

PROG. N° 3186

PROGETTO PRELIMINARE

Comune di



Torino

REALIZZAZIONE COLLETTORE MEDIANO ZONA SUD-OVEST AREA METROPOLITANA

INTERVENTO RISANAMENTO COLLETTORE ZONA SUD

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO AI SENSI DELLE
N.T.C. 2008 – CARATTERIZZAZIONE GEO MECCANICA DEI TERRENI
ED ANALISI TENSO-DEFORMATIVA DELLO SCAVO PER IL
COLLETTORE ZONA SUD TORINO

Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.

Sede legale: Corso XI Febbraio, 14 - 10152 Torino TO I

tel. +39 011 4645.111 - fax. +39 011 4365.575

E-mail: info@smatorino.it Sito web: www.smatorino.it

il Direttore Generale

Dott. Ing. Marco Acri

						<p>documento n°:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <h1>dt05</h1> </div>
3						
2						
1						
0	Emissione	Febbraio 2013	STUDIO APOGEO	VAUDANO	ACRI	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	

Progettista: Ing. Giorgio Vaudano

Collaboratori: A. Follis

Risorse Idriche S.p.A. - Società del gruppo SMAT

Sede legale: C.so XI Febbraio, 14 - 10152 Torino

Tel. +39 011 4645.1250 / 1251- fax : +39 011 4645.1252

Capitale Sociale € 1.241.760,00 € i.v.

Codice fiscale-Partita IVA e Registro delle imprese di Torino: 06087720014

E-mail: info@risorseidricheto.it



file:

ATO3 3186

PROGETTO

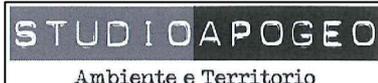
RI0304

ID R.I.

TMED-PRE-dt05.pdf

documento

CONSULENTI:



STUDIO APOGEO
Ambiente e Territorio



PROVINCIA di TORINO
CITTÀ di TORINO

Realizzazione collettore mediano zona sud-ovest area
metropolitana:
intervento di risanamento collettore zona sud
(ATO3 3186 - RI0304)

OGGETTO

Inquadramento geologico e geotecnico ai sensi delle
N.T.C. 2008

Caratterizzazione geomeccanica dei terreni ed analisi
tenso-deformativa dello scavo per il collettore zona sud
Torino

PROPONENTE

Risorse Idriche S.p.A.

TECNICI INCARICATI

Dott. Geol. Luca Filieri
Iscr. Ordine Geologi del Piemonte
n. 566

Dott. Ing. Davide Masera
Iscr. Ordine Ingegneri Provincia di Torino
n. 10403K

10024 Moncalieri (TO) Via Pastrengo, 102/6 - Tel.& Fax. 011/6056000 - 348/7792996
info@studioapogeo.it - www.studioapogeo.it

Gennaio 2013

INDICE

1 Premessa	3
2 Inquadramento geografico	4
2.1 Inquadramento dell'intervento in progetto rispetto agli strumenti di pianificazione vigenti	5
3 Inquadramento geologico e geomorfologico	5
4 Inquadramento idrogeologico	7
5 Indagini geognostiche	9
5.1 Prove geotecniche	10
5.1.1 Modalità tecniche esecutive delle indagini in sito	12
5.1.2 Prove geotecniche di laboratorio	12
5.2 Monitoraggio della falda superficiale	12
5.2.1 Realizzazione di un modello idrogeologico	13
5.2.2 Condizioni di carico idraulico	14
5.2.3 Caratterizzazione idrogeologica e idrodinamica	15
5.2.4 Parametri idrodinamici	16
5.2.5 Risultati ottenuti	16
6 Interpretazione indagini	17
6.1 Caratterizzazione geotecnica del terreno	18
6.2 Parametri geotecnici dei terreni	19
7 Zonazione sismica	19
8 Quadro di sintesi litostratigrafica	23
9 Esame del tracciato	24
9.1 Considerazioni geologiche e geotecniche	30
10 Introduzione alla modellizzazione geomeccanica	32
11 Metodo delle curve caratteristiche	32
12 Modelli numerici per l'analisi progettuale	33
10 Realizzazione del modello geomeccanico	31
10.1 Geometria del problema analizzato	31
11 Scenari ed ipotesi di calcolo	33
12 Analisi della stabilità mediante soluzioni analitiche speditive	34
13 Premesse alla modellizzazione e geometria della galleria	34
13.1 Geometria del problema analizzato	34
14 Scenari ed ipotesi di calcolo	36
15 Analisi della stabilità mediante soluzioni analitiche speditive	37
16 Linee caratteristiche teoriche e cedimento superficiale	37
17 Modelli tenso-deformativi con tecnica microtunneling	40
17.1 Sezione S3 – in assenza di carico superficiale	40
17.2 Sezione S3 – in presenza di carico superficiale	43
17.3 Sezione S14 – in assenza di carico superficiale	46
17.4 Sezione S14 – in presenza di carico superficiale	49
17.5 Sezione S8 – in assenza di carico superficiale	52
17.6 Sezione S8 – in presenza di carico superficiale	54
18 Modelli tenso-deformativi con tecnica marciavanti	57
19 Conclusioni	62
20 Confronto con caso studio analogo	63
21 Approfondimenti e sviluppi futuri	63

1. PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico di Risorse Idriche S.p.A., adempie agli obblighi di legge (N.T.C. 2008) relativamente alla parte geologica e geotecnica e fa riferimento al progetto preliminare di “Realizzazione collettore mediano zona sud-ovest area metropolitana: intervento di risanamento collettore zona sud” e prevede la realizzazione di un collettore fognario a SO dell’area metropolitana torinese.

Scopo del presente lavoro è valutare l’idoneità del sito d’indagine dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico in ordine alla tipologia di intervento in progetto.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- sopralluogo preliminare;
- ricerca bibliografica;
- individuazione delle caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche generali;
- correlazione con studi geologici effettuati precedentemente nell’area in oggetto al fine di evidenziare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche più importanti del sito;
- osservazione diretta dei terreni che ospiteranno l’intervento in progetto tramite l’esecuzione di sedici sondaggi geognostici di cui otto implementati con prove S.P.T. in foro e due con piezometri a tubo aperto per la misura della soggiacenza dell’acquifero libero superficiale;
- correlazione dei risultati ottenuti dalle prove dirette con i profili ottenuti a seguito dell’indagine sismica realizzata;
- ricostruzione stratigrafica del sito;
- ricostruzione della superficie piezometrica della superficie libera dell’acquifero libero superficiale;
- valutazione della compatibilità del sito di indagine ad ospitare le opere in progetto dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- sovrapposizione del profilo litostratigrafico con il tracciato della condotta in progetto e valutazione delle potenziali criticità individuate sia sulla base delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati sia sulla base della metodologia di scavo prevista;
- valutazione del comportamento del cavo in fase di scavo (curve caratteristiche)
- approccio del problema con soluzioni in forma chiusa, al fine di confrontare i risultati ottenuti con quelli della modellazione ad elementi finiti;
- modellazione ad elementi finiti del tracciato mediante analisi piana sulle sezioni ritenute maggiormente significative (S3, S14, S8) ed analisi di fenomeni deformativi al contorno del cavo (localizzazione ed estensione della fascia plastica) indotti dallo scavo ed eventuali fenomeni di cedimenti in superficie;
- confronto dei risultati ottenuti con casi-studio presenti in letteratura.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di indagine è situata a sud del Comune di Torino, ad una quota compresa tra un valore minimo di circa 223 m s.l.m. ed un massimo di circa 237 m s.l.m.; nel suo insieme l'area in studio è chiaramente identificabile sulle C.T.R. 1:10.000 sezioni 156130-155160.

Il tracciato del nuovo collettore fognario in progetto si sviluppa per lo più in corrispondenza di Via E. Artom, Via Chiala, Via Torrazza Piemonte, Corso Corradino; sono inoltre interessate dal tracciato vie minori, circa perpendicolari alle precedenti.

In considerazione dell'estensione lineare dell'area in studio, per facilitarne l'individuazione si è scelto di indicare le coordinate che permettono di identificare univocamente il sito in esame; in particolare verranno indicati con le lettere A e D gli estremi dell'area indagata, con le lettere B e C il tracciato compreso tra le prime due lettere (Fig.1).

	Assi viari	Coord. geografiche (UTM-ED50)		quota
A	S.da Castello di Mirafiori	393615 E	4985085 N	236 m s.l.m.
B	Via E. Artom	393572 E	4985773 N	236 m s.l.m.
C	Via O. Vigliani	394417 E	4985992 N	233 m s.l.m.
D	Corso P. Maroncelli	395098 E	4985969 N	224 m s.l.m.

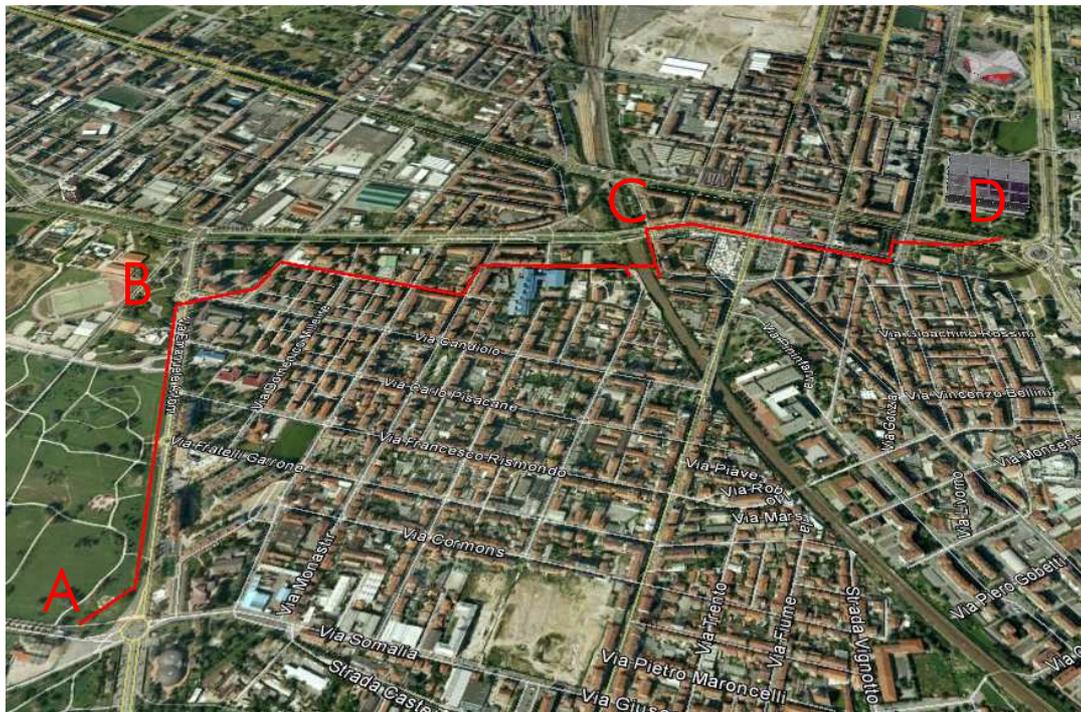


Figura 1. Inquadramento geografico dell'area in esame

Per l'inquadramento topografico di dettaglio si rimanda alle tavole riportate in allegato; per l'inquadramento catastale e per gli specifici elaborati progettuali si rimanda alle tavole redatte dal Progettista Ing. Vaudano della Società Risorse Idriche S.p.A..

2.1 Inquadramento dell'intervento in progetto rispetto agli strumenti di pianificazione vigenti

Nella "carta di sintesi della pericolosità idrogeologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" del comune di Torino il territorio interessato dall'intervento in progetto ricade in Classe I (P) così definita: *zone non soggette a pericolo di inondazione né di allagamento (...) Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88 (...).*

AREA DI PIANURA				
CLASSE	SOTTOCLASSE	CONDIZIONAMENTI		PERICOLOSITA'
		ANTROPICI	IDROGEOMORFOLOGICI	
I	I(P)	Aree edificate ed inedificate	Aree non inondabili: nessun condizionamento	Assente
II	II(P)	Aree edificate ed inedificate	Settori a margine di aree inondabili	Moderata
	IIIa(P)	Aree inedificate	Aree inondabili per piena di riferimento	Elevata

Figura 2. Estratto All. B - Testo introdotto dalla Variante n. 100

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area indagata è individuabile sulla C.G.I. 1:100.000 Foglio °56, Torino, di cui viene riportato un estratto in allegato per una migliore individuazione del sito.

Per ottenere uno sguardo d'insieme della geologia della zona, è opportuno fornire un inquadramento più generale.

La sequenza litostratigrafica tipica della Pianura Torinese risulta costituita dalla Serie dei Depositi Fluviali, di età pleistocenica-olocenica avente spessore variabile da alcuni metri al margine con i rilievi della Collina di Torino a circa 60-70 m in corrispondenza degli alti terrazzi costituiti dai depositi del Pleistocene inf. (Mindel auct.) caratteristici della zona delle Vaude.

Inferiormente è presente la Serie dei depositi di Transizione Villafranchiani, di età pliocenica sup. – pleistocenica inf.; tale serie presenta gli spessori massimi nelle aree centrali della Pianura Torinese, valutabili in circa 150 m in corrispondenza dell'abitato di Collegno e progressivamente minori, sino a scomparire al margine con la Collina di Torino, dove la serie risulta assente.

La sequenza prosegue con la Serie dei depositi Marini Pliocenici; questa costituisce una struttura sinclinale sepolta avente asse a direzione variabile e circa parallelo al margine dei rilievi della Collina di Torino.

Inferiormente, è infine presente il Complesso dei Depositi Argilloso-siltoso-sabbiosi Marini in facies di "Piacenziano".

Dall'esame della C.G.I. il sito di indagine è afferibile ai depositi del fluvioglaciale e fluviale rissiani, ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso arancio terrazzati (Fg^R) che in corrispondenza del settore orientale dell'area in studio sfumano verso i depositi fluviali sabbioso-ghiaiosi postglaciali del Fiume Po (a¹) ricoprenti i depositi fluviali e fluvioglaciali del Wurmiano.

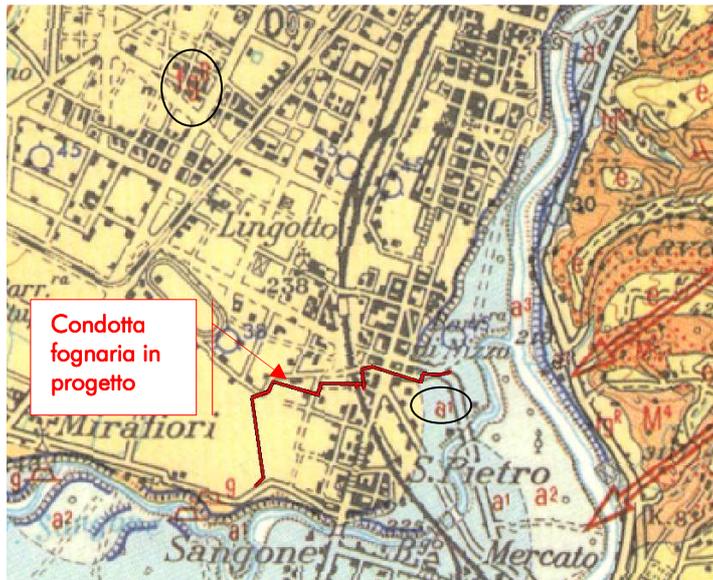


Figura 3.
Estratto del Foglio 56 "Torino"
con indicazione dell'area in
studio

Per un maggior dettaglio dell'inquadramento geologico in questione è possibile riferirsi ai recenti Fogli 156 -Torino Est- e 155 -Torino Ovest- alla scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG, Agenzia Nazionale Protezione Ambientale). In queste carte, delle quali si riporta uno stralcio nella figura seguente, l'area in studio è ascritta al:

- "Sintema di Frassinere" e nello specifico al "Subsintema di Col Giansesco" – AFR_{2b} – rappresentato da sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose grossolane con clasti eterometrici e copertura siltosa-sabbiosa costituenti superfici terrazzate sospese sugli alvei attuali (in corrispondenza dei punti A-B-C del tracciato del collettore fognario in progetto);
- "Sintema di Palazzolo" e nello specifico al "Subsintema di Ghiaia Grande" – CSN_{3b} . Si tratta di ghiaie e ghiaie-sabbiose poco o nulla alterate con intercalazioni locali sabbiose coperte in maniera generalizzata da una coltre sabbiosa e sabbiosa-siltosa (in corrispondenza del settore orientale del tracciato del collettore fognario in progetto).

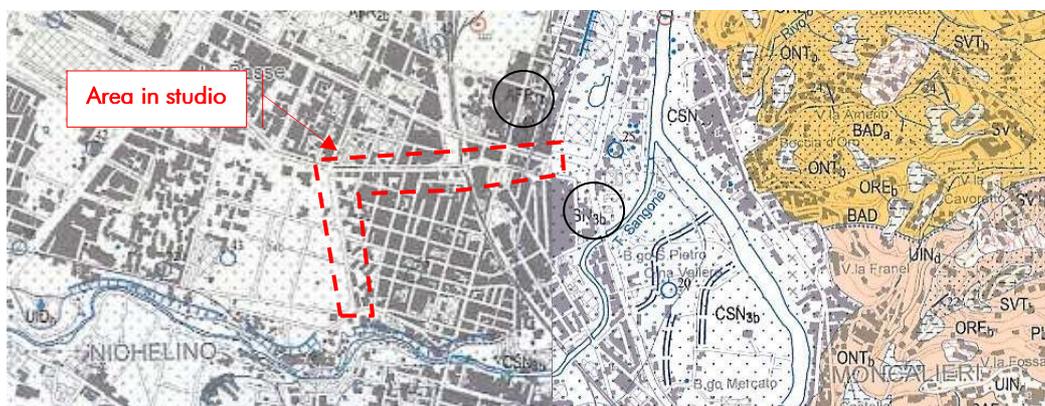


Figura 4. Estratto dei Fogli 156 "Torino Est" e 155 "Torino Ovest" - Progetto CARG

Riassumendo nell'area in studio sono presenti:

- i depositi fluviali olocenici-attuali in corrispondenza del settore orientale digradante verso il vicino corso d'acqua Sangone;
- i depositi fluvio-glaciali e fluviali (Pleistocene sup.) in corrispondenza della superficie terrazzata.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area risulta sub-pianeggiante, stabile e non soggetta a fenomeni gravitativi per un intorno significativo.

I principali soggetti di rilevanza geomorfologica sono i corsi d'acqua del Fiume Po e del Torrente Sangone, la cui confluenza avviene a poca distanza dal sito oggetto di intervento, in un'area posta a Est dello stesso.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto litostratigrafico ed idrogeologico di questo settore della pianura piemontese è caratterizzato dalla sovrapposizione di due distinti complessi:

- **Complesso Superficiale** - (riferibile al Pleistocene medio-Olocene) è costituito dal materasso alluvionale geneticamente legato al corso d'acqua principale ed ai suoi affluenti. È caratterizzato dall'alternanze di sedimenti di natura ghiaioso-sabbiosa con orizzonti più fini di sabbie e limi debolmente argillosi). La possibile presenza a differenti profondità di orizzonti argilloso-limosi può determinare un effetto di confinamento della falda locale.

Nello specifico l'area in studio si colloca, come detto, in prossimità della confluenza tra il Fiume Po e il Torrente Sangone, che svolgono un'azione drenante della falda superficiale. La soggiacenza risulta essere in diretta connessione con la quota del livello idrometrico superficiale.

- **Complesso Villafranchiano** - costituito in prevalenza da depositi fini impermeabili (argille e limi di ambiente palustro-lacustre) all'interno dei quali sono compresi livelli più grossolani e permeabili (sabbie e ghiaie di origine fluviale). Il Complesso è caratterizzato dalla presenza di discreti acquiferi ospitati nei livelli ghiaioso-sabbiosi che danno origine ad un sistema multifalde in pressione. Questo sistema acquifero presenta un buon grado di protezione da potenziali fenomeni inquinanti in virtù del fatto che è confinato all'interno di depositi fini impermeabili.

Dall'inquadramento geologico si desume che al di sotto dello strato superficiale di terreno vegetale si trova uno strato costituito da materiale ghiaioso-sabbioso che presenta un'elevata vulnerabilità nei confronti di eventuali inquinanti provenienti dalla superficie (*Acquifero Superficiale*). Al di sotto è presente la risorsa idrica profonda, costituita da un sistema di falde sovrapposte in pressione contenute nei livelli a tessitura più grossolana (sabbie e ghiaie) presenti all'interno del *Complesso Villafranchiano* precedentemente descritti.

Per un maggior approfondimento dell'idrogeologia dell'area è stata presa in considerazione la vecchia Carta della base dell'acquifero superficiale del settore di pianura della Provincia di Torino approvata con D.G.P. n. 60-262846/2000 ed elaborata dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino per conto della Provincia di Torino, Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna. L'area indagata risulta collocata in parte all'interno dei depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi poco o per nulla alterati (Pleistocene sup. - Olocene) e parte nei depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi debolmente alterati (Pleistocene p.p.).

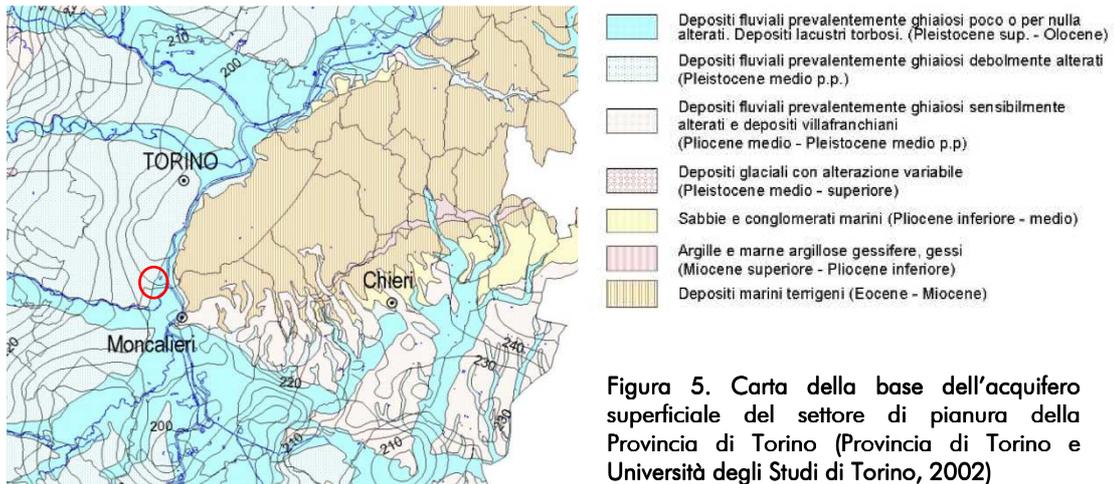


Figura 5. Carta della base dell'acquifero superficiale del settore di pianura della Provincia di Torino (Provincia di Torino e Università degli Studi di Torino, 2002)

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico puntuale del sito, esso è caratterizzato dalla presenza di una falda freatica, delimitata dal prolungamento sepolto della Collina di Torino, riscontrabile nell'area alla profondità di 25-30 m circa (base dell'acquifero libero superficiale da D.G.R. 34-115324), costituito da rocce sedimentarie più o meno impermeabili.

8

Secondo quanto riporta la "Carta della soggiacenza della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000" (Fig. 6), la soggiacenza è ridotta - da 0 m a 5 m da p.c. - in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua ed ha valori compresi tra 5 e 10 m nella zona di raccordo tra la pianura fondamentale e i sistemi di terrazzo. In corrispondenza dei terrazzi la soggiacenza media aumenta (maggiore ai 10 m da p.c.) ed in particolare in corrispondenza dell'area oggetto di intervento viene stimato un valore da 10 a 20 m; è ovvio che la falda può subire escursioni verso l'alto in concomitanza degli eventi meteorici intensi e prolungati.



Figura. 6 Stralcio della "Carta della soggiacenza della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000"

In particolare, in condizioni normali la quota della falda superficiale si colloca nell'area oggetto del presente studio intorno ai 220 m s.l.m.; la **soggiacenza media** si aggira quindi intorno ai 12 m dal p.c..

Tenuto conto dell'estensione lineare dell'intervento e delle variazioni di quota altimetrica saranno poco probabili, in fase esecutiva, fenomeni di interferenza tra l'opera in progetto ed il livello piezometrico dell'acquifero libero superficiale (ad eccezione dei tratti a profondità maggiori che si collocano in aree potenzialmente raggiungibili dalla falda freatica). Tale considerazione trova riscontro con quanto emerso delle indagini geologiche e idrogeologiche dirette svolte a supporto della progettazione di quanto in progetto; infatti, non è stata rilevata presenza di falda sia nei sondaggi attrezzati a piezometri (S1 ed S9) sia nel corso dei carotaggi dei restanti sondaggi effettuati.

L'area non presenta nessuna criticità dal punto di vista idraulico in quanto ricade in un settore di territorio privo di rischi di inondazione nel caso di piena catastrofica.

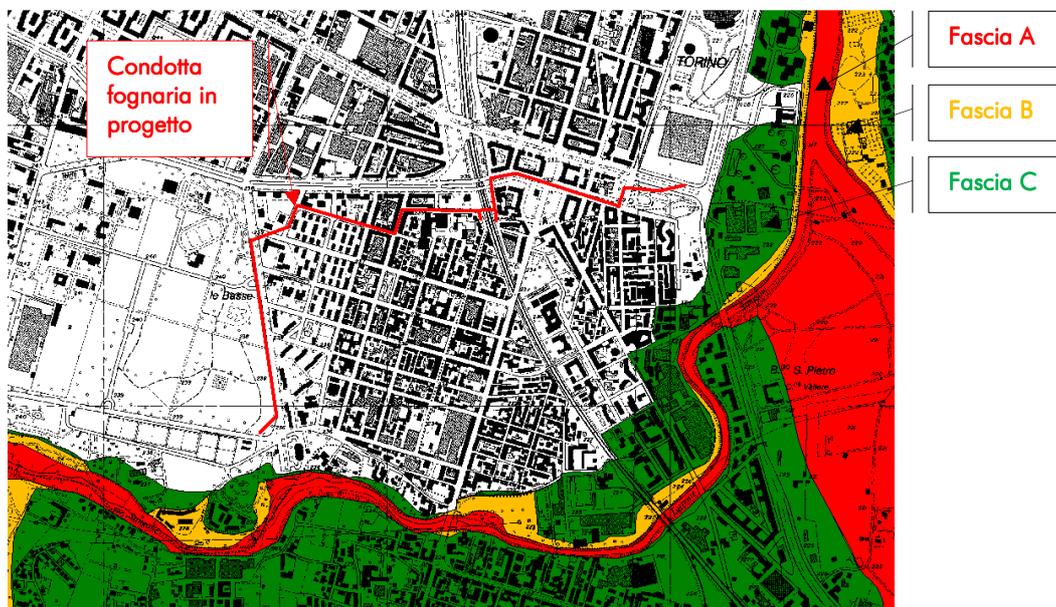


Figura 7. Estratto delle sezz. 156130-155160 con indicazione delle fasce fluviali del PAI

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per poter procedere alla caratterizzazione dettagliata dei terreni che ospiteranno il collettore fognario in progetto si è ritenuto opportuno effettuare:

- ▶ sedici sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove S.P.T. in foro (Standard Penetration Test), di cui due attrezzati a piezometro a tubo aperto per il rilevamento della falda libera superficiale,
- ▶ diciannove analisi granulometriche sul materiale rimaneggiato recuperato durante la terebrazione al fine di aumentare il grado di dettaglio della caratterizzazione geotecnica,
- ▶ un'indagine sismica con esecuzione di prove per onde superficiali (SWM) volta a valutare la velocità delle onde S.

5.1 Prove geotecniche

Tra il 24/08/12 e il 20/09/12 sono stati realizzati n.16 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità massima di 12 m dal p.c., due dei quali (S1 e S9) attrezzati con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 1.5" per il rilievo della falda intercettata.

Le coordinate geografiche, la quota e le caratteristiche dei singoli sondaggi sono riportate nella tabella che segue:

N. sondaggio	Quota (m s.l.m.)	Coordinate (UTM-ED50)	Profondità (m da p.c.)	Finestratura piezometro (m da p.c.)	Esecuzione prove SPT
S1	235	408208E 5038003N	12	3 - 12	×
S2	237	408725E 5037476N	12	-	-
S3	236	409158E 5036696N	12	-	×
S4	237	409543E 5035585N	12	-	-
S5	230	408577E 5035317N	12	-	×
S6	230	410421E 5034990N	8	-	-
S7	235	412654E 5035127N	8	-	×
S8	230	412975E 5033434N	8	-	-
S9	224	411781E 5030744N	5	2 - 5	×
S10	237	409991E 5031768N	12	-	-
S11	236	408735E 5033105N	12	-	-
S12	236	408512E 5032766N	12	-	-
S13	233	407746E 5033265N	8	-	-
S14	227	406712E 5032062N	5	-	×
S15	237	403496E 5030583N	12	-	×
S16	237	403496E 5030583N	12	-	×

Tabella 1. Elenco sondaggi con relative caratteristiche

Nell'immagine che segue sono stati indicati i punti di sondaggi; nello specifico in azzurro sono individuati i sondaggi attrezzati a piezometro (S1-S9), in giallo i restanti sondaggi.

5.1.1 Modalità tecniche esecutive delle indagini in sito

Per la realizzazione dei sondaggi S4 ed S12 è stata impiegata una sonda idraulica GEOMARC montata su autocarro gommato Merlo, mentre per le restanti terebrazioni è stata utilizzata una sonda idraulica COMACCHIO MC T450 P montata su autocarro Unimog.

Le perforazioni sono state condotte con rotazione a carotaggio continuo utilizzando come utensile di perforazione carotieri semplici di diametro 101 mm e 131 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati.

Le perforazioni sono state eseguite senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco). La finalità dell'intervento e la struttura dei litotipi intercettati hanno determinato la necessità di consolidare il foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori costituiti da tubi d'acciaio filettati della lunghezza di 1,5 m aventi diametro di 127 mm. Per la posa del rivestimento è stato necessario l'impiego di fluidi per il raffreddamento del tagliente e per l'asportazione del detrito.

La stratigrafia dei terreni attraversati è riportata in allegato insieme alla documentazione fotografica.

I fori di sondaggio identificati con le sigle S1 ed S9, rispettivamente profondi 12m e 5m, sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto per il rilievo della soggiacenza della falda acquifera (cfr. fig. 6-7). Ogni strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 2" opportunamente fessurato con finestratura continua da -3 da p.c. in S1 e da -2 m in S9 fino a fondo foro. I piezometri sono stati posti in opera nei fori predisposti con un rivestimento provvisorio e l'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.

La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- la parte microfessurata a partire da fondo foro verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo.

Sui piezometri realizzati, infine, è stato messo in opera un terminale di protezione carrabile con tappo a espansione lucchettato a testa tubo.

5.1.2 Prove geotecniche di laboratorio

Al termine della perforazione sono stati prelevati n.27 campioni di terreno rimaneggiati per eseguire n. 19 analisi granulometriche e n. 8 analisi chimiche per la valutazione dello studio ambientale. Nel presente elaborato saranno prese in considerazione unicamente le analisi granulometriche i cui rapporti di prova vengono riportati in allegato.

5.2 Monitoraggio della falda superficiale

Come detto, i sondaggi identificati con le sigle S1 ed S9 sono stati strumentati con piezometro per consentire un monitoraggio dei livelli piezometrici relativi alla falda freatica.

In entrambe le terebrazioni non è stata rilevata la presenza di falda sino alla profondità indagata di 12m (S1) e 5m (S9); si sottolinea che la profondità di scavo massima prevista è pari a circa 14m in corrispondenza di un alto strutturale (tratto viario tra Via T. Villa e Via O. Vigliani).

Considerata la rilevanza dell'intervento in studio e dell'estensione areale del tracciato in progetto, si è ritenuto opportuno realizzare una modellizzazione del sito tramite software per:

- ricostruire l'andamento della falda idrica a superficie libera nell'area,
- individuare le principali vie di deflusso idrico sotterraneo.

5.2.1 Realizzazione di un modello idrogeologico

I dati ricavati dalle varie indagini condotte, descritte nel presente elaborato, sono state elaborate con il software a elementi finiti FEFLOW® v. 5.3 sviluppato da H.-J.G. Diersch al fine di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica dell'area in studio (cfr. allegati e figura 12).

Il software fornisce un ambiente grafico tridimensionale avanzato per effettuare la modellizzazione di flusso complesso di:

- acque sotterranee (acqua pura),
- trasporto degli agenti inquinanti,
- trasporto di calore.

Il metodo a elementi finiti permette di discretizzare il mezzo continuo con un insieme di elementi di dimensioni finite tra loro interconnessi in punti predefiniti (nodi). E' quindi possibile ridurre il problema in un sistema di equazioni algebriche con un numero finito di incognite (gli spostamenti nodali).

In figura 7 è riportato un estratto delle C.T.R. sezione 155160-156130 con una panoramica dell'area indagata e della mesh utilizzata.

La scelta della geometria dalla mesh di calcolo viene effettuata prevalentemente sulla base di considerazioni idrogeologiche; il grado di dettaglio e le dimensioni del reticolo sono funzione di molti parametri e delle dimensioni generali considerate. All'interno della stessa sono stati inseriti opportuni infittimenti in corrispondenza dei cosiddetti "focal points" rappresentati dai piezometri S1 e S9 ed ulteriori tre piezometri, indicati come S1*- S2*- S3*, posti nelle vicinanze dell'area in studio, che hanno consentito di aumentare il grado di dettaglio dei dati idrogeologici disponibili.

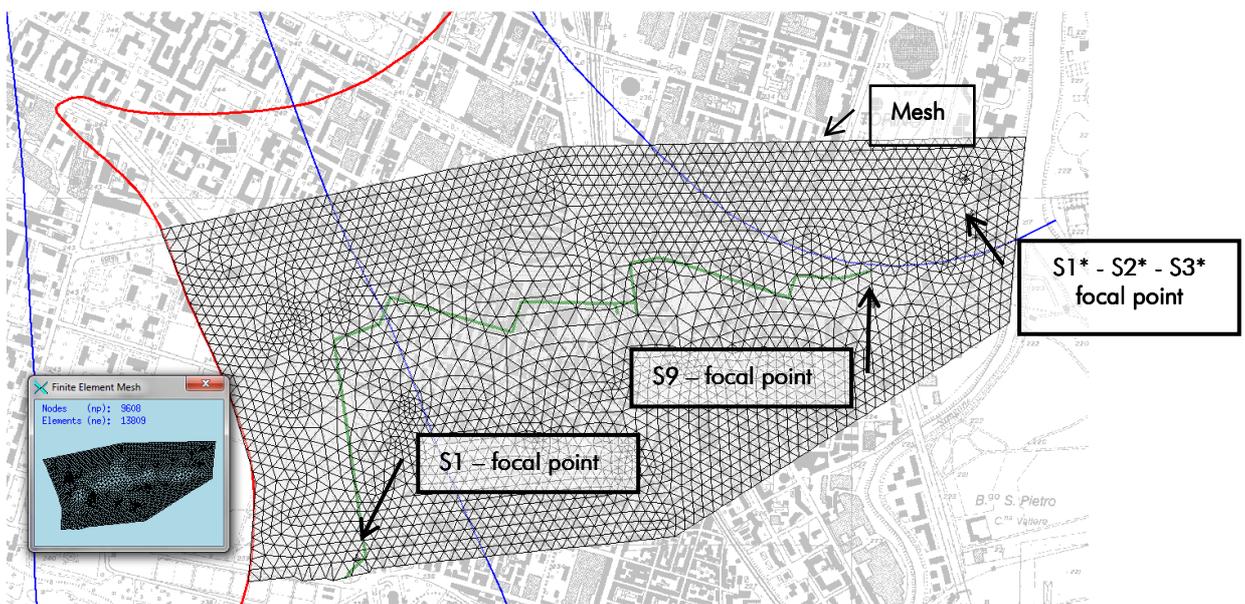


Figura 9. Rappresentazione della mesh realizzata

La geometria della mesh è stata definita sulla base delle seguenti considerazioni:

- i lati lunghi sono circa paralleli alla direzione di flusso dell'acquifero libero superficiale e di quello profondo. In tal modo questi bordi si possono considerare piani di "zero flusso";
- la larghezza della mesh è tale da permettere di comprendere al suo interno tutti i dati sperimentali ritrovati per consentire una simulazione più dettagliata;
- i lati corti della mesh corrispondono ad ovest alla linea isopiezometrica della superficie libera (linea rossa in fig. 9) desunte dalla "Carta idrogeologica schematica del Piemonte Civita et al.", 2004 e ad est al livello del Fiume Po desunto da C.T.R..

5.2.2 Condizioni di carico idraulico

Le condizioni al contorno del modello relative al carico idraulico sono state ricavate dall'analisi dei dati sperimentali acquisiti sul terreno e dai dati bibliografici disponibili.

La combinazione dei dati acquisiti in campagna e delle informazioni a disposizione ha consentito di impostare le condizioni di carico sul bordo W e sul bordo E (Dirichlet conditions) del modello mentre i lati N e S sono stati assimilati, come detto, a piani di zero flusso.

Come precedentemente detto, per la ricostruzione della piezometria dell'acquifero superficiale è stata effettuata una ricerca di dati pregressi disponibili. In particolare sono stati utilizzati i dati analizzati dallo scrivente nel corso di una campagna di indagini finalizzata a determinare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche di un sito posto ad est rispetto l'area d'indagine, ricadente nel medesimo contesto geologico di quello in studio (area di pianura alluvionale -PA del D.G.R. 34-11524).

