

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

RILEVATI

GENERALE

GENERALE

Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due in s. Paolo Carmona Data: Febbraio 2022			-
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Febbraio 2022		Data:		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I	N	1	7	1	2	E	I	2
R	H	R	I	0	0	0	X	0
0	0	2	A	-	-	-	D	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Febbraio 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti 	Aprile 2021	V. Pastore 	Aprile 2021	P. Ascari 	Aprile 2021	Ing. Paolo Ascari Data: Febbraio 2022
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIA	M. Conti 	Febbraio 2022	V. Pastore 	Febbraio 2022	P. Ascari 	Febbraio 2022	

CIG: 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710EI2RHRI000X002B
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 2 di 34

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	Documentazione di progetto.....	4
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	4
2.3	Bibliografia	5
3	STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO – CRITERI GENERALI	6
4	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI MATERIALI DEL SITO.....	8
4.1	Generalità	8
4.2	Fase 1 – Individuazione delle zone di terreno fine superficiale.....	8
4.3	Fase 2 – Spessori del terreno vegetale, dei riporti esistenti e presenza di strati potenzialmente trattabili a calce.	9
4.3.1	Premessa.....	9
4.3.2	Tratto da pk 32+130 a pk 33+163.....	9
4.3.3	Tratto da pk 34+800 a 38+050	11
4.3.4	Tratto da pk 38+050 a 39+375	13
4.3.5	Osservazioni	15
4.4	Fase 3 – Trattabilità dei materiali con calce – dati di laboratorio.	15
4.4.1	Situazioni ipotizzabili.....	15
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA PROVE DI LABORATORIO	17
5.1	Granulometria e caratteristiche di plasticità.....	17
5.1.1	Tratto da pk 32+130 a 33+163	17
5.1.2	Tratto da pk 34+800 a 39+375	20
5.1.3	Considerazioni generali	23
5.2	Contenuto di solfati	23
5.3	Contenuto di sostanze organiche	26
6	SPERIMENTAZIONI DI LABORATORIO CON MISCELE TERRENO – CALCE (LEGANTE).....	27
7	CONCLUSIONI.....	32

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 3 di 34

1 INTRODUZIONE

Il presente documento esamina la necessità e la fattibilità di eventuali trattamenti a calce dello strato di sottofondo dei rilevati della nuova linea A.V. e delle varianti in rilevato della Linea Storica nel tratto compreso tra le progressive A.V. pk 32+130,00 (RI620) e pk 39+375,00 (RI740).

Le valutazioni esposte nel seguito sono basate sui risultati delle indagini geotecniche di sito e di laboratorio disponibili, relative sia alla fase di Progetto Definitivo (PD) sia a quella di Progetto Esecutivo (PE). Si sono inoltre considerati i risultati di test sperimentali di stabilizzazione a calce eseguiti in laboratorio nell'ambito della più recente campagna di indagine (PE).

L'opportunità di ricorrere laddove possibile e necessario alla stabilizzazione a calce del terreno in sito per la creazione degli strati di sottofondo dei rilevati è motivata innanzitutto da criteri di ottimizzazione dell'intervento, in termini sia economici, sia di sostenibilità ambientale. Infatti, il riutilizzo di materiali normalmente non idonei consente, oltre ad un minore ricorso a materiali provenienti da cave di prestito, anche una riduzione del traffico veicolare pesante per il trasporto degli stessi e per il trasporto a scarica dei materiali provenienti dagli scavi di bonifica.

Quindi, nel complesso, il ricorso a questa tecnologia di trattamento presenta ricadute potenzialmente positive sia in termini economici, sia in termini di sostenibilità ambientale.

Le valutazioni esposte nel seguito non riguardano le tratte di rilevato per le quali sono previsti interventi di consolidamento profondi (inclusioni rigide, pali riduttori di cedimento, colonne di ghiaia o altro), per i quali si fa riferimento alle specifiche indicazioni della progettazione esecutiva delle singole WBS anche per gli strati di collegamento/ripartizione da mettere in opera al di sopra della zona trattata.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 4 di 34

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo.
- [2] IN1710EI2RBGE0000003C Relazione Geotecnica (da 21+990 a 33+500)
- [3] IN1710EI2RBGE0000004C Relazione Geotecnica (da 33+500 a 44+250)
- [4] IN1710EI2LZGE0000021B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 10 di 11
- [5] IN1710EI2LZGE0000020B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 9 di 11
- [6] IN1710EI2LZGE0000019B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 8 di 11
- [7] IN1710EI2RHGE0000004B Relazione idrogeologica 2/2
- [8] IN1710EI2RHGE0000007B-8B Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [9] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [10] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [11] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [13] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [14] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

- [15] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [16] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [17] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [18] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [19] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [20] RFI DTC SICS SP IFS 001 B - Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – Opere in terra e scavi
- [21] RFI – DTC SIGE SP IFS 003 A - Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili - Parte II - Sezione 18 - Utilizzo di aggregati riciclati e trattamenti con calce per opere in terra

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 5 di 34

- [22] CNR-UNI 10006 “Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre
- [23] CNR – Bollettino Ufficiale n. 36 del 21/2/1973 – Norme Tecniche “Stabilizzazione delle terre a calce”
- [24] UNI 11531-1:2014: “Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati”.
- [25] ASTM D6276-19 Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization, 2019
- [26] ASTM C977-18 Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization, 2018

2.3 Bibliografia

- [27] Ministère de l'Équipement , des Transports et du Logement - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - «Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques Application à la réalisation des remblais et des couches de forme» LCPC – SETRA, Gennaio 2000
- [28] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “Studio a carattere pre-normativo - Norme tecniche di tipo prestazionale per capitolati speciali d'appalto”, 2001
- [29] Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application à la réalisation des assises de chaussées - Guide technique – LCPC – SETRA, 2007
- [30] CRR - Centre de Recherche Routières « Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques » Bruxelles - n. 81/2010

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 6 di 34

3 STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO – CRITERI GENERALI

Nell'ambito della realizzazione dei rilevati della tratta in oggetto viene valutata, in termini generali, la possibile idoneità dei terreni più superficiali a subire un trattamento di stabilizzazione a calce per consentirne l'utilizzo per la realizzazione di strati di rilevato e/o strati di sottofondazione.

La possibilità di utilizzo di calce per la stabilizzazione del terreno naturale viene analizzata nel capitolo 18.6.3 del Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili - Parte II – RFI (rif. [21]). I pre-requisiti di idoneità dei materiali per il trattamento a calce sono sintetizzati nella Tabella 18.6.3.1.1-1, qui riportata per facilità di consultazione (Tabella 3-1).

Tabella 3-1 - Limiti di accettazione dei terreni naturali da sottoporre a trattamento di stabilizzazione con calce (cfr. Tabella 18.6.3.1.1-1 Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili - Parte II – RFI)

LIMITI DI ACCETTAZIONE DEL TERRENO NATURALE			
Test di Laboratorio	Norma di riferimento	Requisito	Limiti di accettabilità
Analisi granulometrica	CNR B.U n. 36 UNI EN 933-1 UNI CEN ISO/TS 17892-4	Granulometria	par. 2.1 della norma CNR B.U. n.36 ⁽¹⁾
Limiti di Atterberg (LL-LP)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	Indice di plasticità IP	>10 ⁽¹⁾
Contenuto in sostanze organiche	ASTM D 2974 - C	Sostanze organiche	< 2% ⁽²⁾
Contenuto in solfati	UNI EN 1744-1	Solfati totali	< 0,25% ⁽³⁾

⁽¹⁾ Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato da Ferrovie. In ogni caso il diametro massimo degli elementi non dovrà essere maggiore della metà dello spessore finito di ciascuno degli strati di terra trattata per la realizzazione dei rilevati e l'indice di plasticità dovrà essere IP>5

⁽²⁾ Questo valore può essere aumentato fino al 4%, nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, a condizione che siano soddisfatti i valori delle prove sul prodotto finale riportati al capitolo II.5

⁽³⁾ Questo valore può essere aumentato fino a raggiungere l'1%, qualora lo studio di laboratorio della miscela sia stato ritenuto idoneo da Ferrovie

Dal punto di vista granulometrico, come indicato in Tabella 3-1, i materiali da assoggettare al trattamento a calce devono, in linea di principio, rientrare nel fuso granulometrico riportato nel paragrafo 2.1 della Norma CNR B.U. 36 del 21/2/1973, riportato nella Figura 3-1.

Come indicato sempre nella Tabella 3-1, sono ammesse anche granulometrie non ricadenti nel fuso citato anche con valori inferiori di plasticità, purché ne venga dimostrata l'idoneità tramite sperimentazione specifica di laboratorio e di sito.

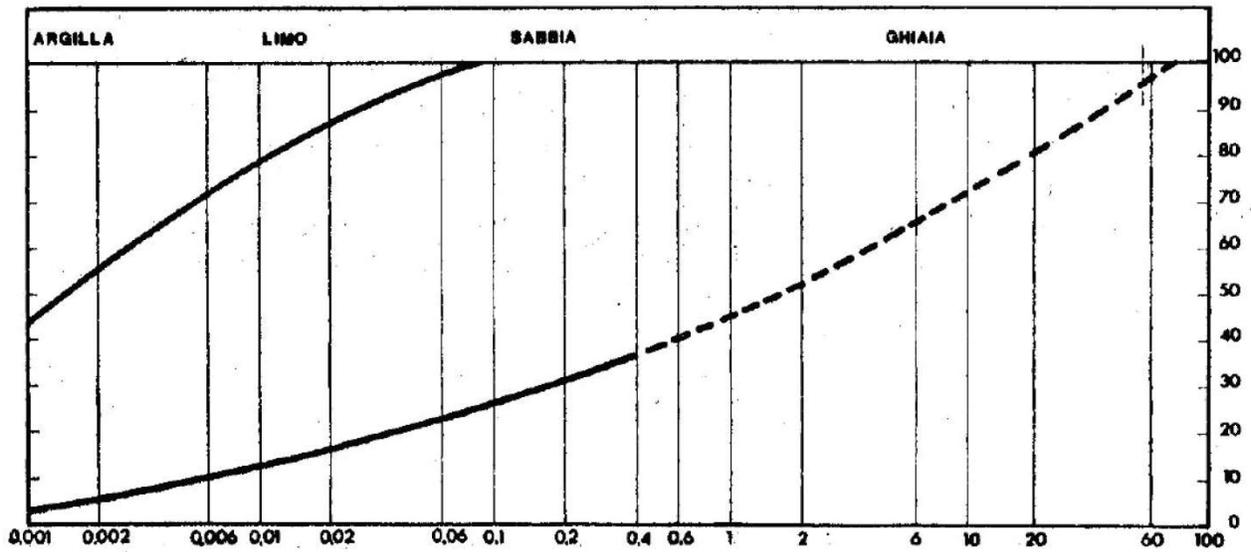


Figura 3-1 – Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce (da CNR B.U. 36)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 8 di 34

4 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI MATERIALI DEL SITO

4.1 Generalità

Per valutare, in termini generali, la possibile idoneità al trattamento a calce dei terreni superficiali nella tratta in oggetto, si è proceduto per fasi successive di approfondimento.

