

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

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

GENIE CIVIL – OPERE CIVILI

TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE
GALERIE DE LA MADDALENA – GALLERIA DE LA MADDALENA
DESCENDERIE – GENIE CIVILE – DISCENDERIA – OPERE CIVILI

NOTE DE CALCUL DES REVETEMENTS DEFINITIFS – RELAZIONE DI CALCOLO DEI RIVESTIMENTI
DEFINITIVI

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	L. PEANO (BG) E. GARIN (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	L. PEANO (BG) E. GARIN (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

CODE DOC	P	D	2	C	3	A	T	S	3	3	8	2	1	A	A	P	N	O	T
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		Statut / Stato		Type / Tipo			

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3A	//	//	26	48	20	10	02

ECHELLE / SCALA

 **Tecnimont**
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. TS - 6271 F




 **LTF**
LYON TURIN FERROVIAIRE

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.....	3
1. INTRODUZIONE	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 Documenti di progetto	4
2.2 Normativa	5
3. GEOMETRIA DELLA GALLERIA.....	5
3.1 Sezioni correnti	5
3.2 Pozzo di drenaggio	7
4. DIMENSIONAMENTO DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI.....	7
4.1 Generalità.....	7
4.2 Materiali e resistenze di calcolo.....	7
4.2.1 Materiali adottati per i sostegni	7
4.2.2 Materiali adottati per i rivestimenti definitivi	8
4.3 Verifica dei rivestimenti	8
4.3.1 Metodologia.....	8
4.3.2 Tratta scavata con TBM.....	9
4.3.3 Tratta scavata in tradizionale – Sezione tipo cilindrica	10
4.3.4 Tratta scavata in tradizionale – Sezione tipo troncoconica.....	11
4.3.5 Pozzo di drenaggio.....	13
4.3.6 Riassunto dei risultati.....	14
5. CONCLUSIONI	14

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Carpenteria tratta scavata con TBM.....	5
Figura 2 – Carpenteria tratta scavata in tradizionale – Sezione cilindrica	6
Figura 3 – Carpenteria tratta scavata in tradizionale – Sezione troncoconica.....	6

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Pressione di calcolo e capacità portante dei rivestimenti definitivi	14
---	----

RESUME/RIASSUNTO

Le présent rapport décrit le dimensionnement des revêtements définitifs de la Galerie de La Maddalena et du puits de drainage prévu au droit du point bas du profil en long. L'ouvrage s'insère dans le site de sécurité de Clarea au droit du Pk 48+412.74 BP du Tunnel de Base.

L'ouvrage est conçu, en phase de chantier, comme galerie de reconnaissance et comme descendrière pour l'attaque de la galerie de ventilation de Val Clarea. Ensuite, pendant la phase d'exploitation, il sera utilisé pour l'accès des véhicules bimodaux et de secours au tunnel de base

Les revêtements ont été calculés de façon à assurer une capacité résistante égale au moins à celle des soutènements dans les conditions les plus défavorables.

La presente relazione descrive il dimensionamento dei rivestimenti definitivi della galleria della Maddalena e del pozzo di drenaggio previsto in corrispondenza del punto basso del profilo longitudinale. L'opera si inserisce nel sito di sicurezza di Clarea, in corrispondenza della progressiva Pk 48+412.74 BP del Tunnel di Base.

L'opera è concepita, in fase di cantiere, come cunicolo esplorativo e come discenderia per l'attacco della galleria di ventilazione di Val Clarea. In seguito, durante l'esercizio, svolgerà la funzione di accesso per i veicoli bimodali e per i mezzi di soccorso al tunnel di base.

I rivestimenti definitivi sono stati calcolati in modo da garantire una capacità portante pari almeno a quella dei sostegni nelle condizioni maggiormente sfavorevoli.

1. Introduzione

L'obiettivo del presente documento è il dimensionamento dei rivestimenti definitivi della galleria della Maddalena, compreso il pozzo di drenaggio per sversamento delle acque di falda nel Tunnel di Base.

Il documento si articola come segue:

- Il **Capitolo 2** riporta i documenti di riferimento progettuali e normativi adottati.
- Il **Capitolo 3** descrive i tipi di carpenteria previsti lungo la galleria e per il pozzo di drenaggio.
- Il **Capitolo 4** descrive il dimensionamento e la verifica dei rivestimenti definitivi.
- Il **Capitolo 5** riporta le considerazioni conclusive al lavoro svolto.