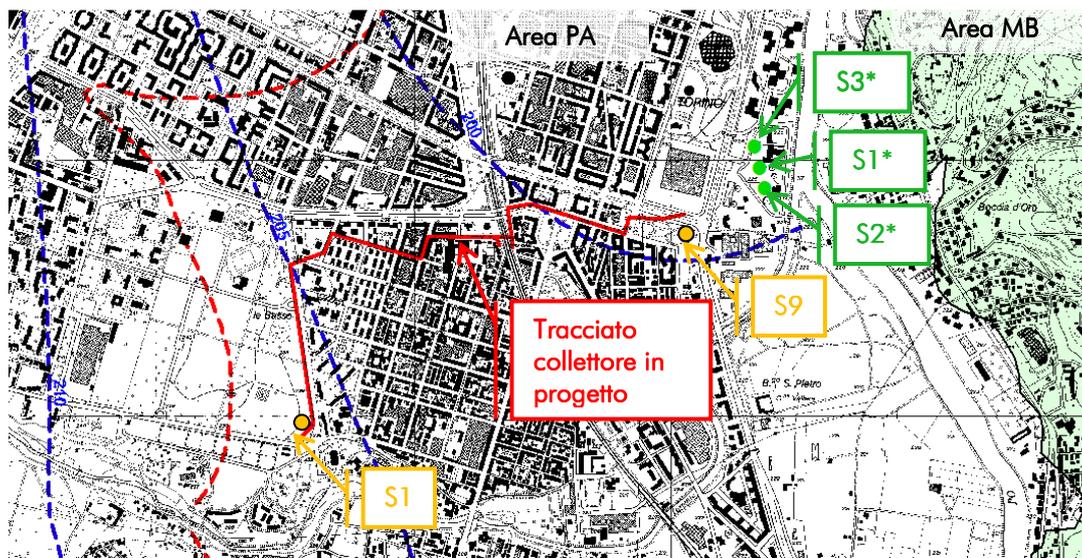


Figura 10. Ubicazione delle opere di captazione impiegate per la ricostruzione della piezometria dell'acquifero libero superficiale e aree omogenee desunte dal D.G.R. 34-11524 (l'area verde rappresenta i depositi della collina torinese dove convenzionalmente non viene indicato nessun limite tra l'acquifero superficiale e l'acquifero profondo -area MB)

Id. sondaggio	Coord. geogr. UTM-ED50	Quota m s.l.m.	Soggiacenza m da p.c.	Piezometria (acquifero superficiale) m s.l.m.
S1	408208E 5038003N	235	>12	>12
S9	411781E 5030744N	224	>5	>5
S1*	395395 E 4986136 N	225	7,0	218,0
S2*	395404 E 4986067 N	225	6,7	218,3
S3*	395375 E 4986235 N	225	6,9	218,1

Tabella 2. Livelli piezometrici misurati nei sondaggi intercettanti esclusivamente l'acquifero libero superficiale

I dati ricavati dalle indagini bibliografiche e dirette effettuate hanno consentito di ricostruire la piezometria indisturbata dell'acquifero libero superficiale e di definire lo schema idrogeologico dell'area esaminata (figura 11).

I valori ricavati sono riportati nell'estratto di C.T.R. in allegato; si può osservare che la direttrice di deflusso è circa W-E con direzione E, con un **gradiente idraulico** pari a **0,13%**. Il valore ottenuto è stato confrontato con i dati disponibili in bibliografia, risultando congruente.

Dalle misure effettuate si evidenzia che:

- la falda idrica superficiale presenta una soggiacenza locale variabile, in particolare si registrano valori inferiori nel settore orientale dell'area (circa 7 m dal p.c.) e valori superiori in corrispondenza dei settori posti sul terrazzo alluvionale sospeso sui depositi alluvionali recenti (soggiacenza maggiore a 12 m dal p.c.);
- quanto rilevato dalle indagini dirette svolte trova riscontro con i dati bibliografici;
- le analisi condotte hanno consentito di determinare un andamento circa W-E della direzione di flusso della falda idrica superficiale.

5.2.3 Caratterizzazione idrogeologica e idrodinamica

La Carta della base dell'acquifero superficiale evidenzia in corrispondenza del settore di pianura alluvionale in esame, una quota della base dell'acquifero superficiale pari a circa 205-200 m s.l.m., ovvero a circa -30/-25 m dal piano campagna (fig. 10).

In fase di modellizzazione è stato ipotizzato, come strato di separazione tra acquifero superficiale e acquifero profondo, un livello coesivo impermeabile di 10 m di spessore.

Il modello per la ricostruzione è stato sviluppato considerando quindi tre strati, o layers, la cui geometria, in termini di spessori, è stata determinata utilizzando sia i dati rilevati in sito nel corso delle indagini sia i dati bibliografici a disposizione.

In particolare sono stati considerati i seguenti spessori:

Layer 1 – corrispondente all’Unità 1 (depositi alluvionali): potenza 30-25 m

Layer 2 – corrispondente alla base dell’acquifero superficiale: potenza 10 m

Layer 3 – corrispondente all’Unità 2 (acquifero profondo): potenza 95 m (dato non influente ai fini della presente indagine).

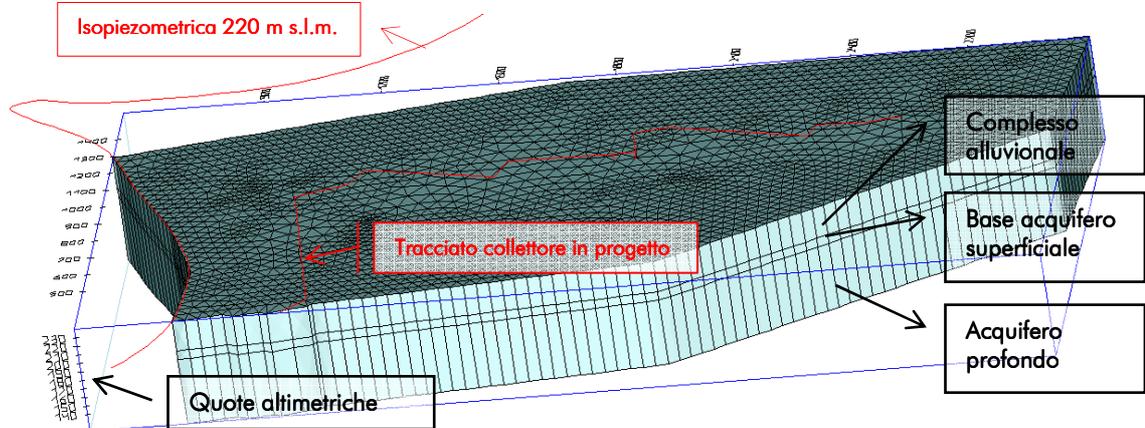


Figura 11. Configurazione geometrica dei layers utilizzati nel modello

La superficie di separazione tra i primi due layers è stata ricavata interpolando i dati desunti dalla bibliografia relativi alla quota di base dell’acquifero libero superficiale (considerando per il livello di separazione argilloso uno spessore costante di 10 m nell’area di indagine); la topografia è stata infine ricostruita sulla base delle quote altimetriche rilevate durante il sopralluogo e sulla base dei dati desunti da C.T.R..

5.2.4 Parametri idrodinamici

Per ricavare i principali parametri idrodinamici si è fatto riferimento a dati presenti in letteratura.

I parametri utilizzati nel modello sono i seguenti:

Layer 1 Conducibilità idraulica= $1,2 \times 10^{-4}$ m/s
 Coefficiente di immagazzinamento= 0,2

Layer 2 Conducibilità idraulica= 1×10^{-7} m/s
 Coefficiente di immagazzinamento= 1×10^{-4} m/s

Layer 3 Conducibilità idraulica= $8,3 \times 10^{-4}$ m/s
 Coefficiente di immagazzinamento= 1×10^{-4}

5.2.5 Risultati ottenuti

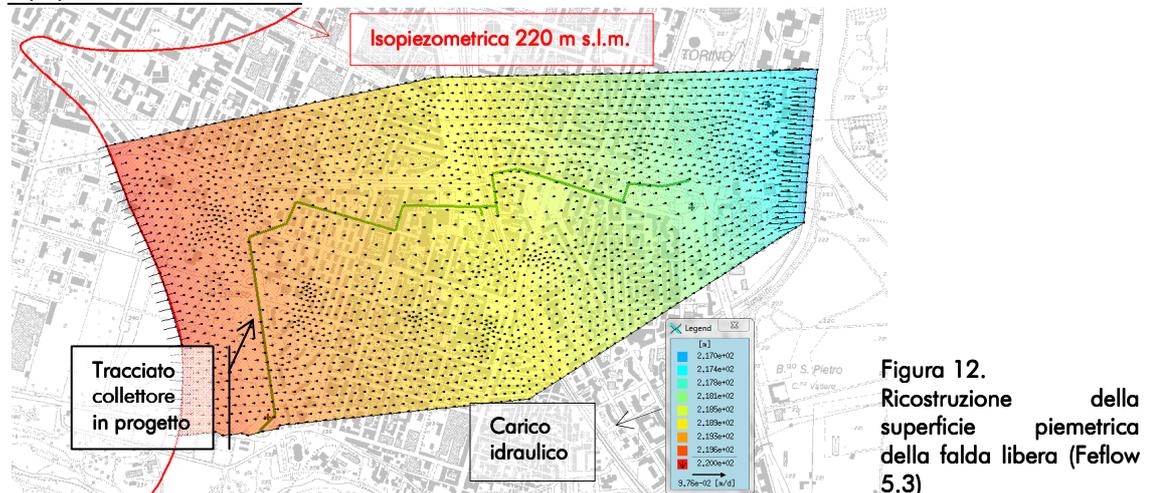


Figura 12. Ricostruzione della superficie piezometrica della falda libera (Feflow 5.3)

La ricostruzione eseguita ha consentito di ricavare nel dettaglio l'andamento della falda superficiale nell'area investigata e nell'intorno significativo.

Il modello idrogeologico ricostruito ed elaborato consente di osservare che le linee di deflusso possiedono un andamento circa perpendicolare al Fiume Po e orientamento da W verso E, con un gradiente idraulico che si mantiene comunque basso, pari a circa 0,13%.

La soggiacenza si colloca quindi a profondità superiori rispetto a quelle raggiunte con le indagini dirette; da quanto emerge dalla letteratura la soggiacenza media nell'area in studio si collocherebbe a profondità maggiori di 12 m dal p.c. e quindi non interferirebbe con quanto in progetto.

6. INTERPRETAZIONE INDAGINI

In otto dei sedici fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente 15 prove S.P.T..

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli prestabiliti e consentendo così di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati a diverse profondità:

N° sondaggio	Profondità prove SPT (m da p.c.)
S1	7,0 - 10,0
S3	8,0 - 11,0
S5	6,0 - 9,0
S7	3,10 - 5,0
S9	3,0
S14	3,0
S15	3,0 - 6,0 - 9,0
S16	5,0 - 8,0

Tabella 3. Prove S.P.T. e profondità di indagine

La prova consiste nel far cadere, con un ritmo di 20-25 colpi al minuto, un maglio del peso di 63,5 Kg da un'altezza di 76cm su di un campionatore standardizzato (Raymond a parete grossa). Il campionatore penetra nel terreno per una profondità di 45 cm, e viene rilevato il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore del parametro NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto. La prova è stata sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, superasse il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi. Il dispositivo di sollevamento è stato fornito dall'organo oleodinamico della sonda perforatrice.

Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

6.1 Caratterizzazione geotecnica del terreno

Le prove SPT hanno consentito di ricavare i seguenti risultati:

Sondaggio	Profondità	Litologia	Prove SPT	N _{spt}
S1	7,00	Ghiaia medio fine con sabbia limosa, rari ciottoli	9 - 9 - 8	17
S1	10,00	Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa	15 - 16 - 15	31
S3	8,00	Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine siltoso sabbiosa	28 - 38 - R	R
S3	11,00	Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine siltoso sabbiosa	22 - 30 - 36	66
S5	6,00	Ghiaia eterometrica in matrice siltoso sabbiosa	11 - 18 - 23	41
S5	9,00	Ghiaia eterometrica in matrice siltoso sabbiosa	22 - 30 - 35	65
S7	3,10	Ghiaia eterometrica in matrice siltoso sabbiosa	R	R
S7	5,00	Ghiaia eterometrica in matrice siltoso sabbiosa	3 - 18 - 22	40
S9	3,00	Terreno di riporto sabbioso limoso con ghiaia sparsa	4 - 4 - 3	7
S14	3,00	Terreno di riporto ghiaioso sabbioso	4 - 4 - 3	7
S15	3,00	Ghiaia eterometrica in abbondante o prevalente matrice siltoso sabbiosa	20 - 38 - R	R
S15	6,00	Ghiaia eterometrica in abbondante o prevalente matrice siltoso sabbiosa	8 - 3 - 3	6
S15	9,00	Ghiaia in matrice sabbiosa debolmente limosa	13 - 18 - 21	39
S16	5,00	Ghiaia eterometrica in abbondante o prevalente matrice siltoso sabbiosa	15 - 18 - 13	31
S16	8,00	Limo debolmente sabbioso a tratti debolmente argilloso	2 - 3 - 2	5

6.2 Parametri geotecnici dei terreni

Le indagini condotte hanno consentito di caratterizzare i terreni che ospiteranno la condotta in progetto; infatti è stato possibile ricavare i *parametri di resistenza e deformazione dei terreni* attraverso correlazioni empiriche.

Per caratterizzare i terreni indagati sono state utilizzate le seguenti correlazioni:

- Japanese National Railway per la valutazione dell'**angolo di attrito** in terreni incoerenti

$$\phi = 0,3N_{spt} + 27$$

- Meyerhof (1957) sulla base di prove condotte da Gibbs e Holtz (1957) per la valutazione dello **stato di addensamento** del terreno

$$D_R = 21 \sqrt{N_{spt}} / (\sigma_v + 0,7)$$

- Bowles (1997) per la valutazione del **modulo elastico**

$$E = 1200 (N_{spt} + 6) \text{ per ghiaia e sabbia ghiaiosa}$$

I valori ottenuti sono riassunti nella tabella che segue:

Sondaggio	Profondità	Tipologia terreno	Nspt	ϕ	D_R (%)	E (MPa)
S1	7,00	Incoerente	17	32	61	27
S1	10,00	Incoerente	31	36	73	44
S3	8,00	Incoerente	R	42	100	112
S3	11,00	Incoerente	66	46	100	86
S5	6,00	Incoerente	41	39	100	56
S5	9,00	Incoerente	65	46	100	85
S7	3,10	Incoerente	R	42	100	67
S7	5,00	Incoerente	40	39	100	55
S9	3,00	Incoerente	7	29	50	15
S14	3,00	Incoerente	7	29	50	15
S15	3,00	Incoerente	R	42	100	67
S15	6,00	Incoerente	6	29	35	14
S15	9,00	Incoerente	39	35	84	54
S16	5,00	Incoerente	31	36	91	44
S16	8,00	Incoerente	5	28	32	13

7. ZONAZIONE SISMICA

Il Comune di Torino ricade in Zona sismica 4 secondo la zonizzazione sismica del territorio prevista D.G.R. 19 gennaio 2010 n. 11-13058.

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono, in aggiunta alla suddetta classificazione, la determinazione dell'accelerazione orizzontale in modo più dettagliato in funzione delle coordinate geografiche e delle caratteristiche geomorfologiche del sito a partire dai valori forniti dalla Norma stessa riferiti ad un reticolo di riferimento i cui nodi non distano più di 10 km.

Per aumentare il grado di dettaglio dei dati ricavati, in particolare per poter correlare le stratigrafie dei sondaggi effettuati, si è ritenuto opportuno effettuare un'indagine geofisica, con esecuzione di prove per onde di taglio (MASW2D).

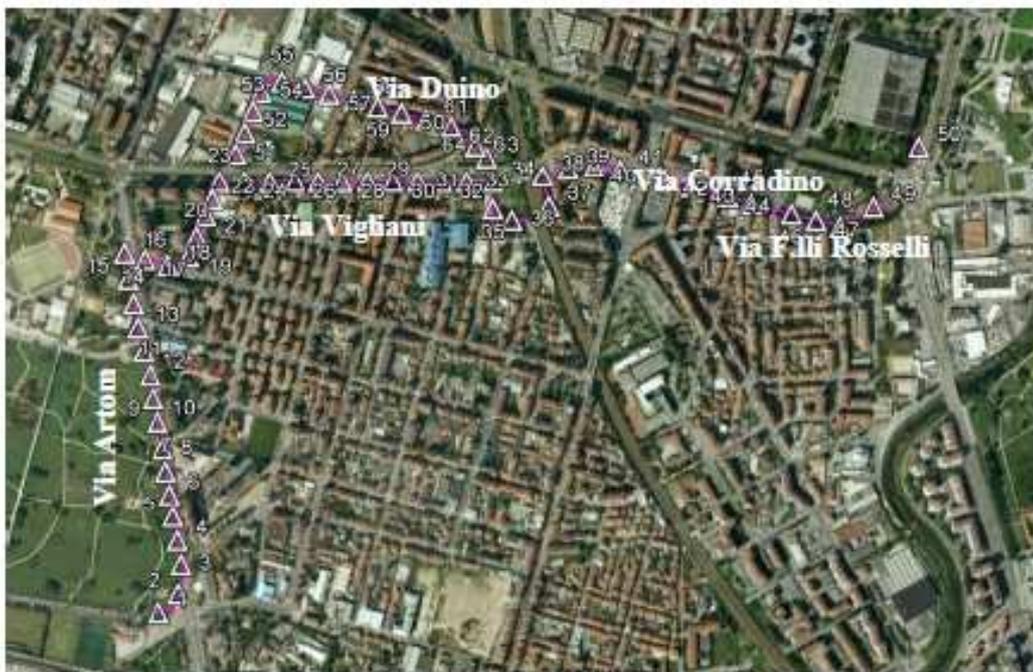


Figura 13. Punti di rilievo dell'indagine sismica (a); indicazioni delle sezioni riportate al capitolo 9 (da "Rapporto interpretativo dell'indagine" di Citiemme s.r.l., settembre 2012)

La scelta del metodo di indagine geofisica è stata condizionata da due fattori:

1. il rilievo in ambiente urbano, dove sono previste numerose interferenze del sottosuolo come la presenza di sottoservizi e campi elettromagnetici che determinano un notevole disturbo alla realizzazione di indagini geoelettriche/elettromagnetiche ed ancora il rumore sismico generato da vibrazioni legate al transito di automezzi che produce un'interferenza sulle indagini sismiche a rifrazione;
2. la riduzione dei tempi di acquisizione dei dati, per minimizzare le interruzioni di traffico.

L'analisi multicanale delle onde di superficie (MASW) è uno dei metodi più utilizzati per definire il modello di propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh, onde di taglio).

Tale analisi, svolta lungo l'asse del tracciato in progetto, risulta utile per la caratterizzazione geologica e geotecnica dei primi 20 m di sottosuolo in ambiente urbano con viabilità esistente.

Nello specifico, se è cercato di:

- valutare le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di copertura
- rilevare la presenza di depositi cementati.

Rispetto al metodo sismico a rifrazione, il metodo MASW2D presenta numerosi vantaggi:

1. la maggior parte dell'energia prodotta dalla sorgente sismica si propaga sotto forma di onde di superficie; in tal modo anche una sorgente di energia modesta (mazza battente) può raggiungere le profondità richieste;
2. le onde di taglio non sono condizionate dalla saturazione dei materiali (a differenza delle onde di compressione, la cui velocità di compressione aumenta notevolmente in terreni saturi);
3. il metodo MASW2D evidenzia anche le inversioni di velocità.

Per l'acquisizione dei dati MASW2D si è utilizzato un dispositivo mobile (stringa di geofoni equispaziati trainati da un furgone attrezzato, figura 14). L'energizzazione si è ottenuta con una massa battente sulla sede stradale. In media, si acquisiscono circa 700-800 metri lineari di strada in 5-6 ore di acquisizione su strada non trafficata.

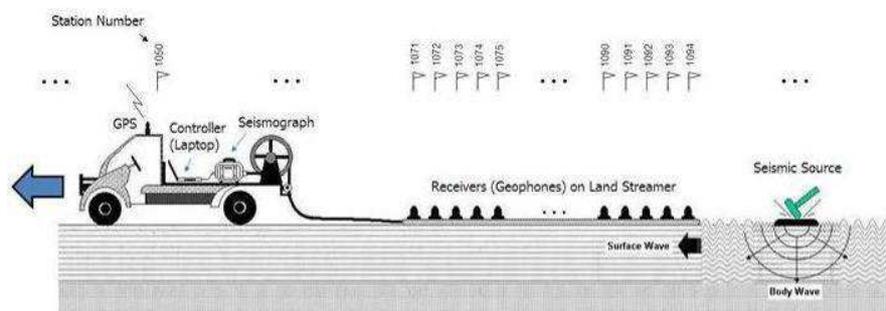


Fig. 14 Apparecchiatura mobile per il rilievo MASW 2D (tratto da www.masw.com)

In particolare l'indagine è stata effettuata seguendo all'incirca (ad eccezione di una piccola tratta) il tragitto del collettore in progetto, acquisendo complessivamente 64 profili, con una distanza tra i punti pari a 60 m circa.

I risultati dell'indagine sono rappresentati in forma grafica, mediante sezioni in cui il parametro di interesse è visualizzato tramite scale di colori, in un sistema di coordinate cartesiane.

L'elaborazione dei dati ottenuti ha consentito di effettuare l'interpolazione con quanto ricavato dalle indagini dirette. In sintesi si possono individuare quattro strati complessivi nel profilo litostatigrafico interessato dalle opere in progetto; i primi due strati sono caratterizzati da bassi valori di velocità delle V_{s30} , con valori

compresi tra 200 e 300 (profondità massima 5m). Il terzo strato si trova tra 4 e 16m ed è caratterizzato da valori di V_{s30} superiori a 400 m/s. L'ultimo strato, riscontrabile a profondità maggiori di 8m, presenta valori di V_{s30} superiori a 500 m/s.

Per la determinazione della categoria di suolo è stata effettuata un'elaborazione statistica dei risultati ottenuti per ogni sezione. Il valore medio ottenuto è pari a 442 m/s e pertanto i terreni in esame possono essere classificati nella categoria "B".

La valutazione dei parametri che definiscono le accelerazioni sismiche relativamente alle aree di intervento secondo la più recente normativa in vigore, ottenuti per interpolazione a partire dai valori di riferimento, è stata pertanto effettuata utilizzando il foglio di calcolo "Spettri di risposta" ver. 1.0.3 elaborato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; i risultati ottenuti, sulla base dei quali è possibile ricavare lo spettro di risposta per le azioni sismiche per la struttura in esame, sono riportati nella tabella che segue.

"Stato Limite"	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T^*_c [s]
operatività	30	0,025	2,557	0,179
Danno	50	0,031	2,575	0,200
Salvaguardia Vita	475	0,059	2,754	0,273
Prevenzione Collasso	975	0,071	2,797	0,287

I valori di accelerazione sismica orizzontale (K_h) e verticale (K_v) da utilizzare nei calcoli sono stati determinati considerando una categoria di sottosuolo di tipo "B" ed una categoria topografica "T1".

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{DPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{DPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{DPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Estratto tab. 3.2.II NTC 2008

Dal capitolo 7 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) si evince che:

$$K_h = \beta_m * a_{max}$$

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito

$$K_v = 0,5 * K_h$$

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S * a_g = S_s * S_T * a_g$$

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T); i valori sono riportati nel foglio di calcolo "Spettri di risposta" e sono i seguenti:

$$S_s = 1.2$$

$$S_T = 1$$

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; il suo valore, nel caso specifico, risulta pari a 0,059

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella tabella seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B. C. D. E
	β_m	β_m
$0.2 < a_g(g) < 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Tabella 4. Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Svolgendo i calcoli di cui sopra si ottengono i seguenti valori:

- $a_{max} = 0,059$ m/s
- $\beta_m = 0,180$

Le verifiche hanno consentito di determinare i seguenti parametri:

$$K_h = 0,0127$$

$$K_v = 0,0062$$

8. QUADRO DI SINTESI LITOSTRATIGRAFICA

I dati ricavati dalle indagini hanno confermato il quadro geologico e litostratigrafico dell'area: lo strato superficiale, di spessore variabile, si rinviene fino ad una profondità massima di 5,00m, ed è costituito da terreno di riporto (UG0). Il deposito è costituito prevalentemente da ghiaie e sabbie, con presenza, a tratti anche abbondante, di frazione fine limosa. La natura disomogenea del terreno di riporto è evidenziata da frequenti inversioni di velocità nei profili sismici verticali.

Successivamente ad UG0 si osserva la presenza di depositi di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa (UG1) al cui interno si rinvengono lenti limose (UG1A). Al di sotto del livello ghiaioso sabbioso, a profondità variabili, si osserva lo strato sabbioso ghiaioso caratterizzato da un buon grado di addensamento (UG2).

Il passaggio da UG1 ad UG2 è evidenziato sia da una variazione granulometrica, con aumento della frazione sabbiosa con l'aumentare della profondità, sia dal miglioramento del grado di addensamento, segnalato dalle variazioni di velocità lungo i profili verticali delle onde sismiche.

Ai fini dei calcoli e della modellazione in progetto, è possibile attribuire alle diverse unità individuate, anche sulla base delle analisi granulometriche effettuate, i seguenti parametri geomeccanici:

Unità	Descrizione	Peso di volume (KN/m ³)	Modulo Elastico (MPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)
UG0	Terreno di riporto	18	26.0	25
UG1	Ghiaia sabbiosa	20	42.0	29
UG1a	Limo sabbioso e lenti sabbiose	17	3.6	22
UG2	Sabbia ghiaiosa	20	88.0	36

I parametri geotecnici sopra riportati sono stati stimati sulla base delle risultanze delle indagini svolte (analisi granulometriche, prove SPT, sismica) e sono state effettuate correlazioni, mediando i dati, con parametri ricavati da indagini effettuate dallo scrivente nel medesimo contesto geologico e idrogeologico, da quanto riportato dalla letteratura tecnica specifica e da quanto indicato nella relazione geologica a corredo delle indagini svolte da Citiemme S.r.l..

Tale approccio è giustificato dalla possibile variazione delle caratteristiche geomeccaniche lungo il tracciato in progetto in considerazione dell'estensione areale dell'opera e, tenuto conto che la parametrizzazione è stata effettuata a seguito di un'indagine geognostica puntuale, con successiva interpretazione dei dati ottenuti.

9. ESAME DEL TRACCIATO

24

In questo capitolo vengono sintetizzate le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito in esame, suddividendolo in tratti, allo scopo di evidenziarne le criticità sulla base delle indagini geognostiche effettuate e dei dati disponibili (i risultati e le interpolazioni dell'indagine sismica sotto riportati sono tratti dal "Rapporto interpretativo dell'indagine" redatto da Citiemme S.r.l. nel settembre 2012).

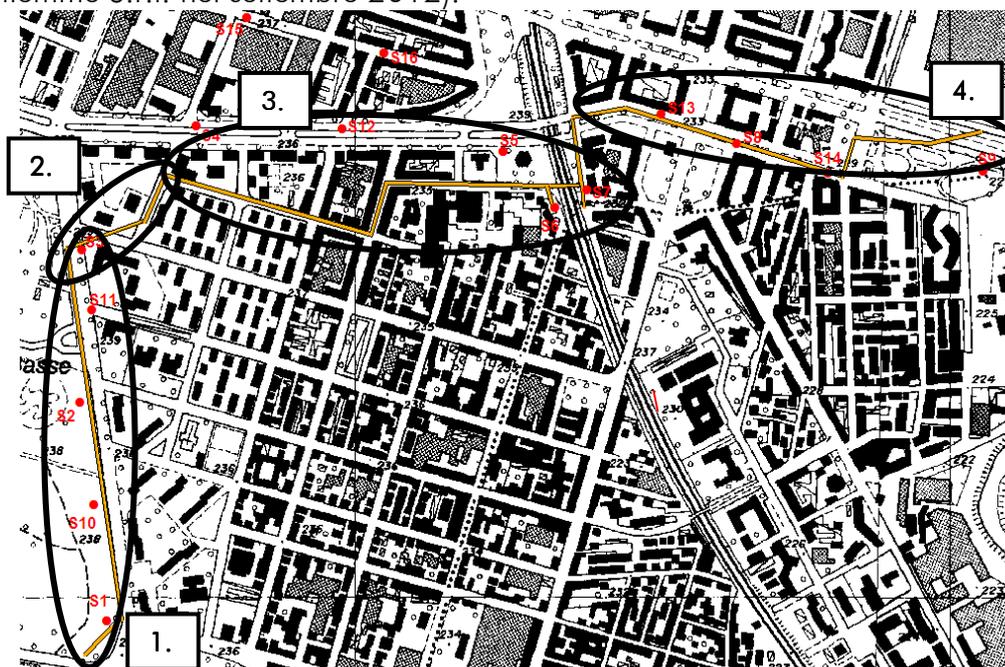


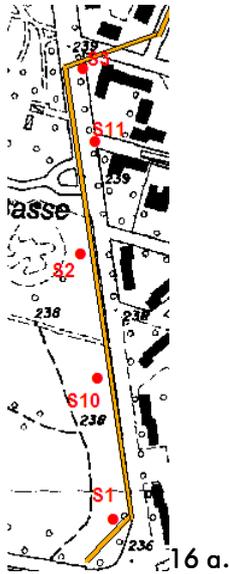
Figura 15. Tracciato del collettore in progetto e suddivisione dei singoli tratti

STUDIOAPOGEO

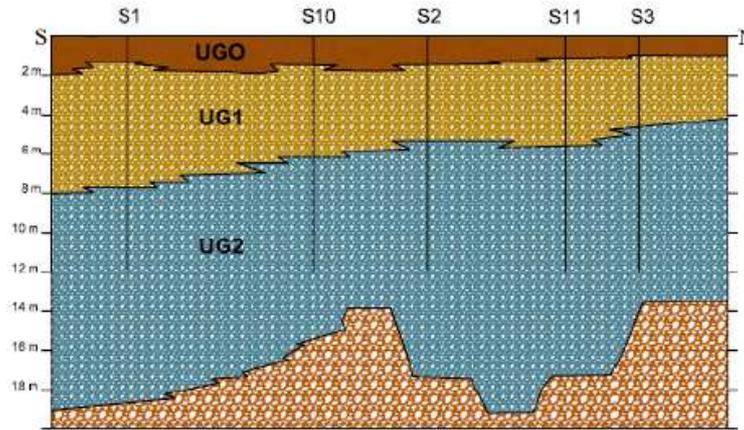
Ambiente e Territorio

1. Tratto Str. Castello di Mirafiori – Via Artom (Sondaggi S1-S10-S2-S11-S3)

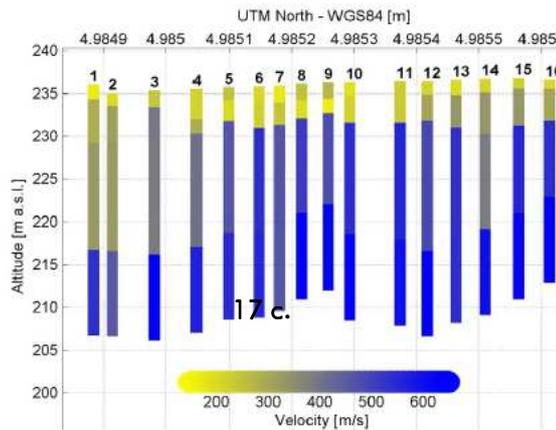
Sondaggi effettuati	Analisi granulometriche	Indagine sismica
S1		
S10	×	
S2	×	Profili da 1 a 16
S11	×	
S3	×	



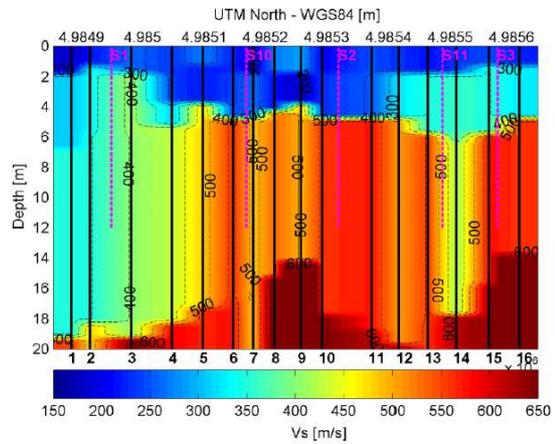
16 a.



16 b.



16 c.



16 d.

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione USCS	Composizione granulometrica		
				Ghiaia	Sabbia	Limo/Arg
n°	n°	m		%	%	%
S1	CR1	4.00-4.50		22.13	44.73	33.14
S1	CR2	7.00-7.50		25.53	47.83	28.64
S2	CR1	5.00-5.50		24.68	45.77	29.55
S2	CR2	8.00-8.50		24.65	49.30	26.05
S3	CR1	5.00-5.50		35.24	49.43	15.34
S3	CR2	8.00-8.50		49.84	30.64	19.52
S5	CR1	4.00-4.50		37.18	37.42	25.4
S5	CR2	5.50-6.00		34.87	37.12	28.01
S6	CR1	2.80-3.30		0.00	26.55	73.45
S6	CR2	5.00-5.50	GW-GM	59.69	28.74	11.57
S7	CR1	3.10-3.60		51.46	33.14	15.4
S7	CR2	7.50-8.00		21.31	46.73	31.97
S9	CR1	3.00-3.50		29.67	19.75	50.59
S9	CR2	4.00-4.50		18.80	22.70	58.5
S10	CR1	5.00-5.50		35.27	43.01	21.71
S10	CR2	8.00-8.50		24.56	41.24	34.21
S11	CR1	5.00-5.50		31.30	54.19	14.51
S11	CR2	8.00-8.50		54.58	29.72	15.69
S14	CR1	2.80-3.30		57.55	28.65	13.8

16 e.

Figura 16.
Inquadramento geografico del tratto viario in studio (a);
ricostruzione stratigrafica (b);
risultati dell'inversione SCI - sez. 1 (c);
interpolazione dei profili di velocità con indicazione dei sondaggi - sez. 1 (d);
tabella delle risultanze delle analisi granulometriche (e)

Il tracciato si sviluppa quasi interamente lungo una direttrice N-S, ad eccezione del primo tratto, che parte da Strada Castello di Mirafiori che presenta direttrice circa SW-NE.

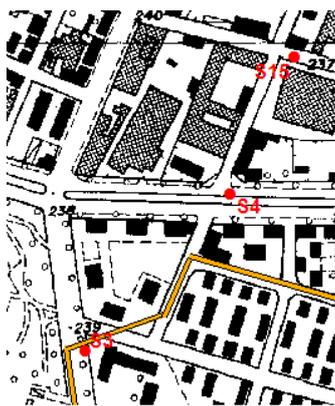
In questo tratto il tracciato presenta una copertura di terreno minima di circa 8,50 m e si sviluppa interamente, in base alla correlazione eseguita tra i vari sondaggi, in quella definita UG2, interessando quindi lo strato sabbioso ghiaioso caratterizzato da un buon grado di addensamento.

Il tratto in esame presenta una copertura di terreno di riporto molto modesta (variabile tra 0,80 m e 1,50 m), come evidenziato dai profili sismici verticali; lo strato UG1 invece presenta spessori variabili tra 4 e 6 m, con potenza decrescente lungo la direttrice Nord.

Il sondaggio S1 attrezzato a piezometro ha evidenziato l'assenza di falda alle profondità interessate dallo scavo, allo stesso modo i sondaggi eseguiti lungo questo tratto di rete viaria non hanno evidenziato presenza di acqua.

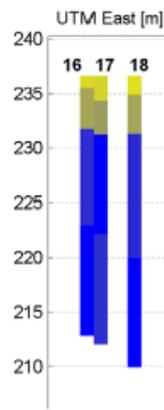
2. Tratto Via Candiolo – Via C. Guidi

Sondaggi effettuati	Analisi granulometriche	Indagine sismica
/	/	Profili da 16 a 21



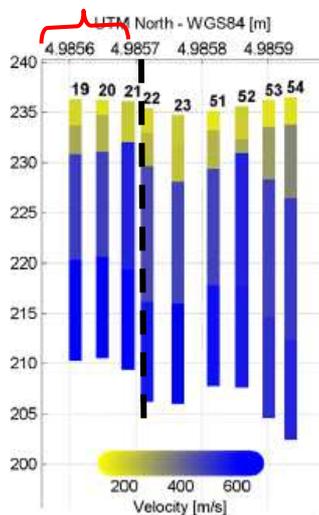
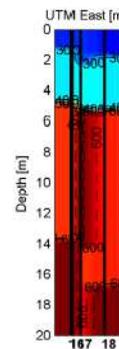
17 a.

Tratto di Via Guidi attraversato dal collettore fognario in progetto



17 b.

Tratto di Via Guidi attraversato dal collettore fognario in progetto



17 c.

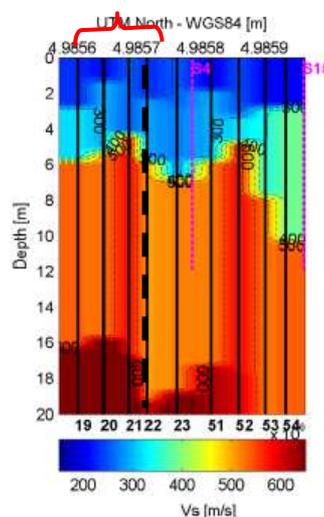


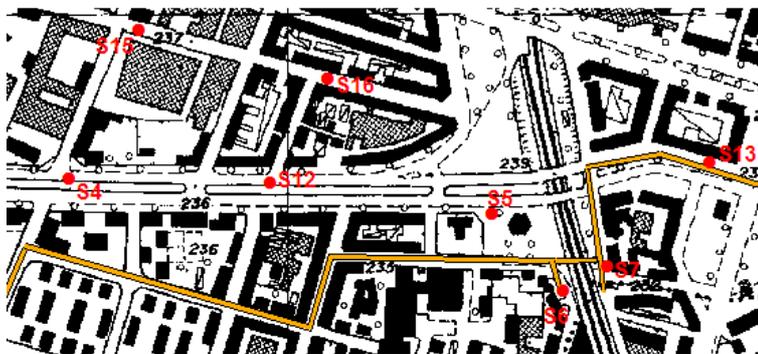
Figura 17. Inquadramento geografico del tratto viario in studio (a); risultati dell'inversione SCI e interpolazione dei profili di velocità con indicazione dei sondaggi - sezione 2(b); risultati dell'inversione SCI e interpolazione dei profili di velocità con indicazione dei sondaggi - sezione 3(c)

Il tracciato in progetto interessa un piccolo tratto con direttrice complessiva circa SW-NE.

