistica di cantiere. Permetterà di ospitare le installazioni più importanti e sarà la zona privilegiata per lo stoccaggio. Le aree di stoccaggio dovranno essere opportunamente delimitate e segnalate, in maniera da permettere il traffico dei mezzi di cantiere in sicurezza. Nelle fasi precedenti al suo completamento piccoli stoccaggi provvisori, ridotti al minimo, sono possibili all'interno della galleria della Maddalena, nelle nicchie di incrocio mezzi da realizzarsi preventivamente allo scavo del sito.

Le installazioni dell'area di Clarea dovranno comprendere:

- Varie zone di stoccaggio
- Una centrale di betonaggio ed una cabina di comando preposta
- Trasformatori
- Un'officina
- Un impianto mobile di frantumazione
- ...

Per maggiori dettagli sulle installazioni di cantiere dell'area di Clarea, si vedano gli elaborati 6 PD2-C3A-TS3-6037 e PD2-C3A-TS3-6010.

La centrale di betonaggio sarà installata in sotterraneo in modo da servire le diverse necessità in fase di scavo. Sarà posizionata nella galleria intertubo lato Francia e la tramoggia di carico sarà situata lato caverna tecnica. La cabina di comando così come il suo trasformatore saranno posizionati nella stessa porzione di galleria intertubo. Per facilitare la manovra dei mezzi di trasporto del cls, il primo ramo tra tunnel canna BD e galleria intertubo lato Francia dovrà essere scavato in precedenza.

L'insieme delle gallerie, salvo la galleria della Maddalena, permetterà la circolazione dei veicoli a doppio senso. Si dovrà porre in opera una segnaletica specifica. Lungo la galleria della Maddalena sono previste delle nicchie di incrocio, con inderdistanza massima di 400 m, per i veicoli provenienti in senso opposto.

Durante le fasi di costruzione, lo stoccaggio dei materiali di sostegno (reti elettrosaldate, bulloni, ancoraggi, ecc.) si potrà fare direttamente nella galleria in corso di scavo. I materiali di costruzione depositati dovranno comunque essere sistematicamente identificati e protetti.

Per limitare i flussi di mezzi motorizzati, lo smarino avverrà tramite nastro trasportatore attraverso la galleria della Maddalena. Un impianto di frantumazione primario situato all'incrocio tra la galleria intertubo e la caverna tecnica alimenterà direttamente questo nastro.



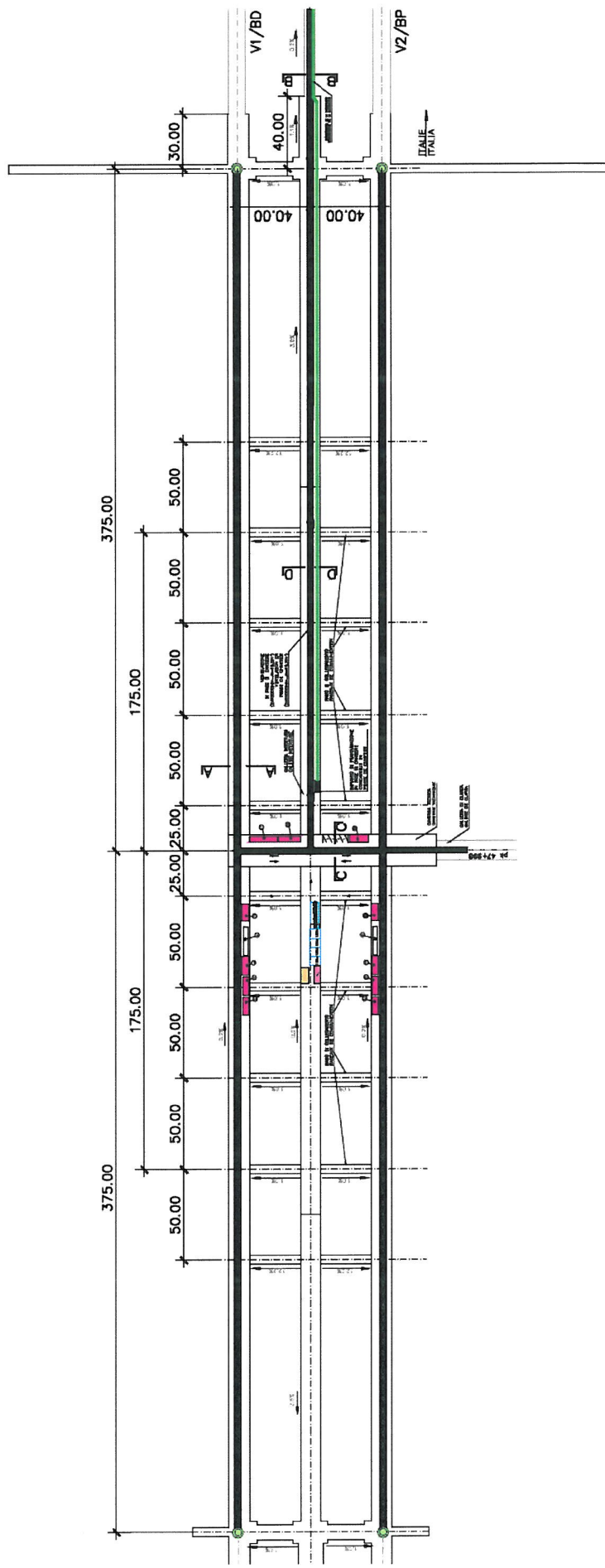


Figura 3 – Planimetria dell'area di Clarea in fase cantiere



## 5. Tunnel di base

Lo scavo del Tunnel di base lato Italia (dalla pk 61+060 alla pk 51+960) si effettuerà a partire dall'area di cantiere situata all'imbocco a Susa.