Fase 1: analisi dei profili stratigrafici generali della tratta e individuazione delle zone nelle quali sono presenti materiali fini negli strati superficiali. Questa prima valutazione di screening è motivata dal fatto che la stabilizzazione a calce risulta vantaggiosa nel momento in cui il processo può essere industrializzata e richiede quindi di poter svolgere le lavorazioni su superfici da mediamente a molto estese. Situazioni puntuali, con lenti piccole e poco estese di materiali argillosi in ambiti generali di terreni incoerenti non risulterebbero quindi interessanti dal punto di vista dell'economia generale del progetto.

Fase 2: nelle zone individuate, verifica dei log stratigrafici di sondaggi e pozzetti e dei risultati delle prove di carico su piastra condotte su questi ultimi, con individuazione preliminare degli spessori di scotico necessari e della opportunità/necessità di bonifica o stabilizzazione del sottofondo.

Fase 3: analisi dei dati di laboratorio per gli ambiti di cui alla Fase 2 e delle sperimentazioni di laboratorio condotte per il trattamento a calce, per la definizione della idoneità dei materiali al trattamento.

4.2 Fase 1 – Individuazione delle zone di terreno fine superficiale

Sulla base delle indicazioni del profilo geotecnico del PE, sono stati identificate specifiche zone di rilevato (all'interno della tratta da pk 32+130 a 39+375 circa, oggetto della presente relazione) per le quali le indagini disponibili hanno individuato strati di terreno limoso argilloso in prossimità del p.c.

Nel dettaglio, le zone di rilevato prese in considerazione dall'analisi sono le seguenti:

- Da pk 32+130 a pk 33+163 (spalla Ovest del viadotto Montebello) si ritrovano generalmente materiali granulari a componente ghiaiosa (Unità geotecnica 6), immediatamente al di sotto dello strato di riporto antropico (Unità 1). Salvo situazioni localizzate, i terreni di questa unità in generale non si prestano ad essere stabilizzati con calce.
- Da pk 34+800 (spalla Est del viadotto Guà) a pk 38+050 circa viene identificato a piccola profondità materiale limoso argilloso appartenente alla unità geotecnica 2, generalmente al di sotto dello strato superficiale di riporto antropico (Unità 1). La natura limoso – argillosa del materiale della Unità 2 lo rende potenzialmente compatibile con il trattamento a calce.
- Da pk 38+050 a pk 39+375 circa è presente, in condizioni di sub-affioramento, terreno limoso – argilloso riferibile alla Unità geotecnica 2, potenzialmente compatibile con il trattamento di stabilizzazione a calce.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 9 di 34

4.3 Fase 2 – Spessori del terreno vegetale, dei riporti esistenti e presenza di strati potenzialmente trattabili a calce.

4.3.1 Premessa

La valutazione degli spessori di terreno vegetale e di riporti antropici è stata condotta sulla base delle indagini eseguite nel corso delle campagne geognostiche di PD e PE. La presenza di terreno limoso-argilloso al di sotto di essi, potenzialmente assoggettabile al trattamento con calce, è stata identificata sulla base dei profili geotecnici delle zone individuate al paragrafo 4.2 e delle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti ricadenti nelle stesse. Nel seguito, per ciascuna delle tratte di interesse, si riporta una breve sintesi della situazione stratigrafica nei primi metri di profondità (indicativamente nei primi 3 m circa), così come desumibile dalle stratigrafie di sondaggi e pozzetti.

4.3.2 Tratto da pk 32+130 a pk 33+163

In

Tabella 4-1 viene riportata la stratigrafia sintetica degli strati superficiali così come desumibile dalle indagini ricadenti nella tratta di interesse. Dall'analisi dei dati riportati in tabella si possono trarre alcune prime conclusioni:

- Sulla base dei dati di indagine, nella zona dei rilevati RI63 ed RI64 si possono rinvenire spessori di materiali di riporto (specie nell'RI63), localmente anche elevati (circostanza tipica di zone fortemente antropizzate), nell'ordine di 1.50 m o più, fino a 3 m. I dati relativi a quest'ultima situazione (cfr. SPC47) indicano che si tratta comunque di materiali a grana grossa, e quindi presumibilmente compattabili.
- come nella zona del rilevato RI64, i dati indicano invece uno spessore limitato dei riporti e la presenza, a piccole profondità, di strati di terreno limoso/argilloso di modesto spessore, fino a profondità di 0.5 - 0.9 m da p.c., di poco superiori allo scotico minimo previsto di 50 cm. In tali circostanze apparirebbe conveniente approfondire localmente lo scotico, laddove necessario, e provvedere alla sostituzione con il materiale sabbioso di riempimento.
- In questa tratta lo spessore di terreno vegetale propriamente detto, individuato nei punti di indagine disponibili, appare generalmente limitato a pochi decimetri. Si presume che tale materiale verrà completamente asportato nell'ambito dei 50 cm di scotico previsti.
- Dall'esame stratigrafico generale risulta prevalente la presenza di terreno naturale di tipo granulare (ghiaia con sabbia) a piccole profondità sotto lo strato vegetale e/o di riporto o sotto un sottile livello limoso argilloso. Pertanto, la possibilità di stabilizzazione a calce del terreno per la creazione del piano di imposta del rilevato non è ipotizzabile in maniera sistematica. D'altro canto, le eventuali aree localizzate nelle quali il trattamento risulterebbe fattibile sono probabilmente troppo limitate per consentire una lavorazione di tipo industriale.
- I risultati delle prove di carico su piastra (cfr. Tabella 4-2), eseguite nei pozzetti sul materiale naturale, mostrano valori spesso elevati di modulo nel secondo carico (Md_2). Tale elemento sarebbe indicativo della possibilità di raggiungere i requisiti di capitolato (rif. [19]) dopo

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 10 di 34

compattazione. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, le prove sono state eseguite su materiali eterogenei di riporto esistenti, la cui adeguatezza dal punto di vista generale andrà valutata localmente durante l'esecuzione dei lavori, come già menzionato.

Tabella 4-1 - Stratigrafia superficiale nel tratto da pk 32+130 a 33+163.

WBS	Pk	Indagine	Tipologia	Stratigrafia nei primi 3 m circa		
				da m	a m	Descrizione
RI61	32+000	PT50	Pozzetto	0.00	0.50	Riporto
				0.50	1.50	Ghiaia sabbiosa
RI62	32+235	BH-DH-PE 65	Sondaggio PE	0.00	0.20	Terreno vegetale
				0.20	0.50	Argilla limosa
				0.50	1.40	Ghiaia eterogenea
				1.40	-	Ghiaia eterogenea deb. Limosa
RI63A	32+640	PT51	Pozzetto	0.00	1.50	Riporto
RI63A	32+720	SPC 47	Sondaggio PD	0.00	0.80	Riporto
				0.80	2.00	Riporto
				2.00	2.50	Calcestruzzo
				2.50	-	Ghiaia
RI64	32+950	SP 47 bis	Sondaggio PD	0.00	0.20	Terreno vegetale
				0.20	0.50	Argilla limosa
				0.50	4.80	Ghiaia sabbiosa limosa
RI64	33+000	PT52	Pozzetto	0.00	0.50	Argilla limosa
				0.50	1.50	Ghiaia sabbiosa
RI64	33+070	BH-DH-PE 66	Sondaggio PE	0.00	0.10	Terreno vegetale
				0.10	0.90	Limo argilloso ghiaioso
				0.90	3.00	Sabbia limosa con ghiaia

Tabella 4-2 - Sintesi dei risultati delle prove di carico su piastra eseguite nei pozzetti esplorative dell'indagine PE - pk 32+130 a 33+163.

WBS	Pk (km)	Pozzetto	Profondità	Tipo di terreno	w	Md1	Md2	R
			(m)		(%)	(MPa)	(MPa)	(Md1/Md2)
RI61	32+000	PT50	0.50	Riporto ghiaia sabbioso limosa	5.80	8.00	200.00	0.04
			1.00	Riporto ghiaioso argilloso	8.50	9.30	243.20	0.04
RI63A	32+640	PT51	0.50	Riporto argilloso ghiaioso	26.10	1.70	30.90	0.06
			1.00	Riporto argilloso ghiaioso	15.20	1.30	39.80	0.03
RI64	33+000	PT52	0.50	Ghiaia sabbiosa limosa	4.50	10.00	290.30	0.03
			1.00	Argilla limosa (indicata ghiaia sabbiosa nel log del pozzetto)	14.10	10.90	113.90	0.10

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 11 di 34

4.3.3 Tratto da pk 34+800 a 38+050

In Tabella 4-3 si riporta la stratigrafia sintetica degli strati superficiali, così come desumibile dalle indagini ricadenti nella tratta di interesse. Dall'analisi dei dati riportati in tabella si possono trarre alcune conclusioni:

- Lo spessore di terreno vegetale, così come identificato nei sondaggi e pozzetti, risulta in generale ridotto a qualche decimetro. Tuttavia, la descrizione stratigrafica indica localmente la presenza di radici e materiale vegetale nei limi ed argille presenti entro il primo metro di profondità, come era lecito attendersi in terreni sottoposti ad intenso uso agricolo (si veda la Tabella 4-3).
- Lo spessore dello scotico, previsto in generale pari a 50 cm, andrà quindi con ogni probabilità incrementato sulla base delle evidenze locali, prevedendo un bonifico che potrà raggiungere una profondità complessiva superiore a 1 m (fino a 1.30 – 1.50 m). Ciò potrà riguardare in particolare i rilevati RI 67A, RI 68 ed RI 69.
- La composizione e lo spessore del materiale di riporto superficiale esistente risultano molto variabili: lo spessore identificato nelle indagini varia da zero a 1.50 m circa e la sua natura è generalmente di tipo limoso, solo localmente sabbioso – ghiaioso.
- Nel caso di materiale sabbioso o ghiaioso, anche con una modesta componente limosa, si potrà verificare in campo la possibilità di compattazione per la creazione del piano di posa del rilevato sotto lo scotico. Le prestazioni da raggiungere dopo la compattazione sono quelle richieste dal Capitolato RFI (rif. [20]), ovvero un valore di modulo di piastra in primo carico non inferiore a 20 MPa con un rapporto tra i moduli di primo carico e di ricarico non inferiore a 0.45. Sulla base dei risultati disponibili di prove di carico su piastra eseguite nella zona (mostrati in Tabella 4-4) non vi sono evidenze del fatto che i materiali in esame possano a priori soddisfare questi requisiti senza intervenire con adeguata compattazione (nei casi in cui la tipologia del materiale lo consenta). Nei casi di materiale limoso – argilloso i requisiti prestazionali potranno, con ogni probabilità, essere raggiunti con un intervento di stabilizzazione a calce eseguito in sito.
- La tratta in esame, al di sotto dello strato di terreno vegetale e di riporto, presenta praticamente sempre terreno naturale limoso argilloso, di consistenza da mediamente compatta a compatta (Unità geotecnica 2). Questo materiale risulta, sulla base della verifica dei requisiti di cui alla [Tabella 3-1](#) su campioni analizzati dello stesso litotipo, idoneo al trattamento.