Il dimensionamento dei rivestimenti in corrispondenza delle nicchie è trattato nel documento **PD2-C3A-TS3-3835 Galleria della Maddalena – Relazione di calcolo delle nicchie**.

I sostegni di prima fase sono oggetto del Progetto Definitivo (CMC - 2011) e del Progetto di Variante Tecnica (ITF - 2009) del cunicolo esplorativo.

Per le verifiche della protezione contro le correnti vaganti si veda il documento “**PD2-C3A-TS3-1629 Progetto dei tunnel – Predisposizioni civili per la messa a terra elettrica ai fini della protezione contro i contatti indiretti e le correnti vaganti**”.

2. Documenti di riferimento

2.1 Documenti di progetto

- PD2-C3B-TS3-0002 Profilo geologico verticale del Tunnel di Base;
- PD2-C3B-TS3-0100 Relazione geomeccanica di sintesi;
- PD2-C3B-TS3-0090 Relazione geologica di sintesi;
- PD2-C3B-TS3-0031 Sezioni geomeccaniche – Sito di Clarea;
- PD2-C3A-TS3-3826 Galleria della Maddalena - Carpenterie sezione corrente;
- PD2-C3A-TS3-3829 Sistemazione interna – Pozzo di drenaggio 1/2
- PD2-C3A-TS3-3830 Sistemazione interna – Pozzo di drenaggio 2/2
- PD2-C3A-TS3-3820 Galleria della Maddalena - Relazione descrittiva;
- PD2-C3A-TS3-3835 Galleria della Maddalena - Relazione di calcolo delle nicchie;
- PD2-C3A-TS3-1629 Progetto dei tunnel – Predisposizioni civili per la messa a terra elettrica ai fini della protezione contro i contatti indiretti e le correnti vaganti;
- PP2-MA1-ITF-0129-0130-0131-0202-A – Sezioni tipo scavo e consolidamento tradizionale;
- VEN-CMC-0027a0041-A – Sezioni tipo di scavo e consolidamento meccanizzato;
- VEN-CMC-0044-A – Idraulica galleria – Pozzi di accumulo acqua – Sezioni di scavo e consolidamento;
- VEN-CMC-0010-A – Profilo geologico-geomeccanico con applicazione delle sezioni tipo.

2.2 Normativa

Il quadro normativo di riferimento è trattato all'interno del documento PD2-C3A-TSE3-1113 "Soumission 44 - Normes Techniques - Cadre réglementaire".

3. Geometria della galleria

3.1 Sezioni correnti

Le sezioni correnti della galleria comprendono i seguenti 3 tipi di carpenteria:

- Tratta scavata con TBM (**Figura 1**). Il rivestimento ha uno spessore variabile tra 40 cm in chiave calotta e 60 cm in chiave arco rovescio. Nelle tratte in cui è prevista la sezione tipo di sostegno F5 (Progetto Definitivo del cunicolo esplorativo – CMC 2011) la calotta dovrà essere armata.
- Tratta scavata in tradizionale – Sezione cilindrica, illustrata in **Figura 2**. La calotta, in calcestruzzo non armato, ha uno spessore di 85 cm. La sezione è chiusa mediante una soletta orizzontale in calcestruzzo armato di spessore 105 cm. A tale carpenteria corrispondono le sezioni tipo di sostegno T3, T4 e T4a (Progetto di Variante Tecnica del cunicolo esplorativo).
- Tratta scavata in tradizionale – Sezione troncoconica, mostrata in **Figura 3**. La calotta, in calcestruzzo non armato, ha uno spessore variabile tra 50 e 110 cm. L'arco rovescio, in calcestruzzo armato, ha uno spessore minimo pari a 60 cm. A tale carpenteria corrisponde la sezione tipo di sostegno T5 (Progetto di Variante Tecnica del cunicolo esplorativo).

