

ALLEGATO 4

INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE DA FER

Indagini eseguite per il Progetto Definitivo 2019

Sondaggi a carotaggio continuo e prove in foro

Tratta	COD.	FIANLITÀ	PROF.	PIEZOMETRO			PROVE IN FORO	
				da (m)	a (m)	Lungh. (m)	LEFRANC	PRESSIOM.
1	T1-1	Geot.	10	4,00	10,00	6,00	2	-
	T1-2	Geot.	40	16,00	37,00	21,00	3	-
	T1-A2	Amb.	10	4,00	10,00	6,00	1	-
2	T2-1	Geot.	30	15,00	30,00	15,00	3	1
	T2-2	Geot.	30	15,00	30,00	15,00	3	-
	T2-A1	Amb.	10	4,00	10,00	6,00	1	-

GEOTECNICA VENETA S.r.l.

Via Dosa 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
www.geotecnicaveneta.it - e-mail gv@geotecnicaveneta.it
C.Fiscale - P.Iva - 01657520274 del Registro Imprese di
Venezia REA n. 176883 - Capitale Sociale €. 10.200,00

LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE
INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ALL'ESECUZIONE E
CERTIFICAZIONE DI:
- PROVE SU TERRE
AI SENSI DELL'ART. 59 D.P.R. n. 380/2001



AZIENDA CON SISTEMA
DI QUALITA' CERTIFICATO

FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.

**INDAGINI INTEGRATIVE GEOGNOSTICHE GEOTECNICHE ED
AMBIENTALI PROPEDEUTICHE ALL'ADEGUAMENTO DELLA
PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO PER
SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA
REALIZZAZIONE DEL COMPLETAMENTO DELL'INTERRAMENTO
DELLA TRATTA URBANA DI BOLOGNA DELLA LINEA SFM2
BOLOGNA - PORTOMAGGIORE.**

INDAGINI GEOGNOSTICHE GEOTECNICHE IN SITO

GEOTECNICA VENETA s.r.l.

Via Dosa, 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)

Tel. 041/908157 - Fax 041/908905

e-mail gv@geotecnicaveneta.it

C.F. – P.I. – Registro Imprese Venezia 01657520274

Registro Imprese Venezia REA n. VE176883 – C.s. €. 10.200,00



AZIENDA CON SISTEMA
DI QUALITA' CERTIFICATO

Prat. P19/017
N° Doc. Rel. 01/19/017
Rev. 0.0
Data 19/06/19

Spett.le
FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.
Via Foro Boario, 27
44122 FERRARA

Oggetto: indagini geognostiche, geotecniche ed ambientali integrative propedeutiche all'interramento della tratta urbana SFM2 Bologna - Portomaggiore Tratta T1 e T2.

INDICE

1. PREMESSA	2
2. METODOLOGIA DI INDAGINE	3
2.1 SONDAGGI GEOGNOSTICO GEOTECNICI E PROVE IN SITU (S)	3
2.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	10
2.3 CAMPIONAMENTI AMBIENTALI DEI TERRENI.....	12



In ottemperanza all'art. 6.2.2 delle N.T.C. 2008, la Società Geotecnica Veneta S.r.l., è autorizzata ad effettuare e certificare prove su terre, indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in situ secondo le Circolari del MM.LL.PP. 7618/STC e 7619/STC con decreto D.M. Infrastrutture e Trasporti n° 9197 del 27/09/2011

1. PREMESSA

Nell'ambito dell'adeguamento della progettazione definitiva per la realizzazione dell'interramento della tratta urbana SFM2 Bologna - Portomaggiore nelle Tratte T1 e T2 siamo stati da Voi incaricati, con contratto n° 5000000504 del 06.02.2019, all'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche, geotecniche ed ambientali.

Le indagini finalizzate all'affinamento del modello geologico, geotecnico ed ambientale sono state condotte nei mesi di aprile e maggio 2019, secondo il piano di indagini redatto da Vostri progettisti mediante l'esecuzione di sondaggi geognostico geotecnici (S) e prove geotecniche chimiche di laboratorio, tutte le attività di cantiere sono state coordinate ed ubicate con Vostri tecnici così come riportato nelle planimetrie di seguito allegate (Elab.1 Tav.le 2 - 3 Planimetria alla scala 1:500).

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione il programma definito ha previsto l'esecuzione in corrispondenza di ciascuna Tratta di n° 2 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (T1-1, T1-2 e T2-1 e T2-2) ed uno ambientale (T1-A2 e T2-A1), spinti rispettivamente a profondità variabili da -10.00 a -40.00 m dal p.c. quelli geotecnici ed a -10.00 m dal p.c. quelli ambientali.

Nel corso dei sondaggi oltre alla descrizione dei terreni ed all'esecuzione di prove speditive con Pocket Penetrometrer e Torvane nei livelli coesivi, sono stati prelevati n° 11 campioni indisturbati (CI) e n° 43 campioni rimaneggiati (CR), successivamente sottoposti a prove di laboratorio per la classificazione e parametrizzazione geotecnica dei terreni, eseguite n° 35 prove penetrometriche dinamiche in foro Standard Penetration Test (SPT) per la determinazione del grado di addensamento e della resistenza dei materiali, n° 1 prova pressiometrica (MPM), per la determinazione dello stato tensionale in sito, della

relazione tensione-deformazione e della resistenza a rottura in direzione orizzontale nonché n° 13 prove di permeabilità tipo Lefranc.

Tutti i fori di sondaggio sono stati strumentati, al termine delle operazioni di perforazione, con la messa in opera di un piezometro a tubo aperto da 3” per la misura del livello della falda freatica.

Le indagini sono state precedute da prospezioni geofisiche con metodologia continua e non distruttiva del tipo Radar, con apparecchiatura munita di doppia antenna avente frequenze adeguate per fornire le informazioni relative agli obiettivi della ricerca di eventuali sottoservizi.

Per la caratterizzazione ambientale preliminare dei materiali di futuro scavo, dai sondaggi T1-2, T1-A2, T2-1, T2-A1, sono stati prelevati campioni per l'esecuzione di analisi chimiche e fisiche di laboratorio.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

2.1 Sondaggi geognostico geotecnici e prove in situ (S)

I sondaggi geognostico - geotecnici sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio integrale a secco del terreno, secondo le modalità previste dalle “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche” AGI (giugno 1977), con percentuali di recupero sempre superiori all’ 85%.