Tabella 4-3 - Stratigrafia superficiale nel tratto da pk 34+800 a 38+050

WBS	Pk	Indagine	Tipologia	Stratigrafia nei primi 3 m circa		
				da m	a m	Descrizione
RI65A	34+800	BH PE 74	Sondaggio PE	0.00	0.70	Limo sabbioso con ghiaia
				0.70	-	Argilla/limo
RI65A	35+010	PT 55	Pozzetto	0.00	1.50	Argilla debolmente limosa
RI65A	35+125	S57	Sondaggio PD	0.00	0.60	Limo argilloso con radici
				0.60	6.50	Limo con argilla
RI66A	35+300	BH-PE-75	Sondaggio PE	0.00	0.20	Terreno vegetale
				0.20	1.60	Argilla deb. limosa
				1.60	2.50	ghiaia
				2.50	3.50	Limo argilloso
RI66A	35+460	S58	Sondaggio PD	0.00	1.50	Limo con ghiaia (riporto)
				1.50	4.00	Limo sabbioso
RI67A	35+700	PT56	Pozzetto	0.00	1.20	Argilla limosa
				1.20	-	Ghiaia
RI67A	35+850	S59	Sondaggio PD	0.00	1.30	Limo sabbioso con radici
				1.30	1.50	Ghiaia
				1.50	2.00	Limo sabbioso
				2.00	-	Limo con argilla
RI68A	36+470	S60	Sondaggio PD	0.00	0.80	Argilla con limo (radici)
				0.80	4.60	Limo con argilla
TR07A	36+776	S63	Sondaggio PD	0.00	0.70	Limo con argilla (radici)
				0.70	2.30	Argilla limosa
TR07A	36+800	BH-PE-76	Sondaggio PE	0.00	1.40	Limo con ghiaia
				1.40	4.00	Argilla/limo
TR07A	37+000	S64	Sondaggio PD	0.00	2.00	Argilla limosa
				2.00	4.00	Ghiaia sabbia
TR07A	37+230	S65	Sondaggio PD	0.00	0.70	Riporto limoso
				0.70	1.40	Limo
				1.40	2.50	Ghiaia
RI69A	37+370	PT57	Pozzetto	0.00	0.80	Argilla limosa
RI69A	37+380	S66	Sondaggio PD	0.00	1.00	Limo con argilla e resti vegetali
				1.00	6.90	Limo argilloso deb. Sabbioso
RI69A	37+550	S67	Sondaggio PD	0.00	0.40	Riporto limoso
				0.40	2.00	Argilla limosa
				2.00	4.60	Ghiaia
RI69A	37+700	S68	Sondaggio PD	0.00	0.30	Riporto ghiaioso
				0.30	1.00	Limo argilloso sabbioso
				1.00	3.00	Argilla deb. limosa
RI70A	37+790	PT58	Pozzetto	0.00	1.50	Argilla deb. Limosa
RI70B	38+013	PT-PE-09	Pozzetto	0.00	0.30	Terreno vegetale
				0.30	1.90	Limo con argilla
				1.90	2.50	Argilla limosa
RI70A	38+040	S69	Sondaggio PD	0.00	1.00	Argilla limosa
				1.00	-	Ghiaia
RI71A	38+100	PT59	Pozzetto	0.00	0.80	Argilla deb. limosa

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 13 di 34

Tabella 4-4 - Sintesi dei risultati delle prove di carico su piastra eseguite nei pozzetti esplorative dell'indagine PE - pk 34+800 a 38+050

WBS	Pk (km)	Pozzetto	Profondità (m)	Tipo di terreno	w	Md1	Md2	R
					(%)	(MPa)	(MPa)	(Md1/Md2)
RI65A	35+010	PT 55	0.50	Argilla limosa	27.60	11.70	52.60	0.22
			1.00	Argilla debolmente limosa con laterizi	26.20	10.20	62.10	0.16
RI67A	35+700	PT56	0.50	Argilla di riporto con laterizi	17.20	4.80	47.90	0.10
			1.00	Argilla	27.50	23.10	163.90	0.14
RI69A	37+370	PT57	0.50	Argilla limosa	30.40	15.10	49.70	0.30
RI70A	37+790	PT58	0.50	Argilla debolmente limosa	29.90	12.90	55.90	0.23
			1.00	Argilla debolmente limosa	27.30	30.30	104.70	0.29
RI71A	38+100	PT59	0.50	Argilla debolmente limosa	37.00	19.40	54.90	0.35

4.3.4 Tratto da pk 38+050 a 39+375

In [Tabella 4-5](#) si riporta la stratigrafia sintetica degli strati superficiali, così come desumibile dalle indagini ricadenti nella tratta di interesse. Dall'analisi dei dati riportati si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Lo spessore di terreno vegetale (così specificamente identificato nei sondaggi e pozzetti), risulta in generale ridotto a qualche decimetro. Sebbene la descrizione stratigrafica indichi in un caso (sondaggio S 73, RI 74) la presenza di radici e materiale vegetale nei limi ed argille presenti entro i primi 2 metri di profondità, le altre indagini di PD e PE non evidenziano la presenza di radici negli strati superficiali ([Tabella 4-5](#)).
- Lo spessore dello scotico, previsto in generale pari a 50 cm, andrà quindi con ogni probabilità incrementato sulla base delle evidenze locali, prevedendo un bonifico che potrà localmente raggiungere una profondità complessiva di circa 1 m e oltre. Ciò potrà riguardare in particolare area limitata del rilevato RI 74.
- La composizione e lo spessore del materiale di riporto superficiale esistente risultano molto variabili: lo spessore identificato nelle indagini varia da zero a pochi decimetri e la sua natura può variare da limoso a localmente sabbioso – ghiaioso.
- I valori di Pocket Penetrometer nei terreni presenti nei primi 2.0 m di profondità da p.c. sono generalmente elevati (spesso da 200 a 300 kPa), indicando la presenza di una sovraconsolidazione del materiale, probabilmente legata ad essiccamento ed escursioni della falda. Al di sotto del livello di scotico, il terreno dovrà presentare (dopo compattazione) caratteristiche tali da raggiungere le prestazioni richieste dal Capitolato RFI (rif. [20], [Tabella 3-1](#)), ovvero un valore di modulo di piastra in primo carico non inferiore a 20 MPa con un rapporto tra i moduli di primo carico e di ricarico non inferiore a 0.45. Sulla base dei risultati disponibili di prove



di carico su piastra eseguite nella zona (mostrati in [Tabella 4-6](#)), non vi sono evidenze del fatto che i materiali in esame possano a priori soddisfare questi requisiti nelle condizioni naturali. Data la presenza diffusa, a piccole profondità, di materiale limoso – argilloso (Unità geotecnica 2) da mediamente compatto a compatto, i requisiti prestazionali potranno essere con ogni probabilità raggiunti con un intervento di stabilizzazione a calce eseguito in sito.

- In conclusione, la tratta in esame, al di sotto dello strato di terreno vegetale e di riporto, presenta praticamente sempre materiale limoso argilloso di consistenza, come detto, da mediamente compatta a compatta (Unità geotecnica 2), che risulta, sulla base della verifica dei requisiti di cui alla [Tabella 3-1](#) su campioni analizzati dello stesso litotipo, idoneo al trattamento.

Tabella 4-5 - Stratigrafia superficiale nel tratto da pk 38+050 a 39+375 circa

WBS	Pk	Indagine	Tipologia	Stratigrafia nei primi 3 m circa			Note
				da m	a m	Descrizione	
RI71B	38+350	BH-PZ-PE 77	Sondaggio PE	0.00	0.40	Ghiaia	
				0.40	2.30	Argilla limosa	pp 220 kPa
				2.30	2.95	Sabbia limosa	
				2.95	4.60	Argilla limosa	pp 100 kPa
RI72A	38+480	S70	Sondaggio PD	0.00	2.00	Limo con argilla	pp 300 - 450 kPa
				2.00	6.00	Limo con argilla	pp 100 - 160 kPa
RI73A	38+740	PT60	Pozzetto	0.00	0.80	Argilla limosa	
RI73A	38+870	S71	Sondaggio PD	0.00	2.00	Argilla limosa	pp 200 - 400 kPa
				2.00	4.00	Argilla limosa	pp 100 - 200 kPa
RI73A	38+910	BH PE 78	Sondaggio PE	0.00	2.80	Argilla debolmente limosa	Molto consistente pp 230 kPa
				2.80	> 6.00	Argilla debolmente limosa	pp 110 - 160 kPa
RI73B	38+950	BH -PE79	Sondaggio PE	0.00	0.30	Riporto eterogeneo	
				0.30	3.20	Argilla limosa	pp > 450 kPa
				>3.20	-	Ghiaia	
RI74	39+200	BH-PE 80	Sondaggio PE	0.00	2.00	Argilla limosa	pp 170 - 200 kPa
				2.00	6.00	Argilla limosa	pp 70 - 130 kPa
RI74	39+240	PT61	Pozzetto	0.00	1.50	Argilla limosa	
RI74	39+250	S73	Sondaggio PD	0.00	2.00	Argilla limosa con radici	pp 100 - 300 kPa
				2.00	2.90	Sabbia	
RI75	39+460	BH-PE 81	Sondaggio PE	0.00	0.10	Terreno vegetale	
				0.10	1.50	Argilla debolmente limosa	pp 150 - 250 kPa
				1.50	>5.00	Argilla debolmente limosa	pp 90 - 120 kPa
RI76	40+020	PT-PE 10	Pozzetto PE	0.00	0.30	Terreno vegetale	
				0.30	1.50	Limo argilloso	con apparati radicali
				1.50	2.50	Sabbia limosa	con rari apparati radicali
RI76	40+180	PT62	Pozzetto	0.00	0.90	Argilla deb. Limosa	
				0.90	1.50	Argilla limosa /limo argilloso	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 15 di 34

Tabella 4-6 - Sintesi dei risultati delle prove di carico su piastra eseguite nei pozzetti esplorative dell'indagine PE - pk 38+050 a 39+375 circa

WBS	Pk	Pozzetto	Profondità	Tipo di terreno	w	Md1	Md2	R
	(km)		(m)		(%)	(MPa)	(MPa)	(Md1/Md2)
RI73A	38+740	PT60	0.50	Argilla debolmente limosa	30.80	18.90	53.30	0.35
RI74	39+240	PT61	0.50	Argilla debolmente limosa	22.00	9.20	56.60	0.16
			1.00	Argilla limoso sabbiosa	23.50	16.00	54.90	0.29
RI76	40+180	PT62	0.50	Argilla limosa	21.80	10.40	62.10	0.17
			1.00	Argilla limoso sabbiosa	19.80	16.00	120.00	0.13

4.3.5 Osservazioni

Come evidenziato al punto precedente, una buona parte dei materiali potenzialmente trattabili a calce (Unità 3b e 2) risulta collocata immediatamente al di sotto di uno strato superficiale di materiale eterogeneo di riporto antropico (Unità 1).