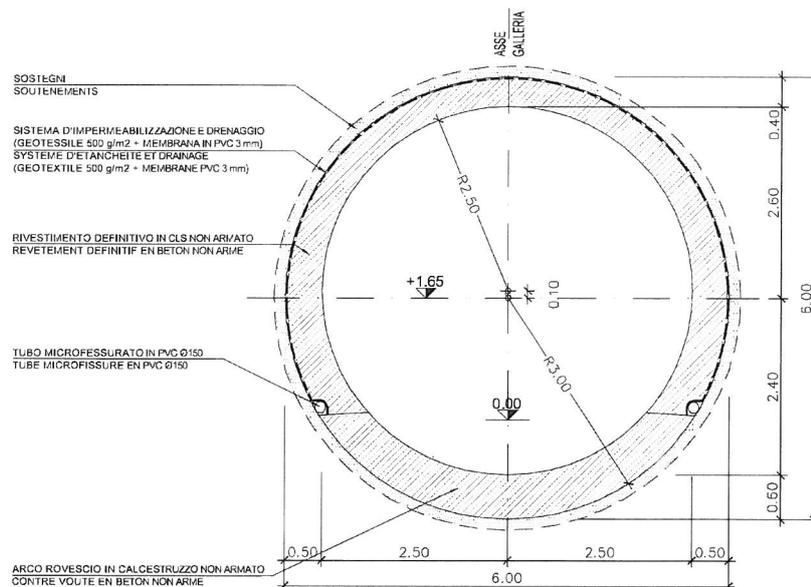


Figura 1 – Carpenteria tratta scavata con TBM

Note de calcul Galerie de La Maddalena / Relazione di calcolo galleria della Maddalena