Dal lato Italia lo scavo si farà, sino alla pk 60+640, per circa 400 m, in tradizionale con proscrizione dell'uso di esplosivi, secondo prescrizione CIPE. A tale progressiva si realizzerà una camera di montaggio della fresa e, a partire da questa progressiva, lo scavo procederà con TBM dual mode slurry-aperta.

L'insieme dello scavo, dall'imbocco lato Italia fino all'incontro con la TBM proveniente da Modane, rappresenta una lunghezza di 9 km circa (dalla pk 61+048 alla pk 51+960).

Lo smarino sarà evacuato in superficie principalmente via nastro trasportatore a partire dall'inizio dello scavo con fresa (pk 60+640), salvo nella zona dove viene realizzato lo scavo in modalità slurry dove l'evacuazione si farà in condotto idraulico (almeno parzialmente). Il nastro sarà dimensionato secondo la quantità di smarino estratta, dunque secondo la velocità di avanzamento della TBM.

L'insieme dei materiali necessari ai lavori di scavo saranno portati al fronte con un treno su gomma o su rotaia: la scelta viene lasciata alle imprese in fase esecutiva. Tuttavia l'utilizzazione di mezzi gommati da una flessibilità migliore per quanto riguarda l'utilizzazione in fase temporanea delle opere realizzate (in particolare per quanto riguarda il ponte sulla Dora). Sarà necessario prevedere sistemazioni specifiche per garantire l'incrocio dei mezzi.

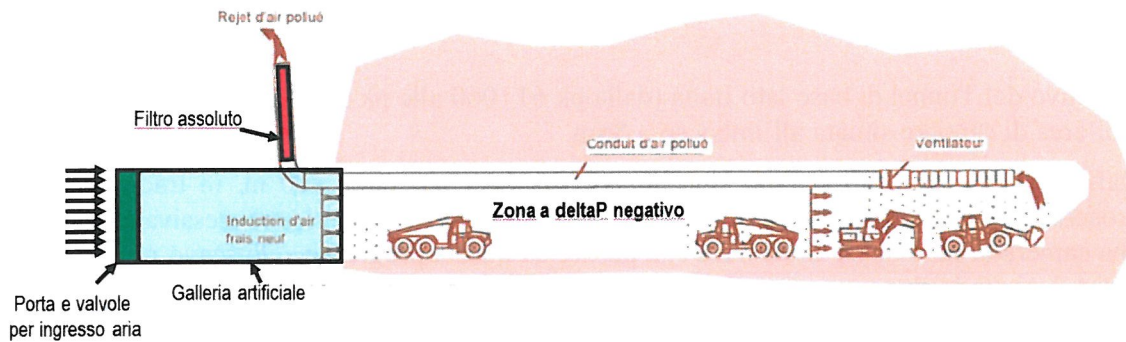
### 5.1 Scavo del tunnel di base tra 61+060 e 60+640 circa

Nella tratta tra l'imbocco e la progressiva 60+640 c.a. lo scavo del Tunnel di Base ed opere accessorie si effettua, secondo la prescrizione CIPE, al martellone. La tratta è difatti scavata in rocce verdi con rischio di materiali fibrosi. Per la realizzazione di questa tratta occorrerà prendere dunque le precauzioni seguenti:

1. realizzazione del rilevato di imbocco e trattamento
2. scavo sino all'entrata in roccia al di sotto del rilevato di imbocco
3. realizzazione della galleria artificiale compresa la chiusura con porte a tenuta e valvole per il controllo dell'accesso d'aria
4. scavo della tratta al martellone sotto ventilazione aspirante e filtro assoluto in uscita dei condotti.

In tal modo la sezione di scavo sarà costantemente tenuta in sottopressione rispetto all'ambiente esterno, evitando l'eventuale rilascio di fibre verso l'esterno durante lo scavo di questa tratta.

In figura è schematizzato il principio della compartimentazione del cantiere in questa fase.



*Figura 4 – Principio della ventilazione del cantiere nella tratta tra 61+060 e 60+640 circa*

La prescrizione CIPE dello scavo al martellone si applica unicamente nelle tratte in cui è rilevata la presenza potenziale di rocce a contenuto fibroso.