Va detto che gli spessori dei materiali di riporto indicati nei profili geotecnici sono quelli individuati nelle stratigrafie di sondaggi e pozzetti non sempre collocati sotto l'impronta dei rilevati da realizzare. Pertanto, nella fase di costruzione, sarà importante la verifica sistematica delle specifiche situazioni locali, al fine della ottimizzazione ed adeguatezza degli interventi di bonifica o stabilizzazione da realizzare.

4.4 Fase 3 – Trattabilità dei materiali con calce – dati di laboratorio.

4.4.1 Situazioni ipotizzabili

In generale, nelle zone identificate al precedente punto 4.3, alla base dello scotico si potranno verificare quattro casi (da A a D), per quanto riguarda la formazione del piano di posa del rilevato, ossia:

Caso A – Presenza di materiale di riporto esistente, idoneo dal punto di vista granulometrico è conforme (dopo compattazione) ai requisiti minimi del capitolato RFI, in termini di modulo di piastra e grado di compattazione.

Caso B - Nel caso in cui il materiale di riporto esistente, anche al di sotto dello spessore ordinario di scotico (50 cm), non risultasse idoneo come materiale di sottofondo per la costituzione del piano di posa del rilevato (nemmeno dopo compattazione), esso verrà (presumibilmente) asportato per uno spessore variabile (indicativamente ≥ 50 cm) e sostituito da materiale di riporto idoneo. Tale materiale potrà essere costituito anche da terreno limoso argilloso proveniente da altri scavi, trasportato sul sito e stabilizzato a calce, previa verifica di idoneità ed adeguata sperimentazione.

Caso C – Alla base dello scotico è presente terreno limoso argilloso di caratteristiche conformi al capitolato RFI (rif. [20]). In questo caso sarà possibile procedere con la realizzazione degli strati superiori del rilevato (anticapillare etc.).

Caso D - Alla base dello scotico è presente terreno limoso argilloso di caratteristiche generali tali da

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
E12 RO RI 00 0 X 002

Rev.
B

Foglio
16 di 34

renderlo conforme al capitolato RFI (rif [21]) per la formazione dei piani di posa dopo stabilizzazione con calce. In questo caso, fatta salva l'idoneità del materiale, si procederà con il trattamento in sito del materiale.

Nei paragrafi seguenti viene esaminata, in particolare, la fattibilità del trattamento a calce relativamente al caso **D** di cui sopra.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 17 di 34

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA PROVE DI LABORATORIO

Per le tratte in cui risulta essere presente uno strato limoso argilloso (Unità 2 o 3b) in prossimità del p.c. esistente, indicate al paragrafo 4.2, sono stati esaminati i risultati delle prove di laboratorio disponibili, eseguite su campioni di terreno prelevati nei sondaggi e nei pozzetti, nell'ambito dei primi 2.5 m di profondità circa da p.c.

In questo intervallo di profondità sono stati analizzati i dati relativi ai quattro requisiti fondamentali di cui alla [Tabella 3-1](#), ovvero:

- Granulometria (ed in particolare contenuto di materiali fini, limo + argilla - FC)
- Limiti di Atterberg (e in particolare l'indice di plasticità IP)
- Contenuto di solfati
- Contenuto di sostanze organiche

5.1 Granulometria e caratteristiche di plasticità

5.1.1 Tratto da pk 32+130 a 33+163

Il grafico di [Figura 5-1](#) mostra i valori del contenuto di fine determinati sui campioni disponibili prelevati nei sondaggi di riferimento, per profondità fino a 3.5 m circa da p.c. e relativi alla tratta da pk 32+130 a 33+163 circa. Come si evince dalla [Figura 5-1](#), il contenuto di limo e argilla (<0.063 mm) risulta generalmente inferiore al 25%, valore limite inferiore del fuso granulometrico di [Figura 3-1](#) (CNR B.U. 36). Questa situazione conferma quanto emerso dalla caratterizzazione geotecnica generale, che vede la prevalenza di materiali granulari anche a piccola profondità.

Analogamente, per lo stesso intervallo di progressive, la [Figura 5-2](#) mostra l'andamento dei valori dell'indice di plasticità IP nei primi 3.5 m di profondità, così come determinato su campioni prelevati nei sondaggi che ricadono nel tratto in esame. I risultati disponibili, seppur in numero limitato, mostrano in generale la natura granulare dei materiali (la determinazione di limiti risulta sostanzialmente non possibile). In conclusione, si ritiene sulla base dei dati disponibili che la stabilizzazione a calce dei terreni naturali sia di scarsa applicabilità in questo tratto.