Per le operazioni di sondaggio è stata adoperata una perforatrice a testa idraulica autocarrata avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- ☞ Velocità di rotazione variabile fra 0 e 600 giri/min.;
- ☞ Coppia massima 600 ÷ 700 kgm;
- ☞ Corsa continua di 4,5 m;
- ☞ Spinta e tiro di 6000÷8000 kgw;
- ☞ Morsa idraulica per rivestimenti e/o aste;
- ☞ Pompa in grado di raggiungere pressioni effettive di 120 bar;
- ☞ Circuito supplementare dalla pompa per il rabbocco del fluido a testa foro.

La perforazione è stata eseguita a secco senza fluidi di perforazione con carotieri semplici del diametro ϕ 101 mm nei terreni sciolti azionati ad aste e sempre seguiti dal rivestimento provvisorio del foro ϕ 127 mm e/o ϕ 152 mm infissi mediante l'uso di fluido in circolazione rappresentato da acqua pulita.

Le stratigrafie dei sondaggi sono state redatte da un nostro geologo di cantiere iscritto all'Albo, sempre presente in cantiere, e contengono la classificazione del terreno secondo la UNI EN ISO 14688-1 di seguito riportata e la descrizione delle prove in sito eseguite.

Tabella n° 2.1: Descrizione e classificazione del terreno (UNI EN ISO 14688-1)

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		> 200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		63 ÷ 200	
Ghiaia	Grossa	20 ÷ 63	
	Media	6.3 ÷ 20	
	Fine	2 ÷ 6.3	
Sabbia	Grossa	0.63 ÷ 2	
	Media	0.2 ÷ 0.63	
	Fine	0.063 ÷ 0.2	
Limo		0.002 ÷ 0.063	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo – poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto – si disgrega velocemente in acqua si essicca velocemente – possiede coesione ma può essere polverizzato fra le dita
Argilla		< 0.002	I frammenti asciutti possono essere rotti, ma non polverizzati fra le dita – si disgrega in acqua lentamente – liscia al tatto – plastica – non dilatante – appiccica alle dita – asciuga lentamente – si ritira durante l'essiccazione.
Terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità.

Nella descrizione dei terreni si è provveduto ad elencare per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nella forma:

- preceduto dalla congiunzione “con” se rappresenta una percentuale compresa fra il 25 ed il 50%;
- seguito dal suffisso “oso” se rappresenta una percentuale compresa fra il 10 ed il 25%;
- preceduto da “debolmente” e seguito dal suffisso “oso” se rappresenta una percentuale compresa fra il 5 ed il 10%.

La consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi è stata descritta con riferimento alla tabella sottostante, misurando la resistenza al penetrometro tascabile (Pocket Penetrometer) ed allo scissometro tascabile (Torvane) sulla carota appena estratta e scortecciata con frequenza di una prova ogni 20 ÷ 30 cm.

Tabella n° 2.2: Consistenza terreni coesivi

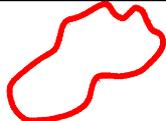
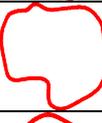
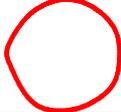
Definizione	Resistenza al penetrometro tascabile (kPa)	Nspt Colpi/piede	Prove manuali
Privo di consistenza	< 25	<2	Espelle acqua quando strizzato fra le dita
Poco consistente	25 ÷ 50	2 ÷ 4	Si modella fra le dita con poco sforzo; si scava facil-mente
Moderatamente consistente	50 ÷ 100	4 ÷ 8	Si modella fra le dita con un certo sforzo. Offre una certa resistenza allo scavo
Consistente	100 ÷ 200	8 ÷ 15	Non si modella fra le dita. E' difficile da scavare
Molto consistente	200 ÷ 400	15 ÷ 30	E' molto resistente fra le dita e si scava con molta difficoltà
Compatto	> 400	> 30	Si incide con difficoltà

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa è stato specificato il grado di arrotondamento, con riferimento alla Tabella 2.3 e si è espressa la consistenza in termini di addensamento con riferimento alla Tabella 2.4.

Tabella n° 2.3: Addensamento terreni granulari

Nspt	Valutazione dello stato di addensamento	Prove manuali
0 ÷ 4	Sciolto	Si scava facilmente con un badile
4 ÷ 10	Poco addensato	Si scava abbastanza facilmente con badile e si penetra con una barra
10 ÷ 30	Moderatamente addensato	Difficile da scavare con badile, o da penetrare con barra
30 ÷ 50	Addensato	Molto difficile da penetrare; si scava con piccone
> 50	Molto addensato	Difficile da scavare con piccone

Tabella n° 2.4: Arrotondamento dei clasti

Forma	Definizione	Arrotondamento	Descrizione
	Angolare	0,00 ÷ 0,15	Nessuno smussamento
	Sub-angolare	0,15 ÷ 0,25	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento
	Sub-arrotondata	0,25 ÷ 0,40	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
	Arrotondata	0,40 ÷ 0,60	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta
	Ben arrotondata	0,60 ÷ 1,00	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in PVC munite di scomparti divisori e di coperchio, le singole cassette sono state fotografate in formato digitale al termine del loro

completamento. Al bordo della cassetta è stata posta la carta dei colori di riferimento Kodak (color separation guides).

In corrispondenza di livelli coesivi significativi indicati dalla committente, sono stati prelevati campioni indisturbati di terreno per un totale di n° 11 campioni indisturbati (CI) prelevati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby a seconda della consistenza dei materiali, ciò ha consentito di prelevare, in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI, campioni di classe Q.5 con possibilità di determinare tutte le caratteristiche dei terreni, comprese quelle meccaniche di resistenza e deformabilità.

Le fustelle di campionamento, in acciaio inox del diametro 88.9 mm, sono state sigillate con uno strato di paraffina fusa e poi chiuse ermeticamente con coperchi rigidi e nastro adesivo, ciascuna fustella è stata poi contraddistinta con cartellino adesivo indelebile riportante nominativo della Committente e della località, numero del sondaggio, progressiva del campione, profondità iniziale e finale del prelievo.

