

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO PRELIMINARE

NUOVA LINEA AV/AC VENEZIA - TRIESTE TRATTA MESTRE – AEROPORTO MARCO POLO TRINCEE E GALLERIE ARTIFICIALI

da Pk 0+000 a Pk 1+561 e da Pk 8+101.61 a 9+039,650

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

L 3 4 3 0 0 R 1 1 RO CS 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	P. Aversa <i>[Signature]</i>	20.09.10	L. Utzeri <i>[Signature]</i>	21.09.10	D. Fochesato <i>[Signature]</i>	23.09.10	ITALFERR S.p.A. U.O. CORPO STRADALE e GEOTECNICA Dot. Ing. FRANCESCO SACCHI Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° 723172

File: L343 00 R 11 RO CS0000 001 A.doc

n. Elab.: 63



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea



LINEA AV/AC

PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L343	00	R 11 RO	CS 00 00 001	A	2 di 14

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	4
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE	9
4	PROBLEMATICHE GEOTECNICHE E COSTRUTTIVE	13

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA L343	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RO	DOCUMENTO CS 00 00 001	REV. A	FOGLIO 3 di 14

1 PREMESSA

Il presente documento illustra lo studio relativo al progetto preliminare per la Nuova Linea AV/AC Venezia-Trieste, nella Tratta Mestre-Aeroporto Marco Polo, compresa tra le progressive Km 0+000 (asse fabbricato viaggiatori stazione di Mestre) e Km 9+039,650 (inizio camerone fermata Aeroporto Marco Polo).

Il tracciato di progetto è compreso nel territorio del Comune di Venezia, ha origine nella Stazione di Mestre e, dopo aver attraversato l'abitato omonimo, raggiunge l'Aeroporto Marco Polo attraversando le campagne lungo il margine lagunare (Figura 1).

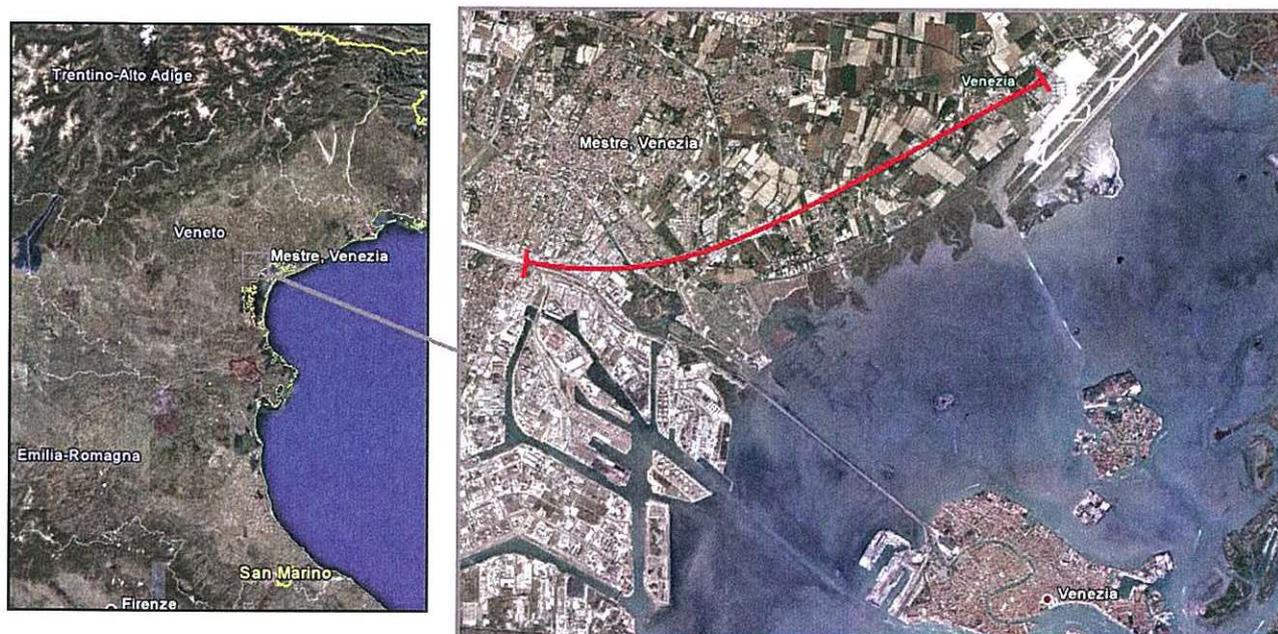


Figura 1: Foto da satellite (©2009Google) dell'area di intervento

La tratta si sviluppa per la quasi totalità in galleria secondo la seguente suddivisione in tratte:

- da Pk 0+000,00 a Pk 0+551,81 tratto a raso
- da Pk 0+551,81 a Pk 1+100,00 Trincea
- da Pk 1+100,00 a Pk 1+571,57 Galleria artificiale
- da Pk 1+571,57 a Pk 8+091,57 Galleria naturale
- da Pk 8+101,57 a Pk 9+039,65 Galleria artificiale

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L343	00	R 11 RO	CS 00 00 001	A	4 di 14

Di seguito si riporta un inquadramento geologico-geotecnico di sintesi dell'area interessata e la descrizione delle tipologie strutturali e delle principali problematiche geotecniche e costruttive delle opere in progetto, con particolare riferimento alle tratte in trincea e in galleria artificiale.