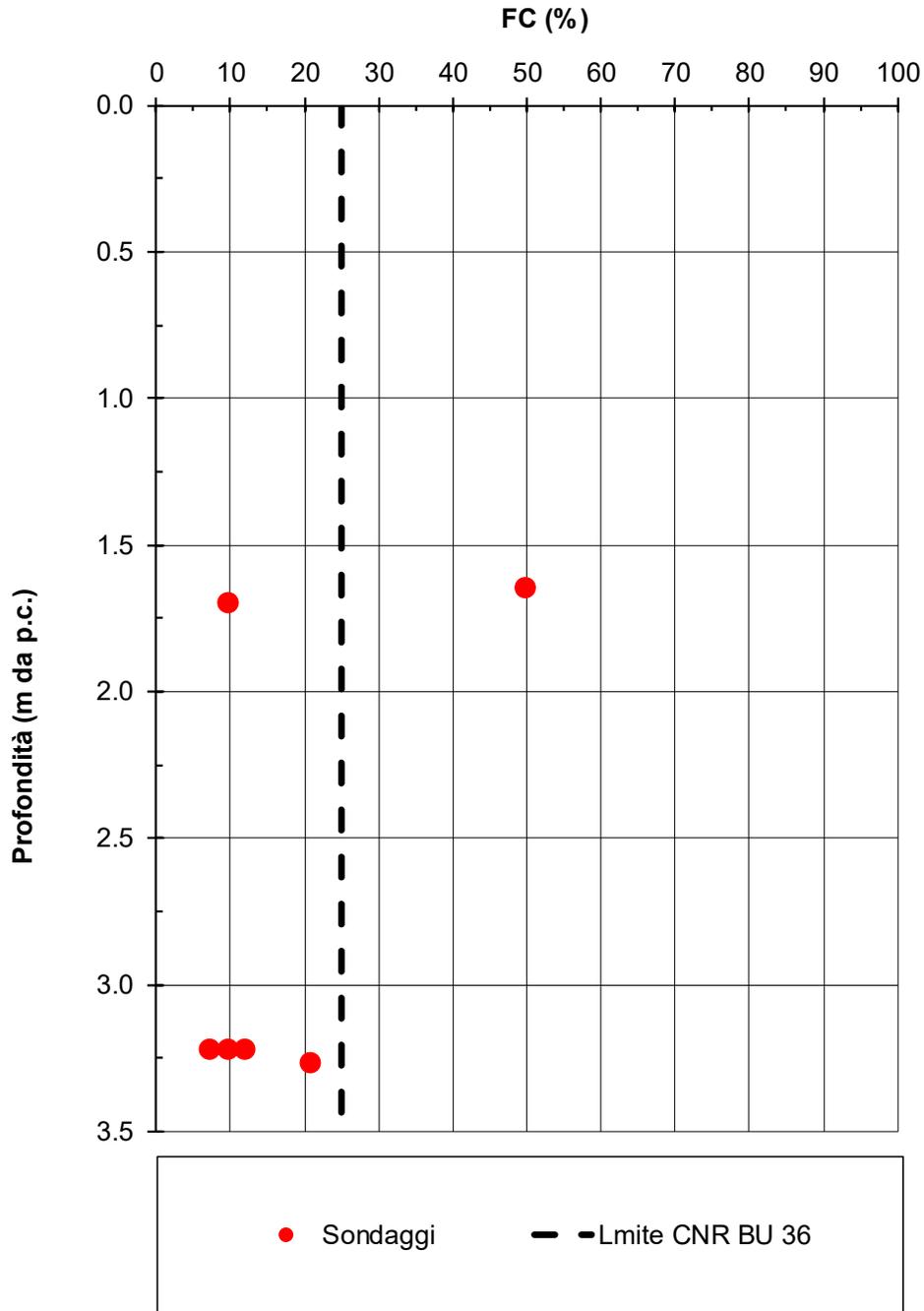


Figura 5-1 - Frazione fine (limo + argilla) – da pk 32+130 a 33+163

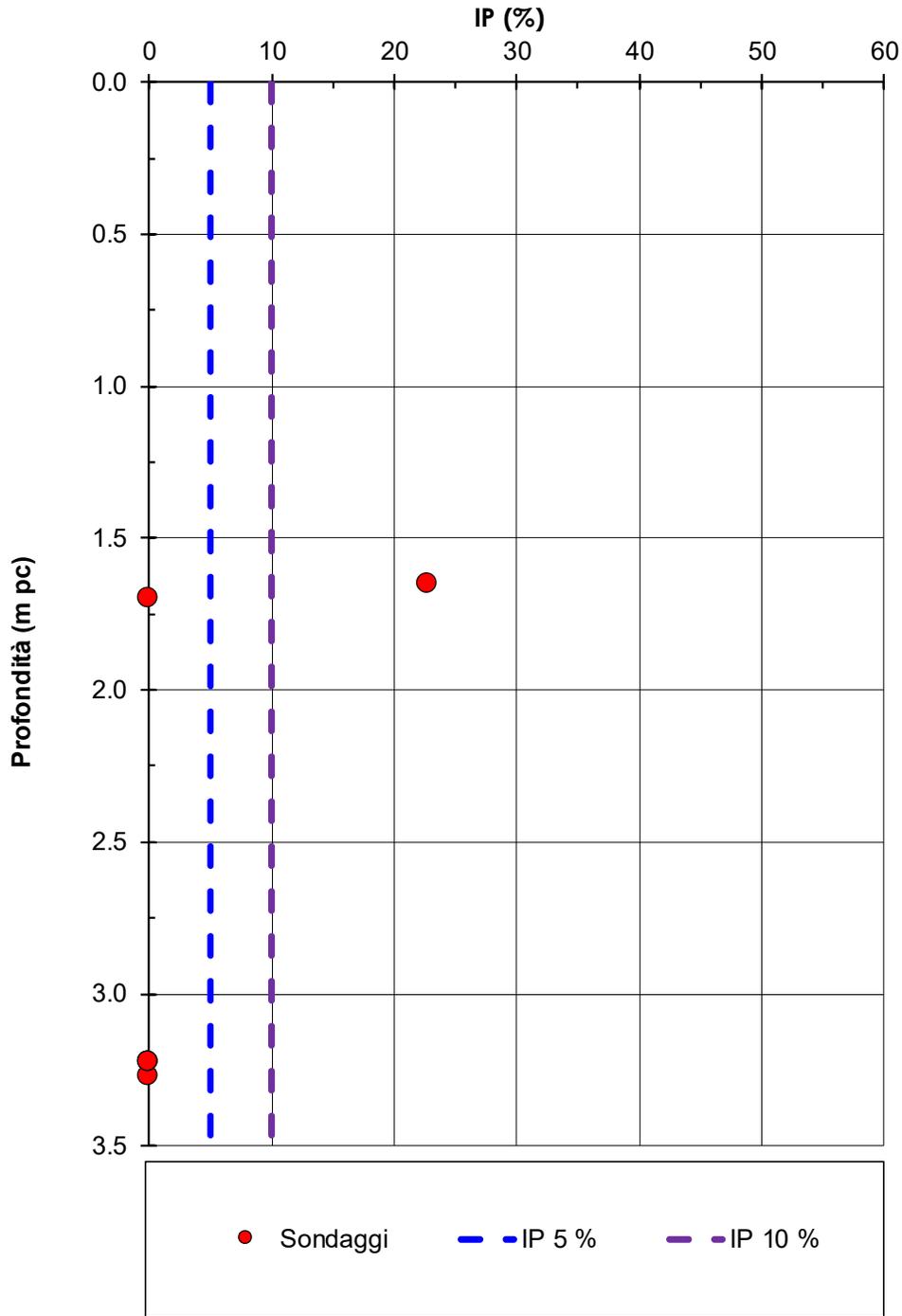


Figura 5-2 - Valori di IP – da pk 32+130 ÷ 33+163

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 20 di 34

5.1.2 Tratto da pk 34+800 a 39+375

Il grafico di [Figura 5-3](#) mostra i valori del contenuto di fine determinati, sui campioni disponibili di sondaggi e pozzetti, per profondità fino a 3.5 m circa da p.c. e relativi alla tratta da pk 34+800 a 39+375.

Come si osserva in [Figura 5-3](#), salvo poche eccezioni, anche in questa tratta il contenuto di fini (< 0.063 mm) risulta praticamente sempre superiore al 25%, valore limite inferiore del fuso granulometrico di [Figura 3-1](#) (CNR B.U. 36). Questa situazione conferma quanto emerso dalla caratterizzazione geotecnica generale, che vede la prevalenza di materiali fini (attribuibili all'unità geotecnica 2) anche a piccola profondità o sub-affioranti.

Analogamente, per lo stesso intervallo di progressive, la [Figura 5-4](#) mostra l'andamento dei valori dell'indice di plasticità IP nei primi 3.5 m di profondità, determinato su campioni prelevati nei sondaggi e nei pozzetti esplorativi. I campioni disponibili risultano in generale conformi ai requisiti di accettazione di Tabella 3-1 (IP > 10).

In linea generale si può affermare che le caratteristiche granulometriche e di plasticità della maggior parte dei campioni superficiali limoso – argillosi in questa tratta (in generale appartenenti alla Unità geotecnica 2) siano compatibili con i requisiti minimi di accettazione delle terre per la stabilizzazione a calce.

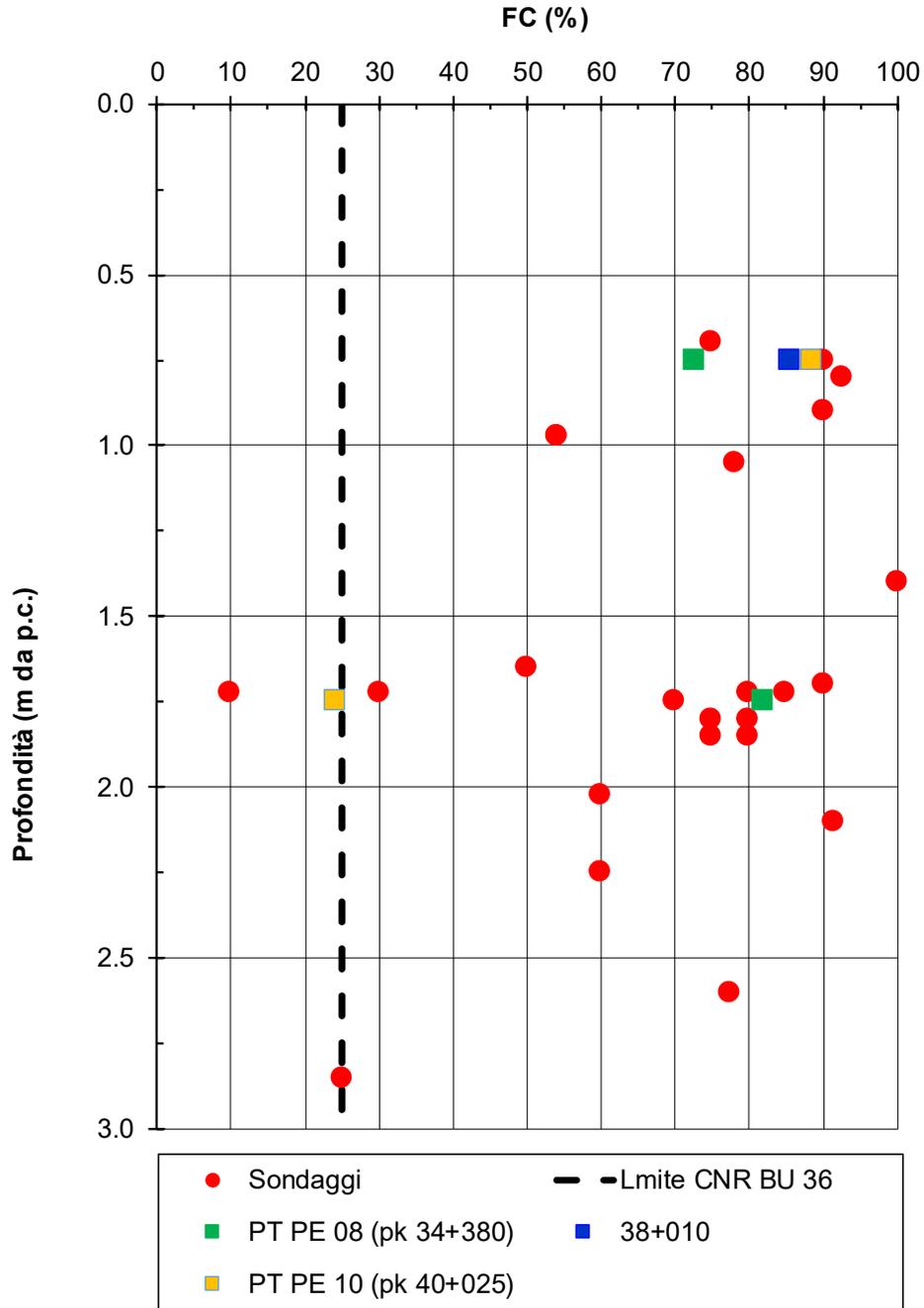


Figura 5-3 - Frazione fine (limo + argilla) – da pk 34+800 a 39+375

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 23 di 34

5.1.3 Considerazioni generali

Per completezza di informazione, la Figura 5-5 riporta l'insieme delle curve granulometriche disponibili al momento della stesura del presente documento, relativi a campioni prelevati nei pozzetti esplorativi eseguiti nell'ambito delle indagini integrative del PE, lungo tutta la linea. L'insieme delle granulometrie viene confrontato nella [Figura 5-5](#) con i limiti del fuso previsti dal CNR BU 36, richiamato nella [Figura 3-1](#). Una sintesi dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio sui pozzetti esplorativi eseguiti sull'intera linea nell'ambito del PE, incluse le granulometrie ed i limiti di Atterberg, è riportata in [Tabella 5-1](#).

In conclusione, si può affermare come la quasi totalità dei campioni dei pozzetti analizzati rientri nell'ambito del fuso di accettabilità per i materiali assoggettabili al trattamento a calce, in accordo al Capitolato RFI (rif. [21]).

5.2 Contenuto di solfati

Solfati e solfuri sono costituenti spesso presenti nei suoli (sotto forma di gesso o piriti) e nei materiali di demolizione (ad esempio negli intonaci). Questi composti risultano essere molto dannosi, perché la loro azione può già essere negativa per concentrazioni molto inferiori all'1%.

All'inizio della presa, questi costituenti hanno generalmente un ruolo benefico nella regolazione della stessa ma, se l'apporto di solfati (o solfuri) e di acqua è sufficiente, la loro azione prosegue con la formazione dell'ettringite, specie cristallina molto rigonfiante che può provocare distruzione della presa idraulica. Soprattutto ai fini della durabilità della stabilizzazione è necessario quindi limitare il più possibile il contenuto di solfati dei materiali da trattare.

Per quanto riguarda i limiti di accettazione per i solfati applicabili al progetto, le informazioni generali disponibili (riassunte in [Tabella 5-1](#)) indicano valori di concentrazione sui campioni superficiali (0.0 ÷ 2.5 m) generalmente inferiori o pari allo 0.02 %, compatibili con quanto indicato dalla CNR BU 36 (rif. [23]), sintetizzata in [Tabella 3-1](#) (≤ 0.25 %).

In questa fase di progetto, sui campioni superficiali dei pozzetti effettuati lungo la linea è stato sistematicamente determinato il contenuto di solfati. In sede di realizzazione delle opere verranno effettuati i pozzetti previsti dal Contratto per gli scopi legati agli interventi di preparazione e stabilizzazione del piano di posa.