Da notare che, essendo l'area del cantiere in sottopressione, l'apertura accidentale delle porte non implica la dispersione delle eventuali fibre verso l'esterno. L'aria presente in galleria viene rigettata all'esterno dopo un apposito filtro. Lo smarino viene poi confezionato in big bags e neutralizzato.

Il tema dell'avanzamento in formazioni potenzialmente amiantifere e della gestione dei materiali è illustrato nelle relazioni PD2-C3B-TS3-0086 Gestione del materiale contenente amianto e PD2-C3A-TS3-0880, ai quali si rimanda per dettagli e schemi grafici.

## 5.2 Scavo del tunnel di base oltre la pk 60+640 circa

Il tunnel di base viene realizzato con fresa convertibile slurry-open mode sino all'incontro con il fronte proveniente da Modane.

Nella tratta sotto il cenischia (pk 57+250 a pk 55+950) lo scavo si fa in modalità confinata. A causa dell'elevato battente idrico si è optato per una modalità slurry che, previo opportuni accorgimenti, consente scavi sino a 6 bar.

## 5.3 Scavo rami del tunnel di base

Lo scavo degli intertubi si fa principalmente all'esplosivo (salvo primi metri in rocce a probabile contenuto fibroso e nella tratta sotto il Cenischia (pk 57+250 a 55+950)).

Nella tratta sotto il Cenischia, il terreno, di composizione ghiaioso-limoso, necessiterà un trattamento con iniezioni e jetting dalle canne del tunnel di base prima della rimozione dei rivestimenti. L'efficacia dell'intervento sarà verificata realizzando un piezometro spia prima della rimozione dell'anello.

## 6. Sezioni in fase cantiere

### 6.1 Sito di Clarea e galleria intertubo

Lo scavo del sito di Clarea è realizzato all'esplosivo. La sezione tipo delle gallerie nell'area di Clarea è ripresa nelle figure 3 e 4. In particolare si prevedono:

- Riempimento provvisorio della parte bassa
- Camminamento pedonale
- Ventilazione
- Sottoservizi

Per facilitare il transito di uomini e mezzi, durante l'avanzamento si getterà una platea o si riempirà con materiale di scavo la zona all'arco rovescio, si prevederà una canaletta centrale, in modo da permettere la raccolta delle acque di ruscellamento e la loro traslazione sino all'impianto di pompaggio via la galleria della Maddalena, secondo i principi dell'evacuazione delle acque utilizzati nel cantiere di scavo della galleria della Maddalena stessa..

Quest'ultima è utilizzata per gli approvvigionamenti e l'evacuazione dello smarino. Il transito dei mezzi da cantiere si effettuerà nella parte centrale della galleria. Per questioni di sicurezza la sagoma di passaggio minima di 3,50m x 3,50m dovrà essere sistematicamente rispettata.

Queste sezioni sono configurate in modo da accogliere l'insieme degli elementi necessari allo scavo delle gallerie, della logistica dei materiali, delle attrezzature e delle persone.

La ventilazione delle gallerie si farà per depressione con dei condotti di diametro 1,60 m e 2,20m per la galleria di Val Clarea, fissati in calotta. Le caratteristiche tecniche di queste ultime così come il dimensionamento delle installazioni necessarie alla ventilazione sono presentate nella relazione PD2 C3A-0886-33-02-02-10-02 « Relazione descrittiva e giustificativa sulle esigenze di ventilazione e raffreddamento in fase di costruzione ».

Le reti secche e umide, un'illuminazione specifica, così come il trasformatore associato (vedi sezioni) saranno fissate a paramento.

L'insieme di queste installazioni saranno disposte su dei sostegni che permettono di proteggerle e stocarle in modo ordinato.

Un passaggio pedonale, di larghezza minima di 80 cm, sarà sistematicamente disposto lungo uno dei paramenti. Quest'ultimo sarà protetto da un parapetto composto da paletti, da un listello intermedio, da uno inferiore e da un mancorrente. Nel caso in cui una rete si trovasse sullo stesso lato di un passaggio pedonale, questa deve essere protetta e resa inaccessibile. L'insieme dovrà garantire la sicurezza del personale.

Un nastro trasportatore sarà posizionato a paramento dal lato opposto al passaggio pedonale. Questo permetterà di trasportare lo smarino fino in superficie.