Per l'inquadramento geologico generale e per la caratterizzazione della sismicità locale del sito interessato dall'opera in progetto si rimanda allo studio geologico redatto per il progetto preliminare della tratta (*Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica*, doc. L343 00 R 69 RH GE0001 001 A).

Il progetto delle opere è stato redatto in conformità al **D. M. del 14 Gennaio 2008** – “ *Norme tecniche per le costruzioni* ” e relativa **CIRCOLARE 2 febbraio 2009** , n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008, nonché alle Istruzioni ferroviarie RFI aggiornate secondo tali Norme.*

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Il tracciato di progetto si sviluppa in corrispondenza e nelle immediate vicinanze dell'abitato di Mestre. L'area è inserita nella fascia costiera della Pianura Veneta ed è caratterizzata dalla presenza di una potente coltre di depositi plio-quadernari appartenenti al sistema alluvionale del Fiume Brenta (Figura 2).

All'interno di tale sistema vengono riconosciute diverse unità geologiche, con caratteristiche stratigrafiche e litologiche peculiari. Il settore in oggetto è compreso nell'*Unità di Mestre*, databile al Pleistocene superiore. Tale unità è formata da Depositi alluvionali costituiti prevalentemente da sabbie, limi e argille, queste ultime contenenti percentuali variabili, ma solitamente piuttosto elevate, di limo. In superficie, le sabbie medio-fini variamente limose, rappresentative di facies di canale, costituiscono corpi lentiformi scarsamente interconnessi che giungono a spessori massimi di 2-4 m. In profondità, i corpi di canale possono essere amalgamati tra loro e produrre sequenze sabbiose spesse fino a 10-20 m.

Gli abbondanti depositi limosi e argilloso-limosi di esondazione contengono comuni lenti di torba e orizzonti variamente organici formati in ambiente palustre, spessi al massimo pochi decimetri ma lateralmente continui fino a qualche chilometro.

L'area in studio, in superficie, è caratterizzata prevalentemente da sedimenti limosi, nella parte centrale, ed in subordine da depositi di origine antropica, in corrispondenza dell'abitato di Mestre e dell'area aeroportuale.

La falda freatica ha superficie posta a debole profondità, compresa tra 1 m (e anche meno) a 4 m; in alcune limitate zone è anche più profonda e spesso si trova in relazione con le acque superficiali. Essa è alloggiata negli orizzonti sabbiosi o limosi nell'immediato sottosuolo ed è caratterizzata da oscillazioni stagionali contenute (dell'ordine di 1 - 2 m).

La presenza della falda a profondità molto modeste comporta un maggior impegno tecnico/economico nella realizzazione delle opere interrato, per le quali è necessario prevedere sistemi di drenaggio ed impermeabilizzazioni.

Nel corso della progettazione preliminare, per consentire l'identificazione e la caratterizzazione dei terreni lungo il tracciato, sono state condotte tra il 2009 ed 2010 due campagne d'indagine, con esecuzione di sondaggi, prove penetrometriche e prove cross-hole, ed eseguite prove di laboratorio su campioni indisturbati e rimaneggiati.

In particolare, nel presente studio si fa riferimento alle indagini sui tratti "esterni" del tracciato ubicate nelle immediate vicinanze della stazione di Mestre e nell'area prossima alla zona Aeroporto Marco Polo (Figure 3, 4).