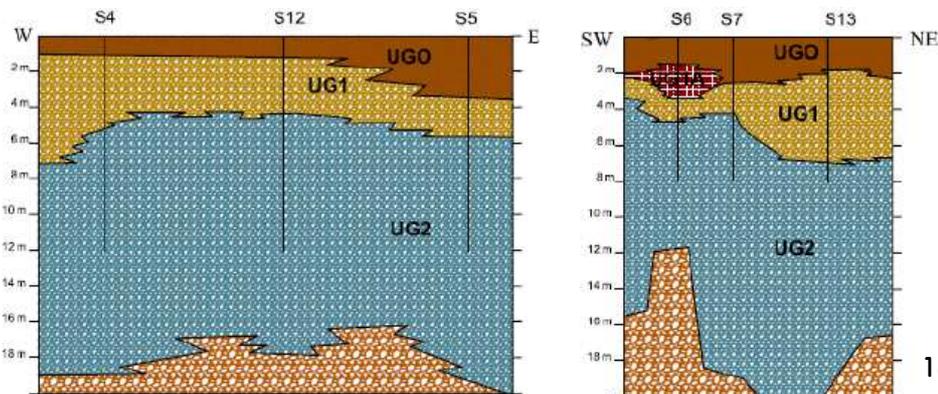
La profondità di posa della condotta è all'incirca di 11 m; non vi sono differenze sostanziali rispetto al tratto 1 precedentemente analizzato in quanto anche in questo caso viene interessato il deposito UG2 e non si segnalano problematiche legate alla falda libera superficiale. Il tratto in esame viene tuttavia analizzato a parte in quanto in considerazione della variazione di direttrice rispetto ai tracciati precedente e successivo comporterà considerazioni particolari in merito alla tipologia di avanzamento per l'esecuzione dello scavo, per poter gestire al meglio il rapporto costi benefici.

3. Tratto Via Chiala - Via Monastir - Via Torrazza Piemonte - Via T. Villa (S6 - S7)

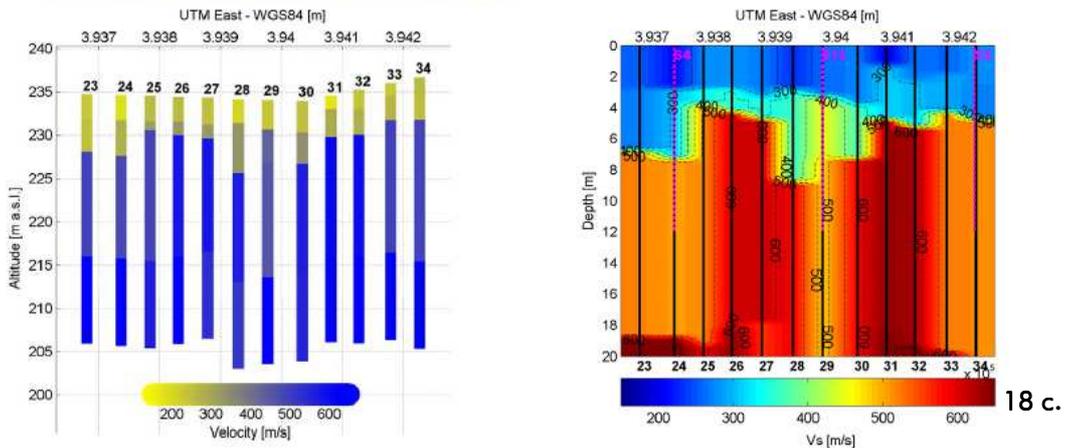
Sondaggi effettuati	Analisi granulometriche	Indagine sismica
S6	×	Profili da 35 a 37
S7	×	



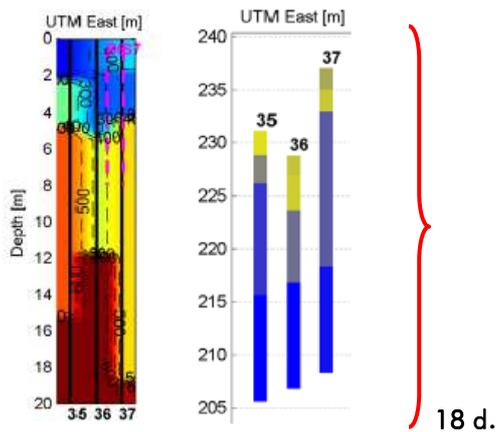
18 a.



18 b.



18 c.



Tratto viario interessato dall'attraversamento del collettore fognario in progetto

18 d.

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione USCS	Composizione granulometrica		
				Ghiaia	Sabbia	Limo/Arg
n°	n°	m		%	%	%
S1	CR1	4.00-4.50		22.13	44.73	33.14
S1	CR2	7.00-7.50		25.53	47.83	28.64
S2	CR1	5.00-5.50		24.68	45.77	29.55
S2	CR2	8.00-8.50		24.65	49.30	26.05
S3	CR1	5.00-5.50		35.24	49.43	15.34
S3	CR2	8.00-8.50		49.84	30.64	19.52
S5	CR1	4.00-4.50		37.18	37.42	25.4
S5	CR2	5.50-6.00		34.87	37.12	28.01
S6	CR1	2.80-3.30		0.00	26.55	73.45
S6	CR2	5.00-5.50	GW-GM	59.69	28.74	11.57
S7	CR1	3.10-3.60		51.46	33.14	15.4
S7	CR2	7.50-8.00		21.31	46.73	31.97
S9	CR1	3.00-3.50		29.67	19.75	50.59
S9	CR2	4.00-4.50		18.80	22.70	58.5
S10	CR1	5.00-5.50		35.27	43.01	21.71
S10	CR2	8.00-8.50		24.56	41.24	34.21
S11	CR1	5.00-5.50		31.30	54.19	14.51
S11	CR2	8.00-8.50		54.58	29.72	15.69
S14	CR1	2.80-3.30		57.55	28.65	13.8

18 e.

Figura 18.
Inquadramento geografico del tratto viario in studio (a);
ricostruzione stratigrafica (b);
risultati dell'inversione SCI e
interpolazione dei profili di velocità con indicazione dei sondaggi - sez. 5(c);
risultati dell'inversione SCI e
interpolazione dei profili di velocità con indicazione dei sondaggi - sez. 6(d);
tabella delle risultanze delle analisi granulometriche (e)

In questo settore il tracciato si sviluppa quasi totalmente lungo una direttrice circa W-E, ad eccezione di una minima porzione, in Via Monastir, che segue una direttrice circa N-S.

La profondità di scavo è variabile, con massimi intorno agli 14 m (Via T. Villa) e minimi di circa 7 m (tratto terminale di Via Torrazza ed in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario).

Il tratto in esame presenta una copertura di terreno di riporto crescente lungo la direttrice orientale; lo strato UG1 invece presenta uno spessore medio di circa 5m.

Anche in questo caso valgono le considerazioni espresse per i tratti precedenti, con interessamento dei terreni UG2, assenza di falda e necessità di effettuare valutazioni in merito al tratto di Via Monastir, dove la variazione di direttrice impone analisi dettagliate legate alla tipologia di avanzamento.

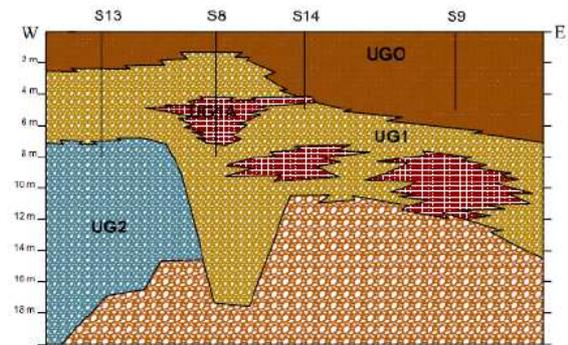
Si evidenzia che unicamente i sondaggi S6 ed S7 ricadono lungo la direttrice del collettore fognario in progetto, per completezza d'informazione sono stati riportati anche i sondaggi, le ricostruzioni stratigrafiche e le indagini sismiche effettuate nell'immediato intorno dell'area in studio (S4-S12-S5-S15-S16) che ricadono nel medesimo contesto geologico, a prova dell'omogeneità litologica del sito in studio.

4. Tratto da Via O. Vigliani a Corso Maroncelli (S13 - S8 - S14 - S9)

Sondaggi effettuati	Analisi granulometriche	Indagine sismica
S13		Profili da 38 a 45
S8		
S14	X	

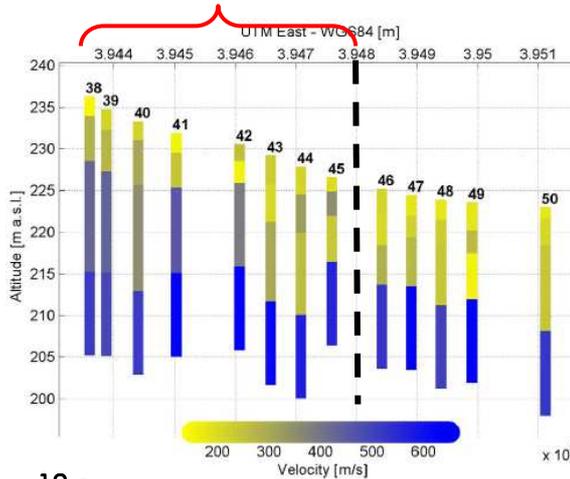


19 a.

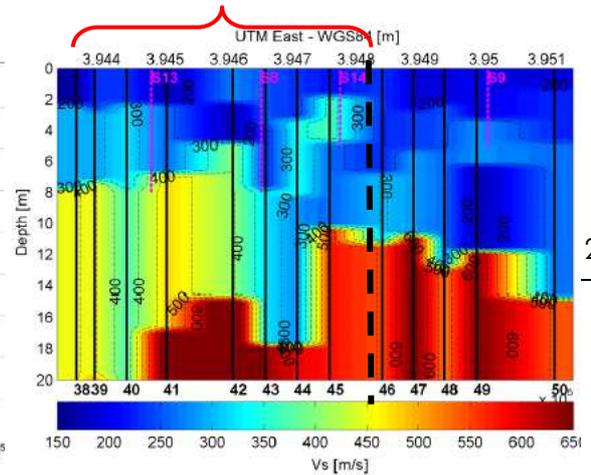


19 b.

Tratto viario interessato dall'attraversamento del collettore fognario in progetto



19 c.



29

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione USCS	Composizione granulometrica		
				Ghiaia	Sabbia	Limo/Arg
n°	n°	m		%	%	%
S1	CR1	4.00-4.50		22.13	44.73	33.14
S1	CR2	7.00-7.50		25.53	47.83	28.64
S2	CR1	5.00-5.50		24.68	45.77	29.55
S2	CR2	8.00-8.50		24.65	49.30	26.05
S3	CR1	5.00-5.50		35.24	49.43	15.34
S3	CR2	8.00-8.50		49.84	30.64	19.52
S5	CR1	4.00-4.50		37.18	37.42	25.4
S5	CR2	5.50-6.00		34.87	37.12	28.01
S6	CR1	2.80-3.30		0.00	26.55	73.45
S6	CR2	5.00-5.50	GW-GM	59.69	28.74	11.57
S7	CR1	3.10-3.60		51.46	33.14	15.4
S7	CR2	7.50-8.00		21.31	46.73	31.97
S9	CR1	3.00-3.50		29.67	19.75	50.59
S9	CR2	4.00-4.50		18.80	22.70	58.5
S10	CR1	5.00-5.50		35.27	43.01	21.71
S10	CR2	8.00-8.50		24.56	41.24	34.21
S11	CR1	5.00-5.50		31.30	54.19	14.51
S11	CR2	8.00-8.50		54.58	29.72	15.69
S14	CR1	2.80-3.30		57.55	28.65	13.8

19 e.

Figura 19. Inquadramento geografico del tratto viario in studio (a); ricostruzione stratigrafica (b); risultati dell'inversione SCI e interpolazione dei profili di velocità con indicazione dei sondaggi - sez. 7(c); tabella delle risultanze delle analisi granulometriche (d)

In questo settore il tracciato presenta andamento rettilineo ad eccezione di un piccolo tratto, in via T. Villa, con direzione circa N-S. La direttrice prevalente è W-E.

E' il tratto tra quelli analizzati che presenta le minori profondità di scavo, con un minimo di 3m nella parte terminale, ma anche con la più alta variabilità latero-verticale dal punto di vista litostratigrafico; il terreno di riporto (UG0) presenta spessori anche fino a 5 m (area ad Est), si registra la presenza di diverse lenti limoso sabbiose (UG1a) e, infine, si ha una forte variabilità della potenza dello strato UG1a, legata anche alla probabile presenza di un terrazzo sepolto alla profondità di circa 12-14 m lungo la verticale tra i punti di sondaggio S8 e S14.

In considerazione della scarsa copertura di terreno al di sopra della condotta in progetto si opererà quasi interamente in trincea.

In considerazione invece della potenza significativa (anche fino a 5m) di terreno di riporto, le cui caratteristiche geomeccaniche si presentano fortemente variabili, per garantire la stabilità dei fronti di scavo sarà necessario, in mancanza di opere di sostegno, creare angoli di scarpata non inferiori ai 40°; chiaramente gli scavi dovranno esser mantenuti aperti il più breve tempo possibile, eseguiti in periodo secco ed asciutto e protetti rispetto all'azione dilavante delle acque meteoriche; inoltre i materiali provenienti dagli scavi dovranno essere provvisoriamente stoccati in area stabile e i lavori dovranno essere eseguiti in scrupolosa osservanza di quanto prescritto dalle N.T.C. 2008;

Non si registrano problematiche legate alla presenza di falda (considerazione evidenziata anche dalla presenza del sondaggio S9 attrezzato a piezometro), sarà invece necessario prestare attenzione particolare alla presenza dei livelli limoso sabbiosi (UG1a), caratterizzati da parametri geomeccanici inferiori rispetto ai depositi UG1, all'interno dei quali sono inseriti sotto forma di corpi lenticolari.

Anche in questo caso, si segnala che oltre i sondaggi S13-S8-S14 che ricadono in corrispondenza del tracciato della condotta in progetto, è stato riportato ed analizzato anche il sondaggio S9 (con relativa stratigrafia e indagini sismiche) che ricade nel medesimo contesto geologico, a prova dell'omogeneità litologica del sito in studio.

9.1 Considerazioni geologiche e geotecniche

L'area nell'intorno significativo si presenta, dal punto di vista geomorfologico, globalmente stabile.

La caratterizzazione litostratigrafica dei litotipi interessati dalle opere in progetto ha evidenziato un progressivo incremento della granulometria sabbiosa con l'aumentare della profondità di indagine; in considerazione della quota media di scavo, per l'opera in progetto, si può affermare che il piano di posa delle condotte interesserà sulla quasi totalità dell'areale di indagine terreni dotati di buone caratteristiche geomeccaniche (sabbie ghiaiose -UG2), fermo restando la presenza di lenti limoso sabbiose (UG1a) lungo il tracciato della condotta in progetto la cui estensione laterale e verticale è desunta dalle correlazioni tra le varie indagini geognostiche effettuate.

Sulla base delle analisi effettuate per i vari tratti viari, ai fini della modellazione ad elementi finiti del tracciato mediante analisi piana su diverse sezioni e della analisi dei fenomeni deformativi al contorno del cavo (fascia plastica) indotti dallo scavo ed eventuali fenomeni di cedimenti in superficie, si possono esprimere le seguenti considerazioni:

- non sarà necessario considerare la presenza di falda; in condizioni normali la quota della falda superficiale si colloca infatti intorno ai 12 m dal p.c.. Tenuto conto dell'estensione lineare dell'intervento e delle variazioni di quota altimetrica saranno quindi poco probabili, in fase esecutiva, fenomeni di interferenza tra l'opera in progetto ed il livello piezometrico dell'acquifero libero superficiale (ad eccezione dei tratti collocati a profondità maggiori ubicati in settori potenzialmente raggiungibili dalla falda freatica);
- il tracciato, come detto, interesserà quasi esclusivamente i depositi UG2, sabbioso ghiaiosi, dotati di buone caratteristiche geomeccaniche e di un buon grado di addensamento; ai fini della modellazione sarà invece fondamentale determinare le problematiche connesse alla presenza dei livelli limoso sabbiosi (UG1A), presenti in più punti nella parte terminale del tracciato in progetto, in quanto oltre a presentare caratteristiche geomeccaniche inferiori rispetto agli altri depositi in esame, possono essere potenziale sede di falde sospese in ragione della loro impermeabilità;
- sarà necessario effettuare considerazioni in merito agli effetti connessi ai diversi spessori di copertura al di sopra del collettore fognario in progetto (copertura minima di terreno di circa 4,3 m al di sopra della calotta e massima di circa 9,2m).

10. INTRODUZIONE ALLA MODELLIZZAZIONE GEOMECCANICA

Tre diversi tipi di approccio si possono distinguere oggi nella progettazione geotecnica delle gallerie: l'approccio empirico, quello razionale e quello osservazionale.

L'approccio empirico è contraddistinto da un insieme di raccomandazioni di tipo progettuale e da schemi di intervento derivanti dall'esperienza; molto sovente fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica delle rocce e dei terreni interessati dalla galleria. Nello scavo di gallerie, per esempio, sono diffusamente impiegate le classificazioni geomeccaniche. Oggigiorno questo tipo di approccio è usato unicamente nella fase preliminare della progettazione, quando è necessario avere indicazioni di massima in grado di orientare in modo più efficace il successivo studio di dettaglio.

L'approccio razionale utilizza soluzioni analitiche, quando disponibili, e i metodi di calcolo numerici per la valutazione dello stato tensionale e deformativo nella roccia e nelle strutture di sostegno e rinforzo. Ha come scopo la definizione delle condizioni statiche della galleria in esame ed il dimensionamento delle strutture necessarie a garantire la stabilità dei vuoti.

L'approccio osservazionale prevede il monitoraggio dell'opera durante la costruzione come parte integrante del progetto: gli interventi necessari vengono definiti o validati sulla base dell'interpretazione dei risultati delle misure e, quindi, sulla base della risposta che il mezzo circostante fornisce alla costruzione della galleria. Recentemente l'impiego di tecniche matematiche sofisticate dette di "back analysis" ha permesso di organizzare in modo più razionale le informazioni provenienti dal monitoraggio dell'opera e, dunque, di valorizzare maggiormente le misure effettuate durante il corso dei lavori.

I tre approcci sopra elencati non sono considerati oggi alternativi, ma complementari fra di loro. Ognuno di essi consente di aggiungere informazioni utili alla progettazione geotecnica di una galleria.

32

11. IL METODO DELLE CURVE CARATTERISTICHE

La linea caratteristica rappresenta l'andamento deformativo del terreno / roccia al decrescere delle pressioni fittizie all'interno del cavo; si fa in questa sede quella che nella Meccanica e Ingegneria delle Rocce viene chiamata "Analisi di Interazione", cioè quell'analisi che accoppia lo studio della deformazione dell'elemento di sostegno assieme all'elemento di contorno ovvero il terreno.

Il metodo delle curve caratteristiche è basato sulla verifica delle condizioni di equilibrio degli sforzi (ipotizzati solo radiali) e sulla condizione di compatibilità dello spostamento al contatto rivestimento-terreno.

Il metodo richiede:

- la determinazione della "curva caratteristica" del rivestimento, che esprime la relazione tra la pressione p (supposta radiale ed uniforme) applicata all'estradosso del rivestimento e la deformazione radiale relativa del rivestimento stesso;

- la determinazione della "curva caratteristica della galleria" che esprime la relazione tra la pressione applicata alla parete della galleria e la convergenza radiale relativa delle pareti;
- il confronto fra le due curve che permette di ricavare le condizioni di equilibrio (Figura 20).

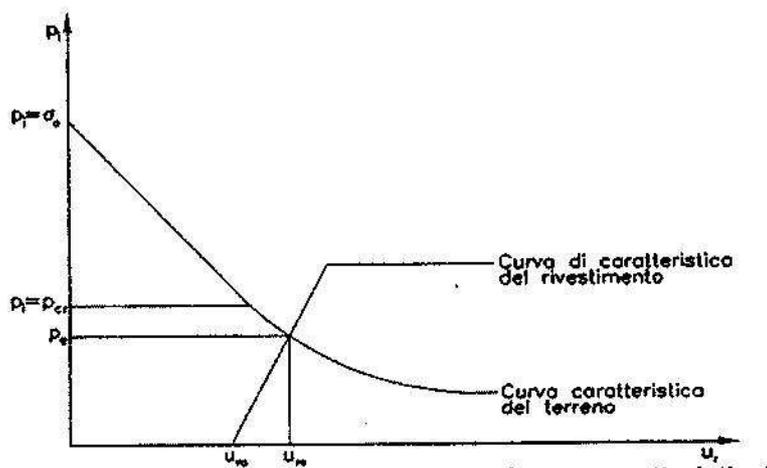


Figura 20. "Curva caratteristica" del terreno e "Curva caratteristica" del rivestimento con individuazione del punto di equilibrio

La semplicità del metodo è dovuta alle importanti ipotesi su cui si basa:

- galleria circolare;
- tensioni litostatiche al contorno della galleria variabili con la profondità di questa;
- porzione di terreno continuo, omogeneo ed isotropo;
- problema bidimensionale e campo delle tensioni piano.

12. MODELLI NUMERICI PER L'ANALISI PROGETTUALE

I modelli numerici usati per la modellazione delle gallerie sono uno strumento matematico che rappresentano la roccia al contorno della galleria e le strutture di sostegno e rivestimento presenti. La modellazione numerica necessita di una preventiva costruzione di uno schema concettuale semplificato del problema e della definizione dei parametri meccanici dell'ammasso e degli altri materiali che si vogliono rappresentare. Fornisce risultati quali: l'andamento delle tensioni e deformazioni nella roccia e nelle strutture presenti nel modello in un numero finito di punti, la valutazione delle condizioni di stabilità dell'opera e dei margini di sicurezza esistenti.

Dei modelli numerici se ne fa uso ogni qualvolta la configurazione geometrica è complessa, quando vi è spiccata tridimensionalità del problema, quando gli stati di sollecitazione non sono isotropi, quando non c'è linearità di comportamento dell'ammasso roccioso, quando il mezzo è eterogeneo e quando le fasi costruttive dell'opera sono complesse.

Le analisi numeriche da noi condotte vengono effettuate per mezzo di un codice di calcolo bidimensionale agli elementi finiti: Phase² by Rocscience. Le ipotesi di lavoro cui si basa sono:

- condizione di deformazione piana $\sigma_z = \sigma^* (\sigma_1 + \sigma_3)$ con almeno una delle tensioni principali allineata con l'asse longitudinale dello scavo;
- condizioni assialsimmetriche;
- elementi triangolari a tre nodi.

Per la modellazione del problema oggetto di studio si passerà attraverso i seguenti step:

- definizione della geometria del modello di calcolo;
- schematizzazione del terreno;
- definizione delle condizioni di vincolo e discretizzazione del modello;
- definizione dei parametri geotecnici e degli stage di lavoro del modello;
- definizione dello stato tensionale

13. PREMESSE ALLA MODELLIZZAZIONE E GEOMETRIA DELLA GALLERIA

La tecnica individuata per l'esecuzione dello scavo è il microtunnelling (tecnologia trenchless).

Stando alle conoscenze attuali, per cui la tipologia di avanzamento (TBM con scudo aperto/chiuso o scudo con scavo convenzionale, ovvero con benna manuale) non è ancora nota, le valutazioni preliminari relative alla stabilità del cavo saranno effettuate mediante soluzioni analitiche speditive e analisi numerica di tipo tenso-deformativo.

34

13.1 Geometria del problema analizzato

Qui di seguito viene riportato lo schema della sezione tipologica di massima della galleria oggetto di analisi. Questa presenta le seguenti caratteristiche:

- diametro interno: 160 cm;
- diametro esterno: 200 cm;
- spessore anello di rivestimento: 20 cm;
- tipologia rivestimento: tubo in c.a. turbo centrifugato avente una resistenza minima di 1,50 KN / mq.

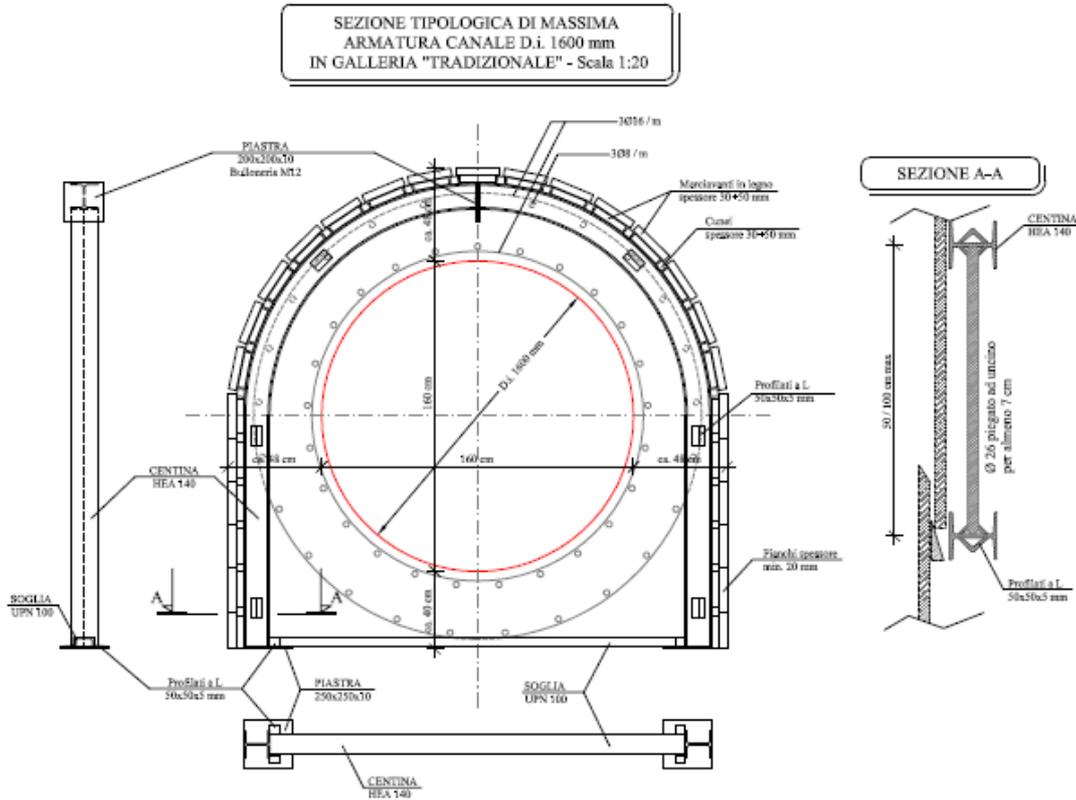


Figura 21. Sezione tipologica di massima della galleria oggetto di studio

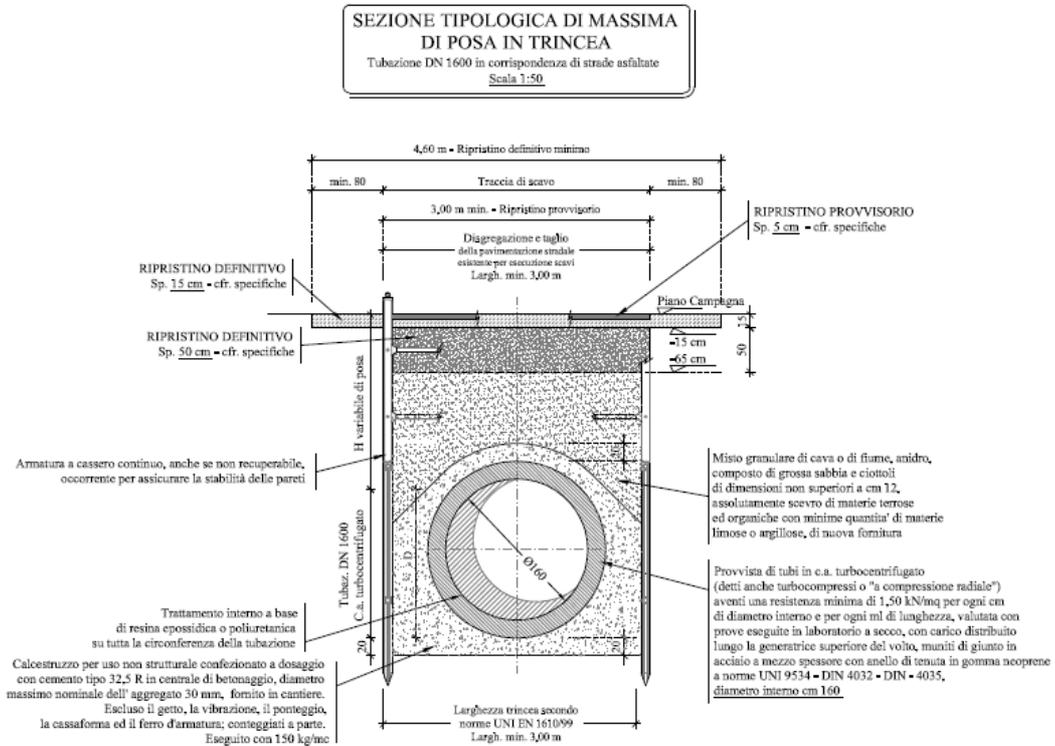


Figura 22. Sezione tipologica di massima di posa in trincea della galleria oggetto di studio

14. SCENARI ED IPOTESI DI CALCOLO

Sezioni di calcolo

Sono analizzate le condizioni presenti in 3 sezioni tipo, ritenute significative tra tutte quelle disponibili al fine delle successive conclusioni.

▶ Sezione S3 (massima copertura)

Prevede una copertura di circa 9.2 m al di sopra della calotta della condotta (circa 10.2 m in asse). Le unità geotecniche presenti sono rispettivamente dall'alto verso il basso: UG0, UG1 e UG2 (ove si posiziona lo scavo).

▶ Sezione S14 (minima copertura)

Prevede una copertura di circa 4.3 m al di sopra della calotta della condotta (circa 5.3 m in asse). Le unità geotecniche presenti sono rispettivamente dall'alto verso il basso: UG0, UG1 (ove si posiziona lo scavo), UG1a e UG1.

▶ Sezione S8 (presenza di lenti di limo sabbioso e sabbia poco addensata al di sopra del cavo)

Prevede una copertura di 6.8 m al di sopra della calotta della condotta (circa 7.8 in asse). Le unità geotecniche presenti sono rispettivamente dall'alto verso il basso: UG0, UG1, UG1a e UG1 (ove si posiziona lo scavo).

Modellazione numerica

La modellazione numerica analizza un mezzo caratterizzato da una legge costitutiva elastica idealmente plastica. I modelli esaminano la sezione trasversale della condotta in condizioni di deformazione piana.

La distribuzione dello stato tensionale nel modello è generata dalla gravità in funzione del peso per unità di volume delle unità geotecniche. Il coefficiente di spinta laterale K_0 è assunto pari a 0.5.

La stratigrafia non prevede la presenza di falda per cui le analisi sono eseguite in condizioni di assenza di acqua.

Carichi di superficie

Per tenere conto della presenza di traffico al di sopra della condotta, si assume la presenza costante sul piano campagna di un carico distribuito pari a 40 kPa (4000 kg/m²), equivalente, con i pesi per unità di volume assunti, ad una copertura aggiuntiva di circa 2m.

Caratterizzazione geotecnica dei terreni

In accordo alle risultanze della relazione geologica e degli studi in letteratura, ai fini della progettazione, si assumono i seguenti parametri meccanici:

Unità	Descrizione	Peso per unità di volume (kN/m ³)	Modulo elastico (MPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)
UG0	Terreno di riporto	18	26.0	25
UG1	Ghiaia sabbiosa	20	42.0	29
UG1a	Limo sabbioso e lenti sabbiose	17	3.6	22
UG2	Sabbia ghiaiosa	20	88.0	36

Per tutte le unità sono assunti valori di coesione e dilatanza nulla e coefficiente di Poisson pari a 0.3.

15. ANALISI DELLA STABILITÀ MEDIANTE SOLUZIONI ANALITICHE SPEDITIVE

Si utilizza il metodo proposto da Atkinson e Mair (1981) per cui la minima pressione radiale interna σ_T che garantisce stabilità ad un cavo situato in un mezzo non coesivo si può valutare come:

$$\sigma_T = \sigma_S \cdot T_S + \gamma_B D_S T_\gamma$$

dove σ_S è il carico distribuito in superficie, T_S è il relativo coefficiente, γ_B è il peso per unità di volume (kN/m^3), D_S è il diametro di scavo e T_γ è il relativo coefficiente.

Con le ipotesi assunte relativamente alla geometria delle 3 sezioni considerate, la minima pressione radiale interna richiesta è riassunta nella tabella sottostante:

Sezione	σ_S (kPa)	T_S (nomogrammi)	γ_B (kN/m^3)	D_S (m)	T_γ (nomogrammi)	σ_T (kPa)
S3	40	0	20	2	0.3	12
S14	40	0.1	20	2	0.4	20
S18	40	0.05	20	2	0.4	18

Tale pressione, variabile per le sezioni considerate fra 12 e 20 kPa, è assicurata al fronte dalla presenza dello scudo e successivamente dalla tubazione installata. Occorre, prestare attenzione alle eventuali manovre di arretramento dello scudo o alla presenza di tratti scavati non sostenuti dallo scudo (presenza di una luce libera), in quanto in tale caso la pressione minima potrebbe non essere assicurata (vedasi il paragrafo relativo alle criticità).

37

16. LINEE CARATTERISTICHE TEORICHE E CEDIMENTO SUPERFICIALE

Con riferimento alla geometria delle sezioni e alle caratteristiche meccaniche dei terreni è possibile valutare l'entità degli spostamenti teorici attesi nello scavo in funzione della pressione interna applicata (corrispondente alla distanza dal fronte dello scudo).

Il grafico che si ottiene è espresso in funzione della tensione principale massima normalizzata (verticale nei punti A e C, orizzontale in B) in quanto la presenza della gravità fa variare tale grandezza con la profondità.

► Sezione S3 (massima copertura)

Gli spostamenti misurati sono diretti verso il basso, verso il centro dello scavo e verso l'alto rispettivamente per i punti A, B e C. E' confermata la previsione teorica di Atkinson e Mair secondo cui la pressione interna che garantisce la stabilità è compresa nell'intervallo 12÷20 kPa. In considerazione del fatto che, per minimizzare le forze di attrito che si mobilitano al contatto scudo/rivestimento-terreno durante la spinta, il diametro netto dello scudo produce un sovra-scavo valutabile in 0.01 m (10 mm), il rilascio tensionale corrispondente è compreso nell'intervallo 30-40%.

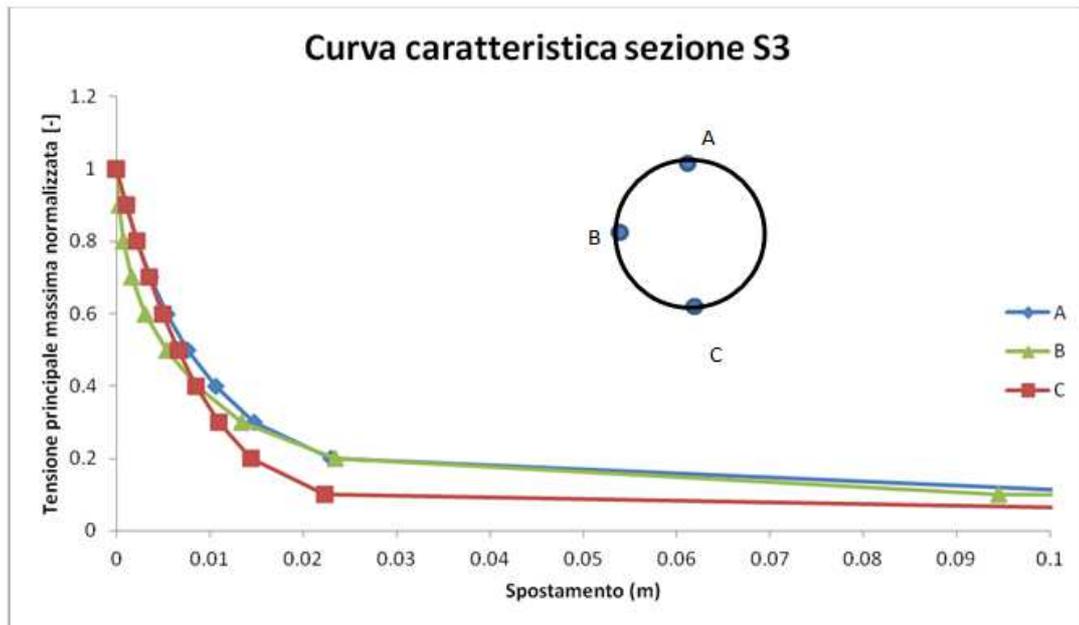


Figura 23. Curva caratteristica sezione S3
(curva A = calotta, curva B = piedritto, curva C = arco rovescio)

► Sezione S14 (minima copertura)

Gli spostamenti misurati sono diretti verso il basso, verso il centro dello scavo e verso l'alto rispettivamente per i punti A, B e C. La linea caratteristica di questa sezione presenta spostamenti dello stesso ordine di grandezza di quelli determinati per la sezione S3, eccezion fatta per gli spostamenti localizzati nel punto C. Questa anomalia è ragionevolmente dovuta alla particolare conformazione geometrica della sezione, che prevede la presenza dell'unità geotecnica UG1a in uno strato continuo di spessore pari a 3 m localizzato subito al di sotto dell'arco rovescio della galleria.