Sono inoltre stati prelevati n° 43 campioni rimaneggiati di terreno in corrispondenza dei livelli indicatici oltre alle quote di esecuzione delle prove SPT per un totale di 78 campioni che in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI, risultano di classe Q.3, con possibilità di determinare tutte le caratteristiche dei terreni, per i terreni escluse quelle meccaniche di resistenza e deformabilità.

Le prove di resistenza in foro Standard Penetration Test (SPT) eseguite sono state condotte misurando la resistenza alla penetrazione di un campionatore a pareti grosse infisso a percussione secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n. D1586/84: “Standard Penetration Test and Split – Barrel sampling of Soil”, e compresa nella “Raccomandazione” ISSMFE per la

standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1988-89) ed attualmente dalle EN ISO 22476-3 (2002)

Il dispositivo di percussione utilizzato è costituito da una testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste d'infissione del diametro esterno di 50 mm (peso $7,0 \pm 0,5$ kg/m), un maglio di acciaio da 63,5 kg ($\pm 0,5$ kg) ed dispositivo a sganciamento automatico del maglio tale da assicurare una corsa a caduta libera di 0,76 m (0,02 m).

La prova pressiometrica Menard (MPM) è stata eseguita con un pressiometro tricellulare APAGEO da 100 bar, secondo le specifiche di Ménard del 1965 e secondo le procedure previste dalla Norma ASTM D 4719 - 87 (1994).

La sonda pressiometrica utilizzata da 60 mm è stata attrezzata con guaina a bassa inerzia o con guaina telata a media inerzia in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La perforazione del foro, nel quale sono state eseguite le prove, è stata effettuata con carotiere semplice da 66 mm, adottando tutti i possibili accorgimenti necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante, al fine di creare un tratto di foro da sottoporre a prova, “tasca cilindrica”, per quanto possibile uniforme priva di gradini e scavamenti.

La prova è stata preceduta dalla calibrazione del sistema determinando le perdite di pressione e le perdite di volume; le perdite di pressione (Taratura Inerzia) legate alla inerzia della membrana utilizzata, le perdite di volume (Tarature Tubetti) dovute invece alle elasticità dei tubi di collegamento e del serbatoio aria-acqua.

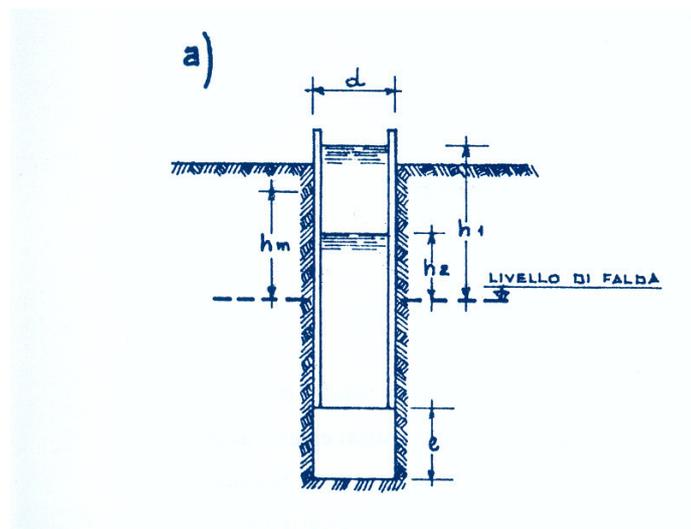
Nel corso della prova è stato eseguito un ciclo di scarico-ricarico in corrispondenza della fase pseudo-elastica della prova.

Nell'allegato certificato di prova sono riportati oltre alle informazioni generali le curve di calibrazione per le perdite di volume e di pressione, le tabelle con

le letture volumetriche a 30'' e a 60'' dall'applicazione dell'incremento di pressione, le correzioni apportate ed i relativi valori corretti nonché le relative curve pressiometriche (MP), di volume inverso (VI) e di creep o fluage, da cui sono stati ricavati il Modulo pressiometrico E_p , la Pressione Limite P_L ed il modulo di taglio G_i .

La determinazione del coefficiente di permeabilità, che presenta peraltro sempre difficoltà ed incertezze, salvo nei casi di terreni omogenei ed isotropi con condizioni al contorno perfettamente note, è stata condotta in corrispondenza dei terreni sciolti mediante l'esecuzione di prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile, alle cui quote sono stati prelevati anche campioni rimaneggiati per la determinazione in laboratorio delle rispettive tessiture granulometriche.

Le prove Lefranc sono state effettuate secondo le modalità previste dalle Raccomandazioni AGI (1977), dopo una accurata pulizia del fondo foro alla quota di prova ed al sollevamento delle tubazioni di rivestimento di un'altezza nota al fine della formazione della tasca drenante, con successivo riempimento con acqua pulita del foro per un'altezza nota e misura della velocità di abbassamento del livello (prova in abbassamento).



I fori di sondaggio, al termine delle operazioni di perforazione sono stati strumentati mediante piezometro a tubo aperto in PVC da ϕ 2" avente tratti microfessurati (slot 0,25 mm) tra -4.00 ÷ 10.00 m nei sondaggi superficiali (T1-1, T1-A2 T2-A1) tra -15/-16 m e -30/-37 m nei sondaggi profondi.

Intorno alle aree filtranti è stato ricostruito un filtro con ghiaino siliceo calibrato, si è provveduto infine ad isolare i restanti tratti di foro mediante il riempimento con bentonite granulare (Compactronic) per almeno un metro, seguita dall'iniezione di una miscela ternaria bentonitica, la testa del piezometro è stata infine protetta in superficie con pozzetto in ghisa carrabile.

Le quote di prelievo di tutti i campioni prelevati, delle prove in foro eseguite e della strumentazione installata con i relativi livelli piezometrici alla data delle indagini è stata riportata nelle apposite colonne del certificato di sondaggio allegati alla presente relazione.

2.2 Prove geotecniche di laboratorio

Su n° 5 campioni indisturbati e n° 11 campioni rimaneggiati sono state eseguite presso il nostro laboratorio geotecnico, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con decreto n° 9197 del 27/09/2011, per lo svolgimento di tutte le attività di prova e certificazione sui terreni come previsto all'Art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e dalla Circolare del MM.LL.PP. 7618/STC, secondo un programma dettagliato fornitoci dai progettisti incaricati, le prove geotecniche di laboratorio per la classificazione dei terreni.