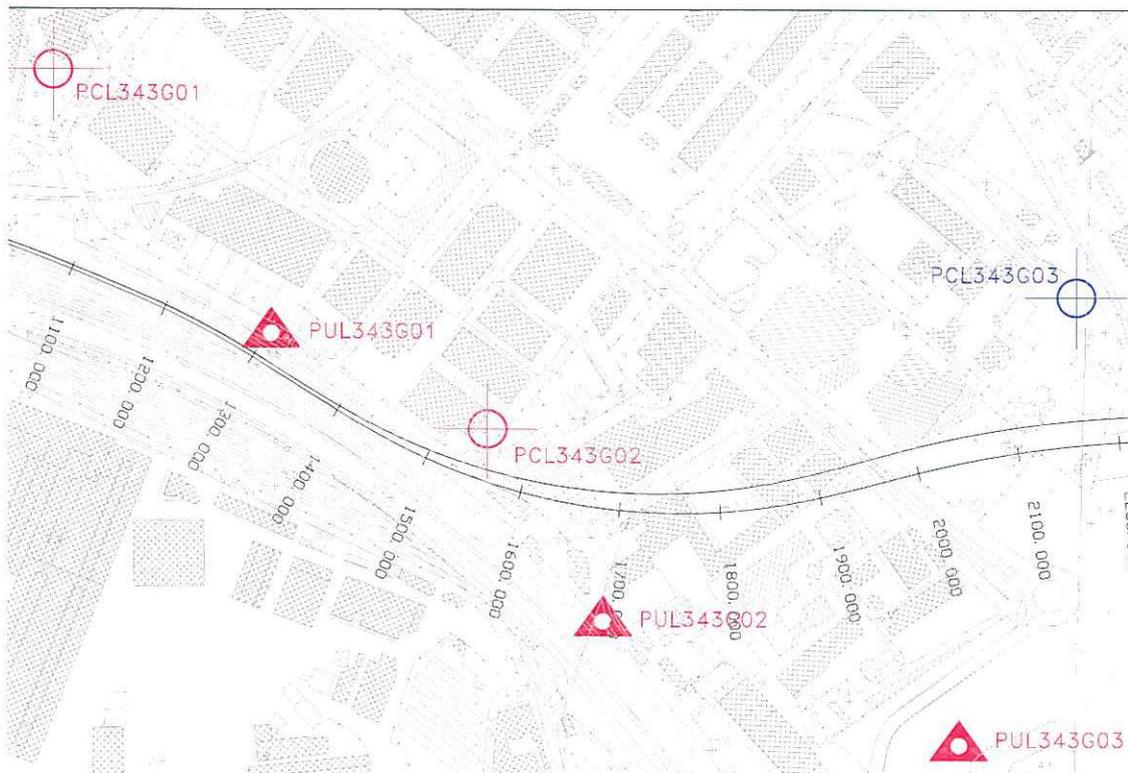


Figura 3: Ubicazione indagini lato Mestre

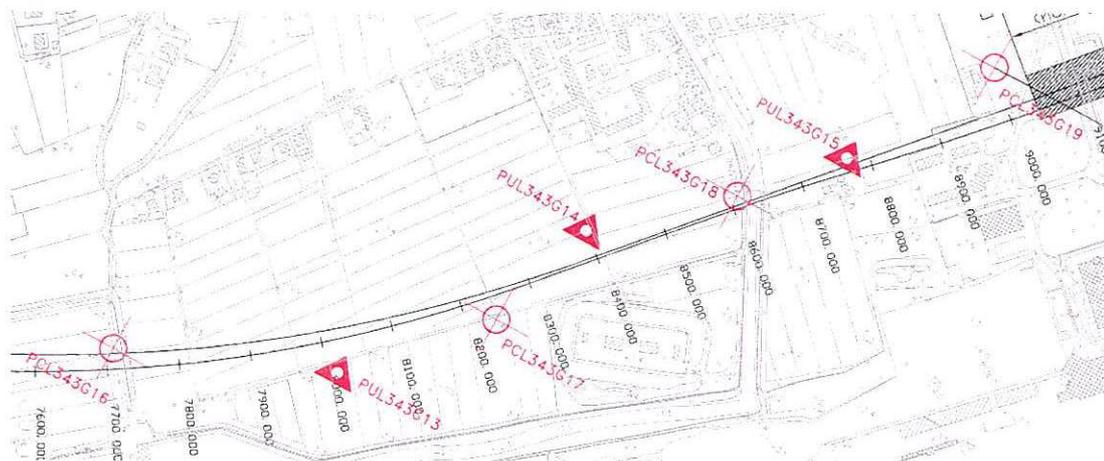


Figura 4: Ubicazione indagini lato Aeroporto Marco Polo



Nell'ambito della progettazione preliminare è stata effettuata una caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni interessati dalle opere, utilizzando i risultati delle prove in sito (CPT ed SPT) e delle prove di laboratorio alle profondità di interesse, oltreché le informazioni desumibili dalla letteratura scientifica.