L'andamento degli spostamenti osservati è in realtà dovuto al fatto che si sta analizzando il comportamento dello scavo in assenza totale di sostegno. Procedendo in avanzamento con lo scudo, il peso dello scudo stesso e dell'equipaggiamento contrastano in modo efficace la tendenza al sollevamento dello strato posto al piede dello scavo. L'unità geotecnica UG1a è, inoltre, presente in lenti discontinue come estensione sia in direzione trasversale (lungo il profilo della condotta) sia in direzione trasversale (in sezione). Il caso qui esaminato costituisce dunque un caso limite di persistenza totale e significativa dell'Unità UG1a.

Sarà comunque necessario trattare con attenzione i casi in cui si riscontrasse un'estensione significativa di tale unità sul fronte di scavo. In caso si verificassero spostamenti significativi del fronte di scavo e/o cedimenti superficiali superiori a quelli attesi, che potrebbero essere indotti dalla presenza di lenti significative di limi, chiaramente non visibili dall'interno scavo, potrebbe essere necessario procedere ad un consolidamento del terreno mediante miscele adatte alla distribuzione granulometrica del terreno (resine o sospensioni).

Il rilascio tensionale compatibile con spostamenti che esauriscono il sovra-scavo disponibile è compreso nell'intervallo 30-40%.

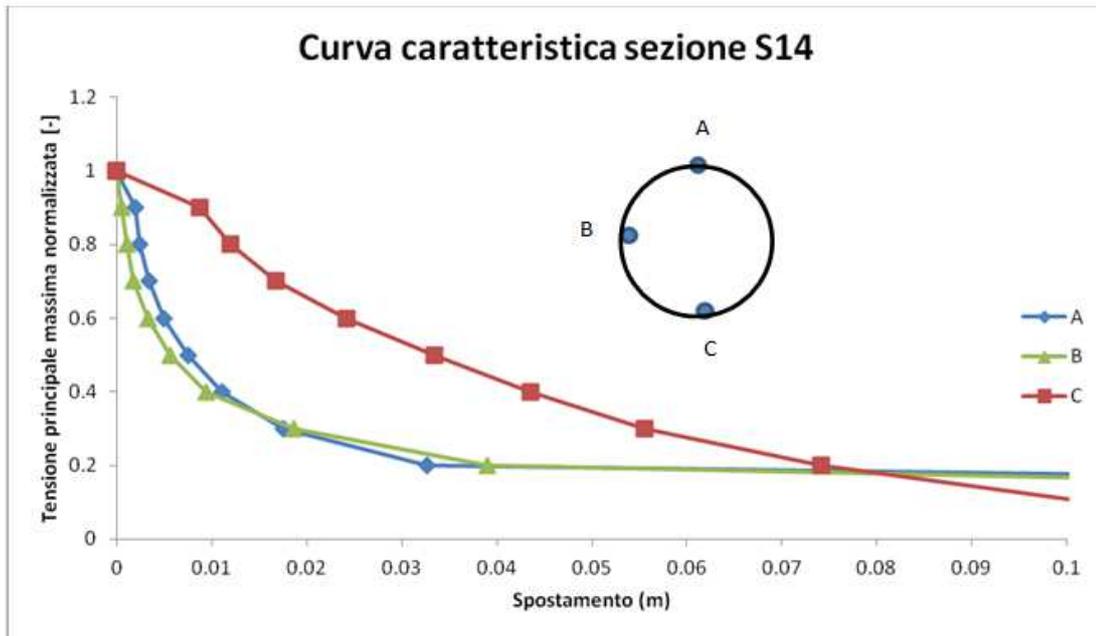


Figura 24. Curva caratteristica sezione S14
(curva A = calotta, curva B = piedritto, curva C = arco rovescio)

► Sezione S8 (presenza di lenti di limo sabbioso e sabbia poco addensata al di sopra del cavo)

Gli spostamenti misurati sono diretti verso il basso, verso il centro dello scavo e verso l'alto rispettivamente per i punti A, B e C. In questo caso si trova una situazione analoga a quella definita per la sezione S14, con spostamenti confrontabili con quelli determinati per la sezione S3, eccezion fatta per gli spostamenti localizzati nel punto A. Come già riscontrato nel caso della sezione S14, questa anomalia è dovuta alla particolare conformazione geometrica della sezione, che prevede la presenza dell'unità geotecnica UG1a in uno strato continuo di spessore pari a 3 m localizzato subito al di sopra della calotta della galleria.

Gli elevati spostamenti osservati sono un effetto dell'assenza totale di sostegno. La parte inferiore della galleria registra spostamenti pressoché nulli, dovuti alle caratteristiche meccaniche discrete dell'unità UG1. L'unità geotecnica UG1a, caratterizzata da moduli elastici molto bassi, induce spostamenti molto elevati nella zona di calotta.

Anche in questo caso, come già indicato per la sezione S14, si rende necessario trattare con attenzione i casi in cui si riscontrasse un'estensione significativa dell'UG1a sul fronte di scavo. In caso si verificassero spostamenti significativi del fronte di scavo e/o cedimenti superficiali superiori a quelli attesi, indice della presenza di lenti limose non visibili dall'interno dello scavo, potrebbe essere necessario procedere ad un consolidamento del terreno mediante miscele adatte alla distribuzione granulometrica del terreno (resine o sospensioni).

Il rilascio tensionale compatibile con spostamenti che esauriscono il sovra-scavo disponibile è pari a circa il 50%.

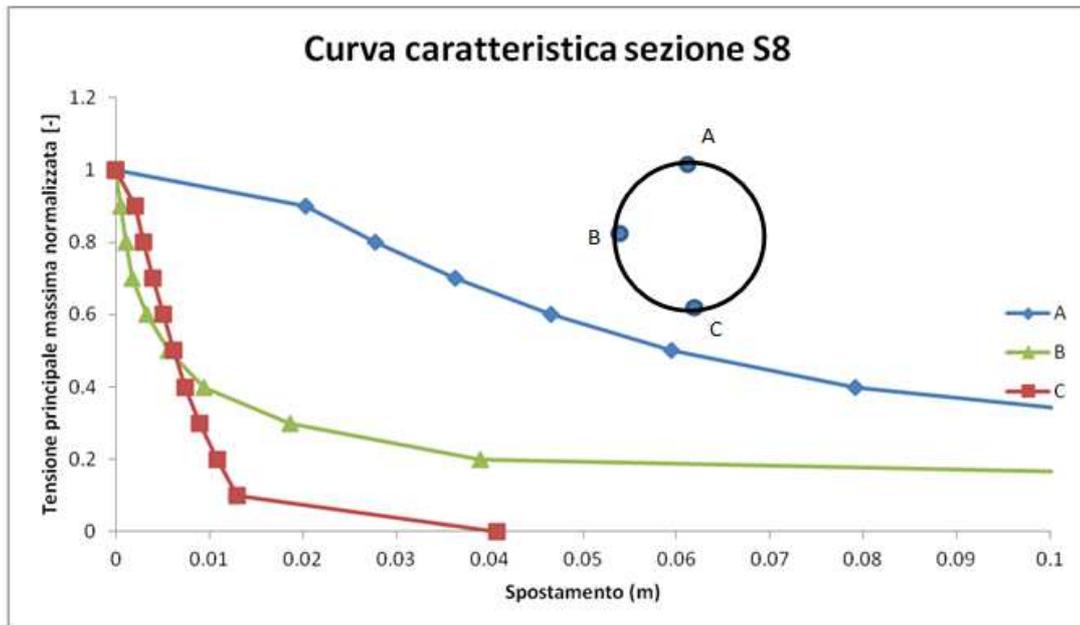


Figura 25. Curva caratteristica sezione S8
(curva A = calotta, curva B = piedritto, curva C = arco rovescio)

17. MODELLI TENSO-DEFORMATIVI CON TECNICA MICROTUNNELING

17.1 Sezione S3 – in assenza di carico superficiale

Il modello tenso-deformativo è stato implementato mediante il codice di calcolo Phase² (Rocscience Inc., 2012). La mesh ad elementi finiti triangolari a tre nodi comprende 2626 elementi ed è estesa in direzione orizzontale e verticale rispettivamente per 100 m e 17 m. Le figure sottostanti illustrano il modello completo e l'ingrandimento in corrispondenza dello scavo.

40

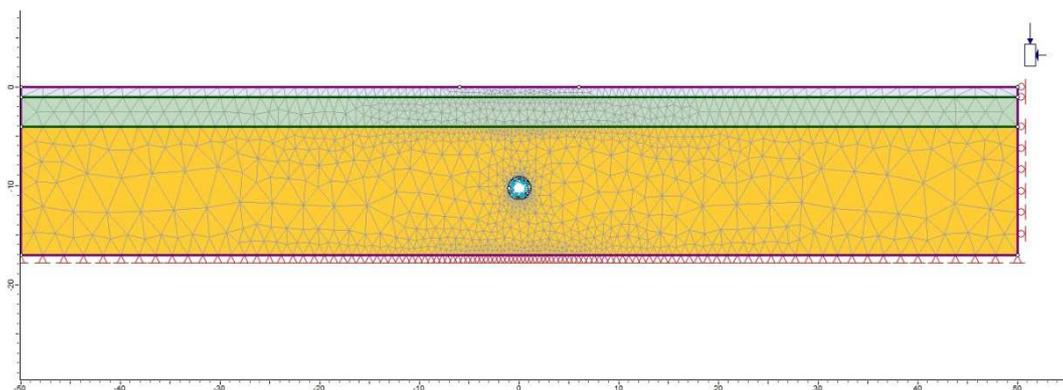


Figura 26. Modello ad elementi finiti per la sezione S3 in assenza di carico superficiale
Estensione totale del modello

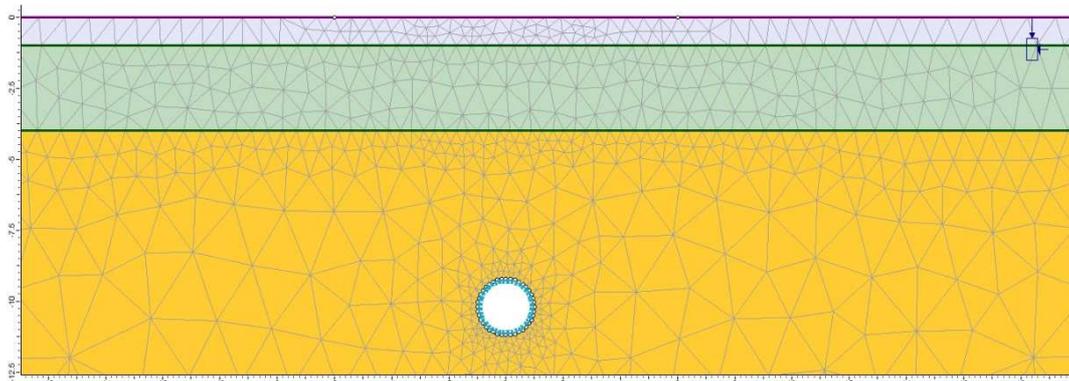


Figura 27. Modello ad elementi finiti per la sezione S3 in assenza di carico superficiale
Zoom intorno alla zona di scavo

Il modello comprende 4 fasi:

- inizializzazione dello stato tensionale originario
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 30% dello stato tensionale originario (ragionevolmente corrispondente alla situazione di scudo a ridosso del fronte di scavo)
- attivazione del rivestimento (tubazione) e rimozione totale delle forze nodali, corrispondente alla fase di avvenuta installazione.

Lo stato tensionale originario risulta verificato in termini di distribuzione della tensione principale massima e minima con coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.5$.

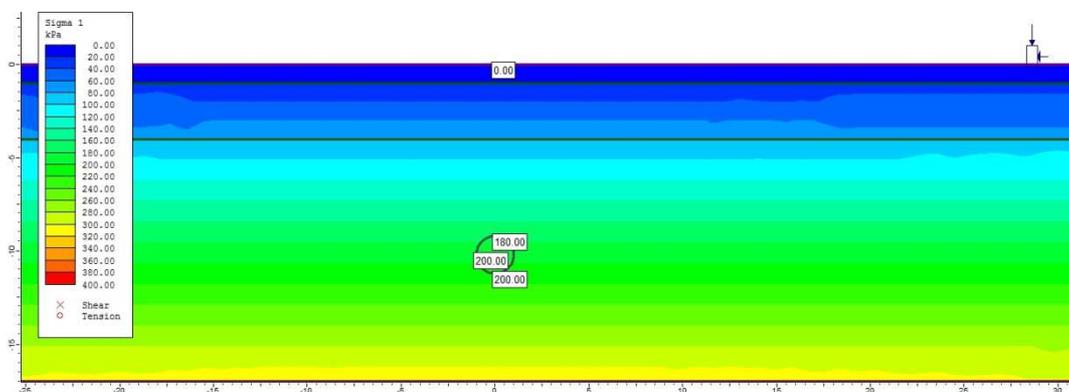


Figura 28. Andamento della tensione verticale σ_1 - fase iniziale in assenza di scavo

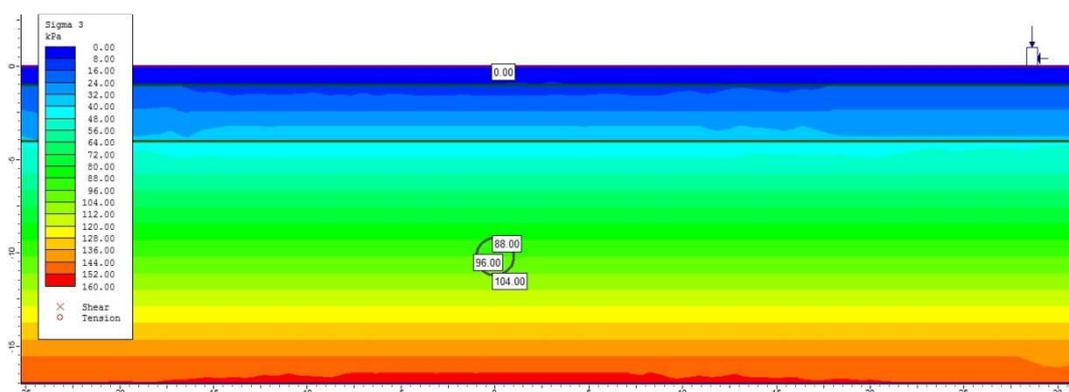


Figura 29. Andamento della tensione orizzontale σ_3 - fase iniziale in assenza di scavo

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali, sono dell'ordine di grandezza del sovra-scavo (leggermente superiori a favore di sicurezza). Il corrispondente cedimento massimo in superficie in corrispondenza dell'asse galleria è pari a 5.6 mm. L'andamento dei cedimenti superficiali assume la classica forma a *campana gaussiana*, con un'estensione massima di circa 40 m. In ogni caso si tratta di cedimenti contenuti e compatibili con le infrastrutture presenti in superficie.

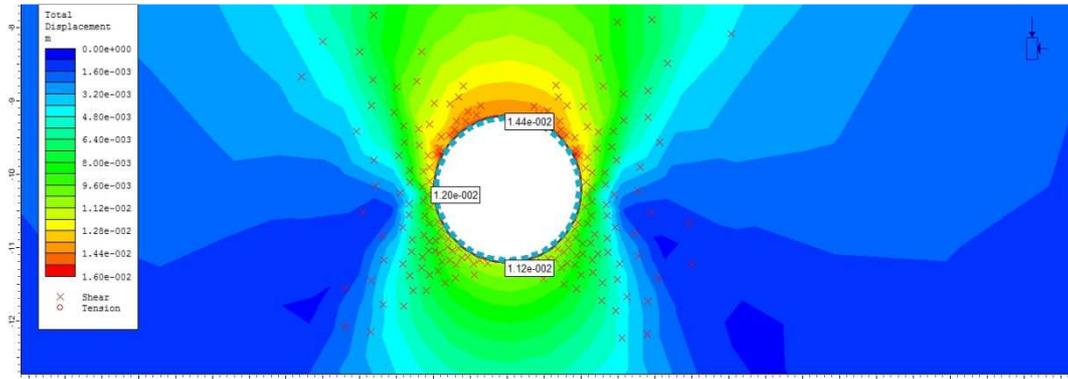


Figura 30. Spostamenti totali attorno al cavo

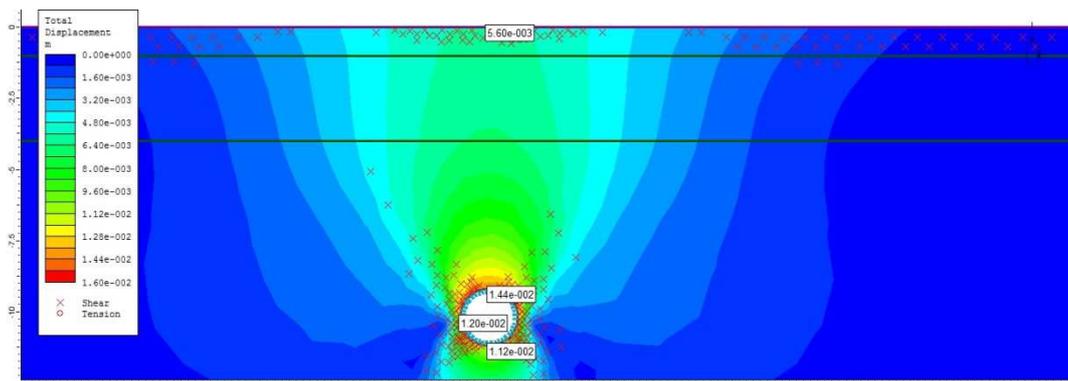


Figura 31. Spostamenti totali attorno al cavo

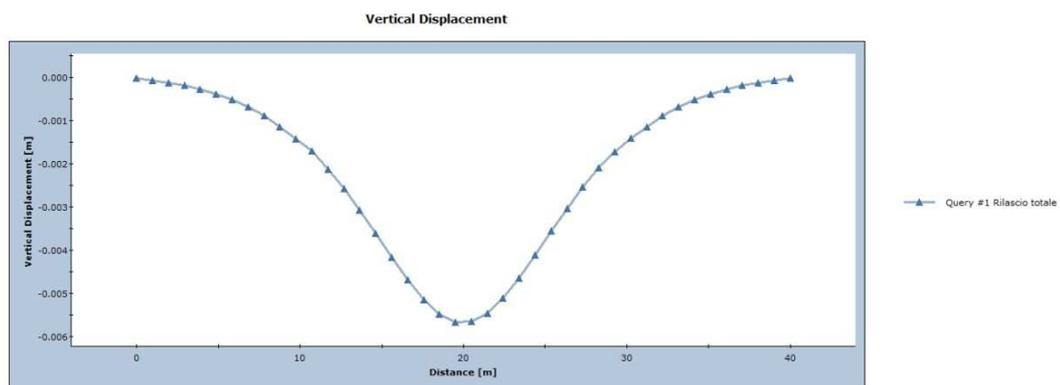


Figura 32. Spostamenti verticali attorno al cavo in funzione della distanza da questo

La fascia plastica e la zona di concentrazione degli sforzi di taglio massimo sono limitate all'intorno della galleria nella zona dei piedritti e non costituiscono pregiudizio per la funzionalità del rivestimento né per la stabilità del cavo nel lungo termine. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

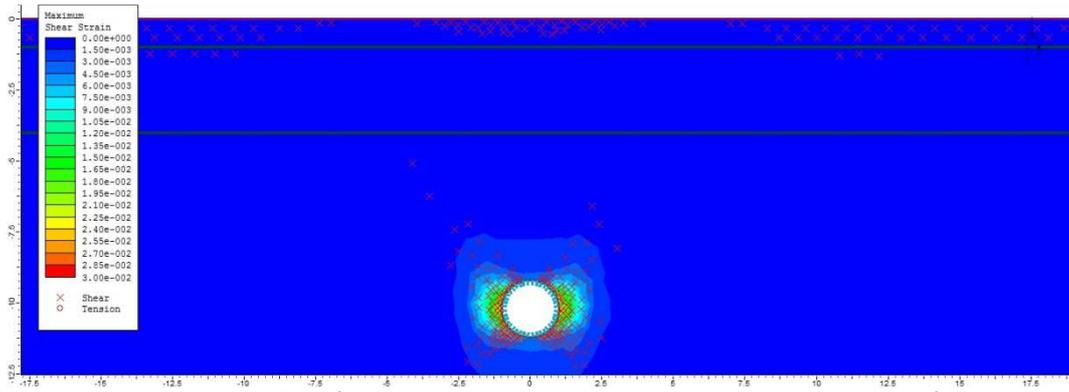


Figura 33. Andamento della deformazione da taglio attorno al cavo – localizzazione della fascia plastica

17.2 Sezione S3 – in presenza di carico superficiale

In questo caso il modello tenso-deformativo differisce rispetto al precedente per due fattori:

1. viene aggiunto il carico superficiale pari a 40 kPa alla fase di inizializzazione del modello. Infatti, l'infrastruttura stradale con i relativi carichi di traffico è presente prima della realizzazione della condotta.
2. le forze nodali residue presenti sul contorno dello scavo prima dell'installazione della tubazione sono aumentate al 40% per compensare l'effetto prodotto dal carico superficiale, equivalente ad un aumento della copertura di circa 2 m.

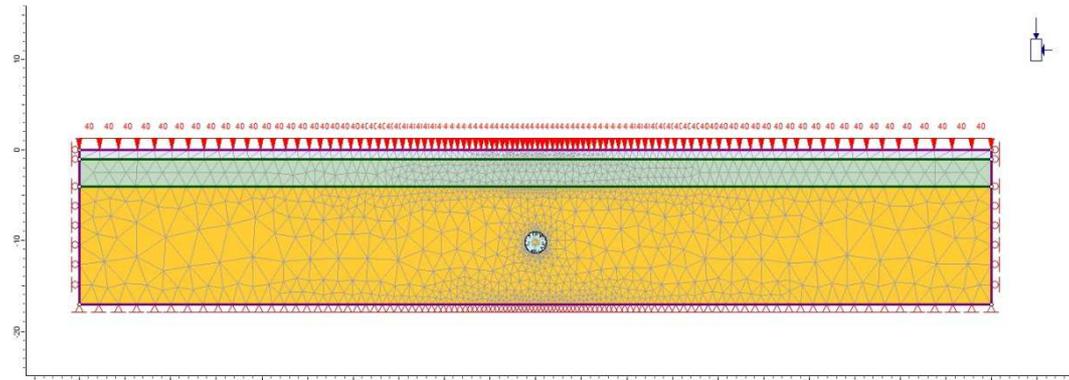


Figura 34. Modello ad elementi finiti per la sezione S3 in presenza di carico superficiale
Estensione totale del modello

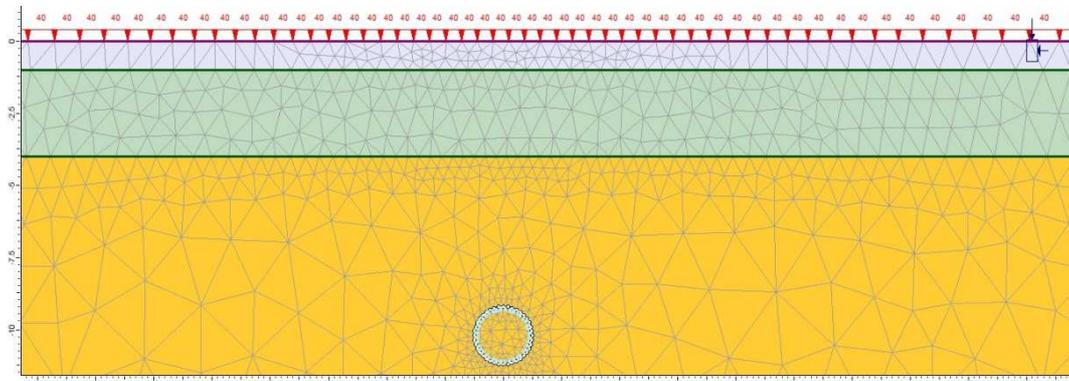


Figura 35. Modello ad elementi finiti per la sezione S3 in presenza di carico superficiale
Zoom intorno alla zona di scavo

Il modello comprende pertanto le seguenti 4 fasi:

- inizializzazione dello stato tensionale originario e applicazione del carico superficiale
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 40% dello stato tensionale originario (ragionevolmente corrispondente alla situazione di scudo a ridosso del fronte di scavo)
- attivazione del rivestimento (tubazione) e rimozione totale delle forze nodali, corrispondente alla fase di avvenuta installazione.

Lo stato tensionale originario risulta verificato in termini di distribuzione della tensione principale massima e minima con coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.5$, aumentato in questo caso del carico corrispondente al traffico superficiale.

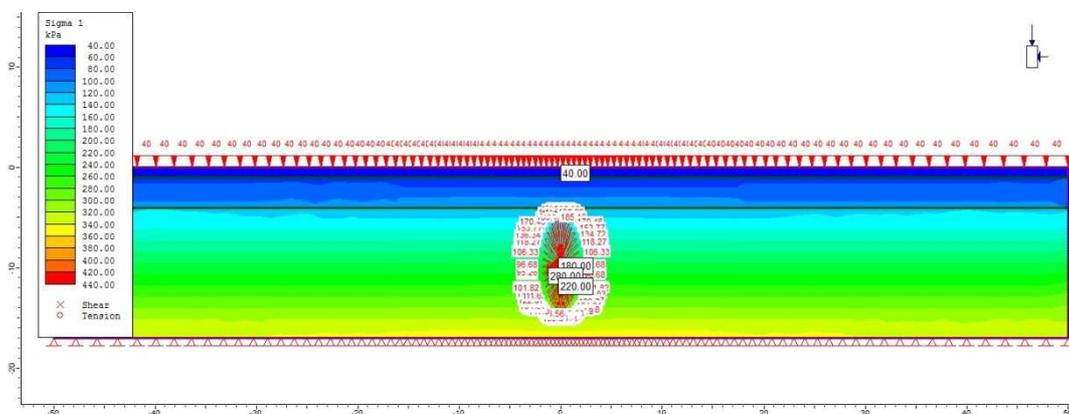


Figura 36. Andamento della tensione verticale σ_1 - fase iniziale in assenza di scavo

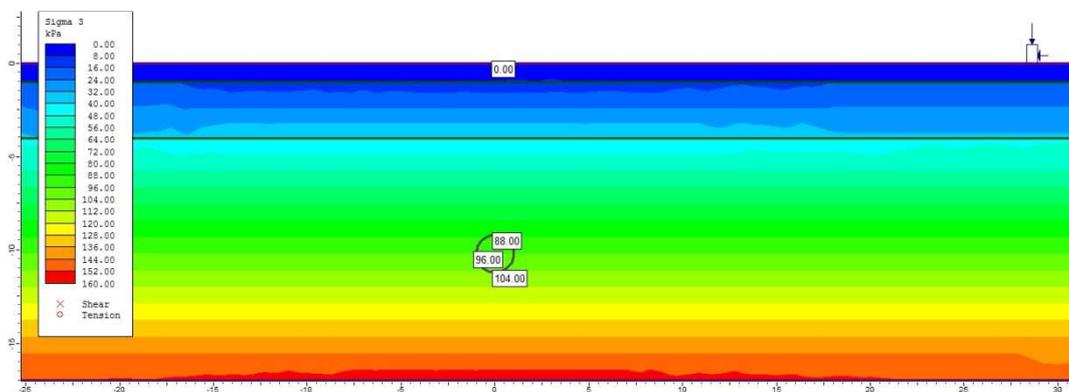


Figura 37. Andamento della tensione verticale σ_3 - fase iniziale in assenza di scavo

I risultati riportati di seguito in termini di spostamenti, fascia plastica e sforzi di taglio sono quindi determinati sottraendo gli effetti indotti dalla prima fase in cui è già presente l'effetto del carico stradale.

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali aumentano rispetto al caso precedente di circa il 15%. Il corrispondente cedimento massimo in superficie in corrispondenza dell'asse galleria è pari a 6.0 mm. L'andamento dei cedimenti superficiali assume la classica forma a campana gaussiana, con un'estensione massima di circa 40 m. I cedimenti sono compatibili con quanto riportato in letteratura a riguardo.

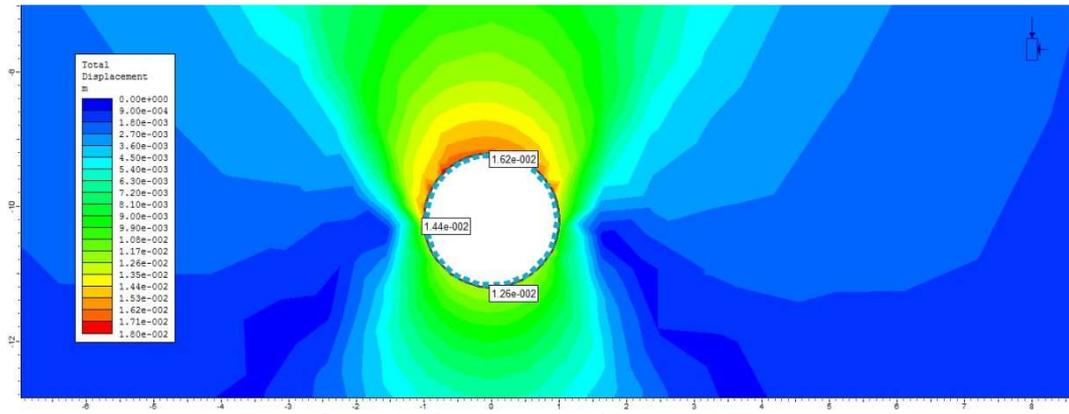


Figura 38. Spostamenti totali attorno al cavo

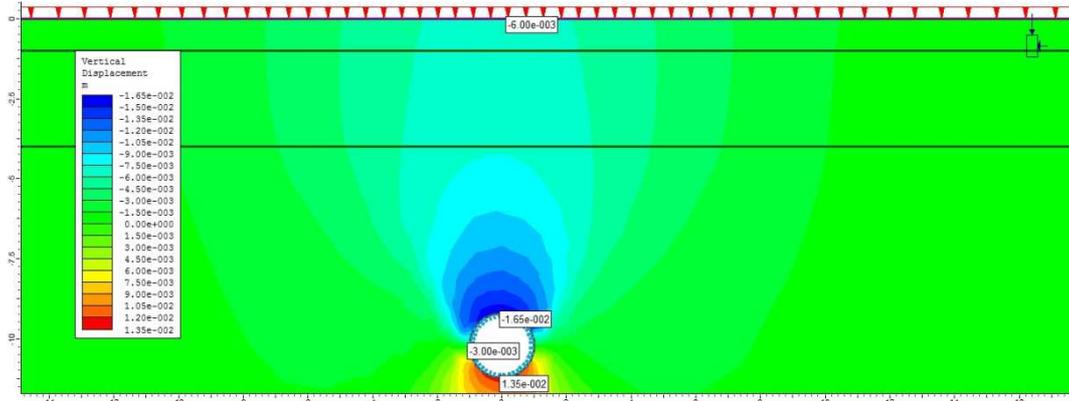


Figura 39. Spostamenti verticali attorno al cavo

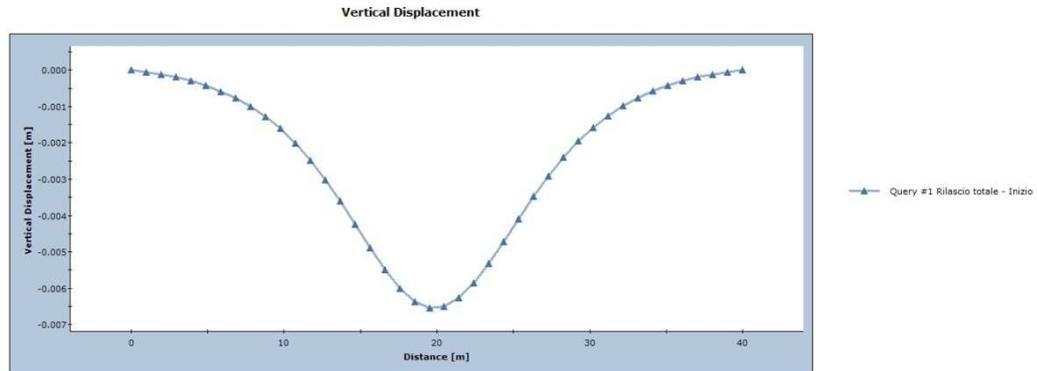


Figura 40. Spostamenti verticali attorno al cavo in funzione della distanza da questo

La fascia plastica e la zona di concentrazione degli sforzi di taglio massimo sono limitate all'intorno della galleria nella zona dei piedritti e non costituiscono pregiudizio per la funzionalità del rivestimento né per la stabilità del cavo nel lungo termine. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

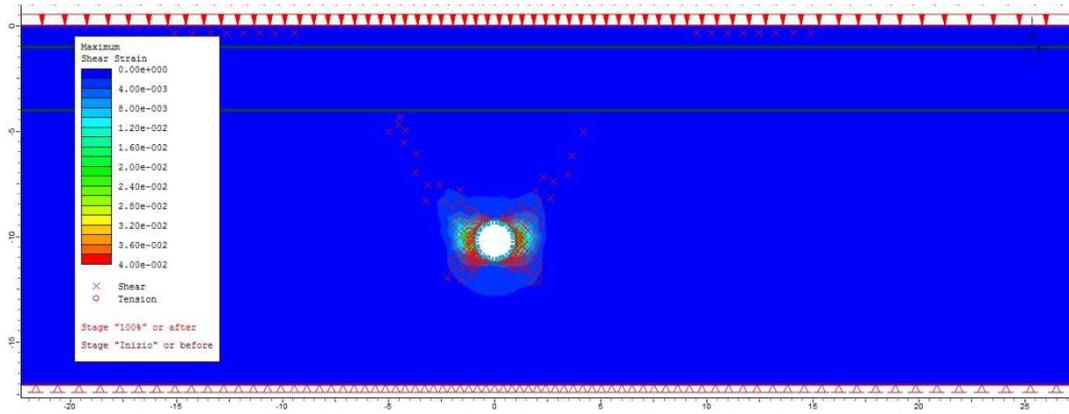


Figura 41. Andamento della deformazione da taglio attorno al cavo – localizzazione ed estensione della fascia plastica

17.3 Sezione S14 – in assenza di carico superficiale

Il modello tenso-deformativo è stato implementato mediante il codice di calcolo Phase² (Rocscience Inc., 2012). La mesh ad elementi finiti triangolari a tre nodi comprende 3407 elementi ed è estesa in direzione orizzontale e verticale rispettivamente per 100 m e 10.5 m. Le figure sottostanti illustrano il modello completo e l'ingrandimento in corrispondenza dello scavo.

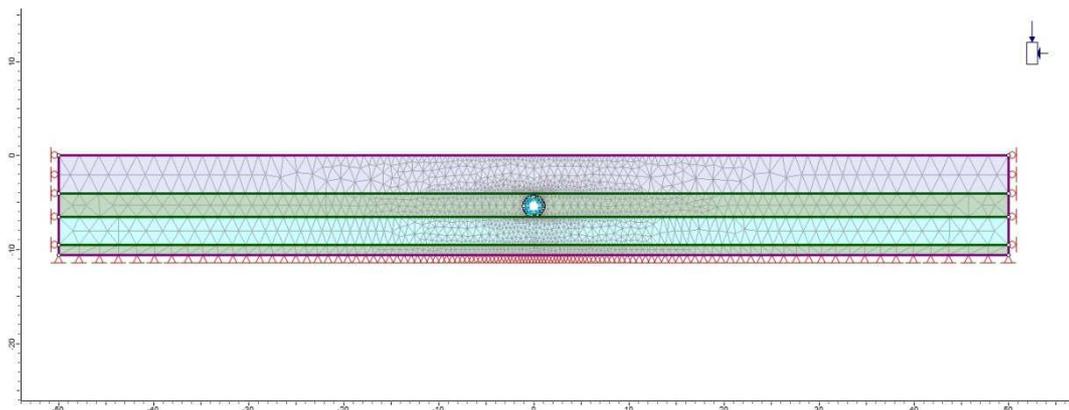


Figura 42. Modello ad elementi finiti per la sezione S14 in assenza di carico superficiale
Estensione totale del modello

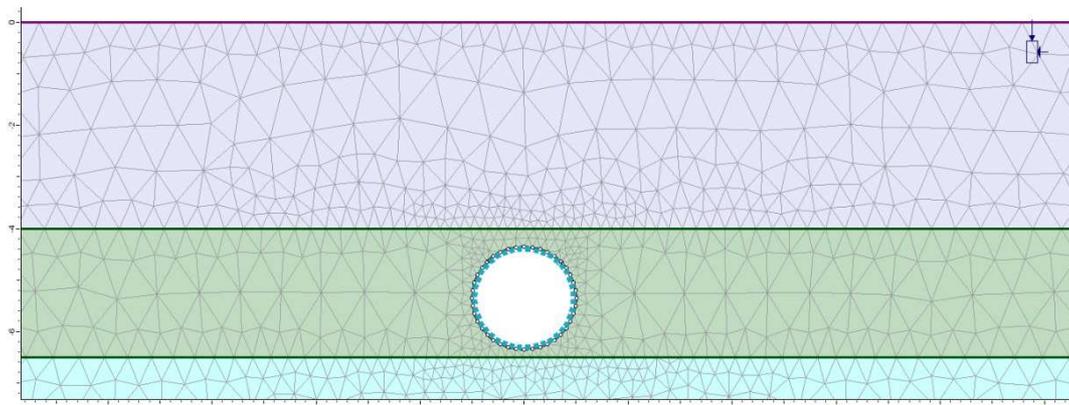


Figura 43. Modello ad elementi finiti per la sezione S14 in assenza di carico superficiale
Zoom intorno alla zona di scavo

Il modello comprende 4 fasi:

- inizializzazione dello stato tensionale originario
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 40% dello stato tensionale originario (ragionevolmente corrispondente alla situazione di scudo a ridosso del fronte di scavo)
- attivazione del rivestimento (tubazione) e rimozione totale delle forze nodali, corrispondente alla fase di avvenuta installazione.