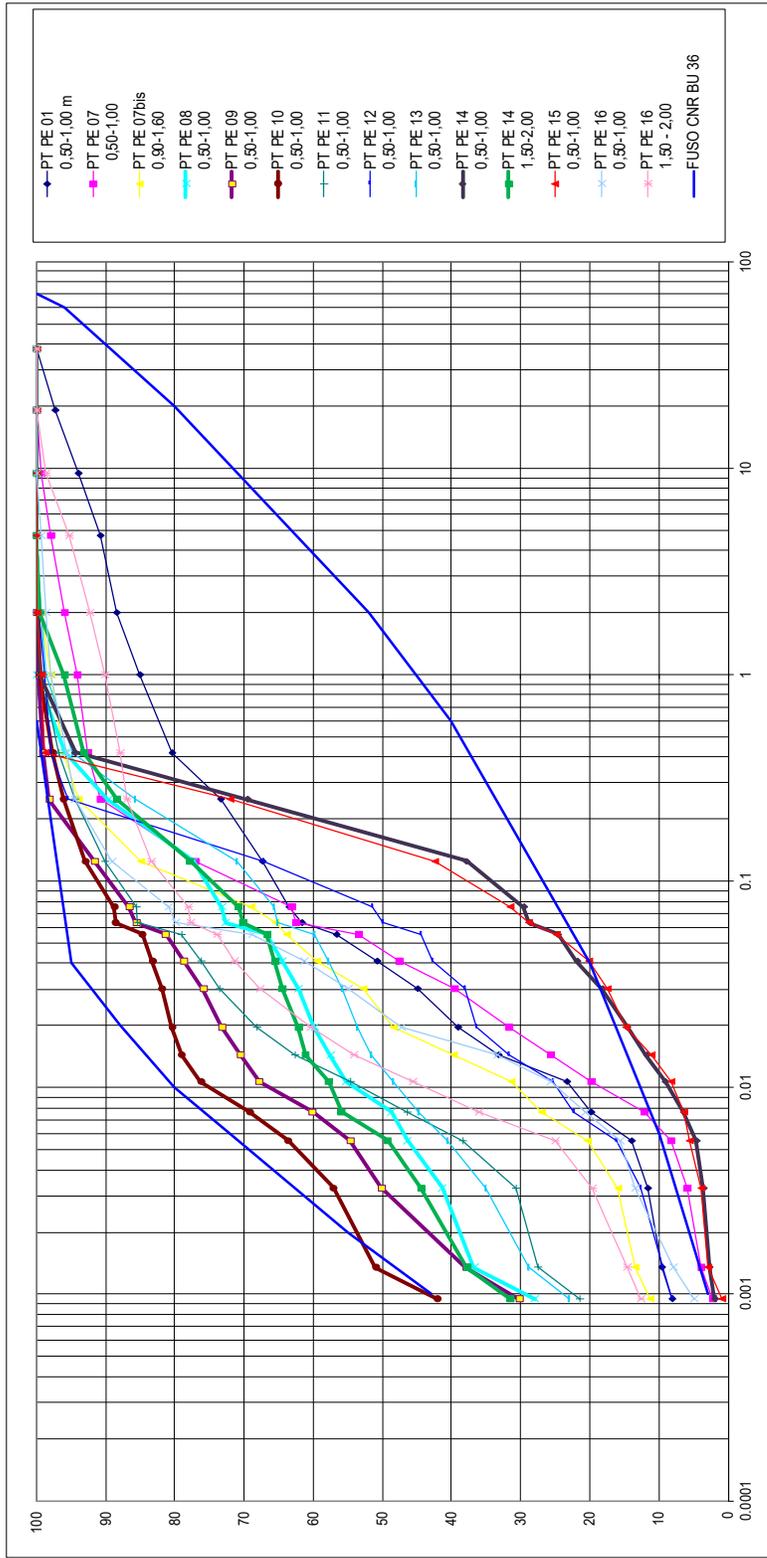


Figura 5-5 – Curve granulometriche determinate su campioni prelevati nei pozzetti esplorativi eseguiti durante la fase di indagine di PE – Confronto con il fuso CNR BU 36

Tabella 5-1 – Sintesi dei risultati di laboratorio – Pozzetti eseguiti durante la fase di PE

Progressiva pk (km)	Pozzetto	Profondità (m)	Granulometria				Limiti di Atterberg			Classificazione UNI 11531	Prove chimico-fisiche		Consumo Iniziato di calce ASTM C 977 app (%)	Sperimentazione miscela terra - calce	
			Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		S.O. (%)	Solfati (%)		CaO (%)	CaO (%)
1+370	PTPE01	0.3									3.3				
	PTPE01	1.5	11.6	26.7	51.1	10.6	35.5	23.4	12.1	A6		< 0.25			
	PTPE01	2.5	31.6	21.5	39.7	7.2				A6					
1+800	PTPE02	0.3									3.8				
	PTPE02	1.5	0.3	69.9	26.6	3.2				A2.4					
	PTPE02	2.5	0.5	66.8	29.2	3.5				A2.4					
12+030	PTPE07	0.5-1.0	4.1	33.4	57.8	4.7	27.1	25.0	2.2	A4	1.5	< 0.25			1% CaO + 2.5% cem
	PTPE07bis	0.9-1.6	0.7	34.1	50.6	14.7	41.8	23.6	18.2	A7.6	1.9	< 0.25	1.20		1% CaO + 2.5% cem
34+380	PTPE08	0.3									5.6				
	PTPE08	0.5-1.0	0.0	27.4	33.2	39.4	43.2	26.4	16.8	A7.6	3.8	< 0.25	3.10	2.5	3.0
	PTPE08	1.5-2.0	0.0	18.0	36.0	46.0	46.0	31.0	15.0	A7.5	3.40				
38+010	PTPE09	0.5-1.0	0.0	14.4	40.8	44.8	66.6	32.0	34.6	A7.5	4.4	< 0.25	2.5	2.5	3.0
	PTPE10	0.3									3.8				
40+025	PTPE10	0.5-1.0	0.3	11.2	33.8	54.7	60.5	31.5	29.0	A7.5	3.4	< 0.25	3.30	2.5	3.0
	PTPE10	1.5-2.0	4.2	74.6	20.5	3.7			0.0	A2.4			1.00		
	PTPE11	0.3									5.4				
41+336	PTPE11	0.5-1.0	0.0	14.6	56.3	29.1	38.1	23.2	14.8	A6	2.5	< 0.25	2.00	2.0	2.5
	PTPE11	1.5-2.0	0.0	14.6	66.8	18.7	32.0	20.0	12.0	A6			1.70	2.0	2.5
	PTPE12	0.3									5.2				
16+795	PTPE12	0.5-1.0	0.3	49.7	39.1	10.9	28.9	19.4	9.5	A4	1.8	< 0.25	1.10	1.5	2.0
	PTPE12	1.5-2.0	17.0	67.3	13.7	1.9				A2.4			1.00		
	PTPE13	0.3									3.4				
28+384	PTPE13	0.5-1.0	0.7	34.1	32.9	32.3	41.2	24.6	16.5	A7.6	4	< 0.25		2.5	3.0
	PTPE13	1.5-2.0		34.7	46.8	18.5				A4			1.10		
	PTPE14	0.3									5.1				
30+694	PTPE14	0.5-1.0	0.3	70.9	25.7	3.1				A2.4	3.5	< 0.25	1.00		
	PTPE14	1.5-2.0	0.5	29.3	28.5	41.7	45.1	23.8	21.2	A7.6		< 0.25	2.50		
	PTPE15	0.3									2.8				
22+065	PTPE15	0.5-1.0	0.0	71.2	25.5	3.4	24.8	17.1	7.7	A2.4	1.3	< 0.25	0.60		
	PTPE15	1.5-2.0	0.4	87.7	10.7	1.3				A2.4			0.70		
	PTPE16	0.3									2				
23+263	PTPE16	0.5-1.0	1.3	18.7	69.5	10.5	30.9	21.6	9.3	A4	1.2	< 0.25	1.40	1.5	2.0
	PTPE16	1.5-2.0	7.7	14.6	60.7	17.0	33.4	17.3	16.1	A6		< 0.25	1.30		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 26 di 34

5.3 Contenuto di sostanze organiche

Il contenuto di sostanze organiche dei materiali, come richiamato in [Tabella 3-1](#), costituisce un elemento fondamentale per la valutazione della assoggettabilità degli stessi alla stabilizzazione con calce. La presenza di materia organica, come noto, può ritardare o annullare l'effetto del trattamento con legante consumandone una quantità maggiore o minore per neutralizzare l'acidità del mezzo (acidi umici).

In presenza di pH inferiore a 12 (ad esempio, a causa della concentrazione di acidi umici nel terreno), non ha infatti luogo la reazione pozzolanica tra calce e minerali di argilla. Il principio dell'azione pozzolanica si basa sulla possibilità, in un mezzo ad alto pH (maggiore di 12), di sciogliere silice, allumina ed ossidi di ferro, presenti nei minerali argillosi sotto forme cristallizzate più o meno alterate. Questi elementi in soluzione reagiscono poi con la calce, formando ferro-silico-alluminati di calcio insolubili, che precipitano e cristallizzano in presenza di acqua, creando legami della stessa natura di quelli prodotti con altri leganti idraulici (rif. [27], [29]).

Le determinazioni disponibili del contenuto di S.O. dei terreni superficiali della intera linea, ottenute dai campioni prelevati nei pozzetti esplorativi eseguiti durante la fase di PE, sono riportate, in sintesi, nella [Tabella 5-1](#) di cui sopra.

Il contenuto di sostanza organica è rilevante, compreso tra 1.2 - 4.4% (mediamente 3%), come era lecito attendersi in terreni sottoposti ad intenso uso agricolo; un maggior contenuto di sostanza organica comporta generalmente una maggiore richiesta di calce, ma si tratta comunque di valori potenzialmente compatibili con il trattamento, previa idonea sperimentazione per la determinazione della miscela ottimale. Il campione che ha un contenuto di S.O. del 4.4%, proviene dal pozzetto PTE 09 tra 0.5 ed 1.0 m di profondità. Come già indicato, la effettiva idoneità locale del materiale da sottoporre a trattamento verrà verificata prima della fase di costruzione. In questa fase, come anche richiesto dal Capitolato, verranno eseguiti ulteriori pozzetti esplorativi con prelievo campioni al fine di verificare i requisiti dei materiali sulla base della [Tabella 3-1](#).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 27 di 34

6 SPERIMENTAZIONI DI LABORATORIO CON MISCELE TERRENO – CALCE (LEGANTE)

Sono state eseguite prove di laboratorio su miscele di terreno e calce a partire da campioni prelevati in alcuni dei pozzetti esplorativi realizzati durante la fase di PE lungo tutta la linea.