L'elaborazione dei dati disponibili ha permesso di produrre una schematizzazione stratigrafica e geotecnica del tutto analoga per i terreni lato Mestre e lato Aeroporto-Marco Polo. In particolare, utilizzando le correlazioni di Robertson e Campanella (1983) (figura 5) in base ai risultati delle prove CPT, si individuano due litotipi principali:

- **sabbie limose:** da 0 a 9 metri di profondità da p.c.
- **limi sabbiosi:** da 9 metri fino alle massime profondità investigate (30m)

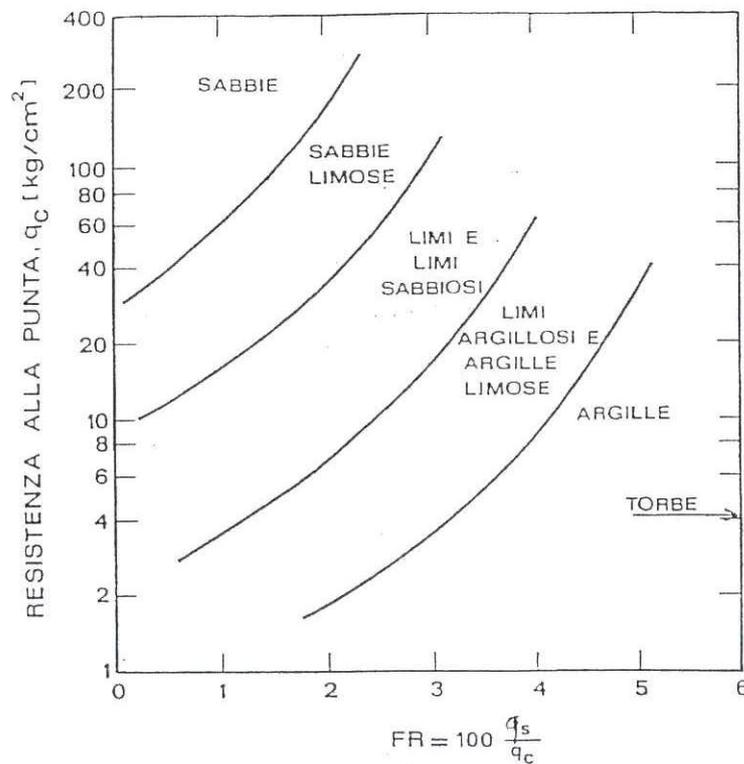


Figura 5: Identificazione dei terreni in base ai risultati di prove penetrometriche statiche (punta elettrica) Robertson e Campanella (1983)

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei terreni, si sono utilizzate le correlazioni con i risultati delle prove in sito, tenendo conto delle prove di laboratorio, ove disponibili, e dei valori tipici di letteratura.

Per quanto riguarda le proprietà elastiche dei terreni, ai fini del progetto delle paratie di sostegno degli scavi in trincea e galleria artificiale si fa riferimento al modulo elastico a “grandi” deformazioni, ricavabile dall’elaborazione delle prove penetrometriche.

In particolare, dai risultati delle prove SPT si è ricavata una stima approssimata del modulo di Young E' per lo strato più superficiale di sabbia limosa attraverso la correlazione proposta da Webb (1970):

$$E(MPa) = 0.316 * N_{SPT} + 1.58$$

Per lo strato limoso sottostante, dai risultati delle prove CPT si è stimato il modulo edometrico attraverso la correlazione di Mitchell e Gardner (1975):

$$E_{ed} = \alpha * q_c$$

Con $3 < \alpha < 6$ per $q_c > 2$ MPa.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA L343	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RO	DOCUMENTO CS 00 00 001	REV. A	FOGLIO 9 di 14

Si osserva che dall'elaborazione delle prove cross-hole eseguite ai fini della caratterizzazione sismica del sottosuolo (cfr. Relazione geologica) si ottengono valori delle proprietà elastiche dei terreni sensibilmente maggiori, anche applicando adeguate riduzioni (curve di decadimento del modulo) per tenere conto dei livelli di deformazione tangenziale tipici per gli scavi tra paratie. Di tali parametri si potrà eventualmente tenere conto nelle successive fasi di progettazione, specialmente nei tratti di galleria artificiale dove si raggiungono notevoli profondità di scavo (i.e. in prossimità dei cameroni di imbocco delle gallerie naturali).

Per quanto riguarda i parametri di resistenza, data l'esiguità delle prove di laboratorio, si propone una stima cautelativa sulla base dei valori tipici di letteratura, approssimando per difetto i valori desumibili dalle correlazioni con le prove in sito, che essendo riferite ai terreni granulari sciolti tendono generalmente a sovrastimare tali parametri in presenza di una cospicua frazione fina.