Lo stato tensionale originario risulta verificato in termini di distribuzione della tensione principale massima e minima con coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.5$.

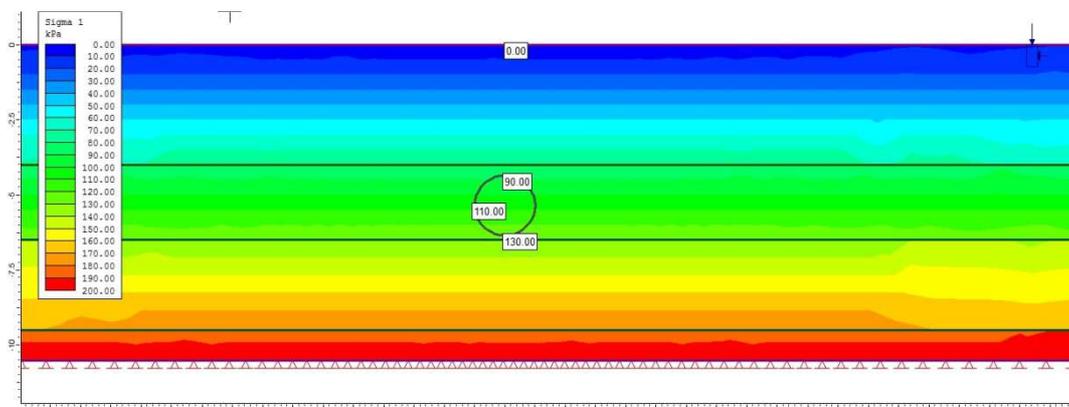


Figura 44. Andamento della tensione verticale σ_1 - fase iniziale in assenza di scavo

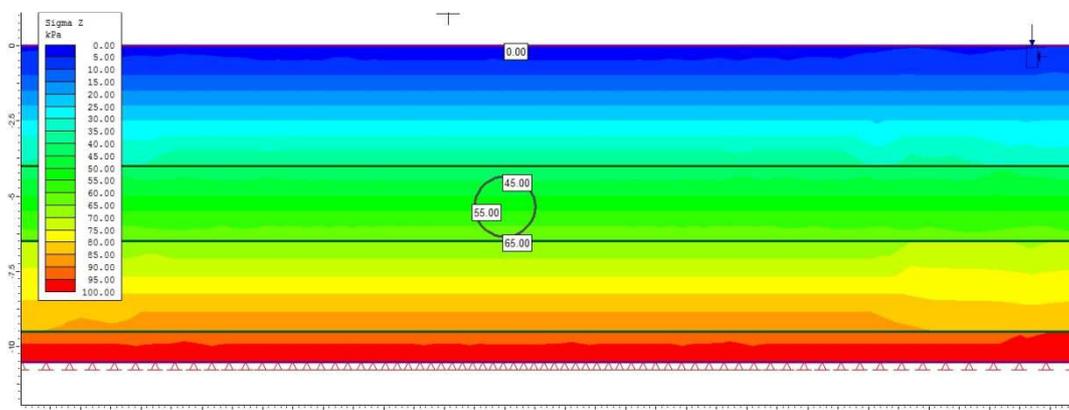


Figura 45. Andamento della tensione orizzontale σ_3 - fase iniziale in assenza di scavo

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali sono significativamente disomogenei a causa della presenza dello strato di caratteristiche UG1a presente al di sotto dell'arco rovescio. Il corrispondente cedimento massimo in superficie in corrispondenza dell'asse galleria è pari a 1.5 mm. L'andamento dei cedimenti superficiali assume la classica forma a *campana gaussiana*, con un'estensione massima di circa 40 m. I cedimenti superficiali, in questo caso specifico, risultano contenuti a causa dell'effetto della presenza dello strato a basso modulo di deformabilità presente sotto la galleria. Gli innalzamenti dovuti al processo di scarico tensionale di tale strato bilanciano la tendenza allo spostamento verso il basso della zona posta al

di sopra della galleria, i cui cedimenti risultano ridotti. Tale comportamento è però tipico del modello numerico. Nella realtà, il peso dovuto allo scudo e alle attrezzature tende a contrastare lo spostamento verso l'alto e i cedimenti superficiali potrebbero verosimilmente assumere entità di ordine centimetrico.

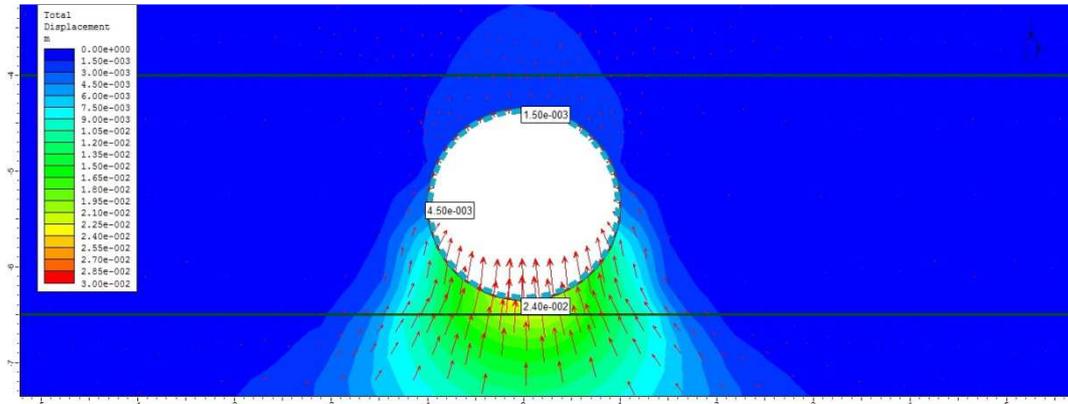


Figura 46. Spostamenti totali attorno al cavo

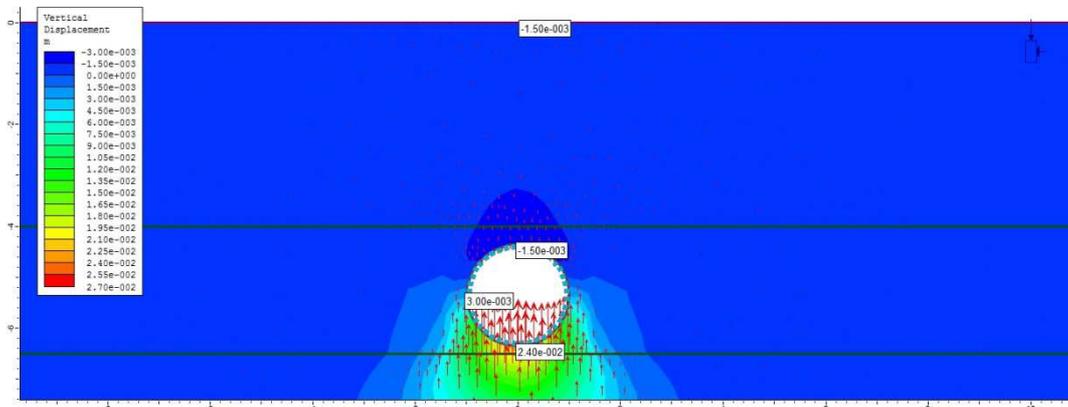


Figura 47. Spostamenti verticali attorno al cavo

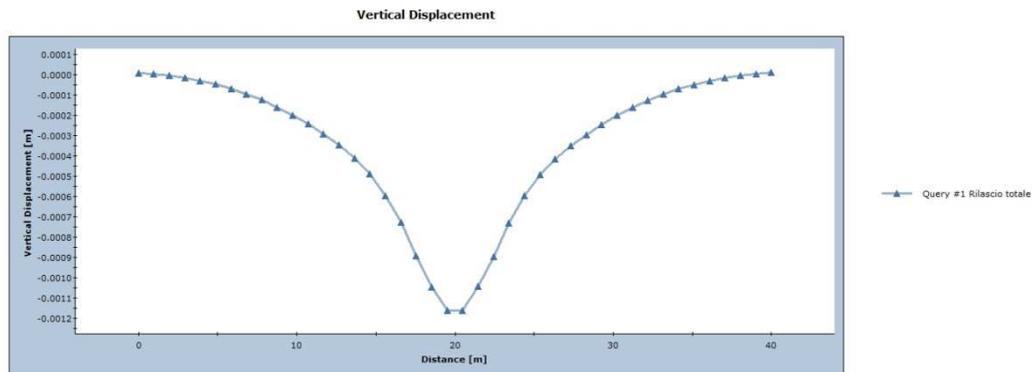


Figura 48. Spostamenti verticali attorno al cavo in funzione della distanza da questo

La fascia plastica è localizzata nella zona dei piedritti e si estende con la classica forma ad "orecchio" verso l'alto e il basso con l'estensione di circa un diametro. Gli sforzi di taglio sono concentrati al di sotto della galleria, sempre per effetto della presenza dello strato UG1a. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

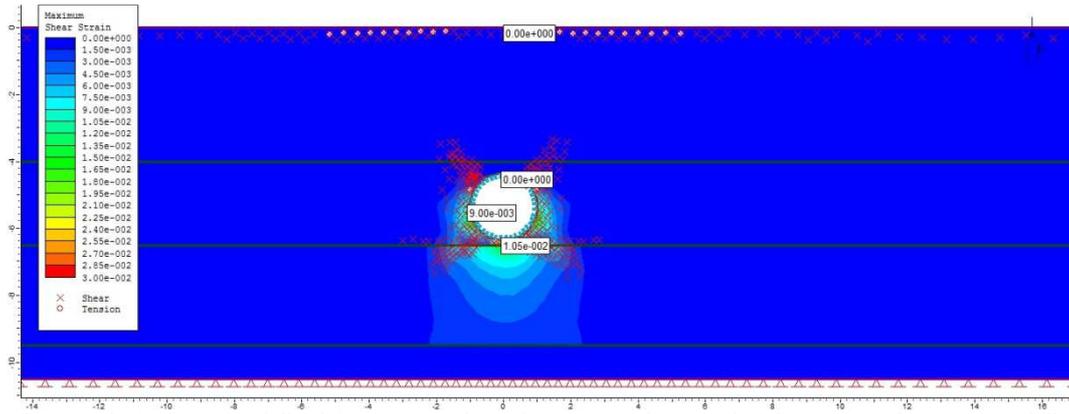


Figura 49. Andamento della deformazione da taglio attorno al cavo – localizzazione ed estensione della fascia plastica

17.4 Sezione S14 – in presenza di carico superficiale

In questo caso il modello tenso-deformativo differisce rispetto al precedente per due fattori:

1. Viene aggiunto il carico superficiale pari a 40 kPa alla fase di inizializzazione del modello. Infatti, l'infrastruttura stradale con i relativi carichi di traffico è presente prima della realizzazione della condotta.
2. Le forze nodali residue presenti sul contorno dello scavo prima dell'installazione della tubazione sono aumentate al 40% per compensare l'effetto prodotto dal carico superficiale, equivalente ad un aumento della copertura di circa 2 m.

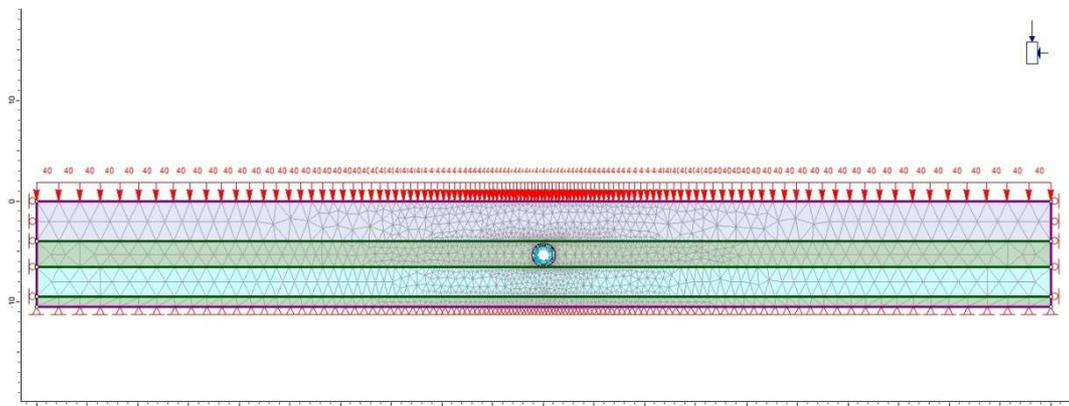


Figura 50. Modello ad elementi finiti per la sezione S14 in presenza di carico superficiale
Estensione totale del modello

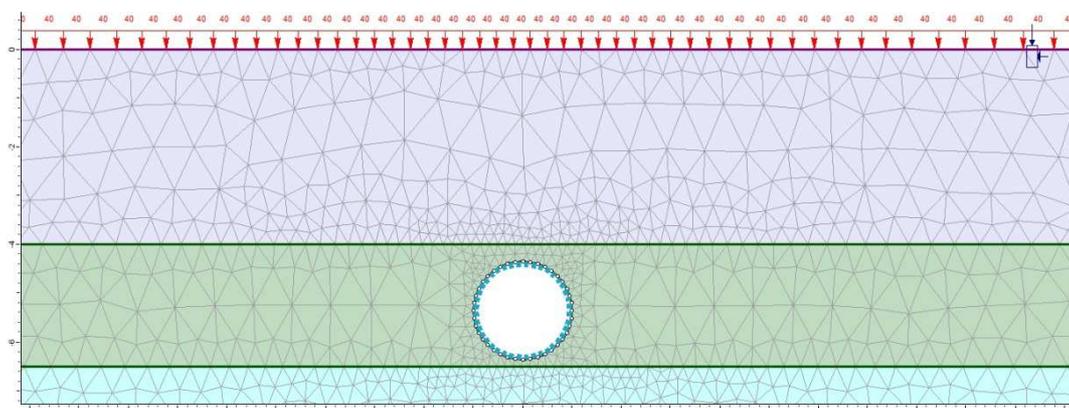


Figura 51. Modello ad elementi finiti per la sezione S14 in presenza di carico superficiale
Zoom intorno alla zona di scavo

Il modello comprende pertanto le seguenti 4 fasi:

- inizializzazione dello stato tensionale originario e applicazione del carico superficiale
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 40% dello stato tensionale originario (ragionevolmente corrispondente alla situazione di scudo a ridosso del fronte di scavo)
- attivazione del rivestimento (tubazione) e rimozione totale delle forze nodali, corrispondente alla fase di avvenuta installazione.

Lo stato tensionale originario risulta verificato in termini di distribuzione della tensione principale massima e minima con coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.5$, aumentato in questo caso del carico corrispondente al traffico superficiale.

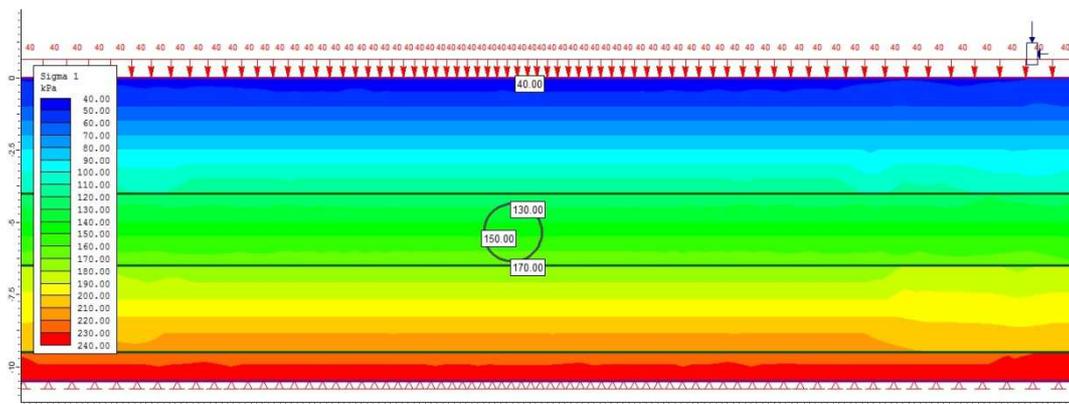


Figura 52. Andamento della tensione verticale σ_1 - fase iniziale in assenza di scavo

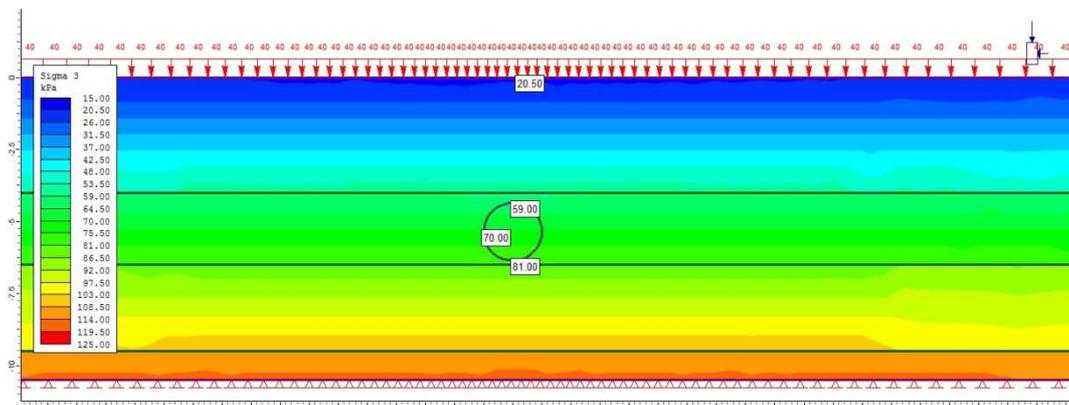


Figura 53. Andamento della tensione orizzontale σ_3 - fase iniziale in assenza di scavo

I risultati riportati di seguito in termini di spostamenti, fascia plastica e sforzi di taglio sono quindi determinati sottraendo gli effetti indotti dalla prima fase in cui è già presente l'effetto del carico stradale.

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali sono di un ordine di grandezza più grandi rispetto al caso in assenza di carico superficiale. Si può notare l'effetto prodotto dallo strato di caratteristiche UG1a presente sotto la galleria che produce un anomalo innalzamento dell'arco rovescio. Ai fini pratici, questo spostamento induce maggiore attrito rispetto all'avanzamento dello scudo nella parte inferiore della galleria.

Il corrispondente cedimento massimo in superficie in corrispondenza dell'asse galleria è pari a 9.0 mm. L'andamento dei cedimenti superficiali assume la classica forma a campana gaussiana, con un'estensione massima di circa 40 m. I cedimenti sono compatibili con quanto riportato in letteratura.

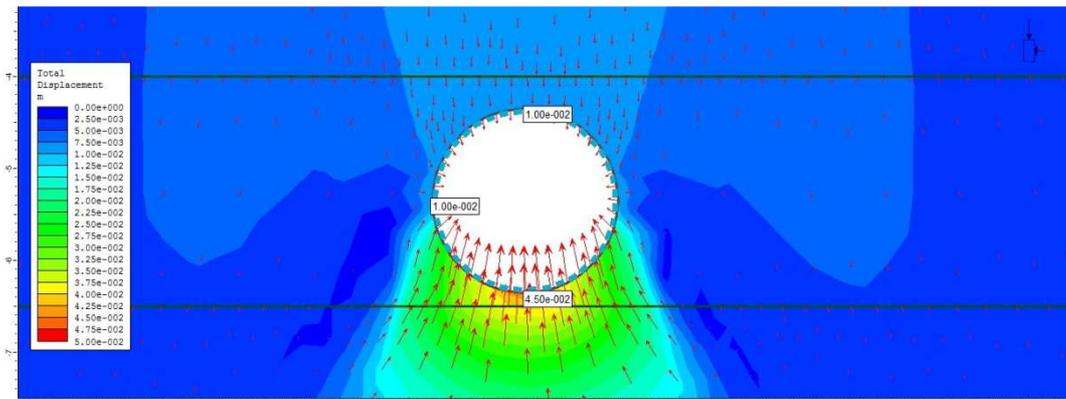


Figura 54. Spostamenti totali attorno al cavo

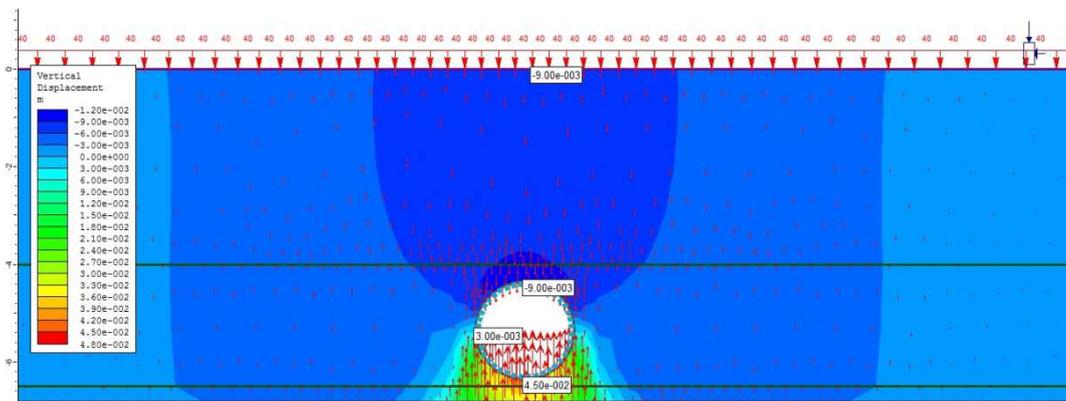


Figura 55. Spostamenti verticali attorno al cavo

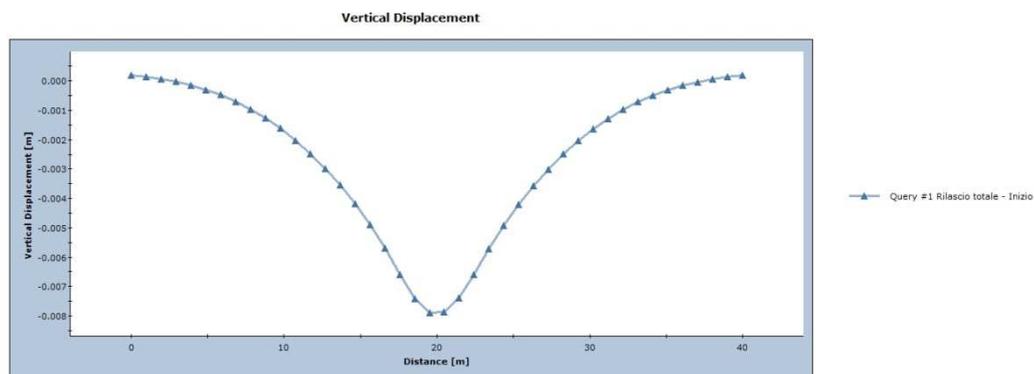


Figura 56. Spostamenti verticali attorno al cavo in funzione della distanza da questo

La fascia plastica e la zona di concentrazione degli sforzi di taglio massimo sono più significative rispetto al caso della S13. La zona interessata da plasticizzazione e concentrazione degli sforzi di taglio si estende anche al di sotto della galleria e in due "orecchie" allungate verso la superficie. Tale configurazione non pregiudica la funzionalità del rivestimento né la stabilità del cavo nel lungo termine. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

17.5 Sezione S8 – in assenza di carico superficiale

Il modello tenso-deformativo è stato implementato mediante il codice di calcolo Phase² (Rocscience Inc., 2012). La mesh ad elementi finiti triangolari a tre nodi comprende 3581 elementi ed è estesa in direzione orizzontale e verticale rispettivamente per 100 m e 17.5 m. Le figure sottostanti illustrano il modello completo e l'ingrandimento in corrispondenza dello scavo.

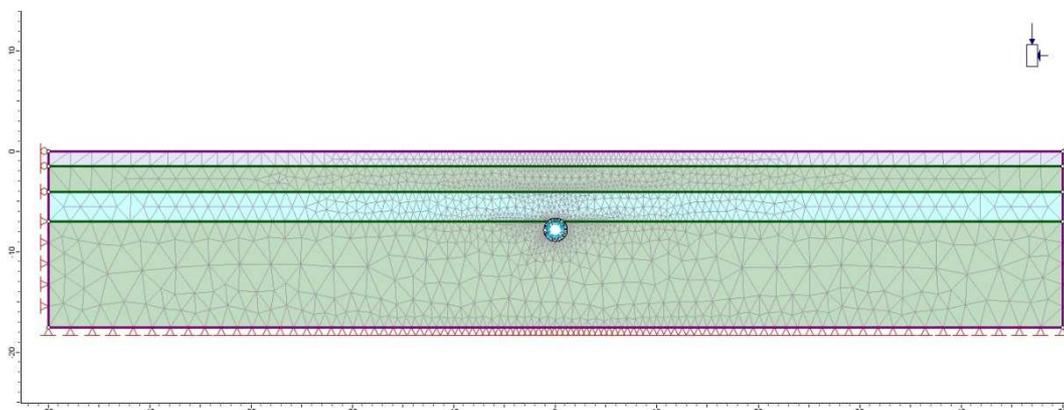


Figura 57. Modello ad elementi finiti per la sezione S8 in assenza di carico superficiale
Estensione totale del modello

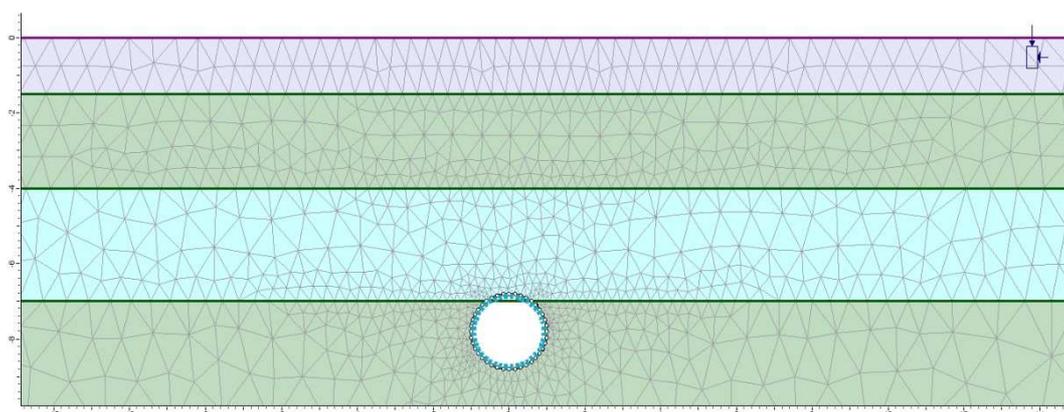


Figura 58. Modello ad elementi finiti per la sezione S8 in assenza di carico superficiale
Zoom intorno alla zona di scavo

Il modello comprende 4 fasi:

- inizializzazione dello stato tensionale originario
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 50% dello stato tensionale originario (ragionevolmente corrispondente alla situazione di scudo a ridosso del fronte di scavo)
- attivazione del rivestimento (tubazione) e rimozione totale delle forze nodali, corrispondente alla fase di avvenuta installazione.

Lo stato tensionale originario risulta verificato in termini di distribuzione della tensione principale massima e minima con coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.5$.

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali sono significativamente disomogenei a causa della presenza dello strato di caratteristiche UG1a presente al di sopra della calotta. Il corrispondente cedimento massimo in superficie in corrispondenza dell'asse

galleria è pari a 8 mm. L'andamento dei cedimenti superficiali assume la classica forma a campana gaussiana, con un'estensione massima di circa 40 m.

I cedimenti, in questo caso specifico, risultano concentrati nella UG1a a causa del basso modulo di deformabilità.

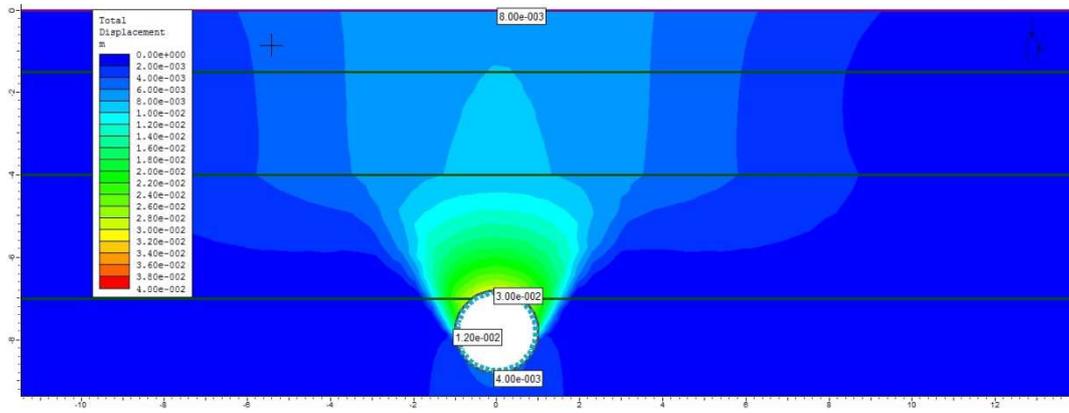


Figura 59. Spostamenti totali attorno al cavo

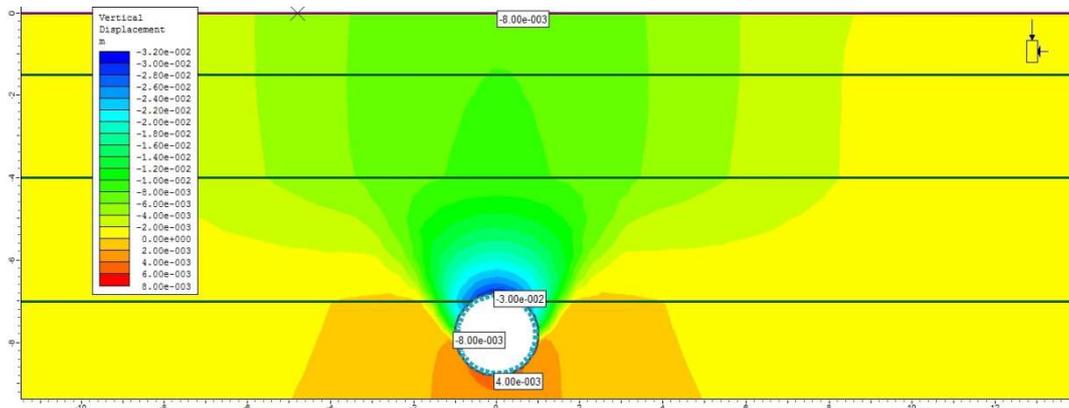


Figura 60. Spostamenti verticali attorno al cavo

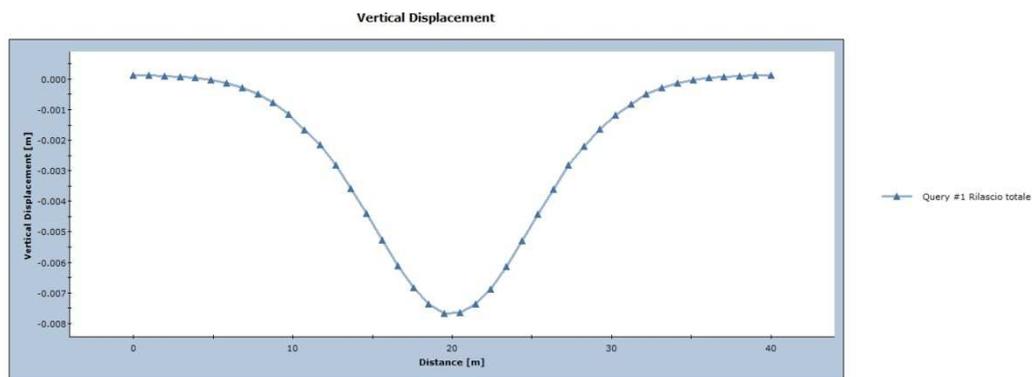


Figura 61. Spostamenti verticali attorno al cavo in funzione della distanza da questo

La fascia plastica è localizzata nella zona dei piedritti e si estende con la classica forma ad "orecchio" verso l'alto. La parte bassa della galleria non è interessata da plasticizzazione. Gli sforzi di taglio sono concentrati al di sopra della galleria, per effetto della presenza dello strato UG1a. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

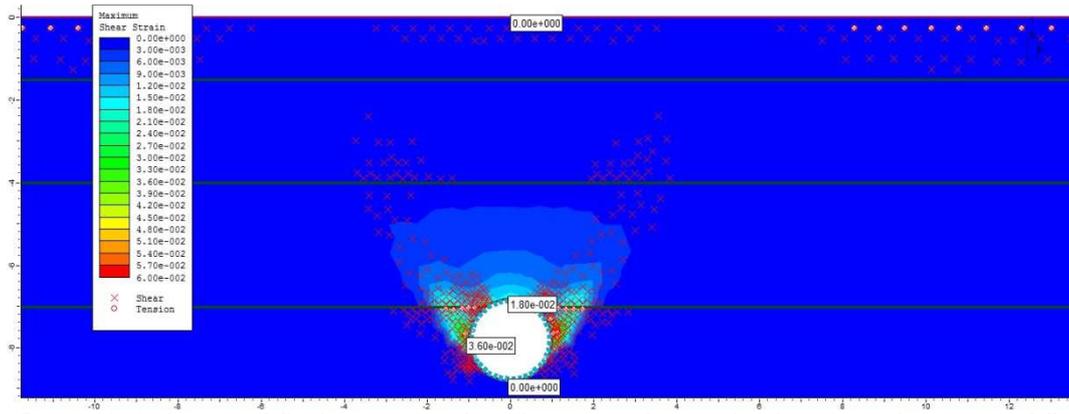


Figura 62. Andamento della deformazione da taglio attorno al cavo – localizzazione ed estensione della fascia plastica

17.6 Sezione S8 – in presenza di carico superficiale

In questo caso il modello tensio-deformativo differisce rispetto al precedente per due fattori:

1. Viene aggiunto il carico superficiale pari a 40 kPa alla fase di inizializzazione del modello. Infatti, l'infrastruttura stradale con i relativi carichi di traffico è presente prima della realizzazione della condotta.
2. Le forze nodali residue presenti sul contorno dello scavo prima dell'installazione della tubazione sono aumentate al 50% per compensare l'effetto prodotto dal carico superficiale, equivalente ad un aumento della copertura di circa 2 m.

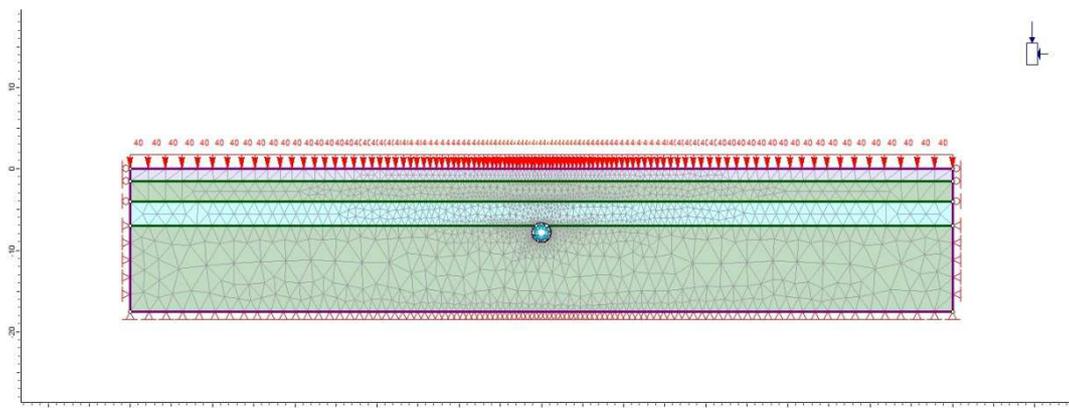


Figura 63 – Modello ad elementi finiti per la sezione S8 in presenza di carico superficiale
Estensione totale del modello

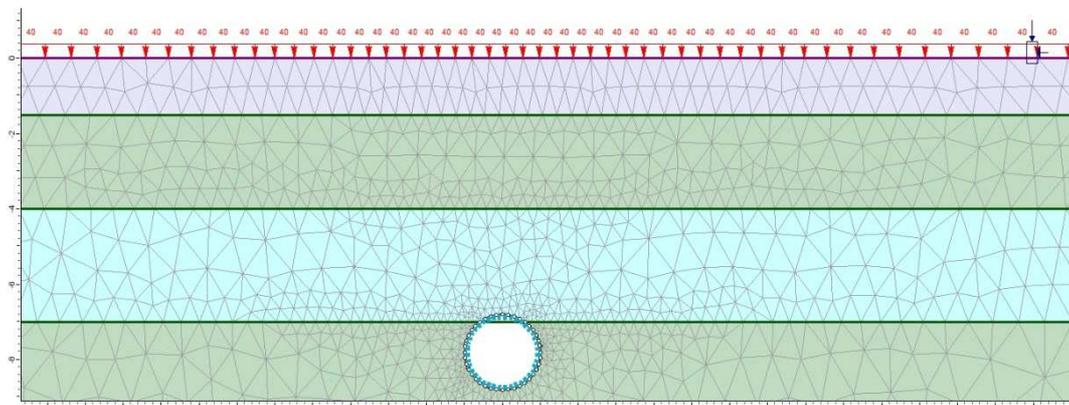


Figura 64. Modello ad elementi finiti per la sezione S8 in presenza di carico superficiale
Zoom intorno alla zona di scavo

Il modello comprende pertanto le seguenti 4 fasi:

- inizializzazione dello stato tensionale originario e applicazione del carico superficiale
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 50% dello stato tensionale originario (ragionevolmente corrispondente alla situazione di scudo a ridosso del fronte di scavo)
- attivazione del rivestimento (tubazione) e rimozione totale delle forze nodali, corrispondente alla fase di avvenuta installazione.