Sond n°	Camp n°	Profondità: m	Class.UNI EN ISO 14688-1				Valori interpretativi non determinati sperimentalmente																
			Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ρ_s Mg/m ³	ρ_a Mg/m ³	W_a %	Wl %	Wp %	Ip indice dei vuoti	e_0	Pen kPa	Tor kPa	qu1 kPa	qu2 kPa	Cc	C_v m ² /s	U.U. Cu kPa	C.U. ϕ°, c' kPa	T.D. ϕ°	
T1-1	D	6.00 - 6.50	52	31		17	2.678	2.011	8.5				n.p.	0.44									
	F	8.00 - 8.45	54	34		12	2.665	2.059	9.1				n.p.	0.41									
T1-2	C	5.55 - 6.00	38	34	19	9	2.672	1.683	4.6	23	15	8	0.66										
	E	10.00 - 10.45	65	21		14	2.703	1.917	6.9				n.p.	0.51									
T1-A2	H	15.00 - 15.45	76	20		4	2.713	1.843	6.8				n.p.	0.57									
	1	17.50 - 18.20		3	43	54	2.782	1.989	26.6	72	24	48	0.77	250 - 320	>100							ϕ° 22.1 c' 13.5	
	2	20.50 - 21.20		6	39	55	2.737	1.932	29.4	73	27	46	0.83	120 - 150	55 - 75							ϕ° 21.2 c' 11.1	
T1-A2	B	3.50 - 4.00	66	23		11	2.691	1.949	4.7				n.p.	0.45									

Tabella 4: risultati prove geotecniche di laboratorio Tratta 1.

Sond n°	Camp n°	Profondità: m	Class.UNI EN ISO 14688-1				Valori interpretativi non determinati sperimentalmente																
			Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ρ_s Mg/m ³	ρ_a Mg/m ³	W_a %	Wl %	Wp %	Ip indice dei vuoti	e_0	Pen kPa	Tor kPa	qu1 kPa	qu2 kPa	Cc	C_v m ² /s	U.U. Cu kPa	C.U. ϕ°, c' kPa	T.D. ϕ°	
T2-1	1	5.60 - 6.20		2	45	53	2.752	2.003	31.0	64	24	40	0.80	150 - 200	80 - 95							ϕ° 25.0 c' 8.0	
	C	8.50 - 8.95		24	51	25	2.652	2.008	25.3	39	21	18	0.65										
	D	13.00 - 13.45	41	30	27	6	2.659	2.032	24.5	37	31	6	0.63										
T2-2	B	4.00 - 4.45		3	68	25	2.681	1.885	6.3				n.p.	0.51									
	D	7.50 - 8.00	46	32	16	6	2.668	2.110	7.6				n.p.	0.36									
T2-A1	2	25.20 - 25.80		13	57	70	2.712	1.952	22.1	52	24	28	0.70	180 - 250	95 - >100							ϕ° 28.1 c' 21.3	
	B	5.00 - 5.50		63	29	8	2.671	2.058	18.0				n.p.	0.53									
T2-A1	1	7.10 - 7.60		12	60	28	2.725	2.000	25.1	46	22	24	0.70	170 - 290	90 - >100								

Tabella 5: risultati prove geotecniche di laboratorio Tratta 2.

In particolare sono state eseguite le seguenti prove e determinazioni, come riportato nei certificati di prova di seguito allegati, i cui principali risultati sono stati riassunti nella tabella di seguito allegata (19/017-Tab-T1 e 19/017-Tab-T2):

- esame visivo del campione, descrizione e classificazione geotecnica del terreno (UN EN ISO 14688-1) con misura della resistenza al penetrometro tascabile (Pocket Penetrometer) ed allo scissometro tascabile (Torvane);

- analisi granulometrica mediante setacciatura per via secca delle particelle superiori a 63 μ (UNI CEN ISO/TS 17892-4);
- analisi granulometrica per sedimentazione, (aerometria) riservata alle frazioni di terra con diametro delle particelle inferiori a 63 μ , mediante procedimento per decantazione (UNI CEN ISO/TS 17892-4);
- determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine (ρ_n) (UNI CEN ISO/TS 17892-2);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua ($W_n\%$) espressa in percentuale mediante pesatura del campione al naturale e perdita in peso dopo essiccazione (UNI CEN ISO/TS 17892-1);
- determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità (limiti di Atterberg) con il metodo del cono (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- prova di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati (UNI CEN ISO/TS 17892-5).
- prova di compressione triassiale consolidata non drenata CU (UNI CEN ISO/TS 17892-9).

2.3 Campionamenti ambientali dei terreni

Al fine di determinare la qualità ambientale dei terreni di futuro scavo, in accordo alle procedure di campionamento in fase di progettazione forniteci si è provveduto nel corso delle prospezioni T1-2, T1-A2, T2-1, T2-A1 a sezionare e prelevare, immediatamente dopo l'estrazione, dal nucleo delle carote estratte, dei campioni medi rappresentativi del futuro terreno di scavo, raccogliendo un campione del primo metro (campione A tra 0.00 ÷ 1.00 m dal piano calpestio), della zona di fondo scavo (campione C tra 7.00/7.60 ÷ 7.50/8.00 m) ed uno nella zona intermedia (campione B tra 3.00/7.60 ÷ 3.50/4.00 m).

Ciascun campione è stato ottenuto mescolando e quartando il terreno Tal Quale in modo tale da consentire la raccolta, di un unico campione medio rappresentativo dell'intervallo di quote campionate, secondo i criteri UNI 10802:2013.

Dal nucleo di ogni spezzone di carota estratta, immediatamente dopo l'estrusione e prima della deposizione in cassetta catalogatrice, è stata prelevata una aliquota del materiale Tal Quale, una aliquota separando se presente la frazione superiore ai 2 cm, i materiali estranei quali pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie ecc, inoltre è stata eseguita una minicarotatura della carota medesima, impiegando siringhe monouso, che hanno consentito di porre il terreno così sub campionato in vials con tappo e setto in teflon, secondo quanto previsto dalla metodica ASTM 4547-98.