Nella tabella 1 sono riassunte le proprietà geotecniche dei terreni e lo schema stratigrafico adottato nel progetto preliminare delle opere in esame (la profondità z_L si riferisce alla distanza tra il piano campagna e il letto dello strato considerato):

Tabella 1

Strato	Profondità	γ	E	c'	ϕ
	z_L	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[°]
Sabbie limose	9	19	8000	0	30
Limi sabbiosi	30	19	10000	0	26

I rilievi piezometrici confermano la presenza di falda freatica a debole profondità (compresa tra meno di 1 metro a 4 metri da piano campagna). Ai fini del progetto delle opere, si assume un livello di falda massimo coincidente con il piano campagna.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le opere in progetto sono costituite da gallerie artificiali a doppio binario e dalla relativa trincea di approccio lato Mestre.

Le gallerie artificiali saranno realizzate con scavo tra diaframmi in c.a. e rifodera interna in c.a. solidarizzata con i solettoni di fondo e di copertura (Figura 6). La metodologia esecutiva ("top down") prevede le seguenti fasi:

- 1) pre-scavo e preparazione del piano di lavoro;
- 2) esecuzione delle paratie;
- 3) esecuzione del tappo di fondo (ove necessario);
- 4) realizzazione dei cordoli e del solettone di copertura (con relativa impermeabilizzazione);

- 5) ritombamento;
- 6) scavo con eventuali puntelli provvisori/definitivi;
- 7) esecuzione del solettone di fondo con relativa impermeabilizzazione;
- 8) esecuzione della rifodera interna con relativa impermeabilizzazione;
- 9) esecuzione della sovrastruttura ferroviaria, delle banchine e delle finitura, comprese le canalette idrauliche e le predisposizioni per le tecnologie.