Lo stato tensionale originario risulta verificato in termini di distribuzione della tensione principale massima e minima con coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.5$, aumentato in questo caso del carico corrispondente al traffico superficiale.

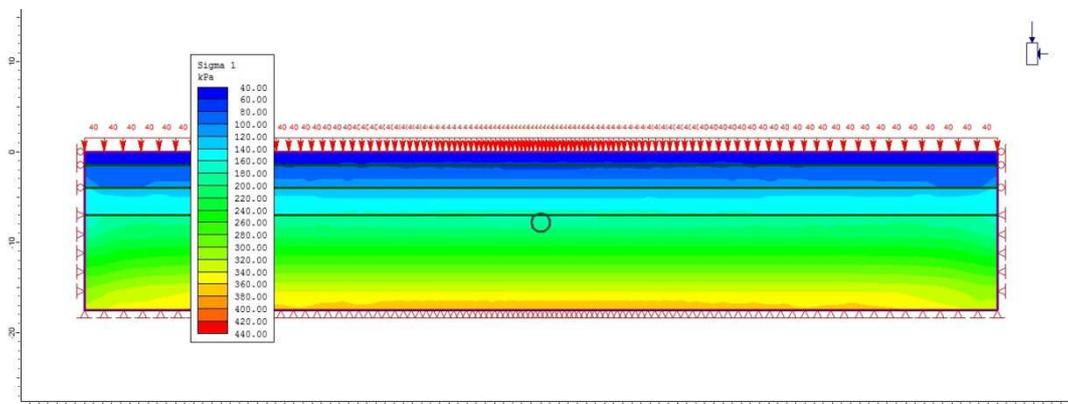


Figura 65. Andamento della tensione verticale σ_1 - fase iniziale in assenza di scavo

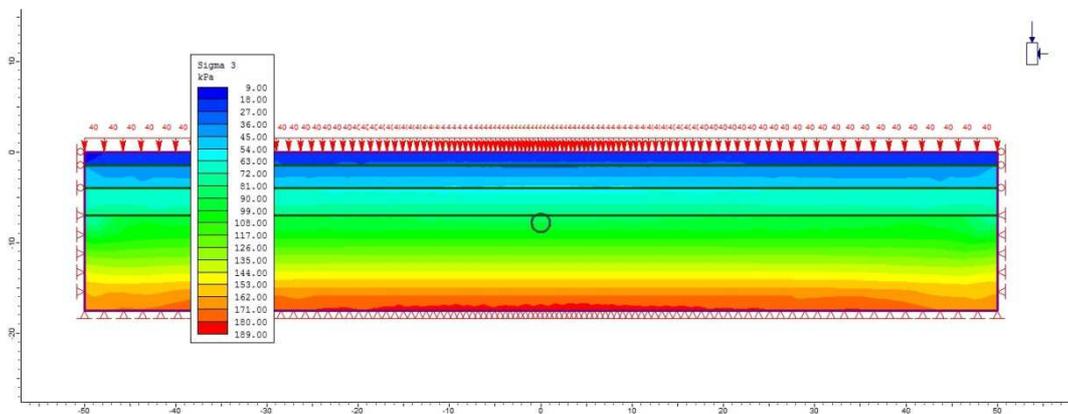


Figura 66. Andamento della tensione orizzontale σ_3 - fase iniziale in assenza di scavo

I risultati riportati di seguito in termini di spostamenti, fascia plastica e sforzi di taglio sono quindi determinati sottraendo gli effetti indotti dalla prima fase in cui è già presente l'effetto del carico stradale.

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali circa doppi rispetto al caso in assenza di carico superficiale. Si può notare l'effetto prodotto dallo strato di caratteristiche UG1a presente al di sopra della galleria causa una concentrazione degli spostamenti in questa zona. Ai fini pratici, questo spostamento induce maggiore attrito rispetto all'avanzamento dello scudo nella parte superiore della galleria.

Il corrispondente cedimento massimo in superficie in corrispondenza dell'asse galleria è pari a 18 mm. L'andamento dei cedimenti superficiali assume la classica forma a campana gaussiana, con un'estensione massima di circa 40 m. I cedimenti sono compatibili con quanto riportato in letteratura.

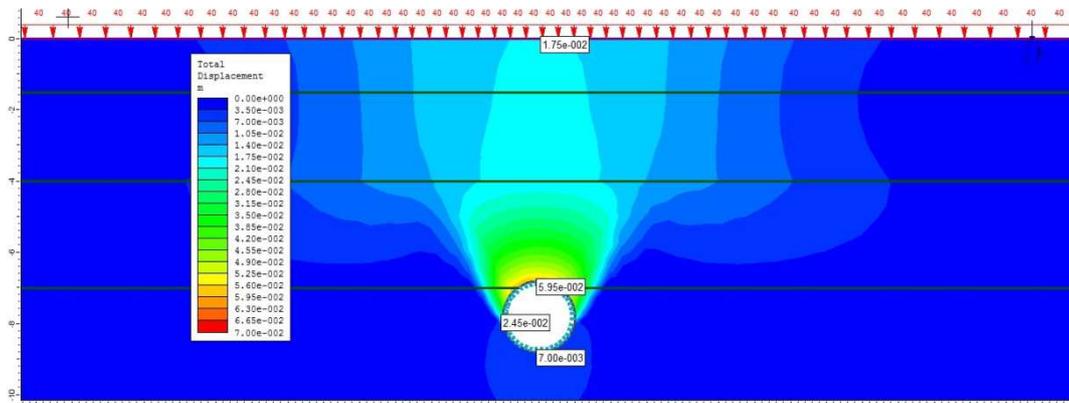


Figura 67. Spostamenti totali attorno al cavo

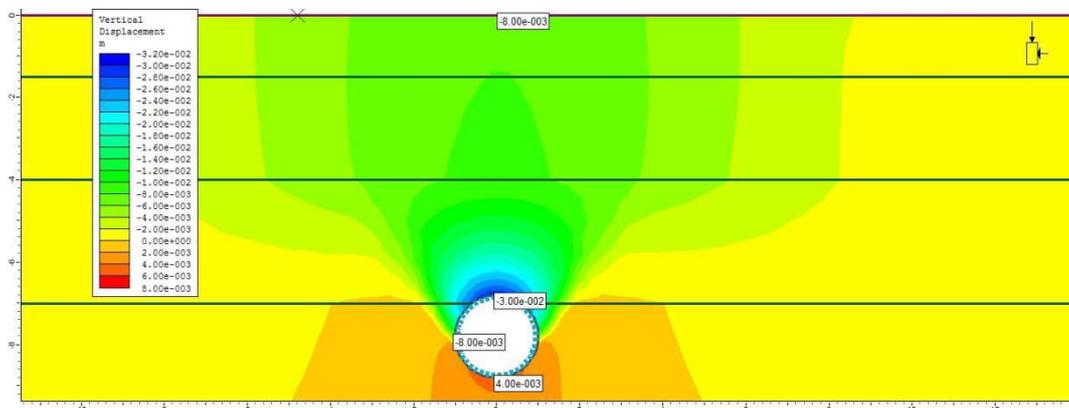


Figura 68. Spostamenti verticali attorno al cavo

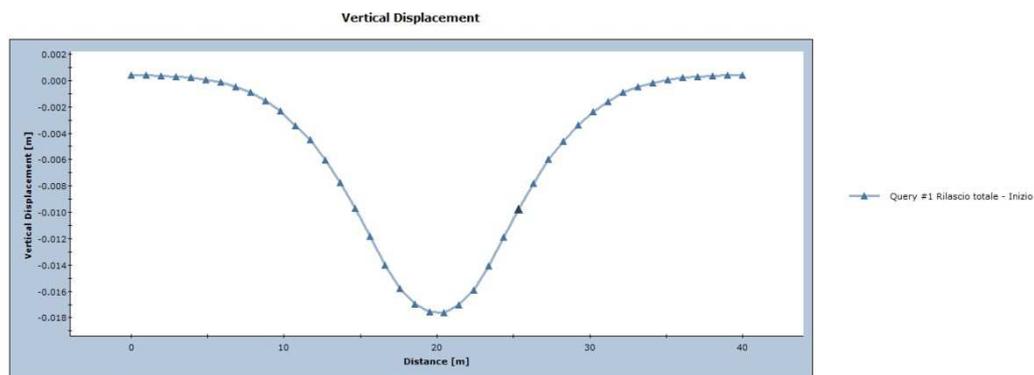


Figura 69. Spostamenti verticali attorno al cavo in funzione della distanza da questo

La fascia plastica e la zona di concentrazione degli sforzi di taglio massimo assumono dimensioni significative per effetto della presenza della UG1a subito al di sopra della galleria. La zona interessata da plasticizzazione si estende a partire dai piedritti con la forma ad "orecchio" fin quasi al piano campagna. Le deformazioni di taglio sono concentrate ai piedritti in una zona più limitata. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

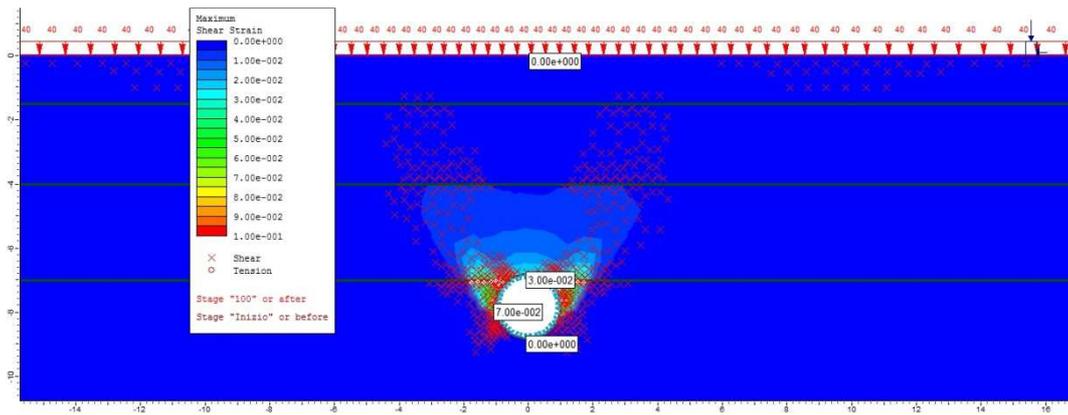


Figura 70. Andamento della deformazione da taglio attorno al cavo – localizzazione ed estensione della fascia plastica

18. MODELLI TENSO-DEFORMATIVI CON TECNICA MARCIAVANTI

In questa breve nota si analizza il comportamento tensio-deformativo in caso di realizzazione mediante galleria con scavo tradizionale. Le ipotesi riguardanti le geometria e le caratteristiche dei materiali sono derivate dalla tavola relativa alla sezione tipologica di massima.

Il modello, che analizza il comportamento della sezione trasversale in condizioni di deformazione piana, prende in considerazione la sezione tipo S8, in presenza di carichi superficiali. Gli elementi strutturali previsti sono presi in considerazione nell'analisi secondo le fasi seguenti:

- inizializzazione del modello
- rimozione degli elementi interni allo scavo e sostituzione delle reazioni ai nodi del perimetro con forze uguali e contrarie a quelle iniziali
- riduzione delle forze nodali fino al 60% dello stato tensionale originario. Questa condizione corrisponde ragionevolmente alla presente in corrispondenza della sezione studiata nel momento in cui si effettua l'infissione del marciavanti nel terreno antistante il fronte. Il marciavanti, non essendo costituito da un vero e proprio elemento strutturale continuo è considerato nell'analisi alla stregua di un elemento in grado di apportare un aumento di stabilità del fronte di scavo in ragione di un 10% circa dello stato tensionale.
- attivazione del rivestimento di prima fase costituito dalle centine HEA140, modellate come elementi beam monodimensionali, e ulteriore riduzione delle forze nodali fino al 95%.
- attivazione del rivestimento definitivo costituito da calcestruzzo armato, modellato mediante elementi piani, e scarico tensionale totale. Il rivestimento definitivo nella realtà sostiene i carichi mobilitati dopo il rilascio tensionale completo, ascrivibili ad eventuali assestamenti successivi ed effetti dipendenti dal tempo. La quota di carico del 5% è puramente indicativa. Il rivestimento definitivo è simulato da elementi piani a causa del suo notevole spessore, significativo rispetto alla dimensione dello scavo.

La sezione S8 prevede una copertura di 6.8 m al di sopra della calotta della condotta (circa 7.8 in asse). Le unità geotecniche presenti sono rispettivamente dall'alto al basso, UG0, UG1, UG1a e UG1 (ove si posiziona la maggior parte dello scavo).

Per tenere conto della presenza di traffico al di sopra della condotta, si assume la presenza costante sul piano campagna di un carico distribuito pari a 40 kPa (4000 kg/m²), equivalente, con i pesi per unità di volume assunti, ad una copertura aggiuntiva di circa 2m.

Geometria, condizioni al contorno e fasi di calcolo

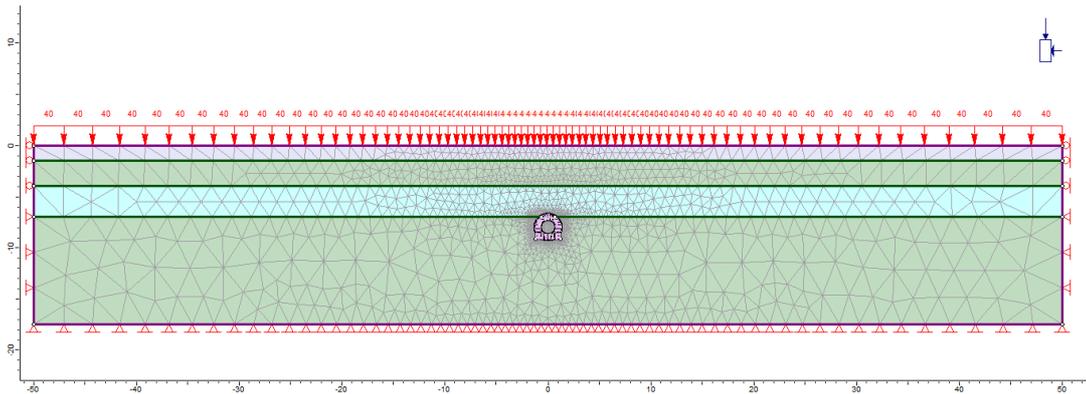


Figura 71. Modello ad elementi finiti per la sezione S8 in presenza di carico superficiale – Estensione totale del modello

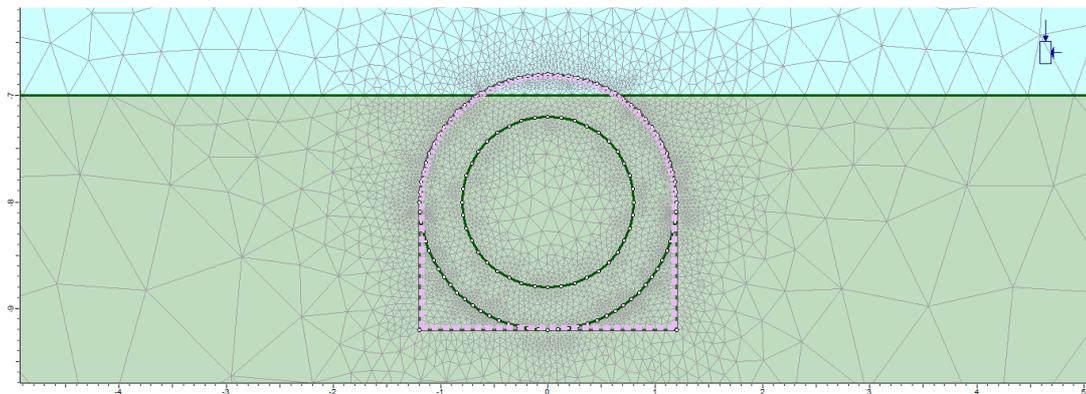


Figura 72. Modello ad elementi finiti per la sezione S8 in presenza di carico superficiale – Zoom intorno alla zona di scavo

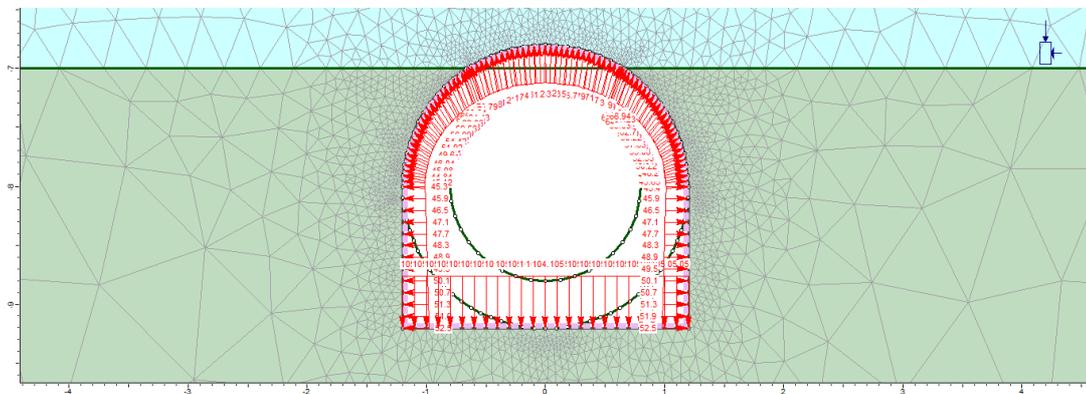


Figura 73. Riduzione forze nodali

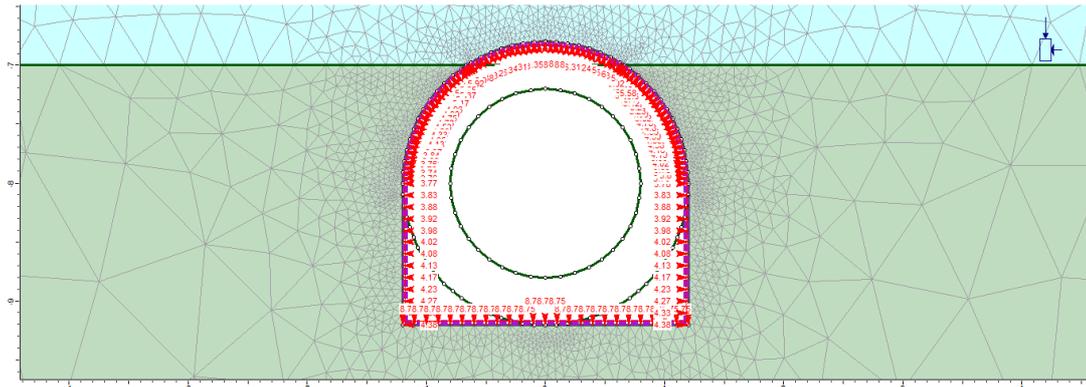


Figura 74. Attivazione del rivestimento di prima fase

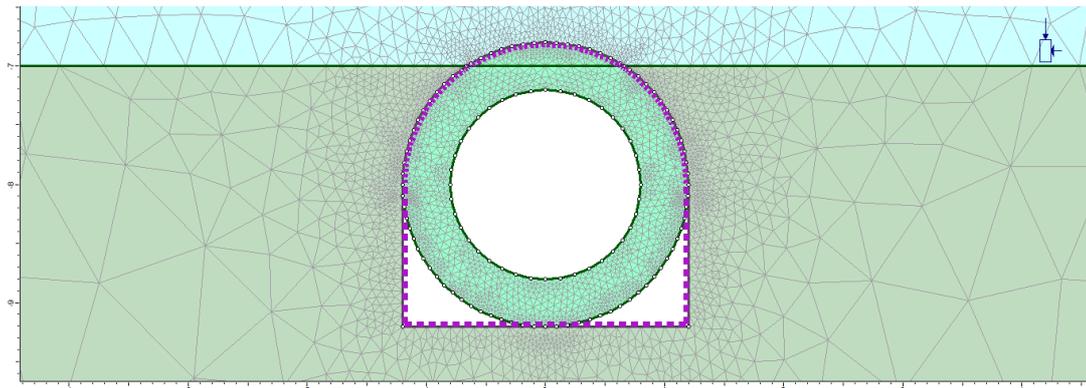
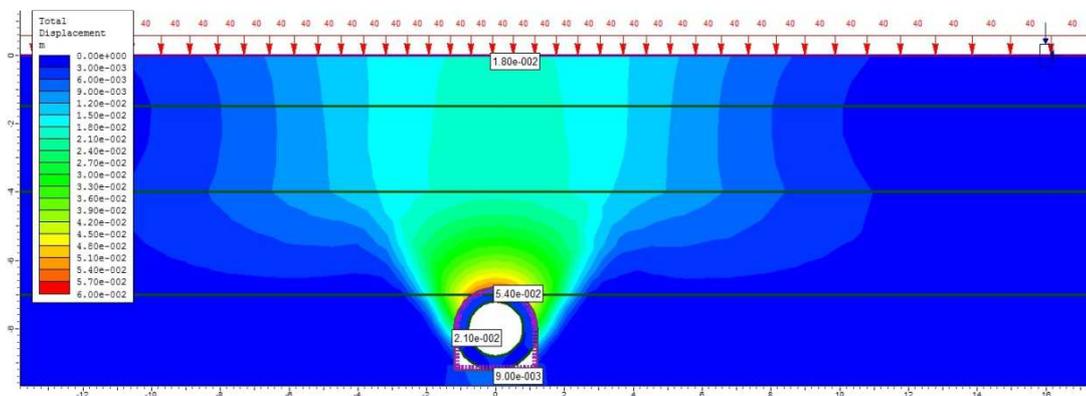


Figura 75. Getto del rivestimento definitivo

Risultati

I risultati in termini di spostamenti, fascia plastica e deformazioni di taglio di seguito riportati, sono determinati sottraendo gli effetti indotti dalla prima fase in cui è già presente l'effetto del carico stradale. Per ciascuna immagine, al di sotto della stessa è riportato il risultato corrispondente ottenuto nel modello di studio della soluzione con micro-tunnelling.

Gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali e gli spostamenti in superficie sono del tutto confrontabili. Le differenze contenute osservabili sono principalmente dovute alla diversa forma geometrica della sezione.



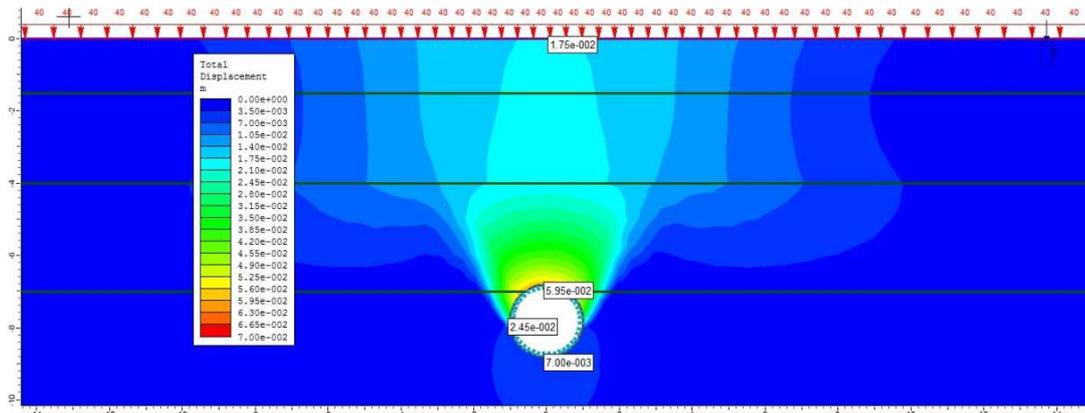


Figura 76. Spostamenti totali con indicazione dei valori puntuali in superficie (asse galleria) e in calotta, piedritto e arco rovescio

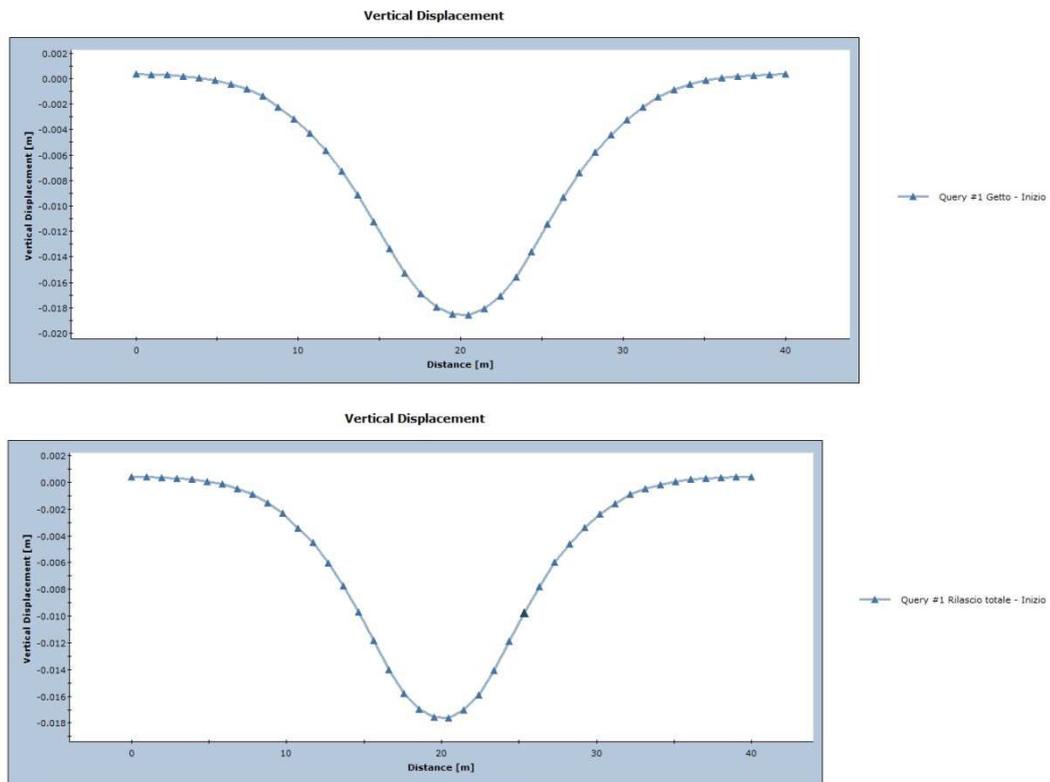


Figura 77. Spostamenti verticali sulla superficie in funzione della distanza dall'asse della galleria (ascissa 20m) a rilascio totale avvenuto

Come già rilevato nel caso dello scavo effettuato con micro-tunnelling, la fascia plastica e la zona di concentrazione delle deformazioni di taglio massimo assumono dimensioni significative per effetto della presenza della UG1a subito al di sopra della galleria. La zona interessata da plasticizzazione si estende a partire dai piedritti con la forma ad "orecchio" fin quasi al piano campagna. Le deformazioni di taglio sono concentrate ai piedritti in una zona più limitata. Le zone plastiche localizzate sulla superficie del modello non sono significative in quanto generate durante il processo iterativo di soluzione.

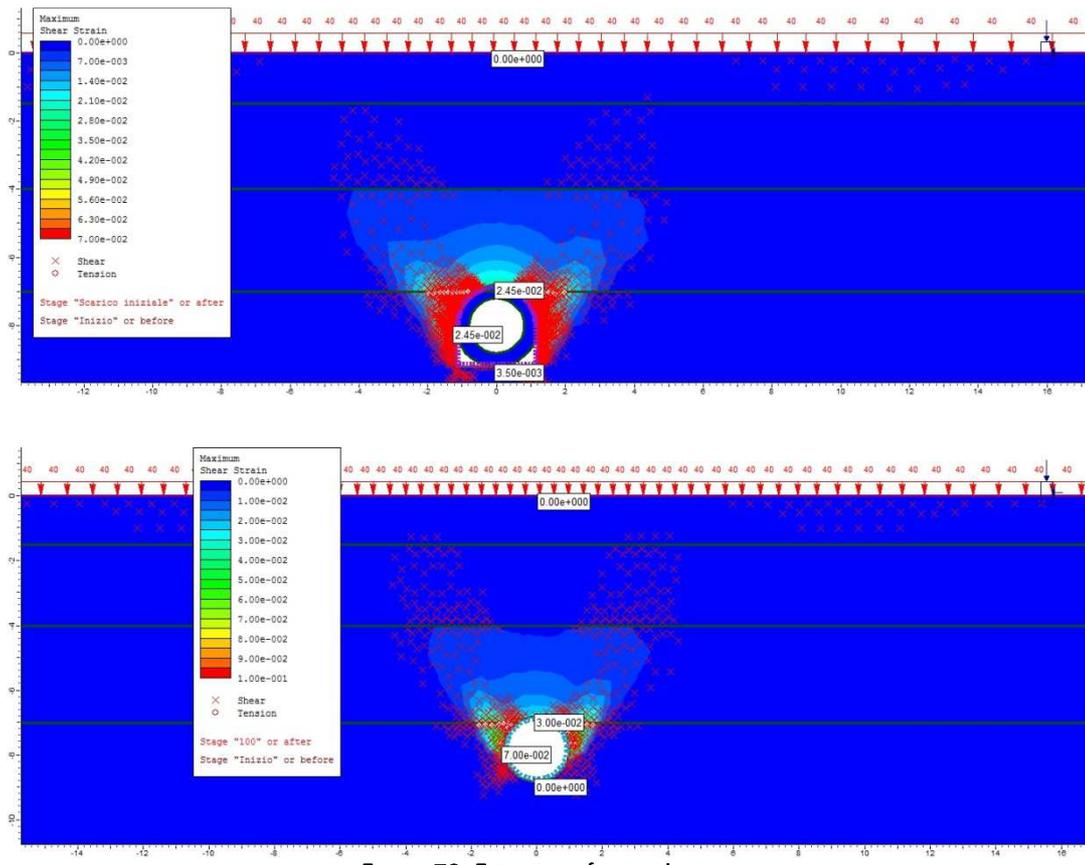


Figura 78. Estensione fascia plastica

Le centine che costituiscono il rivestimento di prima fase appaiono ben dimensionate in relazione alla percentuale di carico iniziale che in via preliminare è ragionevole pensare che si possa scaricare su tale sostegno.

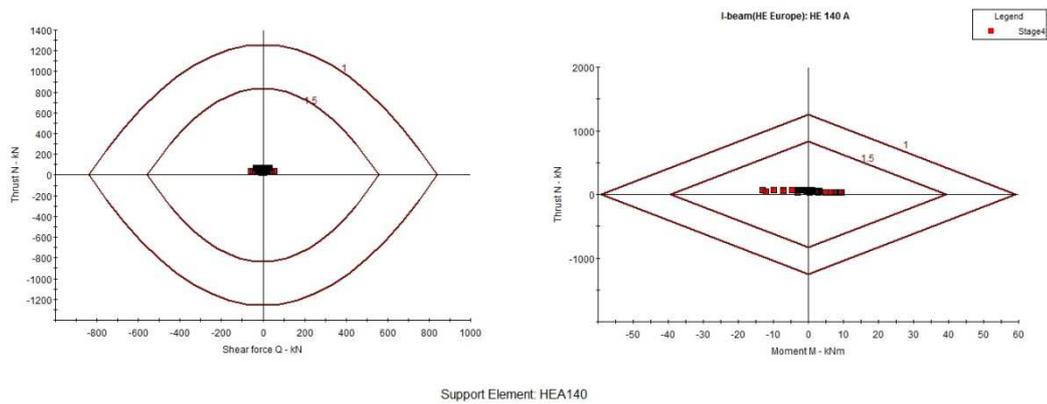


Figura 79. Diagrammi di interazione centina

19. CONCLUSIONI

I tre modelli numerici studiati per lo studio di stabilità della galleria realizzata con metodologia microtunnelling hanno preso in considerazione le situazioni estreme e più significative che è possibile incontrare lungo il tracciato del collettore in progetto.

Sebbene i modelli siano costruiti sulla base degli approfondimenti geologici e geomeccanici preliminari, nonché di documentazione relativa a lavori analoghi già realizzati nel territorio intercomunale (collettore di Collegno, Barla e Camusso, 2013), essi costituiscono una schematizzazione semplificata della realtà.

Sulla base dei risultati in termini di spostamenti mobilitati intorno allo scavo e in superficie, dell'entità e forma geometrica della fascia plastica e delle deformazioni di taglio si possono dedurre alcune considerazioni generali:

1. le sezioni caratterizzate dalla presenza delle Unità Geotecniche UG0, UG1 e UG2 non presentano particolari problematiche dal punto di vista tenso-deformativo e di stabilità del cavo. In generale ciò vale sia per basse che per alte coperture. Sarà necessario seguire le prescrizioni di realizzazione della condotta a regola d'arte (Thomson, 1993), utilizzando lubrificanti per ridurre le forze di attrito fra terreno e tubazione ed evitando di mantenere una luce libera da sostegno fra il fronte di scavo e lo scudo;
2. le sezioni interessate dalla presenza di lenti di limo sabbioso e lenti sabbiose poco addensate (Unità Geotecnica UG1a) comportano alcune problematiche aggiuntive. I modelli analizzati in questa sede presentano distribuzioni continue dell'unità con strati di spessore significativo, localizzate immediatamente al di sopra o al di sotto dello scavo. Queste condizioni inducono spostamenti con distribuzioni ed entità anomale e favoriscono l'estendersi della fascia plastica e delle zone di deformazione di taglio massimo fino in prossimità del piano campagna. La conformazione dei cedimenti superficiali si allontana dalla classica distribuzione gaussiana e i cedimenti si localizzano maggiormente vicino all'asse della galleria;
3. come già accennato, alcune ipotesi assunte, quali il carico superficiale continuo, i valori del modulo di deformazione elastica e la coesione nulla, sono largamente cautelative. Come noto in letteratura, relativamente alla caratterizzazione dei terreni interessati dagli scavi del passante ferroviario e della linea 1 della metropolitana, i depositi alluvionali di Torino presentano una cementazione diffusa variabile in percentuale fra il 25% e il 75%, con presenza di coesione non nulla e moduli di deformabilità più elevati (Barla M. e Barla G., 2012). Ciononostante, è doveroso segnalare che la presenza di lenti anche di proporzioni significative nell'intorno dello scavo potrebbe essere di non facile determinazione, in quanto sul fronte stesso potrebbero mancare gli elementi per riconoscerne la presenza. Nei tratti in cui si presume sia probabile incontrare tali lenti è consigliabile procedere registrando e monitorando in continuo i principali parametri di scavo, spinte, durata delle stesse, eventuali fenomeni di rifluimento del terreno nel cavo, cedimenti superficiali superiori a quelli attesi;

4. in riferimento alla misura dei cedimenti in superficie, è raccomandabile prevedere un certo numero di stazioni di monitoraggio topografico plano-altimetrico, in corrispondenza delle sezioni più significative, in modo da verificare in tempi brevi il comportamento del terreno;
5. in caso di necessità, le lenti possono essere trattate dallo scavo oppure, per profondità limitate, dalla superficie, mediante apposite malte, aventi composizione tarata sulla granulometria del terreno.

Nell'ambito della tecnica del marciavanti gli spostamenti totali che si verificano in corrispondenza del rilascio totale delle forze nodali e gli spostamenti in superficie sono del tutto confrontabili. Le differenze contenute osservabili sono principalmente dovute alla diversa forma geometrica della sezione.

20. CONFRONTO CON CASO STUDIO ANALOGO

Il confronto ha come riferimento l'installazione del collettore di dimensioni DN1600 nel territorio di Collegno, in provincia di Torino, della lunghezza di 550 m. La profondità media di installazione è pari a 13 m e i terreni incontrati non presentano cementazione. La sezione della condotta è confrontabile, nonché analoga, con quella adottata nel presente studio.

Il profilo della parte finale dello scudo è inclinata di 75° per favorire la stabilità dello scavo ed è stato adottato un sovra-scavo di 0.01 m. La rimozione del terreno avviene in modo parzialmente meccanizzato mediante una benna installata sulla parte inferiore dello scudo. La spinta è applicata da due martinetti aventi corsa massima di 0.5m e spinta nominale 2800 KN a 200 bar. L'installazione di ciascun tubo da 3m ha richiesto 6 spinte della durata di circa 3minuti l'una, con un tempo totale di spinta e asportazione del terreno di 4 ore.

63

21. APPROFONDIMENTI E SVILUPPI FUTURI

Come possibile sviluppo e approfondimento di quanto emerso in questo studio preliminare relativamente alla stabilità del fronte di scavo nel caso di esecuzione dello stesso mediante la tecnica del microtunnelling, è possibile individuare le seguenti attività, che assumono particolare importanza in relazione all'interazione dello scavo con l'Unità Geotecnica UG1a:

1. analisi parametrica delle caratteristiche meccaniche delle unità geotecniche interessate dallo scavo e individuazione dei possibili scenari critici (es. distribuzioni percentuali e geometriche delle singole unità e possibili ricadute sulla stabilità del fronte);
2. modellazione numerica in condizioni di deformazione piana come approfondimento degli scenari critici per la stabilità del fronte;
3. scelta di particolari casi critici su cui condurre modellazione numerica di tipo assial-simmetrico al fine di studiare l'avanzamento dello scudo e del rivestimento in direzione longitudinale e gli spostamenti/cedimenti superficiali indotti.

Dott. Geol. Luca Filieri

Dott. Ing. D. Masera

Bibliografia

Barla M., Barla G. 2012. Torino subsoil characterisation by combining site investigations and numerical modeling. Geomechanik Und Tunnelbau, Ernst & Sohn, pp. 18, 2012, Vol. 3/2012.

Barla M., Camusso M., 2013. A method to design microtunnelling installations in randomly cemented Torino alluvial soil. Tunnelling and Underground Space Technology 33, 73–81.