Tutti i campioni prelevati, nel periodo di tempo compreso tra il prelievo e la consegna al laboratorio AGROLAB Italia s.r.l. di Altavilla Vicentina (VI) accreditato ACCREDIA (n° 0147), sono stati conservati in contenitori frigo a 4° di temperatura in modo da mantenere invariate le caratteristiche chimiche fisiche dei campioni.

Sui campioni prelevati sono state eseguite le determinazioni previste per le terre e rocce da scavo sia di qualità ambientale (rif. D.lgs 152/06 e s.m.i; DPR120/17 e s.m.i.;;) che di idoneità al recupero (rif DM 186/06 e s.m.i.), classificazione rifiuto (rif. D.lgs 152/06 e s.m.i.) ed ammissibilità in discarica (rif. DM 27/09/10 e s.m.i.).

Si è proceduto inoltre al campionamento del pietrisco del rilevato ferroviario (ballast), in corrispondenza del chilometro 2 + 279 tra le fermate Libia e Rimesse, prelevando un campione di circa 15 kg, composto da circa 30 ÷ 40 pezzi.

Tale campione è stato sottoposto all'analisi qualitativa in microscopia ottica in contrasto di fase (MOCF) e in microscopia elettronica a scansione (SEM),

per la verifica della presenza/assenza di fibre di amianto, alla friabilità ed indice di rilascio nonché alla classificazione come rifiuto (rif. D.lgs 152/06 e s.m.i.) ed ammissibilità in discarica (rif. DM 27/09/10 e s.m.i.).

I valori di concentrazione ottenuti dalle prove chimiche sono riportati nei certificati analitici del laboratorio AGROLAB Italia srl allegati al presente elaborato.

dott. geologo
Diego Mortillaro





AZIENDA CON SISTEMA
DI QUALITÀ CERTIFICATO

FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.

COROGRAFIA

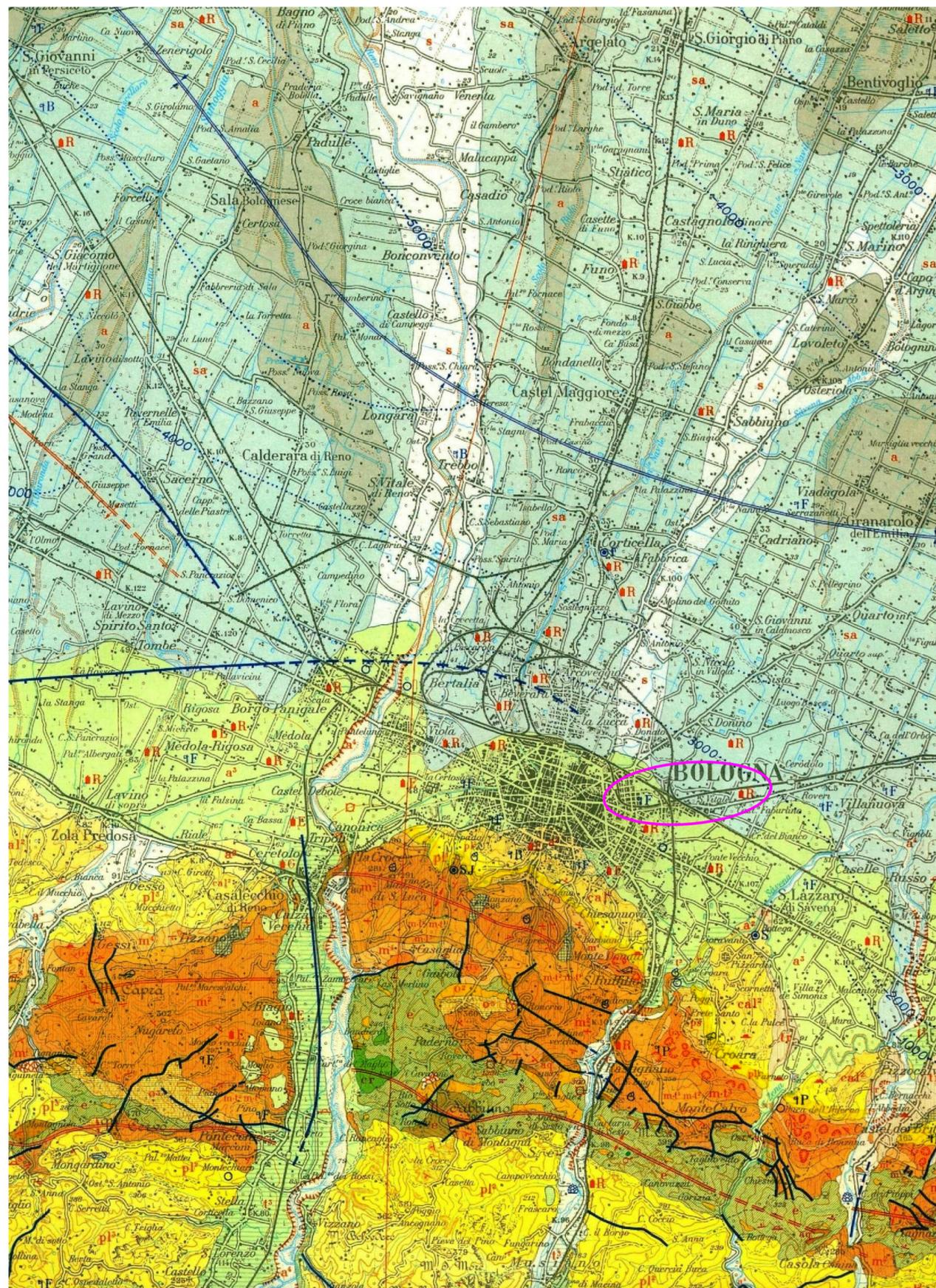
ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D' ITALIA
FOGLIO 87 - BOLOGNA



Oggetto: Indagini integrative geognostiche geotecniche ed ambientali propedeutiche all'adeguamento della progettazione definitiva e coordinamento per sicurezza in fase di progettazione per la realizzazione del completamento dell'interramento della tratta urbana di Bologna della Linea SFM2 Bologna - Portomaggiore.	Tecnico: D.R.	Direttore del Laboratorio: D.M.
	Elaborato: 1	Tavola: 1
	Scala: 1:100.000	
	Doc. n. Elab.1-Tav.1-19/017	Revisione: Rev. 0.0 del 20/05/19

P19/017

mod. Cart. (rev. 2 del 03/03)



Litologia di superficie

- Sabbie fluviali.
- Argille sabbiose e sabbie argillose.
- Argille e terreni prevalentemente argillosi e di bonifica.