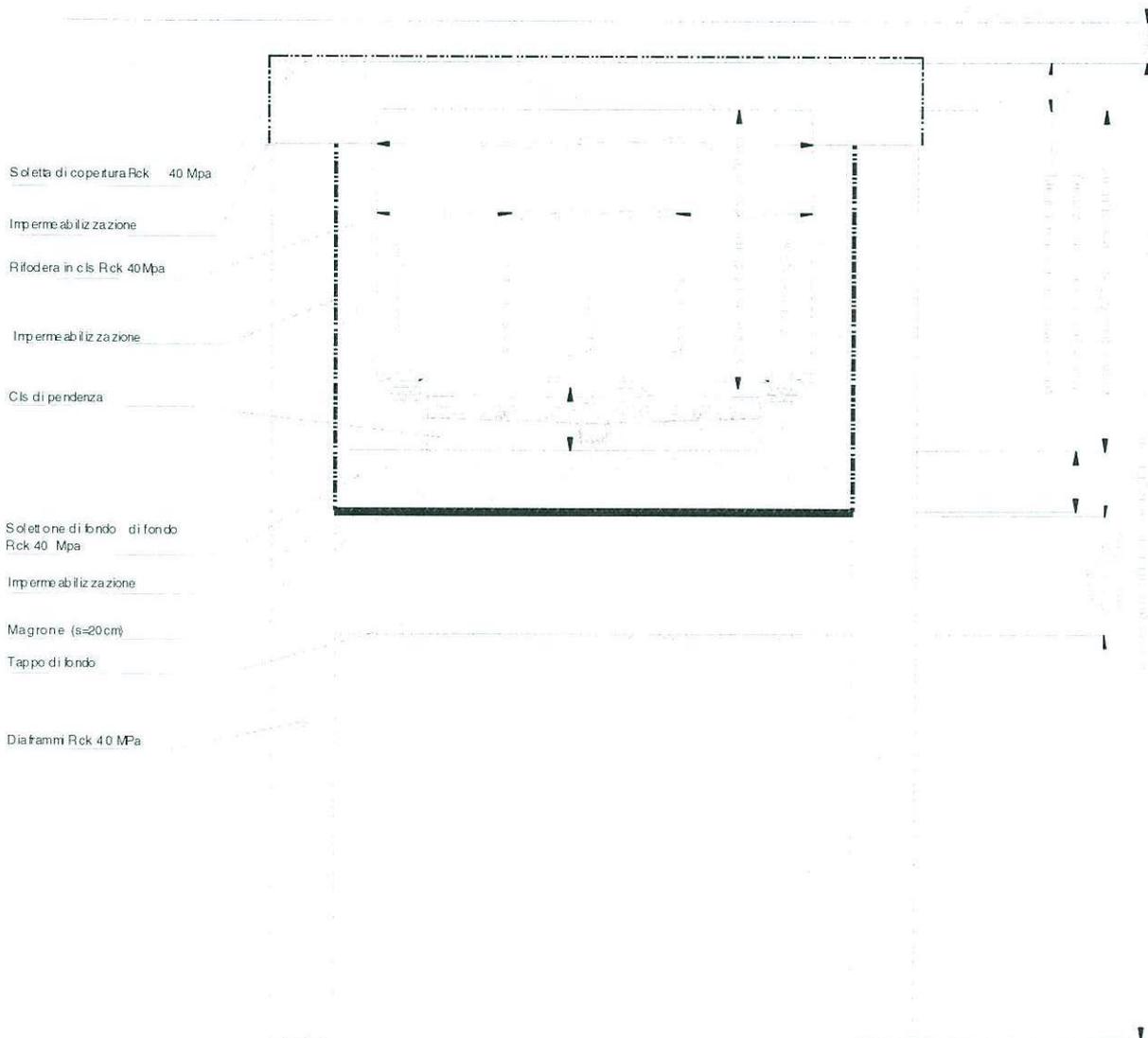


Figura 6: Sezione tipo in Galleria Artificiale

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L343	00	R 11 RO	CS 00 00 001	A	11 di 14

Nei tratti di linea dove l'interasse tra binari è superiore a 8.40 metri, si prevede di inserire un setto centrale (discontinuo), realizzato con pannelli di paratia, al fine di limitare le sollecitazioni sulla soletta di copertura.

Nei tratti dove il piano del ferro si colloca a profondità da piano campagna superiore a 12.30 metri si rende necessario inserire un livello di contrasto intermedio, realizzato con puntoni in c.a., per limitare le sollecitazioni sulle paratie.

Dal punto di vista costruttivo la trincea di approccio alla galleria artificiale lato Mestre prevede, analogamente, lo scavo tra paratie in c.a. e struttura interna in c.a. Per risolvere il problema del galleggiamento in fase di esercizio, a partire da una determinata profondità di scavo la struttura interna dovrà essere ancorata alle paratie tramite il cordolo superiore.

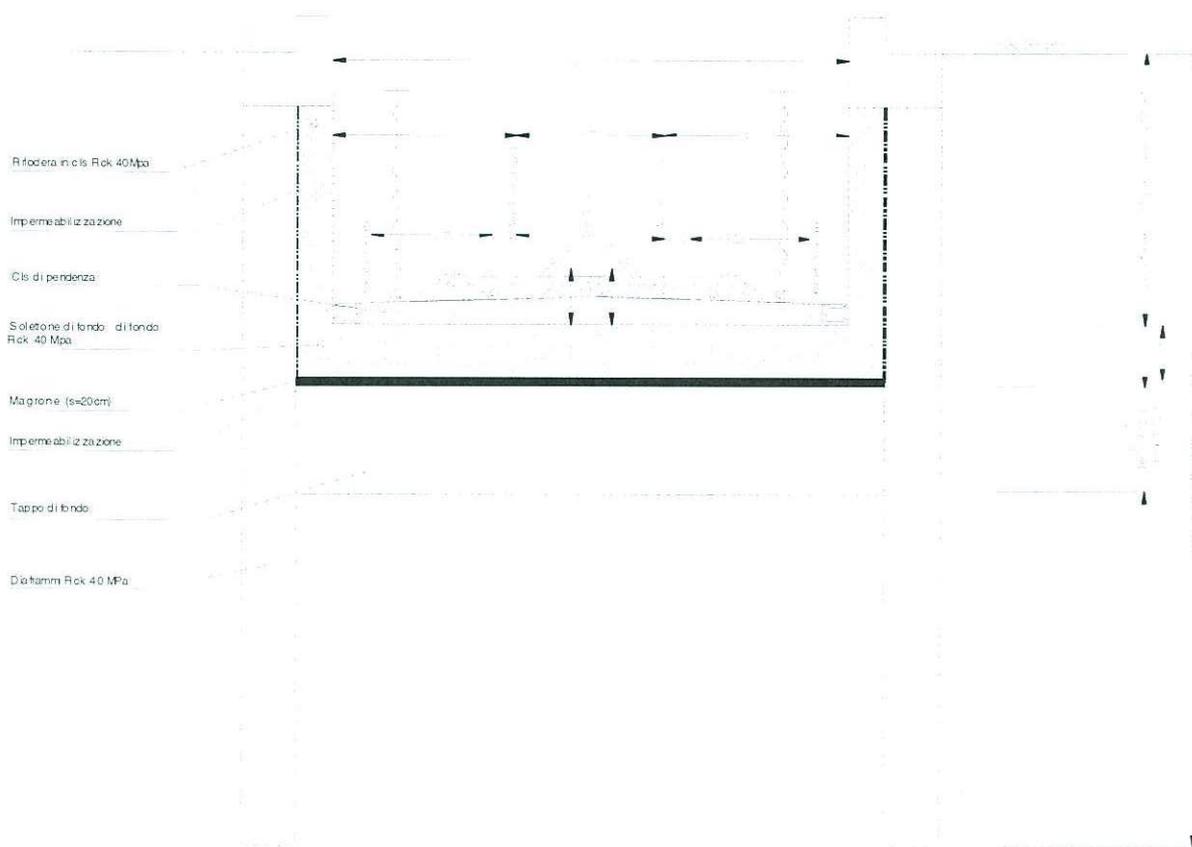


Figura 7: Sezione tipo in Trincea

In prossimità dell'imbocco della galleria artificiale, inoltre, si prevede l'inserimento di un puntone metallico definitivo alla sommità delle paratie per assicurarne la stabilità sia in fase provvisoria che definitiva.