I risultati di queste prove, con le relative percentuali di legante (generalmente ossido di calcio CaO) sono riportati in [Tabella 6-1](#), unitamente al valore del Consumo Iniziale di Calce (CIC) determinato con il test di Eades & Grim (1996) in accordo alla norma ASTM C 977 - Appendice¹.

Per quanto riguarda i materiali limoso-argillosi del tratto in esame, classificabili come A7-5 ed A7-6 in accordo alla UNI 11531 (rif. [24]), i valori di CIC variano tra 2.4% e 3.4%. Si tratta di valori compatibili con le caratteristiche di plasticità del materiale in esame e, presumibilmente, con la presenza di una certa frazione di sostanza organica. In linea generale, il valore di CIC rappresenta solitamente il valore minimo di percentuale di calce da utilizzare per la stabilizzazione.

Sulla base dei dati di laboratorio disponibili e relativi ai pozzetti PT-PE-08, PT-PE-09 e PT-PE-10, percentuali minime di CaO dell'ordine del 2.5 %% sarebbero applicabili per la stabilizzazione del terreno ai fini della creazione del piano di posa dei rilevati.

Si segnala che, in un caso, sul materiale prelevato nel pozzetto PT-PE-01 alla pk 12+030, in ragione della natura prevalentemente sabbioso-limoso del campione (classificato come A4), le prove di stabilizzazione sono state eseguite con l'1% di calce e percentuali di cemento variabili dal 2% al 3%. Tale tipologia di trattamento è ipotizzabile su materiali di questo tipo (sabbioso-limosi), dove la calce, normalmente in bassa percentuale, svolge la funzione di riduzione del contenuto d'acqua iniziale e di prima agglomerazione delle particelle più fini, mentre la funzione vera e propria di legante è demandata al cemento.

Vista la grande quantità di materiale necessaria per l'esecuzione degli studi di cui sopra, sono stati utilizzati i campioni prelevati dai pozzetti integrativi.

¹ attualmente in vigore la norma ASTM D 6276-19, del tutto analoga - rif. [24]



Tabella 6-1 – Sperimentazione di miscela terra – leganti – campioni prelevati nei pozzetti della fase di PE

Riferimento	Profondità (m)	Classificazione	Consumo iniziale di calce	Sperimentazione miscele terra - calce		
		UNI 11531	ASTM C 977 app (%)	CaO (%)		
				1% CaO + 2% cem	1% CaO + 2.5% cem	1% CaO + 3% cem
PT PE 07 (pk 12+030)	0.5 - 1.0	A4				
PT PE 07bis (pk 12+030)	0.9 - 1.6	A7-6	1.20	2.0	2.5	3.0
PT PE 08 (pk 34+380)	0.3					
	0.5 - 1.0	A7-6	3.10	2.5	3.0	3.5
	1.5 - 2.0	A7-5	3.40			
PT PE 09 (pk 38+010)	0.5 - 1.0	A7-5		2.5	3.0	3.5
PT PE 10 (pk 40+025)	0.3					
	0.5 - 1.0	A7-5	3.30	2.5	3.0	3.5
	1.5 - 2.0	A2-4	1.00			
PT PE 11 (pk 41+336)	0.3					
	0.5 - 1.0	A6	2.00	2.0	2.5	3.0
	1.5 - 2.0	A6	1.70	2.0	2.5	3.0
PT PE 12 (pk 16+795)	0.3					
	0.5 - 1.0	A4	1.10	1.5	2.0	2.5
	1.5 - 2.0	A2-4	1.00			
PT PE 13 (pk 28+384)	0.3					
	0.5 - 1.0	A7-6		2.5	3.0	3.5
	1.5 - 2.0	A4	1.10			
PT PE 16 (pk 23+253)	0.3					
	0.5 - 1.0	A4	1.40	1.5	2.0	2.5
	1.5 - 2.0	A6	1.30			

In generale, sulla base dei risultati delle prove di laboratorio cosiddette di classificazione, sono stati individuati dei gruppi di terreni omogenei in relazione all'argomento in esame, ovvero gruppi di terreni che, pur provenendo da diverse parti del tracciato, in relazione alla granulometria, alla plasticità e al contenuto organico, possono verosimilmente essere trattati a calce, per gli impieghi previsti, con gli stessi dosaggi e le stesse modalità.

Detti gruppi sono stati classificati secondo la UNI 11531 e per ognuno di essi è stato programmato ed eseguito uno studio specifico (sintetizzato nella [Tabella 6-1](#)), utile all'individuazione della percentuale di legante ottimale:

- Terreni del gruppo A4 con IP < 5 (studio trattamento misto calce + cemento)
- Terreni del gruppo A4 con IP > 5 (studio trattamento a calce)
- Terreni del gruppo A6 con IP > 10 (studio trattamento a calce)
- Terreni del gruppo A7-5 / A7-6 (studio trattamento a calce).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. B	Foglio 29 di 34

Nella Tabella 6-2 sono stati sintetizzati i principali risultati delle sperimentazioni eseguite su terre provenienti dai pozzetti di cui alla Tabella 6-1, da confrontarsi con i requisiti minimi di accettabilità previsti dalla Tabella 18.6.3.2-2 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili - Parte II - Sezione 18, riportata per facilità di consultazione in Tabella 6-3.

In particolare, per la tratta in esame (da pk 32+130 a pk 39+375) sono disponibili i risultati di una sperimentazione eseguite su una miscela di terre provenienti da due pozzetti ubicati tra le progressive di interesse: PT-PE-8 e PT-PE-9.

In dettaglio, i materiali provenienti dai pozzetti PT-PE-8 e PT-PE-9, di tipo A7-5/A7-6, sono stati mescolato con analoghi materiali dei gruppi A7-5/A7-6 prelevati nei pozzetti PT-PE-10 (pk 40+025) e PT-PE-13 (pk 28+384). Il campione così realizzato è stato poi miscelato con percentuali di calce del 2.5%, 3% e 3.5%.

Si osserva come i risultati ottenuti per la miscela (PT-PE-8+PT-PE-9+PT-PE-10+PT-PE-13) ed anche per le altre miscele sperimentali esaminate, di cui alla Tabella 6-2, risultino, in termini di IPI, di CBR a 7 giorni (di cui gli ultimi 4 di imbibizione) e di rigonfiamento lineare, ampiamente compatibili con i limiti di accettabilità previsti dalla Tabella 18.6.3.2 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili - Parte II - Sezione 18, riportata per facilità di consultazione in Tabella 6-3.

Questi risultati forniscono quindi una buona indicazione generale per le successive fasi sperimentali che saranno necessarie all'atto della costruzione.

Nella fase realizzativa dovranno comunque essere condotte tutte le sperimentazioni del caso per aree omogenee di materiale, secondo quanto riportato per esteso nei paragrafi 18.6.3.2 e 18.6.3.3 del Capitolato RFI citato [21], inclusa la realizzazione di campi prova sperimentali.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA				
						
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO RI 00 0 X 002	Rev. A	Foglio 30 di 34

Tabella 6-2 - Risultati delle prove sperimentali su campioni di terreno miscelati con legante relativi ai pozzetti di interesse

POZZETTO ESPLORATIVO	PT-PE-7bis			PT-PE-7			PT-PE-12 + PT-PE-16			PT-PE-08 + PT-PE-09 + PT-PE-10 + PT-PE-13			PT-PE-11							
CAMPIONE	PT-PE-7bis naturale	PT-PE-7bis trattato a CaO 2%	PT-PE-7bis trattato a CaO 2.5%	PT-PE-7bis trattato a CaO 3%	PT-PE-7 naturale	PT-PE-7 trattato a CaO 1.0 % e CEM 2.0%	PT-PE-7 trattato a CaO 1.0 % e CEM 2.5%	PT-PE-7 trattato a CaO 1.0 % e CEM 3.0%	PT-PE-12+16 naturale	PT-PE-12+16 trattato a CaO 1.5%	PT-PE-12+16 trattato a CaO 2.0%	PT-PE-12+16 trattato a CaO 2.5%	PT-PE-8+9+10+13 naturale	PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO 2.5 %	PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO 3.0 %	PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO 3.5 %	PT-PE-11 naturale	PT-PE-11 trattato a CaO 2.0%	PT-PE-11 trattato a CaO 2.5%	PT-PE-11 trattato a CaO 3.0%
Profondità (m da p.c.)	0.90-1.60 m			0.50 - 1.00 + 1.50 - 2.00 m			0.50 - 1.00 m			0.5 - 1.0 m			0.50 - 1.00 + 1.50 - 2.00 m							
Classificazione UNI 11531-1	A7-6				A4				A4				A7-5 A7-6				A6			
INDICE CBR IPI a 2.5 mm (all'umidità ottima)		74.5	94.9	94.3		81.8	97.4	86.1		62.6	78.4	86.2		61.4	63.4	65.3		62	77.6	95.3
INDICE CBR IPI a 5.0 mm (all'umidità ottima)		94.2	95.3	102.3		80.8	84.6	76.8		65.5	78.7	99.8		62.9	70.1	72.3		62.3	85.5	94.8
INDICE CBR immerso 96h a 2.5 mm (all'umidità ottima) (7 gg)		100.2	126.1	130.7		121.7	134.0	146.9		67.0	90	102.4		86.7	106.4	146.4		80.4	75.9	105.7
INDICE CBR immerso 96h a 5.0 mm (all'umidità ottima) (7 gg)		95.7	121.2	121.4		109.8	120.5	150.7		72.3	81.9	109.4		65.4	84,6	118.9		68.1	91.5	108.7
Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)		0.09	0.06	0.05		0.03	0.04	0.03		0.07	0.05	0.07		0.06	0.04	0.06		0.12	0.04	0.04

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RO RI 00 0 X 002	Rev. A	Foglio 31 di 34

Tabella 6-3 – Limiti di accettazione delle miscele Terra/Calce in accordo al Capitolato Tecnico RFI

Tabella 18.6.3.2-2

LIMITI DI ACCETTAZIONE DELLE MISCELE TERRA/CALCE		
Test di Laboratorio	Norma di riferimento	Limiti di accettabilità
Indice di portanza CBR imbibito a 7 giorni, di cui i primi 3 di maturazione e gli ultimi 4 di imbibizione	UNI EN 13286-47	$\geq 20\%$ per gli strati del piano di posa $\geq 50\%$ per gli strati del corpo del rilevato $< 1\%$ per il Rigonfiamento lineare
Indice di portanza immediato (IPI)		≥ 10 (IPI ₁₀)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RO RI 00 0 X 002</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 32 di 34</p>

7 CONCLUSIONI

Nel tratto compreso tra le progressive AV pk 32+130 e pk 39+375 sono state esaminate le informazioni disponibili relativamente a:

- Spessori del terreno vegetale
- Spessore e tipologia dei materiali di riporto esistenti lungo il tracciato
- Caratteristiche dei terreni naturali superficiali ai fini di un intervento di stabilizzazione a calce per la realizzazione del piano di imposta dei rilevati.