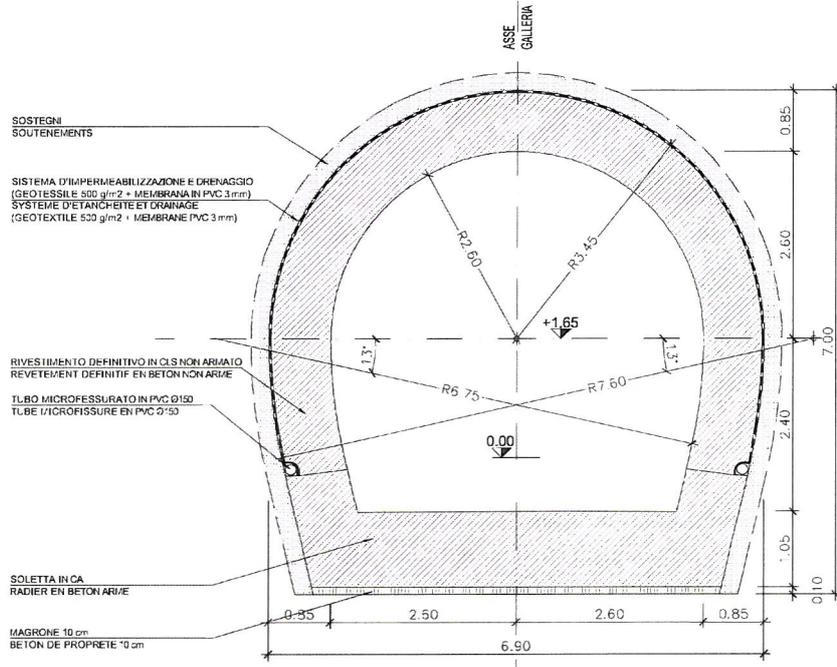


Figura 2 – Carpenteria tratta scavata in tradizionale – Sezione cilindrica

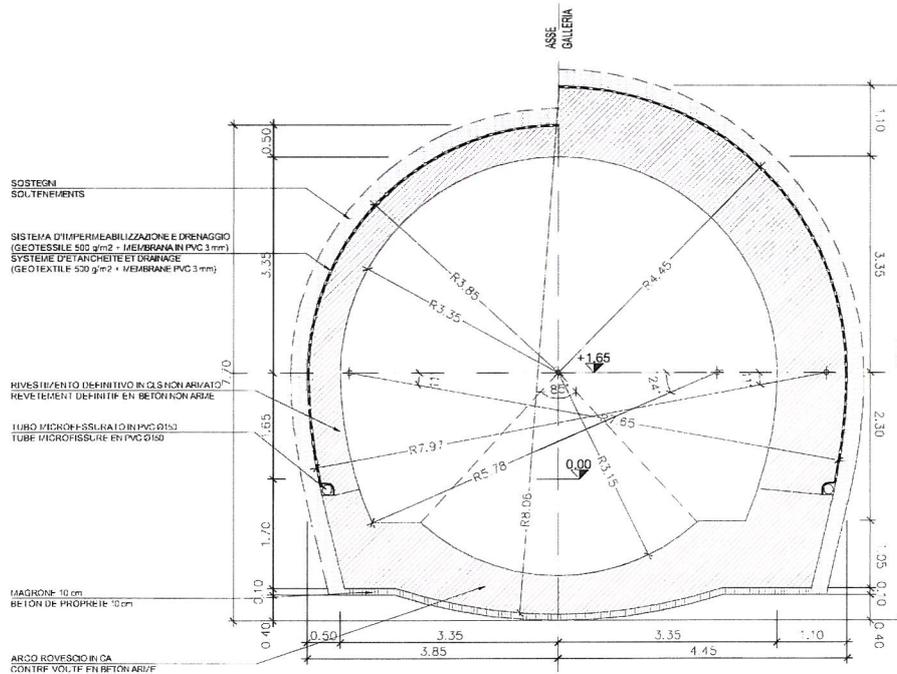


Figura 3 – Carpenteria tratta scavata in tradizionale – Sezione troncoconica

3.2 Pozzo di drenaggio

La carpenteria del pozzo di drenaggio posto in corrispondenza del punto basso del profilo longitudinale sarà costituita da un rivestimento in calcestruzzo armato di spessore 40 cm.

4. Dimensionamento dei rivestimenti definitivi

4.1 Generalità

Il dimensionamento dei rivestimenti definitivi della galleria de La Maddalena e del pozzo di drenaggio è stato svolto a partire dai sostegni di prima fase previsti per il cunicolo esplorativo. In particolare sono stati determinati gli spessori, i tipi di calcestruzzo e me eventuali armature in modo da garantire al rivestimento una capacità resistente almeno uguale a quella dei sostegni, incrementata dei fattori di sicurezza previsti dalla normativa vigente.

4.2 Materiali e resistenze di calcolo

Di seguito sono riportati i materiali (e le relative resistenze di calcolo) adottati per i sostegni di prima fase e per i rivestimenti definitivi. Come anticipato, i primi sono definiti nel progetto del cunicolo esplorativo, mentre i secondi sono oggetto della presente fase progettuale.

4.2.1 Materiali adottati per i sostegni

Calcestruzzo proiettato classe C20/25:

Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Resistenza a compressione di calcolo per le verifiche a SLU:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.3 \text{ MPa}$$

dove:

$\gamma_c = 1.5$ coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo

Acciaio da carpenteria S275:

Resistenza caratteristica a snervamento: $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$

Resistenza a snervamento di calcolo:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 262 \text{ MPa}$$

dove:

$\gamma_s = 1.05$ coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio da carpenteria

Acciaio da carpenteria S355:

Resistenza caratteristica a snervamento: $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

Resistenza a snervamento di calcolo:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 338 \text{ MPa}$$

dove:

$\gamma_s = 1.05$ coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio da carpenteria

4.2.2 Materiali adottati per i rivestimenti definitivi

Calcestruzzo di classe C30/37:

Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Resistenza a compressione di calcolo per le verifiche a SLU:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 17 \text{ MPa}$$

dove:

$\alpha_{cc} = 0.85$ coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata

$\gamma_c = 1.5$ coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

Acciaio per armature B450C:

Resistenza caratteristica a snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

Resistenza a snervamento di calcolo: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391 \text{ MPa}$

dove:

$\gamma_s = 1.15$ coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio d'armatura

4.3 Verifica dei rivestimenti

4.3.1 Metodologia

La capacità resistente dei rivestimenti è stata verificata in termini di pressione radiale massima, ottenuta a partire dallo sforzo normale resistente della sezione di calotta mediante la formulazione di Mariotte, basata sulle seguenti assunzioni:

- Rivestimento di spessore costante e sottile
- Carichi radiali assialsimmetrici

Per ciascun tipo di carpenteria prevista si è verificato che lo spessore del rivestimento in calotta fosse tale da assicurare una capacità resistente pari almeno a quella dei rivestimenti di prima fase della sezione tipo più "pesante".