Segni convenzionali

- Strati orizzontali e sub-orizzontali.
- Strati con inclinazione fino a 30°.
- Strati con inclinazione superiore a 30°.
- Strati verticali e sub-verticali.
- Strati contorti.
- Strati rovesciati.
- Faglie e loro ipotetici prolungamenti.
- Frane.
- Doline.
- Sorgenti importanti.
- Sorgenti minerali.
- SJ salsoiodica,
- S sulfurea,
- F ferruginosa.
- Terrozzi.
- Coni di deiezione.

- Località fossilifere:
- molluschi,
 - cicadee,
 - mammiferi marini,
 - mammiferi terrestri.

- Cave (arenarie e calcari).
- Cave di gesso.
- Cave di terra da sbianca.
- Cave di marna da cemento.
- Pozzi per ricerche di idrocarburi e loro profondità in metri
- Pozzi produttivi di idrocarburi. e loro profondità in metri (g-gas).

Stazioni preistoriche, monumenti protostorici e storici.

- Paleolitico (P), Neolitico (N), Bronzo (B), Villanova-ferro (F).
- Resti etruschi (E), gallici (G), romani (R).

Tettonica profonda secondo la prospezione sismica

- Assi di anticlinali. Le frecce indicano le inclinazioni dell'asse anticlinale.
- Assi di sinclinali. Le frecce indicano le inclinazioni dell'asse sinclinalico.
- Isobate dell'orizzonte di riferimento (base del Pliocene). Le quote di profondità, in metri, sono riferite al livello del mare.
- Linee principali di dislocazione.

GEOTECNICA VENETA S.r.l.
 Via Dosa 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
 Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
 e-mail gv@geotecnicaveneta.it

LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE
 INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ALL'ESECUZIONE E
 CERTIFICAZIONE DI:
 - PROVE SU TERRE
 AI SENSI DELL'ART. 59 D.P.R. n. 380/2001



AZIENDA CON SISTEMA
 DI QUALITA' CERTIFICATO

FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.

PLANIMETRIA

Lotto 1 - Interramento tratta San Vitale Rimesse
 (km 2+084,300 - km 3+328,107).

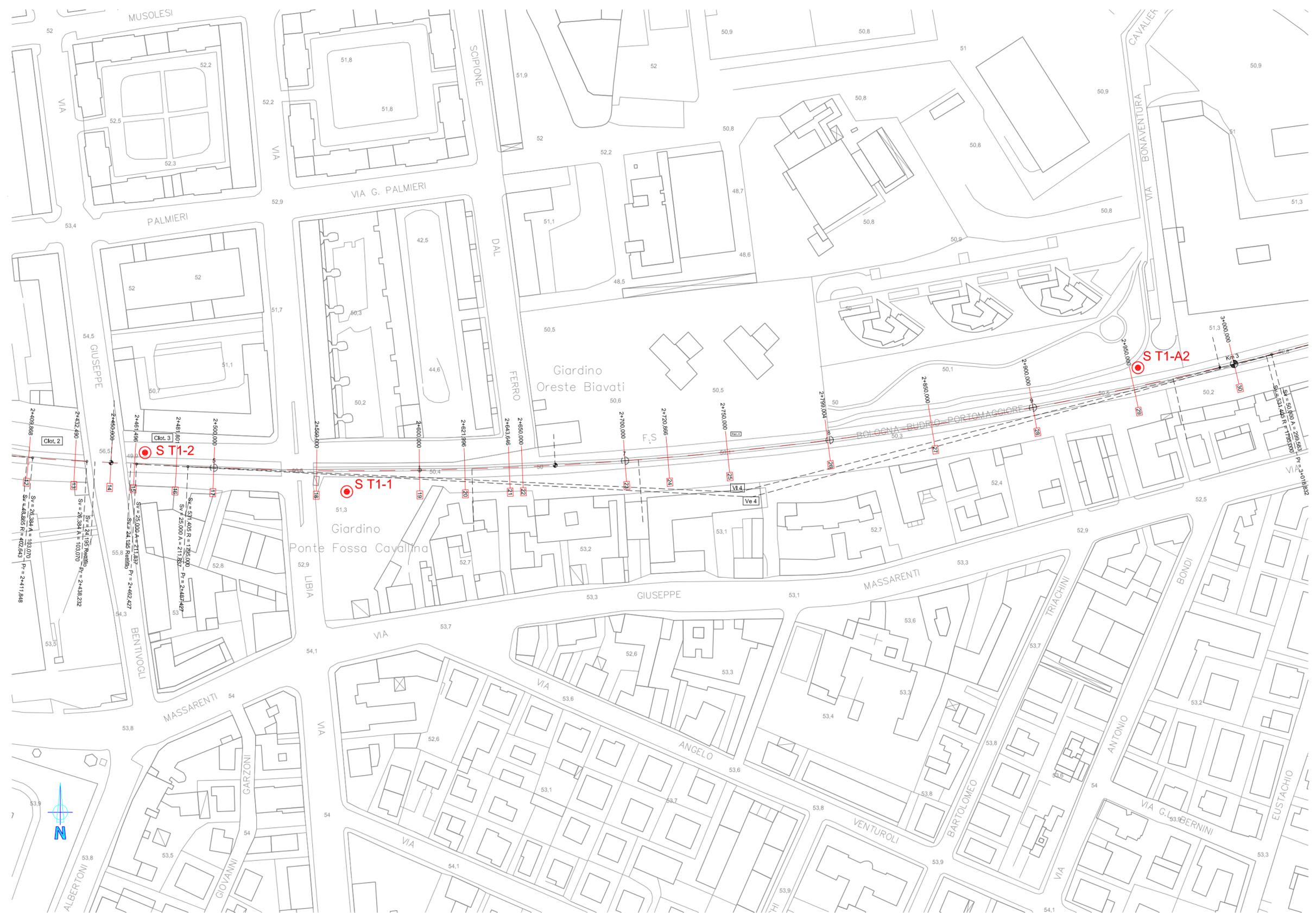
S SONDAGGI GEOGNOSTICI CON
 INSTALLAZIONE DI PIEZOMETRO



Oggetto: Indagini integrative geognostiche geotecniche ed ambientali propedeutiche all'adeguamento della progettazione definitiva e coordinamento per sicurezza in fase di progettazione per la realizzazione del completamento dell'interramento della tratta urbana di Bologna della Linea SFM2 Bologna - Portomaggiore.	Tecnico: D.R.	Direttore del Laboratorio: D.M.
	Elaborato: 1	Tavola: 2
	Scala: 1:1.500	
	Doc. n. Elab.1-Tav.2-19/017	Revisione: Rev. 0.0 del 20/05/19

P19/017

mod. Cart. (rev. 2 del 03/03)



GEOTECNICA VENETA S.r.l.