Le considerazioni espresse nei paragrafi precedenti possono essere così sintetizzate:

- Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti ricadenti nella tratta (eseguiti sia durante la fase di PD sia di PE), possono essere valutati spessori di terreno vegetale propriamente detto dell'ordine di 0.20 – 0.60 m. Al di sotto di esso vengono inoltre segnalati, in alcune zone limitate, strati di terreno con significativa componente organica e/o presenza diffusa di apparati radicali. Pertanto, lo spessore corrente di scotico (previsto come minimo pari a 50 cm nel Capitolato RFI – rif. [20] - ed apparentemente sufficiente nella maggioranza dei casi), dovrà essere localmente incrementato per consentire l'asportazione dei materiali con significativa componente organica, sulla base delle osservazioni e dei rilievi che verranno effettuati durante la costruzione, all'atto dell'esecuzione dello scotico stesso.
- Su parte del tratto in esame viene segnalata la presenza di materiali di riporto superficiale di spessore e composizione variabili. Laddove il materiale di riporto sia classificato secondo le classi ritenute idonee dal Capitolato, si ritiene ipotizzabile una sua compattazione e riutilizzo per la creazione del piano di imposta dei rilevati. Questa considerazione è supportata dal fatto che, dalle prove di carico su piastra disponibili, sui materiali di riporto esistenti di natura prevalentemente granulare vengono raggiunti valori significativamente elevati del modulo Md_2 relativo al secondo ciclo di carico. È presumibile che, limitatamente a questi materiali, la compattazione ordinaria sia in grado di incrementare il modulo di primo carico Md_1 sino a valori compatibili con le richieste del Capitolato RFI per i piani di posa ($Md_1 \geq 20$ MPa). Per quanto riguarda i materiali di riporto di natura limoso-argillosa (individuati dalle indagini eseguite in corrispondenza dei tratti di rilevato RI 62, RI63, RI69, RI70), si procederà conformemente ai criteri di Capitolato al fine di verificare i requisiti per un possibile reimpiego attraverso il trattamento a calce.
- Per quanto riguarda la stabilizzazione a calce dei terreni naturali limoso-argillosi presenti in prossimità della superficie, le informazioni disponibili indicano una generale compatibilità (materiali della unità geotecnica 2) con il trattamento nel tratto compreso tra la pk 34+800 e 39+375, mentre nella tratta compresa tra pk 32+130 e 33+163, data la prevalente presenza di terreni granulari,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RO RI 00 0 X 002</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 33 di 34</p>

l'adozione di questa tipologia di trattamento appare improbabile.

- Per la tratta in esame, pur limitatamente ai dati disponibili, si segnala come i valori del contenuto di sostanze organiche risultino mediamente superiori al 2%. I valori riscontrati sono infatti compresi tra 1.2 e 4% nella parte più superficiale (in particolare nel caso del pozzetto PT-PE-09, pk 38+010). Secondo le indicazioni della CNR BU 36 (rif. [23], riportate in [Tabella 3-1](#)), il contenuto di sostanze organiche del materiale da trattare non deve superare il 2% per il suo impiego per la formazione di rilevati, ed il 4% per i piani di posa dei rilevati stessi.
- Le prove di stabilizzazione eseguite in laboratorio su campioni di terreno prelevati nei pozzetti di PE hanno mostrato valori di consumo iniziale di calce (CIC) nella zona esaminata (da pk 32+130 a pk 39+375) variabili dal 2.4 al 3.4%. Si tratta di valori compatibili con le caratteristiche di plasticità del materiale in esame e, presumibilmente, con la presenza di una certa frazione di sostanza organica. In linea generale, il valore di CIC rappresenta solitamente il valore minimo di percentuale di calce da utilizzare per la stabilizzazione. Pertanto, in via preliminare, si può ipotizzare l'impiego di una percentuale minima di CaO dell'ordine del 2.5% per la stabilizzazione del terreno ai fini della creazione del piano di posa dei rilevati nella zona in esame, da verificare di volta in volta con ulteriori sperimentazioni e prove in campo nella fase costruttiva.
- Sarà necessario mettere in atto tutte le sperimentazioni del caso per aree omogenee di materiale, secondo quanto riportato per esteso nei paragrafi 18.6.3.2 e 18.6.3.3 del Capitolato RFI citato (rif. [21]), inclusa la realizzazione di campi prova sperimentali per il trattamento a calce.
- **La Tabella 7-1 riporta infine uno schema riassuntivo di quanto emerso dalle valutazioni preliminari esposte in questo documento relativamente a:**
 - spessori indicativi dello scotico (tenuto conto dello spessore del terreno vegetale);
 - spessori indicativi dei riporti esistenti (da rimuovere o meno, in funzione delle caratteristiche locali);
 - Spessore ipotizzabile per lo strato di bonifico;
 - Trattabilità a calce del terreno naturale.

Si fa presente che non è prevista la realizzazione di trattamenti a calce nei tratti in cui sono previste colonne di ghiaia o inclusioni rigide. In tali situazioni si prevede la messa in opera di materiale da rilevato compattato per la creazione del piano di lavoro

Come già indicato in precedenza, queste stime vanno ritenute come indicative e sono basate sull'analisi dei dati di indagine disponibili per la tratta in esame. Si sottolinea infine come le risultanze delle indagini, nella parte più superficiale del profilo, vengano fortemente influenzate dallo specifico luogo di esecuzione.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
Preparazione del piano di posa e valutazione della compatibilità del trattamento a calce per i rilevati ubicati da pk 32+130 a pk 39+375		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RO RI 00 0 X 002	Rev. A	Foglio 34 di 34

Tabella 7-1- Stima indicativa degli spessori di scotico, bonifico e della possibilità di stabilizzazione a calce dei materiali naturali

WBS	Denominazione	Progressive AV di riferimento		Spessore di scotico (*)	Spessore dei riporti esistenti (*)	Spessore di bonifico (*)	Possibilità di bonifica mediante stabilizzazione a calce del terreno in sito (**)
		pk ini	pk fin	(m)	(m)	(m)	(m)
RI620	Rilevato ferroviario da pk 32+130,00 a pk 32+525,00	32+130.00	32+525.00	0.5	1.4	0.5	NO
RI63A	Rilevato ferroviario dal Km 32+525,00 al Km 32+825,00	32+525.00	32+825.00	0.5	≥1.5 (a)	0.8	NO
RI64A	Rilevato ferroviario dal Km 32+825,00 al Km 33+163,00	32+825.00	33+163.00	0.5	-	0.4	NO (da valutare nella parte finale)
RI64C	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 182+974.76 a pk 183+777.48						
RI65A	Rilevato ferroviario da pk 34+800,16 a pk 35+200,00	34+800.16	35+200.00	0.6	-	0.75	SI (ove previsti interventi di consolidamento con inclusioni rigide per circa 90 m a partire dalla spalla Est del Viadotto Guà la stabilizzazione a calce non necessaria)
RI65B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+542.12 a pk 184+939.60						
RI66A	Rilevato ferroviario da pk 35+200,00 a pk 35+600,00	35+200.00	35+600.00	0.5	var. (0.0 - 1.5)	0.6	SI
RI66B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 184+939.61 a pk 185+337.29						
RI67A	Rilevato ferroviario da pk 35+600,00 a pk 36+000,00	35+600.00	36+000.00	0.0	-	0.5 sulla piattaforma esistente della linea storica	da valutare
RI67B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337.29 a pk 185+735.92			1.0		1.0 sull'estensione (b)	
RI68A	Rilevato ferroviario da pk 36+000,00 a pk 36+543,71	36+000.00	36+543.71	0.8	-	0.5	SI
RI68B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+735.92 a pk 186+234.88						
RI69A	Rilevato ferroviario dal Km 37+328,86 al Km 37+775,00	36+543.71	37+775.00	0.0	-	0.5 sulla piattaforma esistente	SI
RI69B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 187+095.24 a pk 187+513.48			0.75	0.4	0.8 sull'estensione (c)	
TR07A	Trincea ferroviaria da pk 36+718,55 a pk 37+251,81	36+718.55	37+251.81	0	-	0.5 sulla piattaforma esistente della linea storica	da valutare
TR07B	Trincea ferroviaria seconda variante da pk 186+414.87 a pk 187+005.96			0		1.0 sull'estensione (d)	
RI70A	Rilevato ferroviario dal Km 37+775,00 al Km 38+075,00	37+775.00	38+075.00	0.5	var. (0.0 - 1.9)	0.5	SI
RI70B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 187+513.48 a pk 187+813.55						
RI71A	Rilevato ferroviario dal Km 38+075,00 al Km 38+420,83	38+075.00	38+420.83	0.5	-	0.5	SI
RI71B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 187+813.55 a pk 188+159.94						
RI72A	Rilevato ferroviario dal Km 38+420,83 al Km 38+725,00	38+420.83	38+725.00	0.5	-	0.5	SI
RI72B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+159.94 a pk 188+464.16						
RI73A	Rilevato ferroviario da pk 38+725,00 a pk 39+081,56	38+725.00	39+081.56	0.5	var. (0.0 - ≥0.3)	0.5	SI
RI73B	Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 188+464.16 a pk 188+900.45						
RI740	Rilevato ferroviario da pk 39+081,56 a pk 39+375,00	39+081.56	39+375.00	1.0	-	1.0	SI

(*) **Valori medi stimati a partire dall'involuppo dei dati delle indagini puntuali disponibili (sondaggi e pozzetti esplorativi). La situazione effettiva dovrà essere determinata puntualmente in campo, caso per caso, durante la fase di costruzione.**

(**) **L'effettiva idoneità del terreno naturale superficiale ad essere stabilizzato mediante trattamento a calce dovrà essere ulteriormente verificata in fase di costruzione, ottemperando a tutto quanto prescritto dal Capitolato RFI**

(a) **Profondità massima del pozzetto esplorativo di riferimento PT 51 - pk 32+640**

(b) **Il rilevato si trova in parte sulla piattaforma esistente della LS. E' stata considerata uno spessore di bonifico di 50 cm sulla piattaforma esistente e 1.0 m sulla nuova piattaforma.**

(c) **Il rilevato si trova sulla piattaforma esistente della LS. Non c'è scotico. E' stata considerata una bonifica di 50 cm sulla piattaforma esistente e di 80 cm sulla nuova piattaforma**

(d) **Lo scotico non è necessario nella parte che insiste sulla piattaforma esistente. E' stata considerato uno spessore di bonifico di 50 cm sulla piattaforma esistente. Per la parte di nuova piattaforma è stato considerato un bonifico di 1.0 m.**