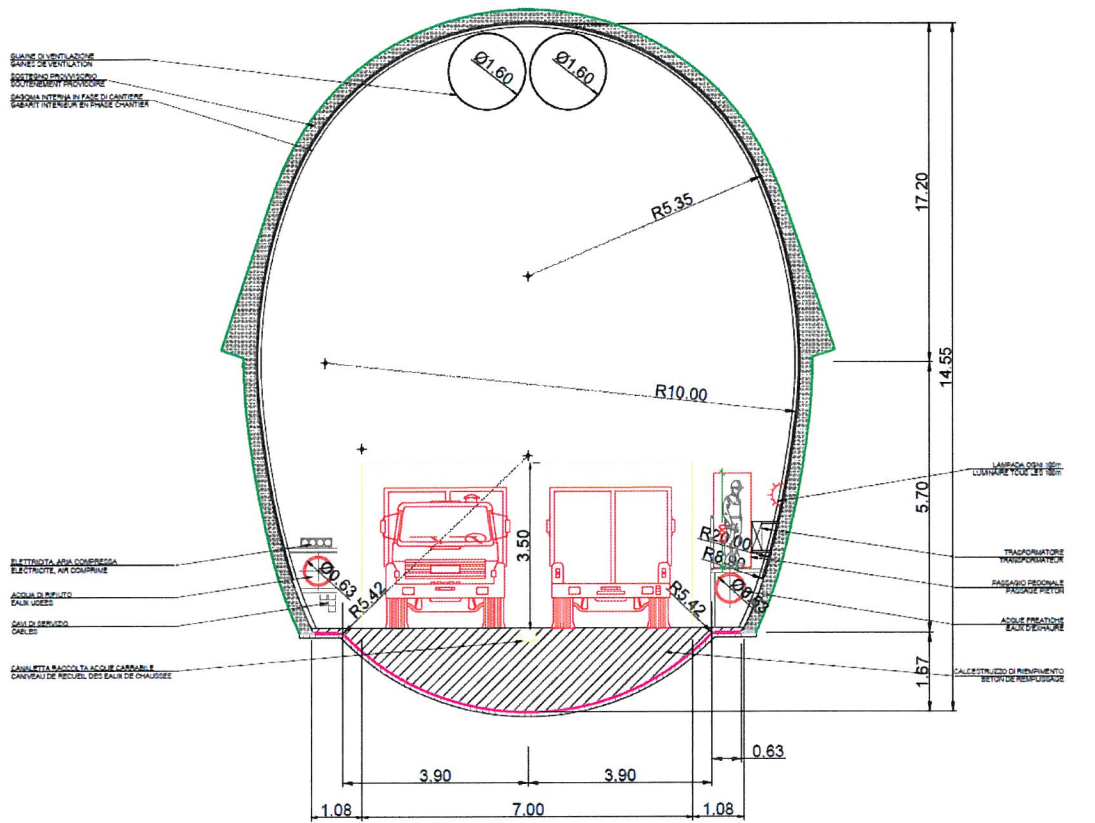


Figura 5 – Sezione galleria in linea con marciapiede

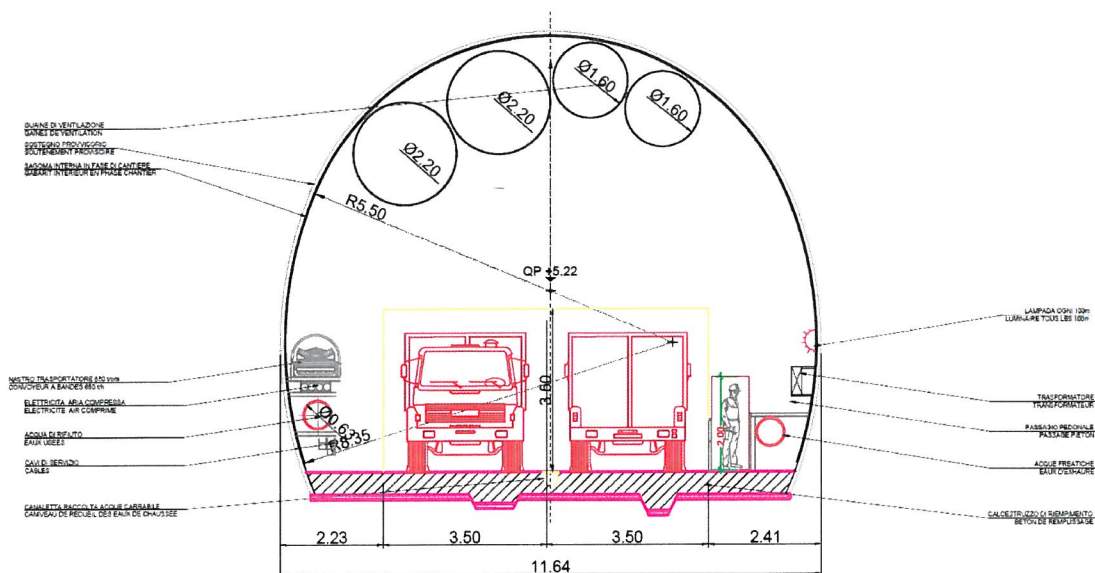


Figura 6 – Sezione galleria intertubo con sala d'accoglienza

## 6.2 Galleria della Maddalena

Lo scavo della galleria della Maddalena sarà già stato realizzato all'inizio dei lavori e sarà stato realizzato parzialmente all'esplosivo e, per la maggior parte, con TBM.