Via Dosa 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
e-mail gv@geotecnicaveneta.it

LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE
INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ALL'ESECUZIONE E
CERTIFICAZIONE DI:
- PROVE SU TERRE
AI SENSI DELL'ART. 59 D.P.R. n. 380/2001



AZIENDA CON SISTEMA
DI QUALITA' CERTIFICATO

FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.

PLANIMETRIA

Lotto 2 - Interramento tratta via Larga
(km 4+229,85 - km 5+161,80).

S SONDAGGI GEOGNOSTICI CON
INSTALLAZIONE DI PIEZOMETRO



Oggetto: Indagini integrative geognostiche geotecniche ed ambientali propedeutiche all'adeguamento della progettazione definitiva e coordinamento per sicurezza in fase di progettazione per la realizzazione del completamento dell'interramento della tratta urbana di Bologna della Linea SFM2 Bologna - Portomaggiore.	Tecnico: D.R.	Direttore del Laboratorio: D.M.
	Elaborato: 1	Tavola: 3
	Scala: 1:1.500	
	Doc. n. Elab.1-Tav.3-19/017	Revisione: Rev. 0.0 del 20/05/19

P19/017

mod. Cart. (rev. 2 del 03/03)



SONDAGGI GEOGNOSTICI

GEOTECNICA VENETA S.r.l.

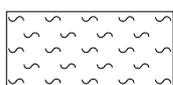
Via Dosa 26/A - 30030 Olmo di Martellago (Ve)
Tel. 041/908157 - Fax. 041/908905
www.geotecnicaveneta.it - e-mail gv@geotecnicaveneta.it
C.Fiscale - P.Iva - 01657520274 del Registro Imprese di
Venezia REA n. 176883 - Capitale Sociale €. 10.200,00

LABORATORIO AUTORIZZATO DAL MINISTERO DELLE
INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI ALL'ESECUZIONE E
CERTIFICAZIONE DI:
- PROVE SU TERRE
AI SENSI DELL'ART. 59 D.P.R. n. 380/2001



AZIENDA CON SISTEMA
DI QUALITA' CERTIFICATO

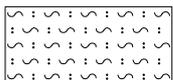
SIMBOLOGIA GRAFICA PER LE TERRE E PER GLI AMMASSI ROCCIOSI



Limo



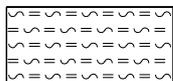
Ghiaia con sabbia



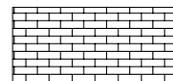
Limo sabbioso



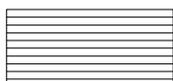
Marna



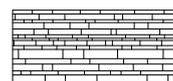
Limo argilloso



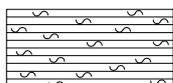
Calcere



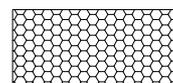
Argilla



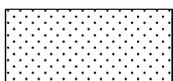
Arenaria



Argilla limosa



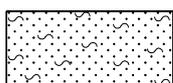
Rocce ignee effusive



Sabbia



Basalto



Sabbia limosa



Tufo



Ghiaia



Torba

SONDAGGIO N° T1-2		COMMITTENTE : FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.		CANTIERE : BOLOGNA		PRATICA N. P19/017		DOC. N. 19/017/S-T1-2			
Quota: 0.00 m.		Riferita a: Piano Stradale		Data inizio: 17/04/19		Data ultimazione: 19/04/19		Elaborato	Controllato	REV.	DATA
Sperimentatore: Dott. Geol. Scroccaro M.				Operatore: Zorzetto M.		Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRI.A tipo P.CO.1P		D.R.	D.M.	0.0	20/05/19

Profondita' in m.		Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (UNI EN ISO 14688-1)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:
Prog.	Parz.		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa					
0	0.05				0.00														
	0.95		A		1.00														
	1.40																		
	2.40																		
	1.60		B		3.00														
	4.00		A		4.00					4.00	8	15							
	4.45		B		4.45						14	30							
	4.70				4.70						20	45							
	2.20																		
	5.55		C		5.55					5.55	15	15							
	6.00				6.00						22	30							
	6.20	0.40			6.20			300	>100		30	45							
	6.60						190	80											
	1.40		C		7.00														
	7.50		D		7.50					7.50	50	11							
	7.95				7.95														
	8.00				8.00														
	2.70																		
	10.00		E		10.00					10.00	24	15							
	10.45				10.45						30	30							
	11.00		F		11.00						33	45							
	11.40				11.40														
	2.30																		
	12.50		G		12.50					12.50	27	15							
	12.95				12.95						35	30							
	13.00	0.55			13.00			80	25		39	45							
	13.55																		
	1.45																		
	15.00		H		15.00					15.00	8	15							
	15.45				15.45						10	30							
	15.75		I		15.75						15	45							
	16.00				16.00														
	16.40	0.40			16.40			235	>100										
	1.80							245	>100										
	17.50		1		17.50			300	>100										
	18.20				18.20			360	>100										
	3.00							480	>100										
	20.50		2		20.50			450	>100										
	21.20				21.20			425	>100										
	0.80							390	>100										
	1.50							360	>100										
	23.50		L		23.50			290	>100										
	23.95				23.95			480	>100										
	1.50							300	>100										
	24.60		M		24.60			410	>100										
	25.00				25.00														



LIVELLO RILEVATO IN DATA 17/05/19

-16.90

- Campione indisturbato OSTERBERG
- ▣ Campione indisturbato SHELBY
- ▼ Campione rimaneggiato S.P.T.
- ▲ Campione rimaneggiato
- * Campione per componenti volatili in contenitori vial
- Campione medio per analisi chimiche in contenitori di vetro

PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO
CAROTIERE: SEMPLICE
Ø 101 mm.
tra m. 0.00 e m. 25.00
CAROTIERE:
Ø mm.
tra m. e m.
CAROTIERE:
Ø
tra m. e m.