Per i dettagli delle geometrie di tutte le sezioni strutturali tipologiche in trincea e galleria artificiale, variabili per altezza e larghezza interna e per la presenza o assenza di setti centrali e puntone intermedi, si rimanda agli specifici elaborati grafici. Si fa presente che tali sezioni sono del tutto analoghe ad altre per le quali è stato verificato il soddisfacimento del requisito minimo R120 come prescritto all'Allegato II § 1.2.1 "Resistenza e reazione al fuoco" del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 Ottobre 2005 "Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie"; verifiche di dettaglio saranno sviluppate nelle successive fasi progettuali.

Nella tabella seguente si riepiloga la successione delle sezioni strutturali caratteristiche lungo lo sviluppo longitudinale dell'opera:

Tipologie strutturali				
Lato Mestre				
Pk iniziale	Pk finale	Tipo	Descrizione	Sviluppo (m)
0+600	0+750	TR01	Muri ad U	150
0+750	1+050	TR02	Trincea	300
1+050	1+100	TR02 bis	Trincea con puntone	50
1+100	1+473,33	GA01 a	Galleria artificiale	373,33
1+473,33	1+495	GA01 b	Galleria artificiale con puntone	21,67
1+495	1+561,57	GA01 c	Galleria artificiale con setto e puntone	66,57
Lato Aeroporto Marco Polo				
Pk iniziale	Pk finale	Tipo	Descrizione	Sviluppo (m)
8+101,57	8+212	GA02 a	Galleria artificiale con setto e puntone	110,43
8+212	8+545,8	GA02 b	Galleria artificiale con puntone	333,8
8+554,2	8+605,1			50,9
8+545,8	8+554,2	GA02 c	Galleria artificiale	8,4
8+605,1	8+750			144,9
8+750	9+040	GA02 d	Galleria artificiale con setto	290

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA L343	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RO	DOCUMENTO CS 00 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 14

In prossimità dell'imbocco delle gallerie naturali sono presenti i cameroni per il lancio e l'estrazione delle frese che effettueranno lo scavo delle gallerie naturali:

- Camerone lancio frese (lato Aeroporto): Pk 8+091.571 (L=10 m)
- Camerone estrazione frese (lato Mestre): Pk 1+561.571 (L=10 m)

Strutturalmente i cameroni differiscono dalle adiacenti gallerie artificiali per le maggiori profondità e larghezza di scavo, necessarie alle opere per l'alloggiamento delle frese, e per le fasi esecutive che prevedono la realizzazione della copertura in ultima fase, per consentire in fase provvisoria la movimentazione delle frese stesse. La stabilità delle paratie sarà pertanto garantita durante l'approfondimento degli scavi mediante più livelli di tiranti provvisori.

Questa metodologia esecutiva si estende anche al tratto a tergo del camerone di lancio frese (lato aeroporto), per uno sviluppo complessivo di 100m, per agevolare l'allontanamento dei materiali di risulta degli scavi in galleria naturale. Inoltre, in corrispondenza del camerone di estrazione frese si innesta la rampa di accesso al cantiere lato Mestre, per cui lo scavo tra paratie nel tratto terminale della galleria artificiale sarà realizzato inizialmente in trincea e la copertura sarà ultimata in fase finale.

Agli imbocchi della galleria naturale e in prossimità della fermata aeroporto sono previsti i pozzi per la disconnessione fumi, del diametro di 3m, necessari per la sicurezza in galleria in caso di incendio. Sulla copertura delle gallerie artificiali sarà previsto pertanto un foro per la predisposizione di tali apparati, come si evince dagli elaborati grafici di progetto.

4 PROBLEMATICHE GEOTECNICHE E COSTRUTTIVE

Le principali problematiche geotecniche connesse con la realizzazione delle opere derivano dalla presenza di terreni sciolti o scarsamente coesivi sotto falda, dotati di proprietà meccaniche scadenti, e dalle notevoli profondità e larghezze di scavo associate alla configurazione plano-altimetrica del tracciato, specialmente in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie naturali.