La galleria della Maddalena si distingue dalle gallerie dell'area di sicurezza per via della sua larghezza limitata. . In particolare, per renderla idonea allo scavo del sito di sicurezza e del pozzo di Clarea, si prevedono le lavorazioni seguenti:

- Riempimento provvisorio della parte bassa
- Realizzazione delle nicchie di incrocio e parcheggio veicoli
- Realizzazione del camminamento pedonale
- Installazione del condotto di ventilazione
- Installazione dei sottoservizi
- Installazione del nastro trasportatore
- Installazione dei collettori di evacuazione acque

Al punto di corda molle della galleria è prevista una zona di rilancio delle acque di drenaggio (già realizzata in fase di scavo della galleria stessa e da ripristinare). Una volta scavato il tunnel di base, il sistema di evacuazione delle acque prevede l'evacuazione a gravità verso il tunnel di base ed il portale Susa.

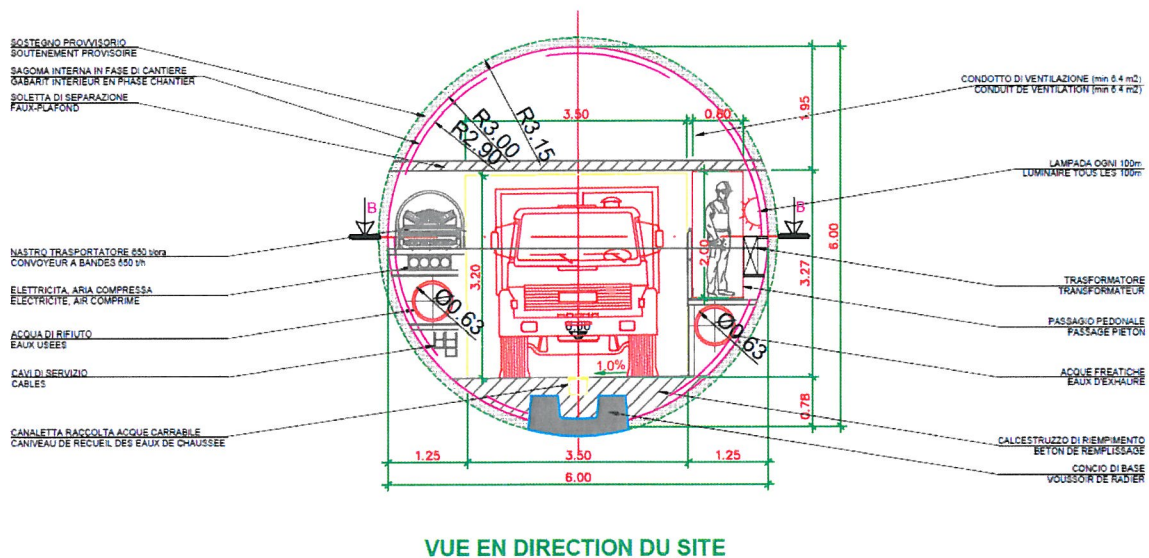
Rispettando la sagoma minima di transito dei mezzi, la sezione tipo della galleria permette il passaggio dei veicoli a senso unico alternato. Lungo la galleria si prevedono di realizzare delle "nicchie di incrocio" a distanza massima di 400 m l'una dall'altra, che permetterà ai veicoli provenienti in senso opposto di incrociarsi.

Quando la pendenza è superiore all'8% su più di 1000 m, bisognerà prevedere delle fosse di rallentamento (voies de détresse) per aiutare all'arresto dei mezzi.

La galleria presenta una soletta intermedia che separa il condotto nel quale circola l'aria viziata. Un sistema di deflettori permetterà di creare la giunzione tra condotto di ventilazione dell'area di Clarea ed il vano stesso in galleria.

Da questa galleria transiterà via camion l'insieme dei materiali e delle attrezzature e via nastri trasportatori lo smarino.

La sezione tipo della galleria in fase di costruzione è presentata in figura 7.



VUE EN DIRECTION DU SITE

Figura 7: Sezione della galleria della Maddalena

Il rivestimento della galleria della Maddalena sarà realizzato a fine lavori del sito e del pozzo di Clarea, con un cassero del tipo con carro a portale. La geometria del cassero sarà tale da poter permettere il passaggio dei condotti di ventilazione e la sua sagoma interna sarà sufficiente a lasciar transitare i mezzi da cantiere.

### 6.3 Galleria di Val Clarea

La galleria di ventilazione di Clarea è realizzata con scavo all'esplosivo a partire dalla caverna tecnica, dal basso verso l'imbocco. Un tratto ascendente di 115 m circa è previsto scavato dall'imbocco in superficie, per realizzare il drenaggio delle acque. In particolare si prevedono:

- Riempimento provvisorio della parte bassa con calcestruzzo rullato (RCC)
- Camminamento pedonale
- Ventilazione
- Sottoservizi

Al piede della galleria è prevista una zona di rilancio delle acque di drenaggio, evacuate verso la Maddalena in fase di scavo.

Il rivestimento della galleria di Val Clarea sarà realizzato all'avanzamento con un cassero del tipo con carro a portale. La geometria del cassero sarà tale da poter permettere il passaggio dei condotti di ventilazione e la sua sagoma interna sarà sufficiente a lasciar transitare i mezzi da cantiere.

L'insieme delle installazioni necessarie allo scavo delle gallerie viene confermato per quest'opera.