La capacità resistente è espressa come segue:

$$P_{res} = \frac{N_{rd}}{R}$$

dove:

N_{rd} : sforzo normale resistente di calcolo

R: raggio della galleria, calcolato sul filo esterno dei sostegni

La pressione di calcolo agente sui rivestimenti definitivi è stata ottenuta moltiplicando la capacità resistente dei sostegni per un fattore $\gamma_G = 1.3$, corrispondente al fattore di sicurezza parziale per le azioni permanenti prescritto dalla normativa.

Nei paragrafi che seguono sono riportate le verifiche della capacità resistente per i 3 tipi di carpenteria previsti per le sezioni correnti e per il pozzo di drenaggio.

4.3.2 Tratta scavata con TBM

Capacità resistente dei sostegni

Lungo la tratta scavata con TBM, il Progetto Definitivo 2011 prevede, per le condizioni maggiormente sfavorevoli (corrispondenti alle zone di faglia), la sezione tipo di scavo e sostegno F5. I sostegni adottati per tale sezione sono costituiti da 2 centine accoppiate HEB120 in acciaio S275 disposte con passo pari a 0.42 m.

L'area della sezione di ciascuna centina è pari a:

$$A_{cen} = 34 \text{ cm}^2.$$

Considerando una sezione di larghezza pari a 1.0 m (il calcolo è effettuato per 1.0 m di galleria), l'area di acciaio sarà pari a:

$$A_s = \frac{2 \cdot A_{cen}}{\text{passo}} = 162 \text{ cm}^2$$

È inoltre previsto un eventuale strato di calcestruzzo proiettato di 5-10 cm, il cui contributo alla capacità resistente è stato tuttavia trascurato, in quanto si ritiene che lo spessore ridotto non permetta il crearsi di un vero e proprio effetto arco.

Lo sforzo normale resistente sarà dato pertanto dal solo contributo delle centine:

$$N_{rd,sost} = A_s \cdot f_{yd} = 4244 \text{ KN}$$

La capacità resistente dei sostegni è data quindi da:

$$P_{res,sost} = \frac{N_{rd,sost}}{R} = 1347 \text{ kN}$$

dove:

$$R = 3.15 \text{ m}$$

Capacità resistente del rivestimento

La pressione di calcolo agente sui rivestimenti sarà pari a:

$$p_d = \gamma_G \cdot p_{res, sost} = 1.3 \cdot 1347 = 1751 \text{ KPa}$$

La verifica del rivestimento definitivo è stata svolta assumendo lo spessore minimo in chiave calotta, pari a 0.40 m e un'armatura $\phi 16$ disposta con passo 25 cm su ambo i lati della sezione.

Lo sforzo normale resistente per una sezione larga 1.0 m in calcestruzzo di classe C30/37 è pari a:

$$N_{rd, riv} = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 6070 \text{ KN}$$

dove:

$$A_c = 0.40 \cdot 1.0 = 0.40 \text{ m}^2$$

$$A_s = 1608 \text{ mm}^2 = 0.00161 \text{ m}^2$$

La capacità resistente è infine pari a:

$$p_{res, riv} = \frac{N_{rd, riv}}{R} = 1927.0 \text{ KPa} > p_d$$

dove:

$$R = 3.15 \text{ m}$$

La capacità resistente del rivestimento è maggiore della pressione di calcolo. La verifica è dunque soddisfatta.

4.3.3 Tratta scavata in tradizionale – Sezione tipo cilindrica

Capacità resistente dei sostegni

Lungo la tratta scavata in tradizionale con sezione cilindrica è prevista, nelle condizioni maggiormente sfavorevoli, la sezione tipo di sostegno T4. I sostegni adottati per tale sezione sono costituiti da 2 centine accoppiate IPN180 in acciaio S355 disposte con passo pari a 1.0 m e da uno strato di calcestruzzo proiettato di classe C20/25, di spessore $s = 0.25 \text{ m}$.