TUBI DI RIVESTIMENTO
Ø 152 mm.
tra m. 0.00 e m. 13.00
Ø 127 mm.
tra m. 0.00 e m. 25.00
Ø
tra m. e m.

ASTE Ø mm. 76

CASSETTE CATALOGATRICI N° : 5

STRUMENTAZIONE INSTALLATA:
- Piezometro a tubo aperto in PVC Ø 3" con tappo di fondo
- Prefiltro in ghiaia siliceo calibrato
- Riempimento con miscela bentonitica o bentonite compactronic
- Protetto con pozzetto carrabile in ghisa

H₂O in fase di perforazione

DATA	ORA	RIV.	H ₂ O

SONDAGGIO N° T1-2	COMMITTENTE : FERROVIE EMILIA ROMAGNA s.r.l.	CANTIERE : BOLOGNA	PRATICA N. P19/017	DOC. N. 19/017/S-T1-2
Quota: 0.00 m.	Riferita a: Piano Stradale	Data inizio: 17/04/19	Data ultimazione: 19/04/19	Elaborato
Sperimentatore: Dott. Geol. Scroccaro M.		Operatore: Zorzetto M.	Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRI.A tipo P.CO.1P	Controllato
			D.R.	D.M.
			REV. 0.0	DATA 20/05/19

Profondita' in m.	Stratigrafia	Campioni		%Carot.	R.Q.D.	DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO (UNI EN ISO 14688-1)	PEN. kPa	TOR. kPa	Prof. in metri.	S.P.T.		Vane Test		Prof. in metri.	Piezo metro PZ1	Piezo metro PZ2	Livello piezo- metrico	NOTE:	
		Tipo	Num							Prof.	Numero Colpi	Altezza cm.	Max kPa						Res kPa
25.00						Sabbia fine con limo nocciola.			25.55	18	15							NOTE: ■ Campione indisturbato OSTERBERG ▣ Campione indisturbato SHELBY ▼ Campione rimaneggiato S.P.T. ▲ Campione rimaneggiato * Campione per componenti volatili in contenitori vial ● Campione medio per analisi chimiche in contenitori di vetro PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE Ø 101 mm. tra m. 25.00 e m. 40.00 CAROTIERE: Ø mm. tra m. e m. CAROTIERE: Ø tra m. e m. TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 127 mm. tra m. 25.00 e m. 40.00 Ø tra m. e m. Ø tra m. e m. ASTE Ø mm. 76 CASSETTE CATALOGATRICI N° : 3 STRUMENTAZIONE INSTALLATA: H ₂ O in fase di perforazione DATA ORA RIV. H ₂ O	
25.55		▲	N	25.55		8) S.P.T. con punta conica a m 25.55; aste (Ø 50 mm) + punta = 26.85 m .			16	30									
26.00				26.00		Sabbia grossa con limo nocciola, con rara ghiaia fine e media, poligenica subarrotondata.			26.55	19	15								
26.55		▲	O	26.55		9) S.P.T. con punta conica a m 26.55; aste (Ø 50 mm) + punta = 27.85 m .			28	30									
27.00		▲	P	27.00		Sabbia grossa con limo nocciola, con ghiaia fine e poca media, poligenica subarrotondata; presenti rari ciottoli tra m 27.00 e m 27.30.			33	45									
27.40				27.40															
28.00		▲	Q	28.00		10) S.P.T. con punta conica a m 28.00; aste (Ø 50 mm) + punta = 29.30 m .			28.00	23	15								
28.45				28.45					33	30									
28.80				28.80		Limo sabbioso nocciola, con rara ghiaia fine e media, poligenica subarrotondata.			38	45									
29.20				29.20		Sabbia grossa con limo nocciola, con ghiaia fine e poca media, poligenica subarrotondata.	110	85											
29.50				29.50		Argilla debolmente limosa verde, con venature ocre, punti di sostanze organiche vegetali e punti millimetrici di ossido di ferro.	170	90											
30.00				30.00			180	80											
30.60				30.60			200	>100											
31.00				31.00		Limo con sabbia grossa nocciola, con rara ghiaia fine poligenica, subarrotondata.			31.55	8	15								
31.55		▲	R	31.55		11) S.P.T. con punta conica a m 31.55; aste (Ø 50 mm) + punta = 32.85 m .				12	30								
32.00		▲	S	32.00		3) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" da m 32.00 a m 32.50.				18	45								
32.30				32.30		Argilla debolmente limosa grigio - verde, con velature ocre, punti di sostanze organiche vegetali e di ossido di ferro e rare concrezioni carbonatiche millimetriche.	135	80											
32.60				32.60		Argilla debolmente sabbiosa grigia, con ghiaia media e fine poligenica subarrotondata.	225	>100											
33.20				33.20			180	95											
34.20				34.20		Ghiaia media e poca fine poligenica subarrotondata, con limo debolmente sabbioso ocre; presenti rari ciottoli (Ø max 10 cm).													
35.00				35.00															
36.00		▲	T	36.00		12) S.P.T. con punta conica a m 36.00; aste (Ø 50 mm) + punta = 37.30 m .			36.00	9	15								
36.45				36.45						11	30								
37.00				37.00						15	45								
37.55		▲	U	37.55		13) S.P.T. con punta conica a m 37.55; aste (Ø 50 mm) + punta = 38.85 m .			37.55	8	15								
38.00		▲	V	38.00		Sabbia con limo ocre, con elementi di ghiaia media poligenica subarrotondata.				13	30								
38.35				38.35						16	45								
39.00				39.00		Argilla debolmente limosa ocre, con velature arancioni (da ossido di ferro) e sostanze organiche vegetali.	150	85											
40.00				40.00		p.a. Idem.	200	>100											
40.35		■	3	40.35		p.b. Limo sabbioso ocre (Pen. 140-200 kPa; Tor. 80 kPa).	140	75											
40.70				40.70															