In fase di cantiere, la galleria di Val Clarea consente il doppio senso dei mezzi eccetto in corrispondenza dei casseri (vedi figura).





Data la larghezza limitata della platea, il camminamento per i pedoni dovrà essere disposto in sopraelevazione su una struttura prevista a questo scopo al fine di poter beneficiare della forma bombata del tunnel. Quest'ultimo sarà protetto da un parapetto composto da paletti, da un listello intermedio, da uno inferiore e da un mancorrente. L'insieme dovrà garantire la sicurezza del personale.

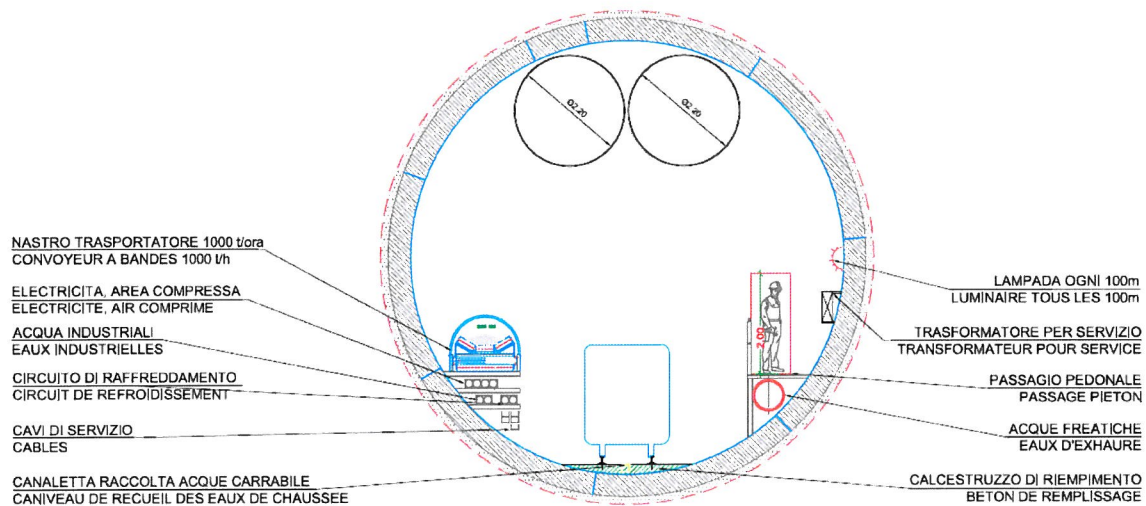


Figura 9 : Sezioni del Tunnel di Base

Per permettere la realizzazione dei rami, gli elementi e le reti posizionati dal lato di questi ultimi saranno sopraelevati o allora dovranno essere messi tutti dallo stesso lato. Si noterà che, per questo fatto, la posizione di questi elementi non sarà sullo stesso lato del tunnel per le due canne.

## 7. Cadenze

### 7.1 Nastri trasportatori

Le cadenze dei nastri trasportatori da tenere in conto sono direttamente legati alle cadenze di scavo.

Si considerano dunque le cadenze più rapide, per ciascun metodo di scavo. Si noterà che lo scavo con TBM, essendo lineare e senza possibilità di stoccaggio, sarà dimensionante per i nastri trasportatori. Il metodo D&B permette lo stoccaggio tampone dei materiali scavati nella caverna tecnica e figura dunque in questo caso solo a titolo comparativo.

Le cadenze dimensionanti per modo di scavo sono le seguenti:

Metodo di scavo	Sezione dimensionante		Avanzamento	Cadenza
	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	(m/h)	(m <sup>3</sup> /h)
TBM	TS1a	84.95	5.50	470
D&B	S1	76.42	1.73	130

*Tabella 1 – Calcolo delle cadenze di scavo in m<sup>3</sup>/h*

A partire da queste cadenze è dunque possibile determinare la capacità dei nastri trasportatori da considerare:

Metodo di scavo	Cadenza	Peso specifico	Cadenza
	(m <sup>3</sup> /h)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/h)
TBM	470	2.65	1300
D&B	130	2.65	350

*Tabella 2 – Calcolo delle cadenze di scavo in T/h*

Le dimensioni limitate della galleria della Maddalena non permettono di inserire due nastri trasportatori. Per questo motivo, un solo nastro trasportatore di capacità superiore (650 T/h) sarà necessario in maniera da far fronte ad ogni evenienza.

La lunghezza di un nastro trasportatore “classico” di portata 350 ton/h è dell’ordine di 650 mm contro 1000 mm per un nastro con una portata di 1250 ton/h. Si nota dunque che per una larghezza di nastro allargata di solo 350 mm la capacità del nastro è già ampiamente aumentata. La potenza richiesta sarà dell’ordine di 1250 kW per il Tunnel di Base e di 1000kW per la Maddalena.