L'area della sezione di ciascuna centina è pari a:

$$A_{cen} = 27.9 \text{ cm}^2.$$

Considerando una sezione di larghezza pari a 1.0 m, l'area di acciaio sarà pari a:

$$A_s = \frac{2 \cdot A_{cen}}{\text{passo}} = 55.8 \text{ cm}^2$$

L'area di calcestruzzo proiettato sarà pari a:

$$A_c = (s \cdot 1.0\text{m}) - A_s = 0.25 - 0.00558 = 0.244 \text{ m}^2$$

Lo sforzo normale resistente sarà dato pertanto dalla somma dei contributi delle centine e del calcestruzzo proiettato:

$$N_{rd,sost} = 0.8 A_c f_{cd} + A_s f_{yd} = 4483 \text{ KN}$$

La capacità resistente dei sostegni è quindi data da:

$$p_{res,sost} = \frac{N_{rd,sost}}{R} = 1212 \text{ kN}$$

dove:

$$R = 3.7 \text{ m}$$

Capacità resistente del rivestimento

La pressione di calcolo agente sui rivestimenti sarà pari a:

$$p_d = \gamma_G \cdot p_{res,sost} = 1.3 \cdot 1212 = 1576 \text{ KPa}$$

La verifica del rivestimento definitivo è stata svolta assumendo lo spessore di calotta, pari a 0.85 m.

Lo sforzo normale resistente per una sezione larga 1.0 m in calcestruzzo di classe C30/37 è pari a:

$$N_{rd,riv} = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} = 11560 \text{ KN}$$

dove:

$$A_c = 0.85 \cdot 1.0 = 0.85 \text{ m}^2$$

La capacità resistente del rivestimento è infine pari a:

$$p_{res,riv} = \frac{N_{rd,riv}}{R} = 3124 \text{ KPa} > p_d$$

dove:

$$R = 3.7 \text{ m}$$

La capacità resistente del rivestimento è maggiore della pressione di calcolo. La verifica è dunque soddisfatta.

4.3.4 Tratta scavata in tradizionale – Sezione tipo troncoconica

Capacità resistente dei sostegni

Lungo la tratta scavata in tradizionale con sezione troncoconica è prevista la sezione tipo di sostegno T5. I sostegni adottati per tale sezione sono costituiti da 2 centine accoppiate

IPN200 in acciaio S355 disposte con passo pari a 1.0 m e da uno strato di calcestruzzo proiettato di classe C20/25, di spessore $s = 0.25$ m.

L'area della sezione di ciascuna centina è pari a:

$$A_{\text{cen}} = 33.4 \text{ cm}^2.$$

Considerando una sezione di larghezza pari a 1.0 m, l'area di acciaio sarà pari a:

$$A_s = \frac{2 \cdot A_{\text{cen}}}{\text{passo}} = 66.8 \text{ cm}^2$$

L'area di calcestruzzo proiettato sarà pari a:

$$A_c = (s \cdot 1.0\text{m}) - A_s = 0.25 - 0.00668 = 0.243 \text{ m}^2$$

Lo sforzo normale resistente sarà dato pertanto dalla somma dei contributi delle centine e del calcestruzzo proiettato:

$$N_{\text{rd,sost}} = 0.8 A_c f_{\text{cd}} + A_s f_{\text{yd}} = 4844 \text{ KN}$$

La capacità resistente dei sostegni è data da:

$$p_{\text{res,sost}} = \frac{N_{\text{rd,sost}}}{R} = 1100 \text{ kN}$$

dove:

$$R = 4.4 \text{ m (raggio medio di scavo)}$$

Capacità resistente del rivestimento

La pressione di calcolo agente sui rivestimenti sarà quindi pari a:

$$p_d = \gamma_G \cdot p_{\text{res, sost}} = 1.3 \cdot 1100 = 1430 \text{ KPa}$$

La verifica del rivestimento definitivo può essere svolta considerando lo spessore medio del rivestimento (si ammette una ridistribuzione di carico lungo l'asse longitudinale della galleria). Tuttavia, in favore di sicurezza, si è deciso di assumere lo spessore minimo di 0.5 m.

Lo sforzo normale resistente per una sezione larga 1.0 m in calcestruzzo di classe C30/37 è pari a:

$$N_{\text{rd,riv}} = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{\text{cd}} = 6800 \text{ KN}$$

dove:

$$A_c = 0.5 \text{ m}^2$$

La capacità resistente è infine pari a:

$$p_{\text{res,riv}} = \frac{N_{\text{rd,riv}}}{R} = 1545 \text{ KPa} > p_d$$

dove:

$R = 4.4$ m (raggio medio di scavo)

La capacità resistente del rivestimento è maggiore della pressione di calcolo. La verifica è dunque soddisfatta.