Camusso M. 2008. Particle element modeling of the Torino subsoil to improve microtunnelling installations. Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino.

Thomson J. 1993. Pipejacking and microtunnelling. Blackie Academic and Professional. Glasgow.

BARLA G., "Meccanica delle Rocce 2" Appunti del corso del Prof. Giovanni Barla A.A. 2003 – 2004, Politeko.

BARLA G., "Recenti sviluppi e nuovi orientamenti nel campo delle gallerie" Primo ciclo di conferenze di Meccanica e Ingegneria delle Rocce - 1986.

MORELLI S. (Consorzio CAVET), "L'organizzazione per la produzione del calcestruzzo", "Il rivestimento in calcestruzzo delle opere in sotterraneo" Conferenze Permanenti Alta Velocità – 8° Sessione, Firenze 26 settembre 2003.



PROVINCIA di TORINO
CITTÀ di TORINO

Realizzazione collettore mediano zona sud-ovest area
metropolitana:
intervento di risanamento collettore zona sud
(ATO3 3186 - RI0304)

OGGETTO

Inquadramento geologico e geotecnico ai sensi delle
N.T.C. 2008

Caratterizzazione geomeccanica dei terreni ed analisi
tenso-deformativa dello scavo per il collettore zona sud
Torino

ALLEGATI

PROPONENTE

Risorse Idriche S.p.A.

TECNICI INCARICATI

Dott. Geol. Luca Filieri
Iscr. Ordine Geologi del Piemonte
n. 566

Dott. Ing. Davide Masera
Iscr. Ordine Ingegneri Provincia di Torino
n. 10403K

STUDIOAPOGEO

Ambiente e Territorio

10024 Moncalieri (TO) Via Pastrengo, 102/6 - Tel.& Fax. 011/6056000 - 348/7792996
info@studioapogeo.it - www.studioapogeo.it

Gennaio 2013

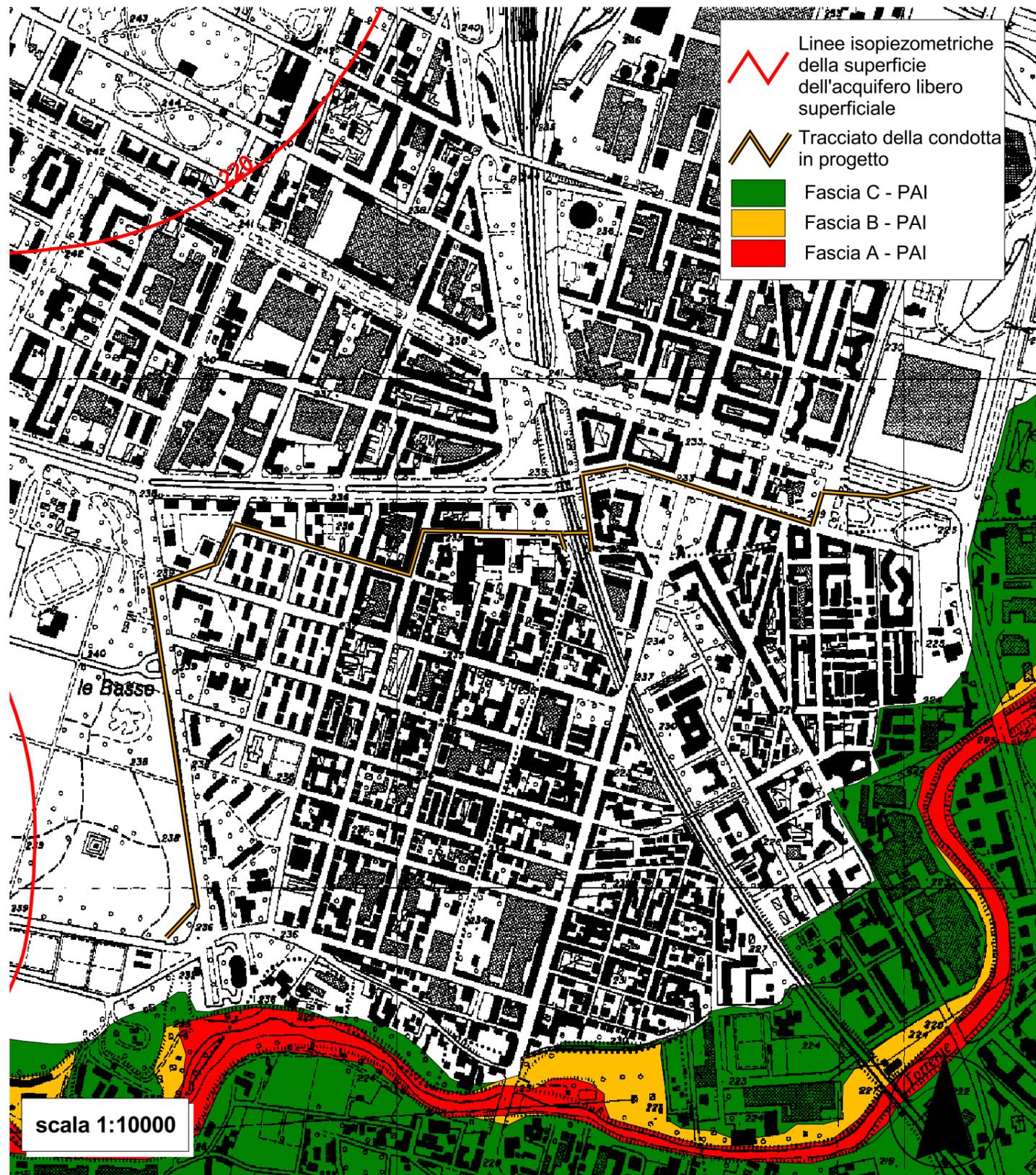
ALLEGATI

Tavole d'inquadramento

Stratigrafie sondaggi

Certificati analisi granulometriche

TAVOLE D'INQUADRAMENTO

Realizzazione collettore mediano zona sud-ovest area metropolitana:
intervento di risanamento collettore zona sud

Estratto da C.T.R. sezz. 156130-155160



Estratto da C.G.I. Foglio Torino

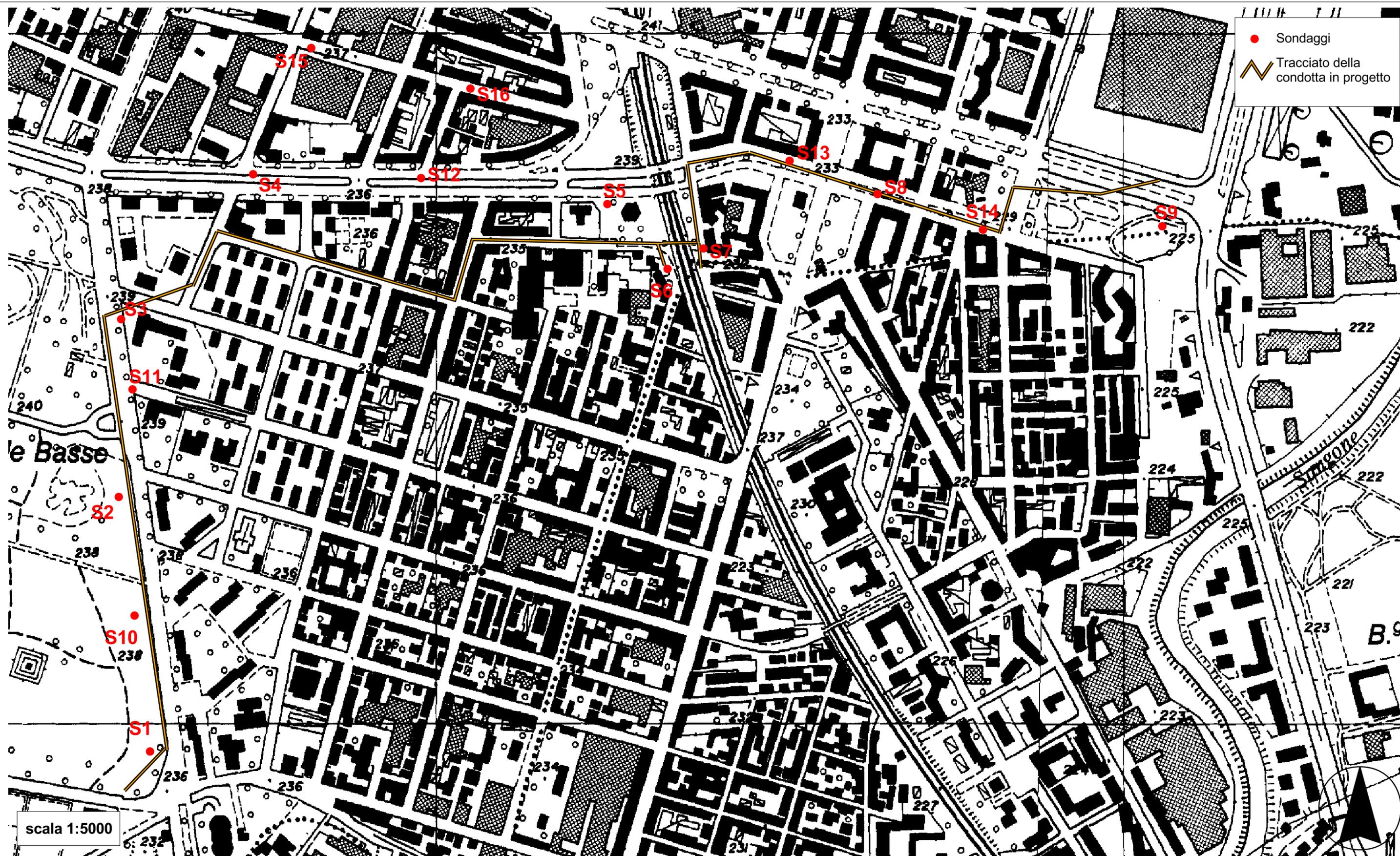
REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI TORINO

Tavole di inquadramento

Realizzazione collettore mediano zona sud-ovest area metropolitana:
intervento di risanamento collettore zona sud



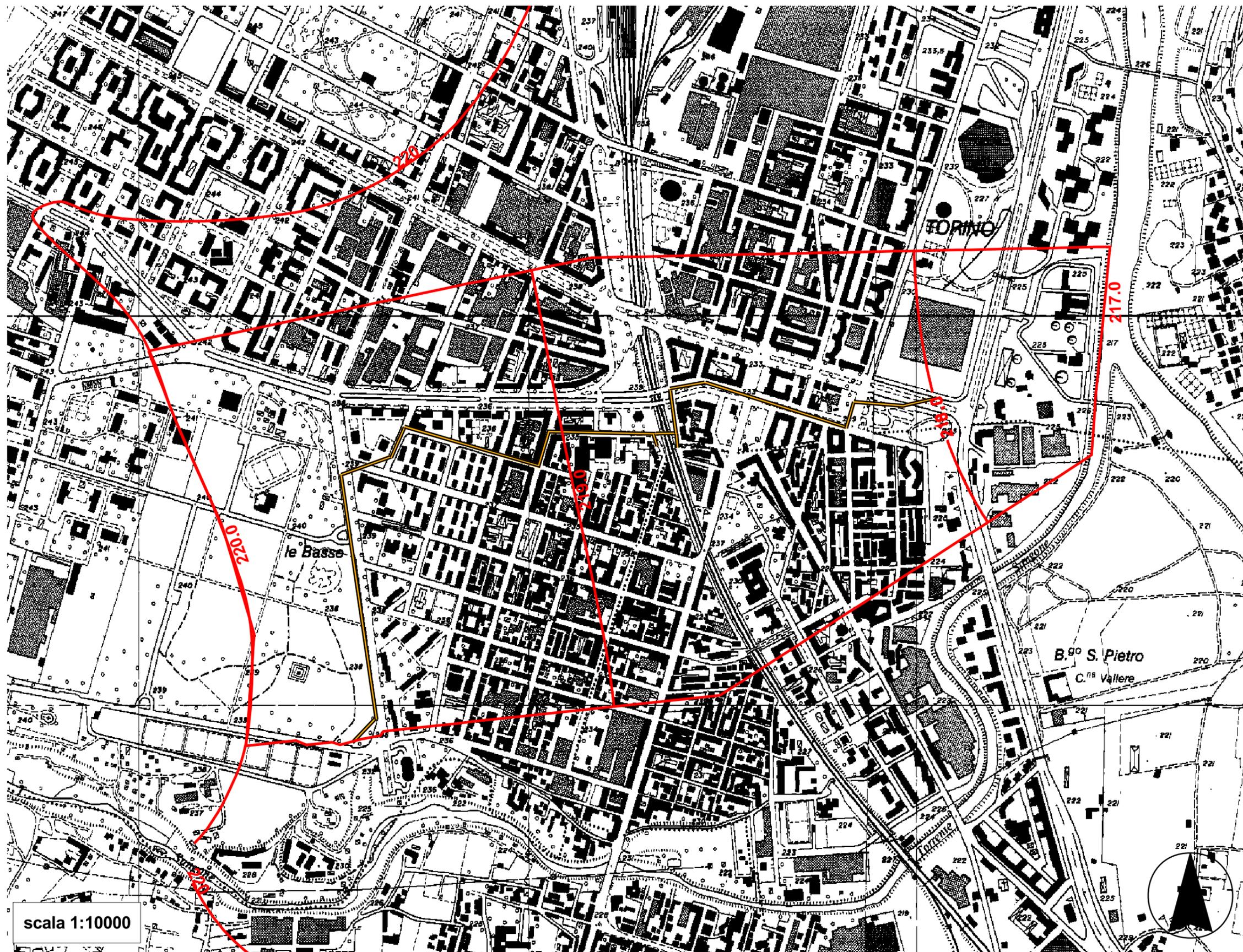
REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI TORINO

Tavole di inquadramento

Realizzazione collettore mediano zona sud-ovest area metropolitana:
intervento di risanamento collettore zona sud



-  Linee isopiezometriche della superficie dell'acquifero libero superficiale (elaborazione Feflow 5.3 e Politecnico di Torino)
-  Tracciato della condotta in progetto

scala 1:10000

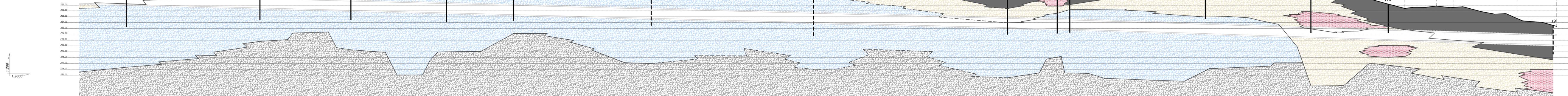
STUDIOAPOGEO

Ambiente e Territorio

PROFILO LONGITUDINALE

LEGENDA

- Sondaggi lungo la verticale della condotta in progetto
- - - - Sondaggi "proiettati"
- UG0
- UG1
- UG1A
- UG2
- Complesso basale



Q. rif. +200.00

PICCHETTO / POZZI DI ISPEZIONE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
DISTANZA PARZIALE	0	13.78	19.40	20.08	18.25	18.01	26.65	26.17	31.37	30.86	35.87	31.83	23.71	19.37	18.58	29.31	26.65	25.42	26.47	22.91	20.83	28.72	22.03	34.23	44.53	44.65	19.30	23.55	19.10	27.61	20.76	27.56	23.60	54.67	27.52	31.05	30.29	42.27	29.35	21.66	19.62	21.32	13.08	38.95	28.31	16.88	30.24	28.28	29.42	29.35	21.09	22.84	17.28	16.66	15.27	22.94	22.08	30.64	31.79	21.64	21.98	15.31	22.52	16.72	23.82	15.99	30.68	16.57	27.02	9.16	3.88	16.71	2.66	6.24	30.39	793.35	32.25	761.10	13.03	736.74	11.33	38.00	20.00	25.16	32.29	10.82	17.83	18.74	12.69	20.65	20.19	13.66	15.51	22.20	23.63	32.07	27.15	15.67	13.90	20.71	13.94	26.83	261.20	15.64	19.46	19.32	23.58	183.20	22.05	30.70	23.08	20.37	28.37	34.81	23.82	0.00	23.82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
DISTANZA PROGRESSIVA	250.00	256.22	256.82	246.74	246.89	245.04	243.83	239.76	236.29	235.43	229.56	226.73	224.02	222.65	220.67	217.67	215.34	212.87	210.19	208.3	205.24	203.8	199.61	195.12	190.69	188.77	186.42	184.52	181.74	179.65	176.99	174.59	169.82	166.33	163.25	160.19	155.99	153.83	151.84	149.79	148.41	144.56	141.67	138.95	136.64	134.35	131.93	128.28	126.14	122.84	121.37	120.47	118.94	116.65	114.42	111.37	108.19	106.03	103.87	102.36	100.54	98.82	96.00	94.01	91.33	89.76	86.97	86.74	86.38	83.88	82.74	793.35	32.25	761.10	748.07	736.74	698.74	678.74	653.58	621.29	610.47	592.64	575.90	561.21	540.56	520.37	506.71	491.20	469.00	445.37	413.30	386.15	370.48	356.58	335.87	321.93	295.10	261.20	245.56	226.10	206.78	183.20	161.15	130.45	107.37	87.00	58.63	23.82	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
QUOTA TERRENO	236.17	236.33	235.86	235.81	235.60	235.43	236.01	236.09	236.09	236.02	236.17	236.37	236.66	236.73	236.53	236.31	236.40	236.52	236.32	236.03	235.71	235.48	235.28	235.97	236.23	236.42	236.61	236.76	236.87	236.57	236.40	236.24	236.06	235.85	235.58	235.28	234.94	234.58	234.04	233.58	233.26	232.84	232.32	231.81	231.31	230.80	230.30	229.79	229.28	228.76	228.24	227.72	227.20	226.68	226.16	225.64	225.12	224.60	224.08	223.56	223.04	222.52	222.00	221.48	220.96	220.44	219.92	219.40	218.88	218.36	217.84	217.32	216.80	216.28	215.76	215.24	214.72	214.20	213.68	213.16	212.64	212.12	211.60	211.08	210.56	210.04	209.52	209.00	208.48	207.96	207.44	206.92	206.40	205.88	205.36	204.84	204.32	203.80	203.28	202.76	202.24	201.72	201.20	200.68	200.16	199.64	199.12	198.60	198.08	197.56	197.04	196.52	196.00	195.48	194.96	194.44	193.92	193.40	192.88	192.36	191.84	191.32	190.80	190.28	189.76	189.24	188.72	188.20	187.68	187.16	186.64	186.12	185.60	185.08	184.56	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

STRATIGRAFIE SONDAGGI



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT s.p.a.**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Torino, Via Artom**

Commessa n. 12027

Perforazione **inizio: 24/08/2012 fine: 24/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: **N= 45° 0' 35.64" E= 07° 38' 58.31"**

Scala **1:50**

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/01

del **10/09/2012**

SONDAGGIO

S1

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.10		Cotica erbosa.												
0.10	0.40		Terreno di riporto sabbioso debolmente limoso con ghiaietto sparso, sporadici frammenti lateritici millimetrici.												
0.50	0.65		Limo sabbioso fine, poco consolidato, colore nocciola brunastro.												
1.15	1.15		Ghiaia prevalentemente medio-fine con sabbia eterometrica debolmente limosa, poco addensata, discreta ossidazione, colore nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
2.30	3.70		Ghiaia eterometrica con sabbia siltosa a tratti abbondante e/o prevalente, rari ciottoli, moderatamente addensata con livelli più competenti talora debolmente cementati, colore grigio-nocciola.												
6.00	1.50		Ghiaia prevalentemente medio-fine con sabbia debolmente limosa, rari ciottoli, moderatamente addensata con livelli meno competenti, colore nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127 mm	90-100%			7.00 9-9-8					4.00 CR1 4.50 4.80 CRA 5.30
7.50	0.50		Sabbia eterometrica ghiaiosa, moderatamente addensata, colore nocciola.												7.00 CR2 7.50
8.00	4.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a livelli prevalenti, subordinati ciottoli, moderatamente addensata, debole ossidazione, colore da nocciola a grigio-nocciola.							10.00 15-16-15					
12.00															

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

Piezometro a tubo aperto, diametro 2", finestrato da -3 a -12 m da piano campagna.



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)**

**SONDAGGIO
n.
S1**

Mod. 7.5.13 rev. 00

Committente: SMAT s.p.a.

Cantiere: Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana

Località: Torino – Via Artom

Coordinate: N = 45° 0' 35.64" E = 07° 38' 58.31"

Eseguito il
24/08/2012

Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/02 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	7.00	9	9	8	
2	10.00	15	16	15	
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Via Artom, Torino**

Commessa n. 12027

Perforazione **inizio: 27/08/2012 fine: 27/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: **N= 45° 0' 43.15" E= 07° 38' 56.88"**

Scala **1:50**

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/03

del **10/09/2012**

SONDAGGIO

S10

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.30		Cotica erbosa con terreno vegetale.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
0.30	0.70		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi.												
1.00	0.50		Limo siltoso debolmente sabbioso fine, poco consolidato, intensa ossidazione, colore bruno nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127	90-100%								
1.50	0.50		Ghiaia medio-fine con limo sabbioso, poco addensata, intensa ossidazione ed alterazione, colore bruno nocciola con screziature ocracee da ossidazione.												
2.00	1.10		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, con ciottoli, poco addensata, discreta ossidazione, colore nocciola brunastro.												
3.10	2.90		Ghiaia eterometrica moderatamente addensata, in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa con livelli più competenti talora debolmente cementati.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127	90-100%								
6.00	4.00		Ghiaia e sabbia eterometrica debolmente limosa con sporadici ciottoli, moderatamente addensate con livelli meno competenti, debole ossidazione, colore nocciola.												
10.00	2.00		Ghiaia eterometrica in matrice siltoso-sabbiosa a tratti abbondante, rari ciottoli, moderatamente addensata, colore nocciola.												
12.00															

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Artom

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 27/08/2012 fine: 27/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 0' 48.01" E= 07° 38' 55.70"

Scala 1:50

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/04

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S2

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

Dr. A. Cantù

Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.30		Cotica erbosa con terreno vegetale.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
0.30	0.70		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso.												
1.00	0.50		Limo siltoso debolmente sabbioso fine, poco consolidato, colore bruno nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127	90-100%								
1.50	0.80		Ghiaia eterometrica con sabbia da limosa a debolmente limosa con la profondità, poco addensata, intensa ossidazione ed alterazione, colore bruno nocciola con deboli screziature ocracee da ossidazione.												
2.30	3.50		Ghiaia eterometrica in abbondante talora prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa, moderatamente addensata con livelli più consistenti talvolta debolmente cementati, colore grigio.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127	90-100%								
5.80	3.20		Ghiaia eterometrica e sabbia talora prevalente, rari ciottoli, moderatamente addensata con livelli moderatamente cementati, debole ossidazione, colore nocciola.												
9.00	3.00		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine siltoso-sabbiosa, rari ciottoli, moderatamente addensata, colore grigio.												
12.00															

FALDA ASSENTE

Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

SONDAGGIO

S11

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Artom

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 29/08/2012 fine: 29/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Pagina 1 di 1

Coordinate: N= 45° 0' 53.45" E= 7° 38' 55.46"

Scala 1:50

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/05

del 10/09/2012

Dr. A. Cantù

Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.10		Asfalto bituminoso												
0.10	0.40		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso.												
0.50	0.30		Ghiaia medio-fine con limo debolmente sabbioso, poco addensato, discreta ossidazione, colore nocciola brunastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
0.80	0.90		Ghiaia prevalentemente medio-fine con sabbia debolmente limosa, poco addensata, discreta ossidazione, colore nocciola.												
1.70	3.30		Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa, rari ciottoli, moderatamente addensata con livelli più competenti talora debolmente cementati, colore grigio.												
5.00	0.30		Sabbia eterometrica ghiaiosa, moderatamente addensata, colore nocciola.												
5.30	6.70		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, a livelli prevalenti, subordinati ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata, discreta ossidazione, colore nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127	90-100%								
12.00															

FALDA ASSENTE

Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT s.p.a.**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Torino, Via Artom**

Commessa n. 12027

Perforazione **inizio: 04/09/2012 fine: 04/09/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: **N= 45° 0' 56.37"**

E= 7° 38' 54.75"

Scala **1:50**

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/06

del **10/09/2012**

SONDAGGIO

S3

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.10		Asfalto bituminoso												
0.10	0.30		Rilevato stradale ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi.												
0.40	0.30		Terreno rimaneggiato limoso debolmente sabbioso.												
0.70	0.50		Limo sabbioso fine, poco consolidato, intensa ossidazione, colore bruno rossiccio.												
1.20	0.30		Ghiaia medio-fine con limo sabbioso, poco addensato, discreta ossidazione ed alterazione, colore nocciola brunastro.												
1.50	0.60		Sabbia eterometrica debolmente limosa e ghiaiosa, moderatamente addensata, colore nocciola.												
2.10	2.00		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso siltosa a tratti abbondante moderatamente addensata con livelli più competenti, colore grigio.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
4.10	2.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, moderatamente addensata, discreta ossidazione, colore bruno nocciola.												
6.10	5.90		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine silto-sabbiosa, subordinati ciottoli, da addensata a molto addensata con subordinati livelli debolmente cementati, colore grigio.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127	90-100%								
										8.00 28-38-R					3.80 CRA 4.30 5.00 CR1 5.50
										11.00 22-30-36					8.00 CR2 8.50
12.00															

FALDA ASSENTE

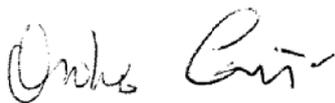
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

 <p>COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI</p> <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)	SONDAGGIO n. S3
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: SMAT s.p.a. Cantiere: Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana Località: Torino – Via Artom Coordinate: N = 45° 0' 56.37" E = 07° 38' 54.75"	Eseguito il 04/09/2012
Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/07 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027		

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	8.00	28	38	R	
2	11.00	22	30	36	
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



Pagina 1 di 1



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Duino

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 30/08/2012 fine: 30/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 3.27"

E= 7° 39' 4.79"

Scala 1:50

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/08

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S15

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.10		Asfalto bituminoso.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
0.10	1.15		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi e rari frammenti lateritici.												
1.25	0.20		Limo sabbioso fine debolmente siltoso, poco consistente, colore bruno.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127 mm	90-100%			3.00 20-38-R (8 cm)					
1.45	0.25		Ghiaia medio-fine con sabbia debolmente limosa, poco addensata, intensa ossidazione e discreta alterazione, colore bruno-nocciola.												
1.70	4.40		Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine sabbioso-siltosa, da moderatamente addensata ad addensata con subordinati livelli cementati, colore grigio.												
6.10	0.90		Limo argilloso poco consistente, intensa ossidazione, colore bruno nocciola.							6.00 8-3-3					
7.00	1.30		Ghiaia medio-fine con sabbia da limosa a debolmente limosa con la profondità, da poco a moderatamente addensata, intensa ossidazione ed alterazione, colore bruno nocciola con screziature ocracee da ossidazione.												
8.30	3.70		Ghiaia prevalentemente medio-fine in matrice sabbiosa debolmente limosa talora abbondante, generalmente addensata, discreta ossidazione e debole alterazione, colore nocciola brunastro.							9.00 13-18-21					
12.00															

FALDA ASSENTE

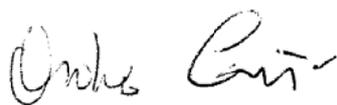
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

 <p>COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI</p> <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)		SONDAGGIO n. S15
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: SMAT s.p.a. Cantiere: Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana Località: Torino – Via Duino Coordinate: N = 45° 01' 03.27" E = 07° 39' 04.79"	Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/09 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027	

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	20	38	R (8 cm)	
2	6.00	8	3	3	
3	9.00	13	18	21	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
 Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Duino

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 03/09/2012 fine: 03/09/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 7.03"

E= 7° 39' 18.03"

Scala 1:50

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/10

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S16

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.30		Asfalto bituminoso.												
0.30	1.00		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi e rari frammenti lateritici.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
1.30	0.85		Limo debolmente sabbioso fine, poco consistente e debolmente plastico, intensa ossidazione, colore bruno.												
2.15	0.25		Ghiaia medio-fine con sabbia limosa, poco addensata, intensa ossidazione e discreta alterazione, colore bruno-nocciola.												
2.40	5.20		Ghiaia eterometrica in abbondanza e/o prevalente matrice fine sabbioso-siltosa, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio.			127 mm	90-100%			5.00 15-18-13					
7.60	1.55		Limo debolmente argilloso a tratti debolmente sabbioso poco consistente, debolmente plastico, colore nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice					8.00 2-3-2					
9.15	2.85		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a livelli prevalenti, rari ciottoli, moderatamente addensata, discreta ossidazione, colore nocciola.												
12.00															

FALDA ASSENTE

Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)**

**SONDAGGIO
n.
S16**

Mod. 7.5.13 rev. 00

Committente: SMAT s.p.a.

Cantiere: Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana

Località: Torino – Via Duino

Coordinate: N = 45° 01' 07.03" E = 07° 39' 18.03"

Eseguito il
03/09/2012

Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/11 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	5.00	15	18	13	
2	8.00	2	3	2	
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT s.p.a.**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Moncalieri, Parco delle Vallere**

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 30/08/2012 fine: 30/08/2012 Sonda: **Com MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 0.66"

E= 7° 40' 2.91"

Scala 1:20

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/12

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S9

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.40		Terreno vegetale con cotica erbosa.												
0.40	3.30		Terreno di riporto sabbioso-limoso con ghiaia sparsa, rari ciottoli e subordinati frammenti lateritici.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice	127 mm	90-100%			3.00 4-4-3					3.00 CR1
3.70	1.30		Terreno di riporto limoso-sabbioso con ghiaia sparsa e subordinati frammenti lateritici.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice										4.00 CR2
5.00															4.50 CRA

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castigione T.se

Piezometro a tubo aperto, diametro 2", finestrato da -2 a -5 m da piano campagna.



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)**

**SONDAGGIO
n.
S9**

Mod. 7.5.13 rev. 00

Committente: SMAT s.p.a.

Cantiere: Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana

Località: Moncalieri – Parco delle Vallere

Coordinate: N = 45° 01' 00.66" E = 07° 40' 02.91"

Eseguito il
30/08/2012

Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/13 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	4	4	3	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Moncalieri, Corso Fratelli Rosselli

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 31/08/2012 fine: 31/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 1.13"

E= 7° 39' 52.28"

Scala 1:20

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/14

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S14

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

Dr. A. Cantù

Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00 0.10	0.10		Asfalto bituminoso												
	3.40		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi e subordinati frammenti lateritici centimetrici (max. 2-3 cm).		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice	127 mm	90-100%			3.00 4-4-3					2.80 CR1 3.30
3.50	0.40		Terreno di riporto limoso-sabbioso con ghiaietto sparso e frammenti lateritici millimetrici.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice										
3.90	0.30		Limo sabbioso fine con ghiaietto sparso, moderatamente consistente, colore nocciola.												
4.20	0.80		Ghiaia eterometrica con sabbia siltosa a tratti abbondante o prevalente, moderatamente addensata, colore grigio.												
5.00															

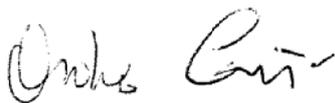
FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

 <p>COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI</p> <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)	SONDAGGIO n. S14
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: <u>SMAT s.p.a.</u> Cantiere: <u>Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana</u> Località: <u>Moncalieri (TO) – Corso F.lli Rosselli</u> Coordinate: <u>N = 45° 01' 01.13"</u> <u>E = 07° 39' 52.28"</u>	Eseguito il 31/08/2012
Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/15 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027		

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	4	4	3	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Corrado Corradino

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 31/08/2012 fine: 31/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 2.28"

E= 7° 39' 46.58"

Scala 1:30

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/16

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S8

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.70		Terreno di riporto ghiaioso sabbioso con ciottoli sparsi e sporadici frammenti lateritici.												
0.70	0.30		Ghiaia medio-fine con sabbia debolmente limosa, poco addensata, discreta ossidazione, colore nocciola brunastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
1.00	3.30		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-siltosa a tratti abbondante e/o prevalente, rari ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio-nocciola.												
4.30	1.50		Limo da debolmente sabbioso a sabbioso fine con la profondità, poco consistente, debolmente plastico, colore nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127 mm	90-100%								
5.80	0.70		Ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana, poco addensata, debole ossidazione, colore nocciola brunastro.												
6.50	0.80		Limo debolmente argilloso, poco competente, debolmente plastico, colore nocciola.												
7.30	0.70		Ghiaia eterometrica, con sabbia debolmente siltosa, subordinati ciottoli, moderatamente addensata, colore grigio.												
8.00															

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Tommaso Villa

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 31/08/2012 fine: 31/08/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 0.29"

E= 7° 39' 32.64"

Scala 1:30

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/17

del 10/09/2012

SONDAGGIO

S7

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00 0.10	0.10		Cotica erbosa.												
	2.20		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi e subordinati frammenti lateritici.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
2.30	0.80		Terreno rimaneggiato e/o di riporto limoso sabbioso con ghiaietto sparso.												
3.10	2.60		Ghiaia eterometrica in matrice siltoso-sabbiosa a tratti abbondante e/o prevalente, subordinati ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio.			127 mm	90-100%			3.10 R (12 cm)					2.50 3.00 3.10 3.60
5.70	2.30		Ghiaia medio-fine con sabbia debolmete limosa più abbondante ad inizio strato, moderatamente addensato con livelli più competenti, discreta ossidazione, colore nocciola brunastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice					5.00 13-18-22					7.50
8.00										8.00					8.00

12-17-23

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)

SONDAGGIO
n.
S7

Mod. 7.5.13 rev. 00

Committente: SMAT s.p.a.

Cantiere: Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana

Località: Torino – Via Tommaso Villa

Coordinate: N = 45° 1' 0.29" E = 7° 39' 32.64"

Eseguito il
31/08/2012

Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/18 del 10/09/2012 - Commessa n. 12027

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.10	R (12 cm)			
2	5.00	13	18	22	
3	8.00	12	17	23	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT s.p.a.**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Torino, Via Onorato Vigliani**

Commessa n. 12027

Perforazione **inizio: 07/09/2012 fine: 07/09/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: **N= 45° 1' 13.85"**

E= 7° 39' 38.67"

Scala **1:30**

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/19

del **17/09/2012**

SONDAGGIO

S13

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.10		Terreno vegetale con cotica erbosa.												
0.10	1.30		Terreno di riporto sabbioso-ghiaioso con sporadici frammenti lateritici e apparati radicali.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
1.40	0.20		Limo sabbioso fine poco consistente, colore nocciola.												
1.60	0.90		Ghiaia medio-fine con sabbia debolmente limosa a livelli prevalenti, da poco addensata a moderatamente addensata, discreta ossidazione ed intensa alterazione, colore bruno nocciola con screziature ocracee da ossidazione.												
2.50	3.50		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine silto-sabbiosa, da moderatamente addensata ad addensata con subordinati livelli debolmente cementati, colore grigio.			127 mm	90-100%								
6.00	2.00		Ghiaia e sabbia eterometrica debolmente limosa, moderatamente addensata, colore nocciola grigiastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice										
8.00															

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Torrazza Piemonte

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 07/09/2012 fine: 07/09/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 0' 59.64"

E= 7° 39' 31.02"

Scala 1:30

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/20

del 17/09/2012

SONDAGGIO

S6

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	1.30		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con subordinati frammenti lateritici.												
1.30	2.00		Limo sabbioso debolmente argilloso, poco consistente, colore bruno nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
3.30	1.20		Ghiaia eterometrica con sabbia da limosa a debolmente limosa con la profondità, moderatamente addensata, intensa alterazione e discreta ossidazione, colore nocciola brunastro con screziature ocracee da ossidazione.			127 mm	90-100%								2.80 3.30 3.80 4.30
4.50	3.50		Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa, sporadici ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata con subordinati livelli debolmente cementati, colore grigio.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice										5.00 5.50

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente SMAT s.p.a.