Se una differenza di qualità dei materiali è constatata durante lo scavo, si cercherà, nel limite del possibile, di separare questi due tipi di materiali, in un’ottica di futuro riutilizzo. Per questo fatto è necessario avere uno stoccaggio tampone nella caverna tecnica in modo da far risalire in superficie solo un tipo di materiale alla volta. In superficie, lo stoccaggio dovrà essere organizzato in modo da separare i diversi tipi di materiale.

## 7.2 Treno di servizio

Per giustificare la compatibilità di questi treni, occorre dimensionare il tempo di un ciclo di trasporto del treno di servizio della TBM e compararlo al tempo stimato di ciclo della TBM. Come avvenuto in precedenza, si dimensionerà per l’avanzamento di picco, ovvero la consegna di 3 anelli di conci per ora.

Calcolo di un ciclo di scavo con TBM, riprendendo le ipotesi enumerate in precedenza:

	Unità	Quantità
Velocità media di scavo	m/h	0.75
Lunghezza dell’anello	m	1.8

*Tabella 3 – Ipotesi*



Funzione	Unità	Tempo stimato
Scavo	min	180.00
Posa conci	min	40.00
Pulizia e controllo	min	10.00
Efficienza 15 %	min	34.50
<b>TOTALE</b>	<b>min</b>	<b>264.50</b>

*Tabella 4 – Calcoli della durata necessaria ad un ciclo di scavo*

Il tempo stimato di un ciclo di scavo con TBM è da paragonare con il tempo di un ciclo di trasporto:

	Unités	Quantité
Lunghezza max del tunnel dall'imbocco	m	10 000
Velocità del treno	Km/h	30

*Tabella 5 – Ipotesi*

Si noterà che il lineare del treno di servizio è stato portato a 10 km per il calcolo, in modo da tenere in conto la distanza fronte di scavo – area di carico.

Funzione	Unità	Tempo stimato
Andata – ritorno del treno	min	40.00
Carico conci	min	25.00
Carico malta	min	5.00
Scarico conci e malta	min	10.00
Efficienza 15 %	min	24.00
<b>TOTALE</b>	<b>min</b>	<b>104.00</b>

*Tabella 6 – Calcoli della durata necessaria ad un ciclo di trasporto*

Si constata dunque che la durata di un ciclo di trasporto non è compatibile con il ciclo di scavo considerato. Bisognerà dunque prevedere delle aree di incrocio per esempio sopraelevando localmente il piano di scorrimento (con rilevato provvisorio) e con scambio semplice destro (o sinistro) incurvato verso l'esterno.

Essendo i rami realizzati in parallelo al lavoro della TBM questo implica una sistemazione specifica in corrispondenza di ogni ramo. Per questo fatto sarà preferibile installare due binari nel tunnel, con deviazione del traffico su un binario in corrispondenza dell'atelier di scavo dei rami.

Nel caso di utilizzo di treni gommati, si disporrà una piattaforma specifica di incrocio in corrispondenza di ogni ramo. Potrà essere realizzata in pietrisco e sarà provvista di rampa d'accesso.

## 8. Trasporto dei materiali e del personale

### 8.1 Smarino

La risalita dello smarino in superficie si farà attraverso la galleria della Maddalena via nastro trasportatore. La capacità di quest'ultima è direttamente funzione della velocità di avanzamento del fronte di scavo come esposto al capitolo 7..

Nel caso di scavo di tipo D&B, lo smarino dovrà essere in un primo tempo portato dal fronte verso la caverna tecnica. E' possibile per questo utilizzare delle pale meccaniche gommate di capacità 6 m<sup>3</sup> ciascuna. Uno stoccaggio tampone sarà creato nella caverna tecnica. Una pala caricatrice riprenderà i materiali così stoccati in modo di alimentare un frantumatore mobile primario posizionato all'inizio del nastro trasportatore. Questo frantumatore dovrà permettere di ottenere dei materiali di granulometria di tipo 0/250mm, corrispondente alle limitazioni tecniche dei nastri trasportatori. Nel caso in cui l'altezza della tramoggia di carico non è accessibile alla pala caricatrice, si dovrà realizzare una rampa di accesso.

Questa metodologia permetterà se non altro di limitare lo stoccaggio tampone in sotterraneo al suo minimo.

Un trattamento secondario sarà effettuato nella zona di cantiere esterna della Maddalena (frantumazione, vagliatura, ecc..). I materiali così ottenuti saranno trasportati verso Susa per il loro riutilizzo e/o stoccaggio provvisorio o definitivo. In effetti, tutti i materiali provenienti dallo scavo e che non potranno essere né rivenduti né riutilizzati dovranno essere portati verso il sito di deposito definitivo.

### 8.2 Materiali per cls

Il cls è un materiale essenziale alla realizzazione del cantiere, lo si utilizza sotto varie forme :

- CIs proiettato
- CIs (armato o non armato) per i rivestimenti definitivi in tradizionale
- CIs prefabbricato per l'impianto di prefabbricazione dei conci

Allo scopo di minimizzare l'impatto del transito del personale e degli impianti, una centrale di betonaggio è prevista nella galleria intertubo.