4.3.5 Pozzo di drenaggio

Per il pozzo di drenaggio sono previsti sostegni costituiti da centine HEB 180 in acciaio S355 disposte con passo pari a 1.0 m e da uno strato di calcestruzzo proiettato di classe C20/25, di spessore $s = 0.25$ m.

L'area della sezione di ciascuna centina è pari a:

$$A_{cen} = 65.3 \text{ cm}^2$$

Considerando una sezione di larghezza pari a 1.0 m, l'area di acciaio sarà pari a:

$$A_s = \frac{A_{cen}}{\text{passo}} = 65.3 \text{ cm}^2$$

L'area di calcestruzzo proiettato sarà pari a:

$$A_c = (s \cdot 1.0\text{m}) - A_s = 0.25 - 0.00653 = 0.243 \text{ m}^2$$

Lo sforzo normale resistente sarà dato pertanto dalla somma dei contributi delle centine e del calcestruzzo proiettato:

$$N_{rd,sost} = 0.8 A_c f_{cd} + A_s f_{yd} = 4793 \text{ KN}$$

La capacità resistente dei sostegni è quindi data da:

$$p_{res,sost} = \frac{N_{rd,sost}}{R} = 1712 \text{ kN}$$

dove:

$$R = 2.8 \text{ m}$$

Capacità resistente del rivestimento

La pressione di calcolo agente sui rivestimenti sarà pari a:

$$p_d = \gamma_G \cdot p_{res,sost} = 1.3 \cdot 1712 = 2226 \text{ KPa}$$

Il rivestimento definitivo è costituito da calcestruzzo C30/37 di spessore 40 cm, armato con ferri $\phi 20$ disposti con passo 20 cm su ambo i lati della sezione.

Lo sforzo normale resistente per una sezione larga 1.0 m è pari a:

$$N_{rd,riv} = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 6669 \text{ KN}$$

dove:

$$A_c = 0.4 \text{ m}^2$$

$$A_s = 3142 \text{ mm}^2 = 0.00314 \text{ m}^2 \quad \text{armatura } \phi 20, \text{ passo } 20 \text{ cm}$$

La capacità resistente del rivestimento è infine pari a:

$$p_{\text{res.riv}} = \frac{N_{\text{rd.riv}}}{R} = 2382 \text{ KPa} > p_d$$

dove:

$$R = 2.8 \text{ m}$$

La capacità resistente del rivestimento è maggiore della pressione di calcolo. La verifica è dunque soddisfatta.

4.3.6 Riassunto dei risultati

La **Tabella 1** riassume i risultati ottenuti in termini di pressione di calcolo agente sui rivestimenti e di capacità portante.

Caso di calcolo	p_d (kPa)	$p_{\text{res.riv}}$ (kPa)
Scavo TBM	1751	1927
Scavo tradiz – sez cilindrica	1576	3124
Scavo tradiz – sez troncoconica	1430	1545
Pozzo di drenaggio	2226	2382

Tabella 1 – Pressione di calcolo e capacità portante dei rivestimenti definitivi

5. Conclusioni

La presente relazione descrive le procedure adottate e gli aspetti considerati per il dimensionamento dei rivestimenti definitivi della galleria de La Maddalena. Tale galleria, concepita in fase di cantiere come cunicolo esplorativo e come discenderia di attacco della galleria di ventilazione di Val Clarea, sarà utilizzata in fase di esercizio come accesso al Tunnel di Base per i veicoli bimodali e per i mezzi di soccorso.

In particolare si è verificato che i rivestimenti definitivi fossero in grado di riprendere carichi radiali pari almeno alla capacità portante dei sostegni di prima fase, incrementata dei fattori di sicurezza previsti dalla normativa.

La verifica è stata svolta per le tratte scavate con TBM, per le tratte in tradizionale e per il pozzo di drenaggio. Tutte le condizioni di sicurezza richieste sono risultate soddisfatte.

Il dimensionamento dei sostegni di prima fase non è oggetto della presente fase di progetto, bensì del Progetto Definitivo (CMC - 2011) e del Progetto di Variante Tecnica (ITF - 2009) del cunicolo esplorativo.