La scarsa consistenza dei terreni richiede un consolidamento preventivo al di sotto delle quote di fondo scavo (tappo di fondo). Tale intervento risulta necessario a garantire in fase esecutiva un adeguato contrasto al piede delle paratie e al contempo limitare la filtrazione di acqua dal fondo. Peraltro, in relazione alle notevoli profondità di scavo e ai massimi livelli di falda previsti, coincidenti con il piano campagna, al fine di garantire la stabilità del fondo senza dover ricorrere a spessori di trattamento eccessivi, il tappo di fondo potrà eventualmente prevedersi con un certo grado di permeabilità. Tale accorgimento dovrà essere calibrato con la massima attenzione per minimizzare in ogni caso le portate d'acqua filtranti.

La notevole estensione in profondità e in larghezza degli scavi, derivante dall'approfondimento del piano del ferro per raggiungere le quote utili allo scavo in naturale e dall'allargamento dell'interasse dei binari in prossimità degli imbocchi delle gallerie naturali e dell'innesto con la fermata aeroporto, comporta, come descritto al paragrafo precedente e negli elaborati grafici di progetto, la necessità di ricorrere a soluzioni non standard che prevedono, rispetto alle usuali tipologie di gallerie artificiali a doppio binario, l'inserimento di elementi strutturali integrativi, quali puntoni e setti intermedi, necessari per limitare l'impegno statico delle paratie e dei solettoni di fondo e di copertura.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – TRATTA Mestre – Aeroporto M. Polo					
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L343	00	R 11 RO	CS 00 00 001	A	14 di 14

Riguardo la funzionalità dell'opera in fase definitiva, la presenza di terreni sotto falda impone una particolare cura nella esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione di tutte le strutture in c.a.

Data la notevole profondità delle paratie necessarie per il sostegno degli scavi nei tratti in Galleria Artificiale, che determinano uno sbarramento per le acque sotterranee su uno sviluppo complessivo di circa 1.4 km lungo la tratta, nella successiva fase di progettazione si dovrà sviluppare uno studio idrogeologico per verificare se l'opera determina un "effetto diga" caratterizzato da innalzamento dei livelli idrici a monte e conseguenti abbassamenti a valle. Tale studio dovrà determinare, in funzione dei parametri caratteristici dell'acquifero, l'entità di eventuali dislivelli idrici tra monte e valle dell'opera rispetto alla direzione del moto di filtrazione delle acque sotterranee. Sulla base dei risultati ottenuti si dovrà valutare la necessità di prevedere un sistema di by-pass che consenta di minimizzare il disturbo della falda e le conseguenti ripercussioni sul territorio. La tipologia di by-pass eventualmente da prevedere dipenderà dall'entità delle portate filtranti e dalla profondità dell'acquifero intercettato, potendo risultare sufficiente rendere permeabile con alcuni accorgimenti costruttivi il tratto di diaframmi al di sotto del fondo scavo, ovvero necessario realizzare, ad es., un sistema di pozzi o trincee drenanti a monte e a valle dell'opera, da collegare attraverso tubazioni che consentono il ripristino della configurazione indisturbata della falda nel rispetto del principio dei vasi comunicanti.

La realizzazione della trincea e della galleria Artificiale in corrispondenza dell'ingresso della stazione di Mestre interferisce con l'esercizio dei binari esistenti determinando la necessità di procedere per fasi con interruzione temporanea e/o spostamento provvisorio dei binari adiacenti alle opere in esecuzione. Inoltre in relazione alla configurazione finale del PRG di Mestre il tratto in trincea dovrà accogliere anche i binari della linea storica in variante altimetrica.

Per gli aspetti relativi alle fasi di esercizio ipotizzate per realizzare l'innesto della nuova linea AV/AC nell'impianto di Mestre si rimanda ai documenti specifici allegati al progetto preliminare.

Lato Aeroporto la galleria artificiale interferisce con alcuni canali della rete di drenaggio superficiale:

- Canale di Levante (Pk 8+550)
- Canale Bazzera (Pk 8+625.15)
- Canale Pagliaghetta (Pk 8+770)

La quota di fondo alveo dei canali impone di ribassare localmente la copertura della galleria artificiale, come si evince dal profilo longitudinale dell'opera allegato al progetto preliminare.

Inoltre, per risolvere tali interferenze in fase esecutiva è necessario procedere per fasi successive, prevedendo la deviazione provvisoria dei canali precedentemente alla realizzazione della galleria artificiale.

Limitatamente al canale Pagliaghetta, si è ipotizzato di ribassare la copertura della galleria anche in corrispondenza della deviazione provvisoria del canale, che in funzione dell'avanzamento del cantiere in quest'area, potrebbe interferire con la galleria artificiale già realizzata.