Si noterà che durante la fase transitoria, che precede l'installazione della centrale sotterranea, il cls potrà essere fabbricato a partire dalla centrale situata nell'area di cantiere in superficie e poi trasportato nel fondo con autobetoniere.

La capacità di produzione della centrale di betonaggio deve essere in misura di rispondere alle esigenze massime di produzione legate alla realizzazione dei rivestimenti definitivi.

Dovrà parimenti permettere la proiezione del cls garantendo una velocità di fabbricazione adattata ai tassi di scavo del cantiere in D&B.

Delle autobetoniere permetteranno di portare il cls dalla centrale sotterranea all'area di lavoro.

Metodo di scavo	Sezione dimensionante	Cadenza (m/h)	Superficie (m <sup>2</sup> )		Quantità totale (m <sup>3</sup> /h)	Capacità betoniera (m <sup>3</sup> )	Numero betoniera (u/h)		TOTALE (u/h)
			Calotta e piedritti	Arco rovescio			Calotta e piedritti	Arco rovescio	
TBM	TS1a	5.50	13.14	13.01	150	6	12	12	24
D&B	S1	1.75	11.56	12	45		4	4	8

*Tabella 7 – Materiali per cls*

### 8.3 Altri materiali

L'insieme dei materiali ed attrezzature necessarie ai lavori di sostegno e di scavo saranno trasportati via camion dalla superficie fino all'area di sicurezza o direttamente nel caso di mezzi gommati o cingolati.

Questi materiali sono in particolare:

- Acciaio per cls armato
- Ancoraggi (bulloni di acciaio o bulloni in VTR) per il sostegno dello scavo
- Centine metalliche per il sostegno dello scavo
- Tubi PVC per il drenaggio e le canalizzazioni
- PVC per l'impermeabilizzazione delle gallerie
- Cemento
- Sabbia
- ...

I mezzi di trasporto transiteranno dalla galleria della Maddalena e dovranno perciò rispettare la sagoma massima imposta.

Varie aree di stoccaggio sono previste nella galleria tecnica in fase cantiere.

### 8.4 Trasporto del personale

Data l'assenza di rotaie nell'area in fase cantiere si procederà al trasporto del personale sia con il treno di servizio sia con veicoli leggeri.



## 9. Evacuazione delle acque di infiltrazione

### 9.1 Tunnel di Base

Lo scavo del Tunnel di Base lato Italia (fino alla pk 51+960) è effettuato a partire dal portale Est a Susa. Lo scavo è ascendente e l'evacuazione delle acque è dunque realizzata per gravità. Parallelamente, lo scavo realizzato a partire da Modane è globalmente discendente e cio' necessita il pompaggio delle acque. Dopo l'incontro tra i fronti, l'evacuazione delle acque si farà per gravità verso l'Italia allo stesso modo che in fase definitiva.

Durante lo scavo a partire dal portale di Susa e fino alla pk 52 circa, si prevede una portata stabilizzata di circa 38 L/s per ciascuna canna.

Quando i fronti provenienti da Modane e Susa si incontrano e la galleria della Maddalena è connessa al Tunnel di Base, le venute d'acqua massime stimate secondo la relazione PD2-C3A-TS3-3952 sono le seguenti:

- Nella canna dispari 240 L/s (di cui 23 L/s di acque calde e potabili) ;
- Nella canna pari 270 L/s (di cui 23 L/s di acque calde e potabili).

I collettori delle acque di infiltrazione disposti sul lato Italia del Tunnel di Base devono essere capaci di evacuare 240 L/s nella canna dispari e 270 L/s nella canna pari in modo da poter connettere al più presto i fronti provenienti da Modane e da Susa.

### 9.2 Galleria della Maddalena

La galleria della Maddalena è utilizzata per lo scavo dell'area di sicurezza di Clarea e della galleria de ventilazione di Val Clarea. Per maggiori precisioni sulle portate massime, vedere la relazione PD2-C3A-TS3-3952.

Lo scavo della galleria di ventilazione di Val Clarea è realizzato in attacco ascendente a partire dal piede della galleria della Maddalena. L'evacuazione delle acque si farà per gravità. Si prevede una portata di 41 L/s.

Si prevedono poche venute d'acqua nell'area di Clarea. Si prevede una portata dell'ordine di 4 L/s sull'insieme dell'area.

Il cunicolo esplorativo della Maddalena è realizzato in attacco ascendente poi discendente. Le portate d'acqua attese sono di 175 L/s e 110 L/s nella parte discendente.

Il sistema di pompaggio delle acque al punto basso della galleria della Maddalena permetterà l'evacuazione di 155 L/s. La portata totale al portale è di 330 L/s.

In fase definitiva, la galleria della Maddalena viene collegata al Tunnel di Base tramite un pozzo verticale (per maggiori dettagli, si veda la relazione specifica PD2-C3A-TS3-3831. Nella parte che scende verso il portale, le zone con venute d'acqua saranno iniettate e/o impermeabilizzate. La portata risultante massima sarà di circa 7 L/s evacuata con le acque del piazzale e della centrale di ventilazione della Maddalena.