Cantiere Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana

Località Torino, Via Onorato Vigliani

Commessa n. 12027

Perforazione inizio: 10/09/2012 fine: 10/09/2012 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: N= 45° 1' 2.14"

E= 7° 39' 27.14"

Scala 1:50

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/21

del 17/09/2012

SONDAGGIO

S5

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

Dr. A. Cantù

Dr. G. Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00 0.10	0.10		Asfalto bituminoso												
	3.40		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi e sporadici frammenti lateritici.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 semplice										
3.50	2.50		Ghiaia eterometrica in matrice siltoso-sabbiosa che talora si concentra in livelli da centimetrici a decimetrici (20 - 25 cm), subordinati ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio nocciola.												
6.00	6.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a tratti abbondante e/o prevalente, subordinati ciottoli, passata a matrice più limosa debolmente alterata (tra 7.5 - 8.0 m da piano campagna)		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 semplice	127 mm	90-100%			6.00 11-18-23					
										9.00 22-30-35					
12.00															

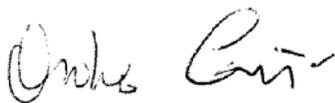
FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

 <p>COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI</p> <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)	SONDAGGIO n. S5
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: <u>SMAT s.p.a.</u> Cantiere: <u>Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest – area metropolitana</u> Località: <u>Torino, Via Onorato Vigliani</u> Coordinate: <u>N = 45° 01' 2.14"</u> <u>E = 07° 39' 27.14"</u>	Eseguito il 10/09/2012
Accettazione n. 12027 - Certificato n. 12027/22 del 17/09/2012 - Commessa n. 12027		

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	6.00	11	18	23	
2	9.00	22	30	35	
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT s.p.a.**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Torino, Via Onorato Vigliani**

Commessa n. 12027

Perforazione **inizio: 19/09/2012 fine: 19/09/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: **N= 45° 01' 3.27" E= 07° 39' 04.79"**

Scala **1:50**

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/23

del **26/09/2012**

SONDAGGIO

S4

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.20		Asfalto bituminoso												
0.20	0.80		Terreno rimaneggiato e/o di riporto ghiaioso-sabbioso.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm semplice										
1.00	2.00		Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa; da moderatamente addensata ad addensata con subordinati livelli debolmente cementati, colore grigio.												
3.00	1.00		Ghiaia prevalentemente medio-fine con sabbia debolmente limosa, intensa ossidazione, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola ocraceo.												
4.00	1.20		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa talora abbondante, da intensa a discreta ossidazione e debole alterazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola con deboli screziature ocracee d'ossidazione.												
5.20	6.80		Ghiaia eterometrica con sabbia siltosa a livelli prevalenti, discreta alterazione dei clasti e debole ossidazione, generalmente addensata, colore da nocciola a nocciola grigiastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm semplice	127 mm	90-100%								
12.00															

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se



Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **SMAT s.p.a.**

Cantiere **Collettore mediano zona stralcio Sud-Ovest - area metropolitana**

Località **Torino, Via Onorato Vigliani**

Commessa n. 12027

Perforazione **inizio: 19/09/2012 fine: 20/09/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Coordinate: **N= 45° 01' 03.31" E= 07° 39' 15.78"**

Scala **1:50**

Accettazione n. 12027

Certificato n. 12027/24

del **26/09/2012**

SONDAGGIO

S12

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.20		Asfalto bituminoso												
0.20	0.90		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con limo e ciottoli sparsi.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm semplice										
1.10	1.50		Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa, rari ciottoli, debole ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola grigiastro.												
2.60	2.10		Ghiaia eterometrica in matrice siltoso-sabbiosa a tratti abbondante, da addensata a molto addensata con subordinati livelli debolmente cementati, colore da grigio a grigio-nocciola.												
4.70	5.20		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a livelli prevalenti, discreta alterazione e debole ossidazione, molto addensata, colore nocciola grigiastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm semplice	127 mm	90-100%								
9.90	2.10		Come sopra, con maggiore matrice fine e discreta ossidazione.												
12.00															

FALDA ASSENTE
Deposito cassette: magazzino SMAT - Castiglione T.se

CERTIFICATI ANALISI GRANULOMETRICHE

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

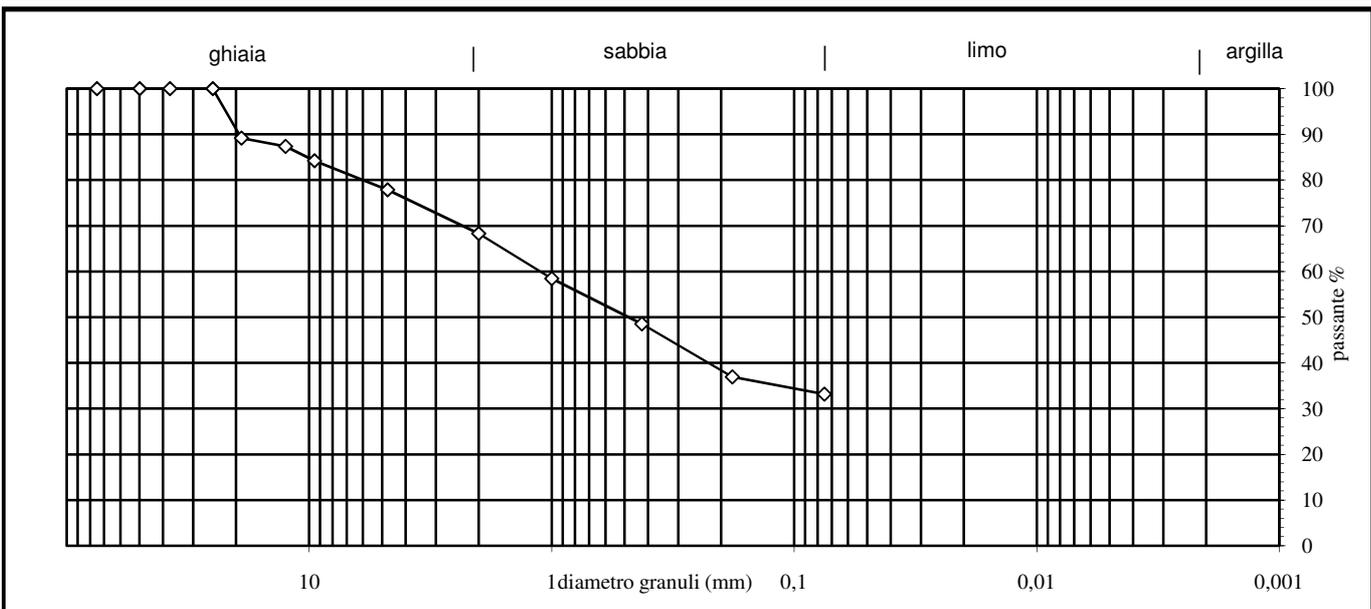
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1582

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S1
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 4.00-4.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		589.01
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	64.02	10.87	10.87	89.13
12.5	10.58	1.80	12.67	87.33
9.50	18.33	3.11	15.78	84.22
4.75	37.42	6.35	22.13	77.87
2.00	56.32	9.56	31.69	68.31
1.00	58.11	9.87	41.56	58.44
0.425	58.59	9.95	51.51	48.49
0.180	68.22	11.58	63.09	36.91
0.075	22.21	3.77	66.86	33.14
Fondo	195.21			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	22.13	44.73	33.14
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

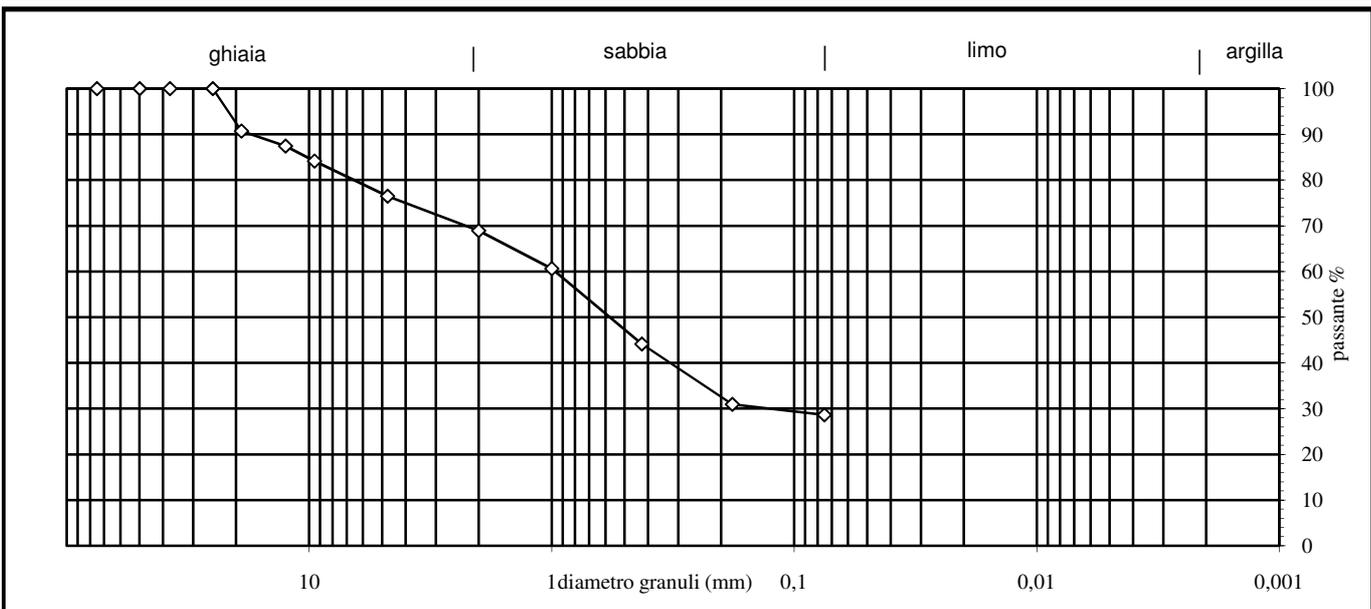
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1583

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S1
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 7.00-7.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci					Terreno analizzato M (gr) =		763.77	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %				
75	0.00	0.00	0.00	100.00				
50	0.00	0.00	0.00	100.00				
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00				
25	0.00	0.00	0.00	100.00				
19	71.22	9.32	9.32	90.68				
12.5	24.78	3.24	12.57	87.43				
9.50	25.21	3.30	15.87	84.13				
4.75	58.48	7.66	23.53	76.47				
2.00	57.62	7.54	31.07	68.93				
1.00	63.79	8.35	39.42	60.58				
0.425	125.45	16.43	55.85	44.15				
0.180	100.90	13.21	69.06	30.94				
0.075	17.58	2.30	71.36	28.64				
Fondo	218.74							

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	23.53	47.83	28.64
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

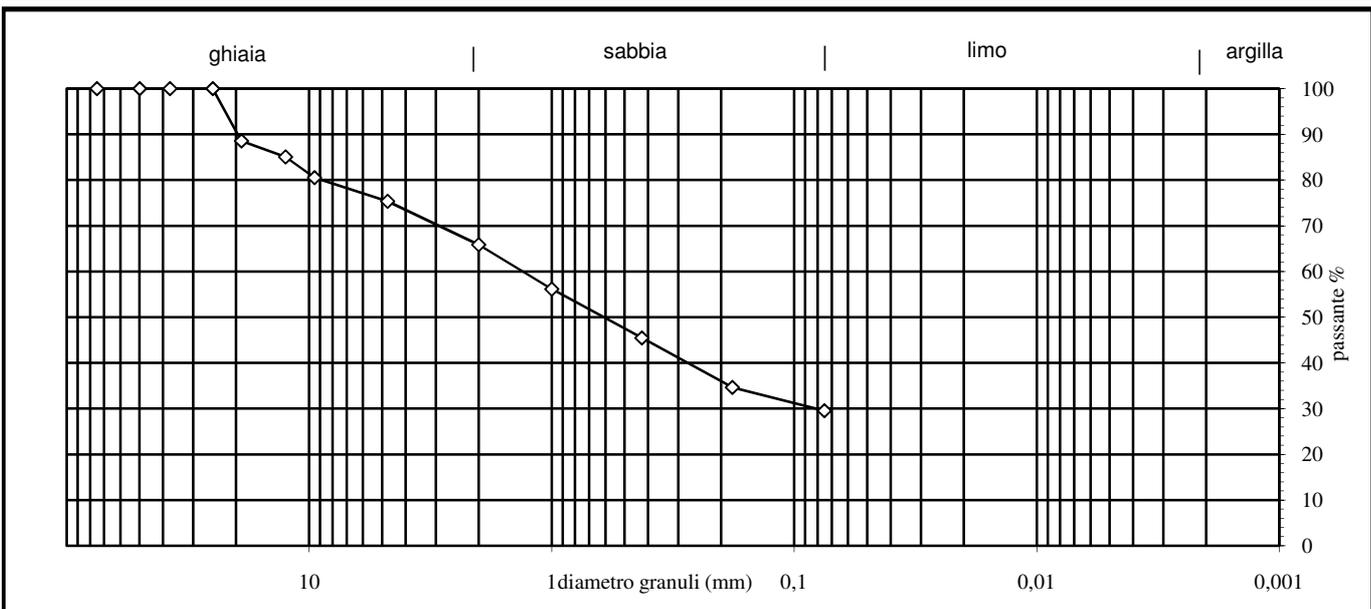
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1584

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S2
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 5.00-5.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci					Terreno analizzato M (gr) =		657.48	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %				
75	0.00	0.00	0.00	100.00				
50	0.00	0.00	0.00	100.00				
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00				
25	0.00	0.00	0.00	100.00				
19	75.23	11.44	11.44	88.56				
12.5	23.20	3.53	14.97	85.03				
9.50	29.63	4.51	19.48	80.52				
4.75	34.21	5.20	24.68	75.32				
2.00	62.59	9.52	34.20	65.80				
1.00	63.57	9.67	43.87	56.13				
0.425	70.08	10.66	54.53	45.47				
0.180	71.14	10.82	65.35	34.65				
0.075	33.52	5.10	70.45	29.55				
Fondo	194.31							

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	24.68	45.77	29.55
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

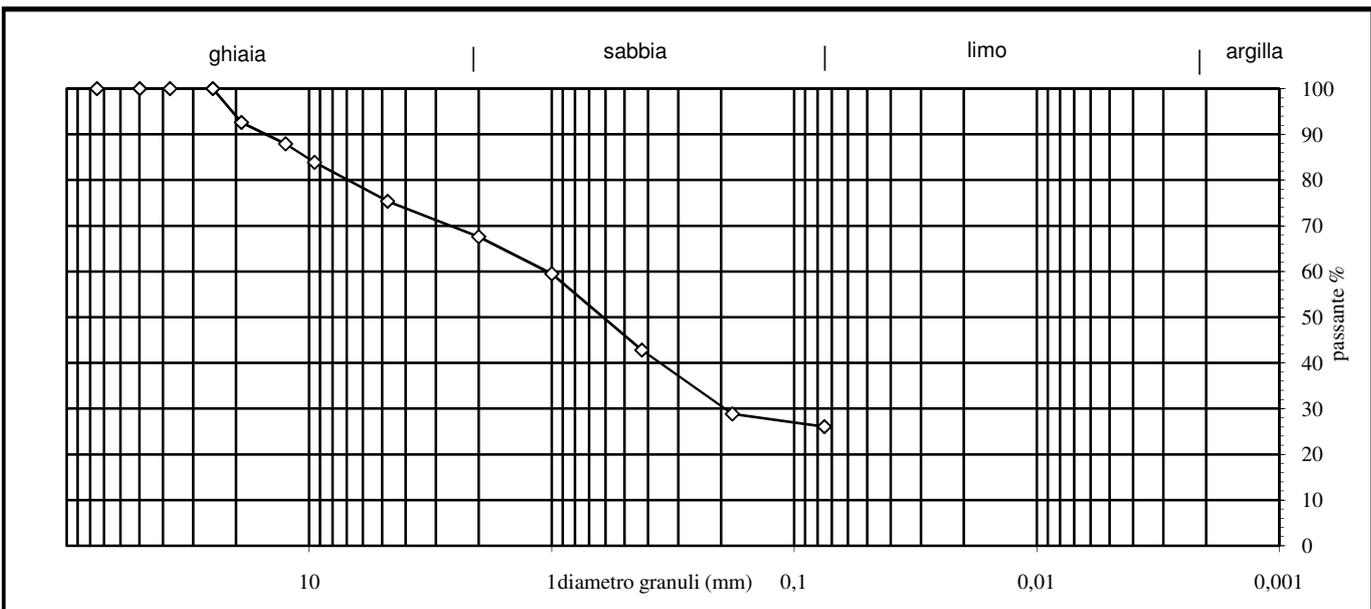
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1585

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S2
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 8.00-8.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci				
Terreno analizzato M (gr) =			709.63	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	52.56	7.41	7.41	92.59
12.5	33.25	4.69	12.09	87.91
9.50	28.99	4.09	16.18	83.82
4.75	60.14	8.47	24.65	75.35
2.00	55.20	7.78	32.43	67.57
1.00	57.47	8.10	40.53	59.47
0.425	118.26	16.67	57.19	42.81
0.180	99.35	14.00	71.19	28.81
0.075	19.56	2.76	73.95	26.05
Fondo	184.85			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	24.65	49.30	26.05
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

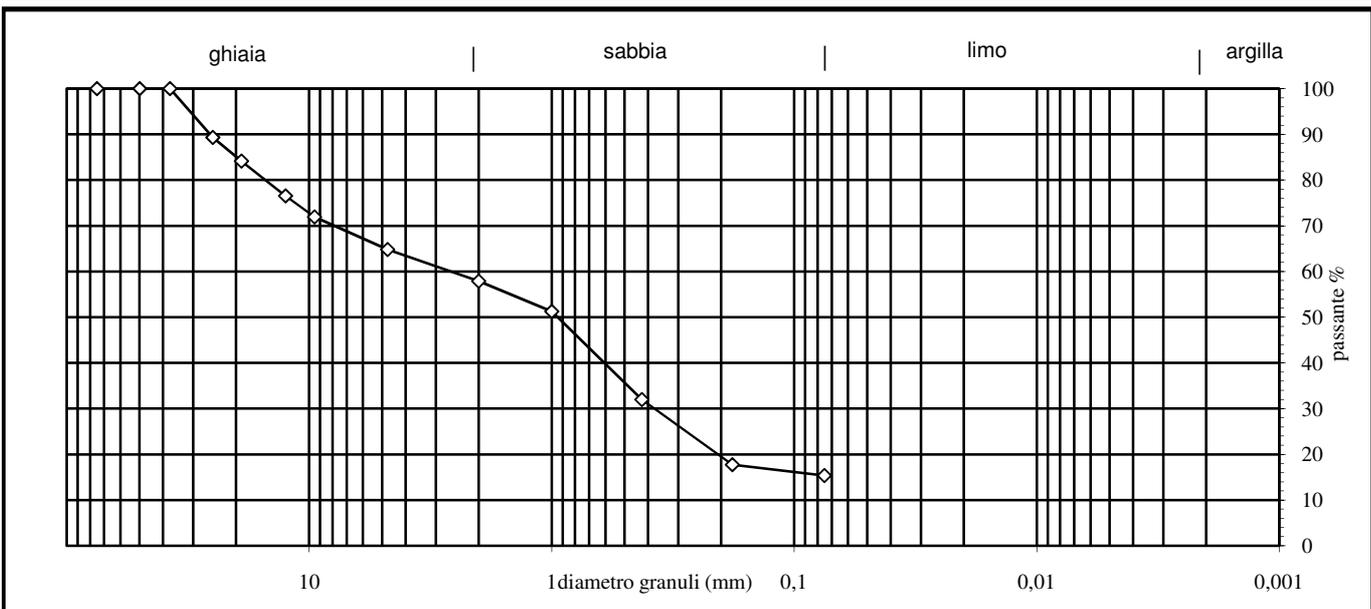
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1586

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S3
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 5.00-5.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci					Terreno analizzato M (gr) =		844.74	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %				
75	0.00	0.00	0.00	100.00				
50	0.00	0.00	0.00	100.00				
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00				
25	90.66	10.73	10.73	89.27				
19	43.41	5.14	15.87	84.13				
12.5	64.12	7.59	23.46	76.54				
9.50	39.21	4.64	28.10	71.90				
4.75	60.27	7.13	35.24	64.76				
2.00	58.25	6.90	42.13	57.87				
1.00	55.76	6.60	48.73	51.27				
0.425	162.98	19.29	68.03	31.97				
0.180	120.22	14.23	82.26	17.74				
0.075	20.31	2.40	73.93	15.34				
Fondo	129.55							

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	35.24	49.43	15.34
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

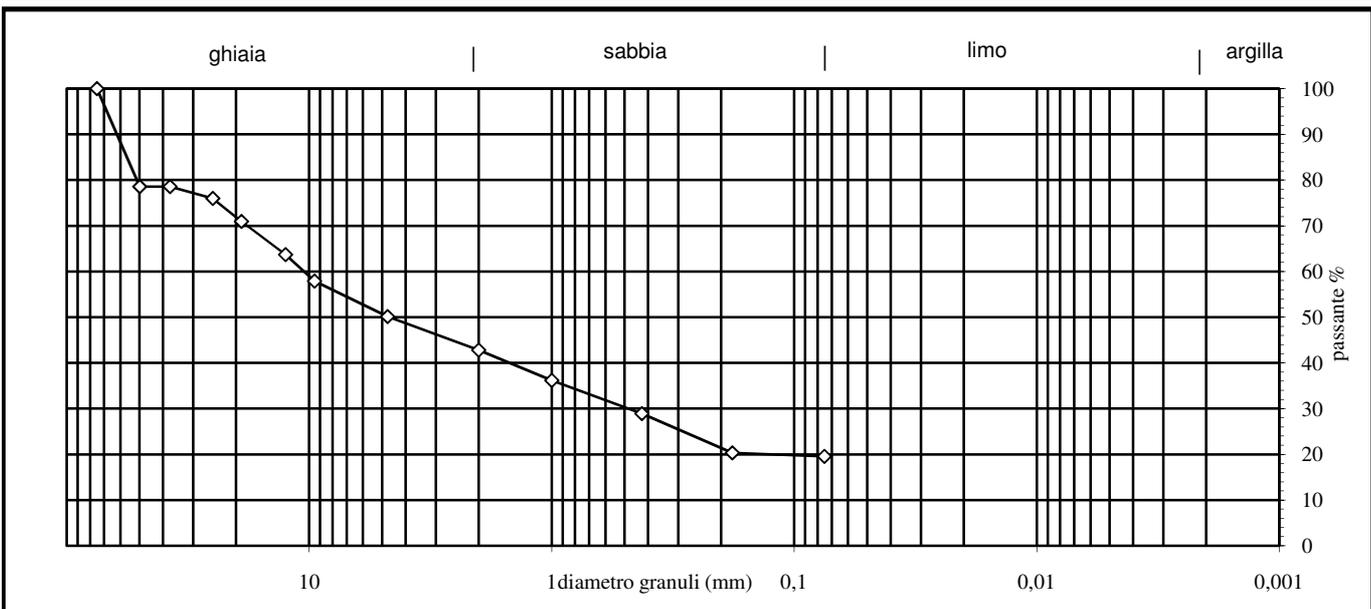
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1587

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S3
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 8.00-8.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		855.28
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	183.41	21.44	21.44	78.56
37.5	0.00	0.00	21.44	78.56
25	22.45	2.62	24.07	75.93
19	42.67	4.99	29.06	70.94
12.5	62.22	7.27	36.33	63.67
9.50	49.62	5.80	42.13	57.87
4.75	65.93	7.71	49.84	50.16
2.00	62.90	7.35	57.20	42.80
1.00	57.01	6.67	63.86	36.14
0.425	61.70	7.21	49.63	28.92
0.180	73.40	8.58	58.21	20.34
0.075	7.03	0.82	56.41	19.52
Fondo	166.94			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	49.84	30.64	19.52
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

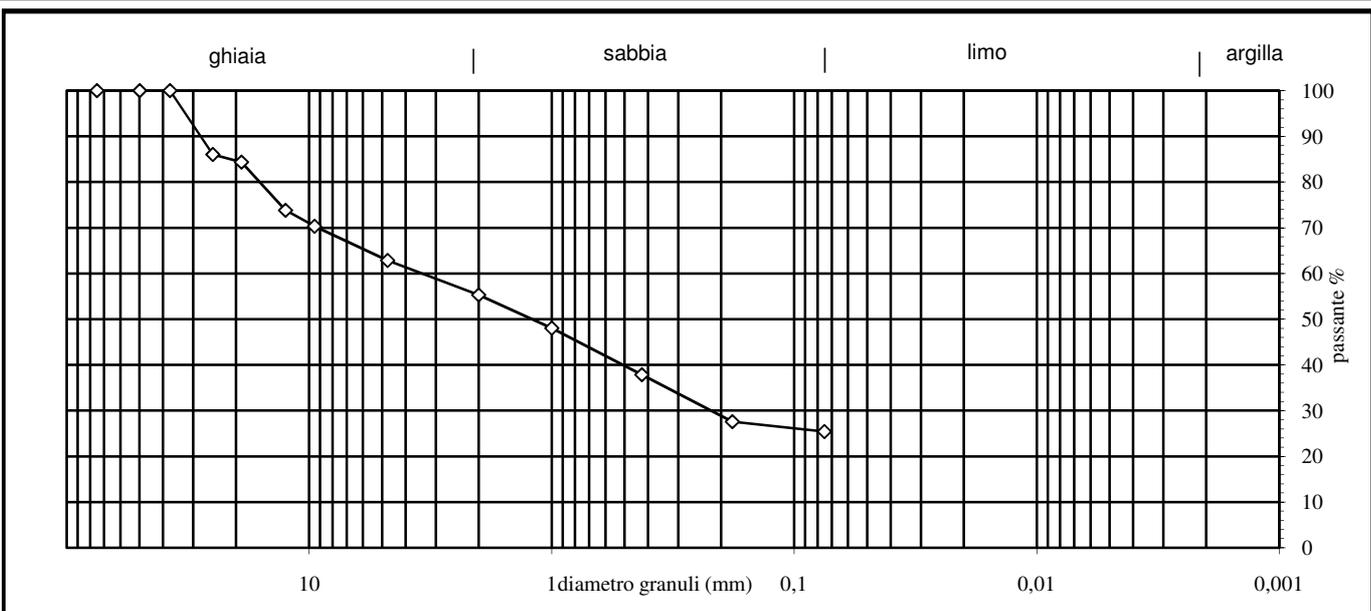
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1588

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S5
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 4.00-4.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci				
Terreno analizzato M (gr) =				829.41
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	116.01	13.99	13.99	86.01
19	13.68	1.65	15.64	84.36
12.5	87.57	10.56	26.19	73.81
9.50	29.31	3.53	29.73	70.27
4.75	61.84	7.46	37.18	62.82
2.00	62.15	7.49	44.68	55.32
1.00	60.79	7.33	52.01	47.99
0.425	83.99	10.13	62.13	37.87
0.180	85.29	10.28	72.42	27.58
0.075	18.13	2.19	60.62	25.40
Fondo	210.65			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	37.18	37.42	25.40
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

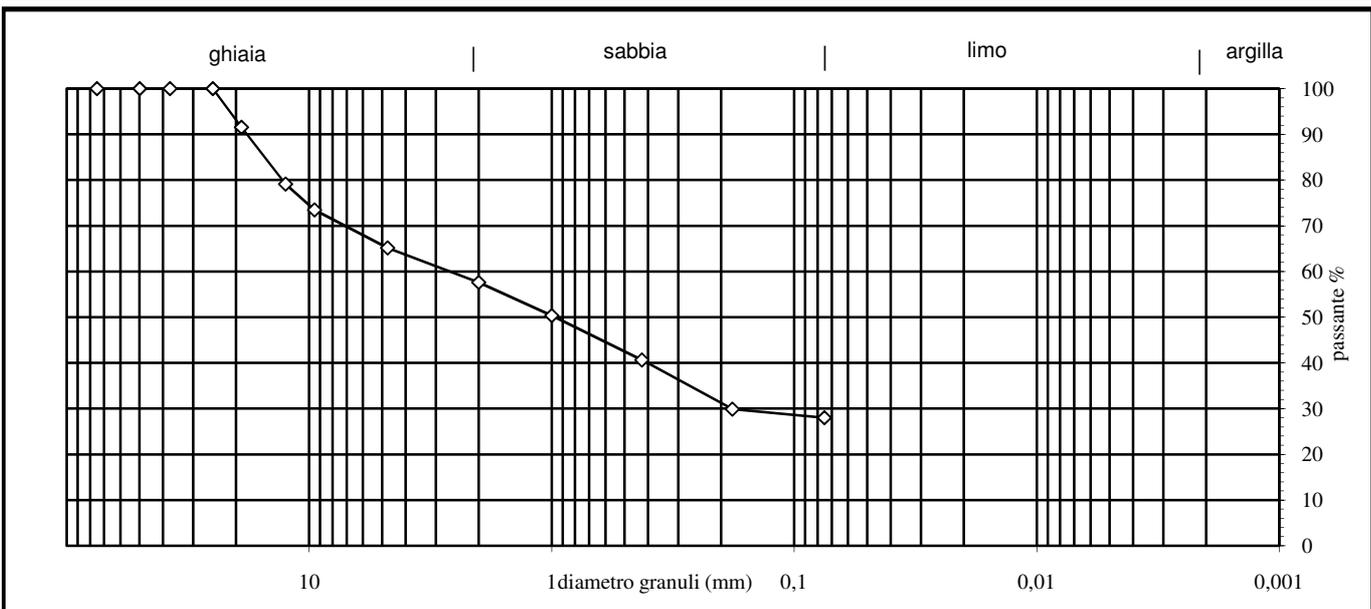
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1589

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S5
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 5.50-6.00 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 19-25/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci				
Terreno analizzato M (gr) = 763.26				
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	64.47	8.45	8.45	91.55
12.5	95.14	12.46	20.91	79.09
9.50	43.29	5.67	26.58	73.42
4.75	63.26	8.29	34.87	65.13
2.00	57.41	7.52	42.39	57.61
1.00	55.28	7.24	49.64	50.36
0.425	74.26	9.73	59.37	40.63
0.180	82.14	10.76	70.13	29.87
0.075	14.23	1.86	71.99	28.01
Fondo	213.78			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	34.87	37.12	28.01
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

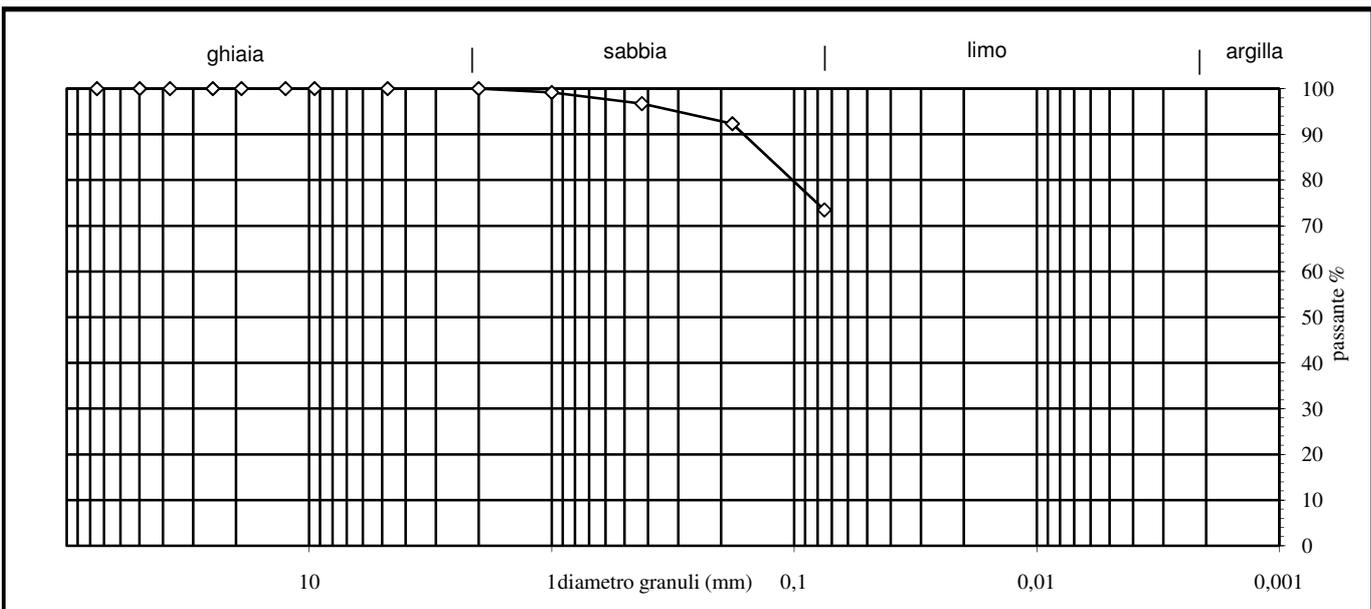
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1590

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S6
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 2.80-3.30 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) = 200.28		
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1.00	1.70	0.85	0.85	99.15
0.425	4.92	2.46	3.31	96.69
0.180	8.78	4.38	7.69	92.31
0.075	37.78	18.86	26.55	73.45
Fondo	147.10			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	0.00	26.55	73.45
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

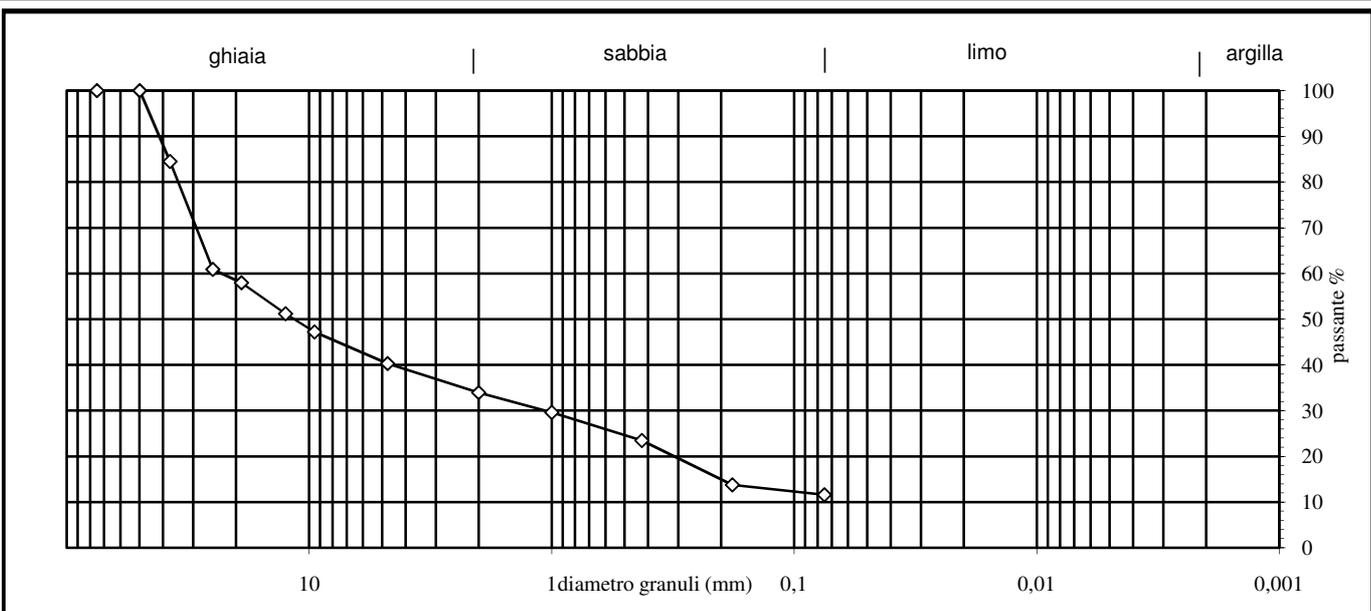
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1591

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S6
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 5.00-5.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		816.71
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	127.06	15.56	15.56	84.44
25	192.65	23.59	39.15	60.85
19	23.58	2.89	42.03	57.97
12.5	55.70	6.82	48.85	51.15
9.50	32.44	3.97	52.83	47.17
4.75	56.08	6.87	59.69	40.31
2.00	51.94	6.36	66.05	33.95
1.00	35.59	4.36	70.41	29.59
0.425	50.11	6.14	76.54	23.46
0.180	79.50	9.73	70.72	13.72
0.075	17.58	2.15	49.29	11.57
Fondo	94.48			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	59.69	28.74	11.57
GW-GM		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

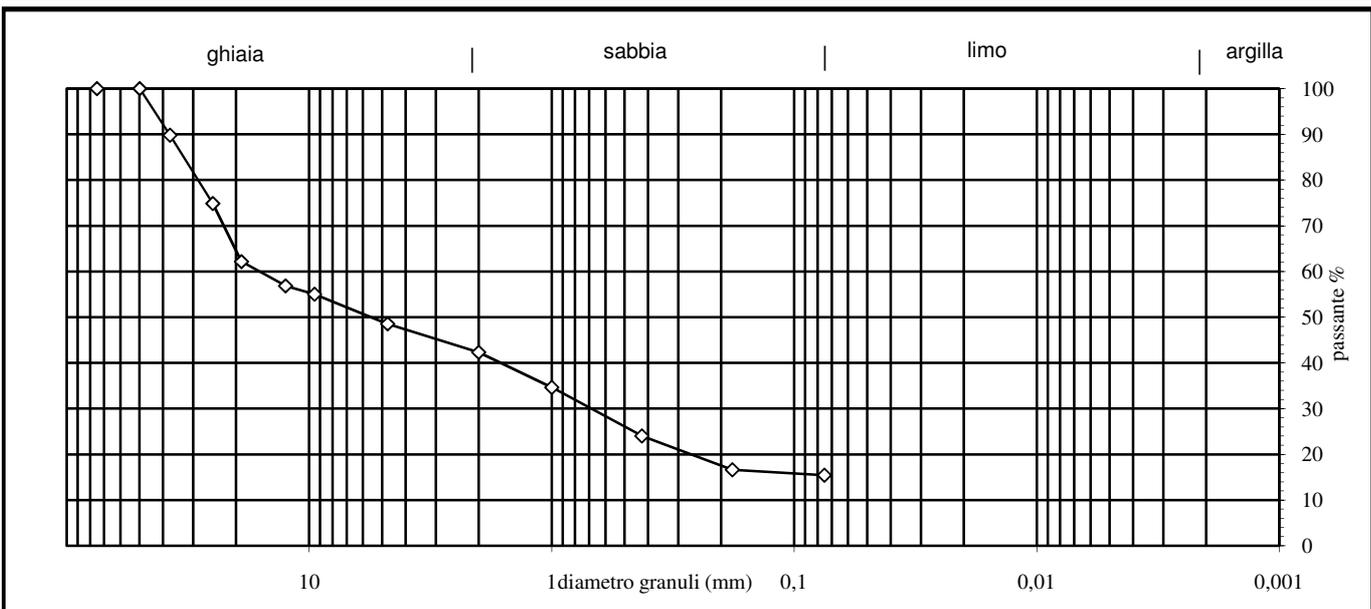
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1592

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S7
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 3.10-3.60 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) = 693.83		
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	70.89	10.22	10.22	89.78
25	103.82	14.96	25.18	74.82
19	87.91	12.67	37.85	62.15
12.5	36.81	5.31	43.16	56.84
9.50	12.92	1.86	45.02	54.98
4.75	44.70	6.44	51.46	48.54
2.00	43.12	6.21	57.68	42.32
1.00	53.46	7.71	65.38	34.62
0.425	73.56	10.60	75.98	24.02
0.180	51.44	7.41	73.18	16.60
0.075	8.38	1.21	59.42	15.40
Fondo	106.82			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	51.46	33.14	15.40
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

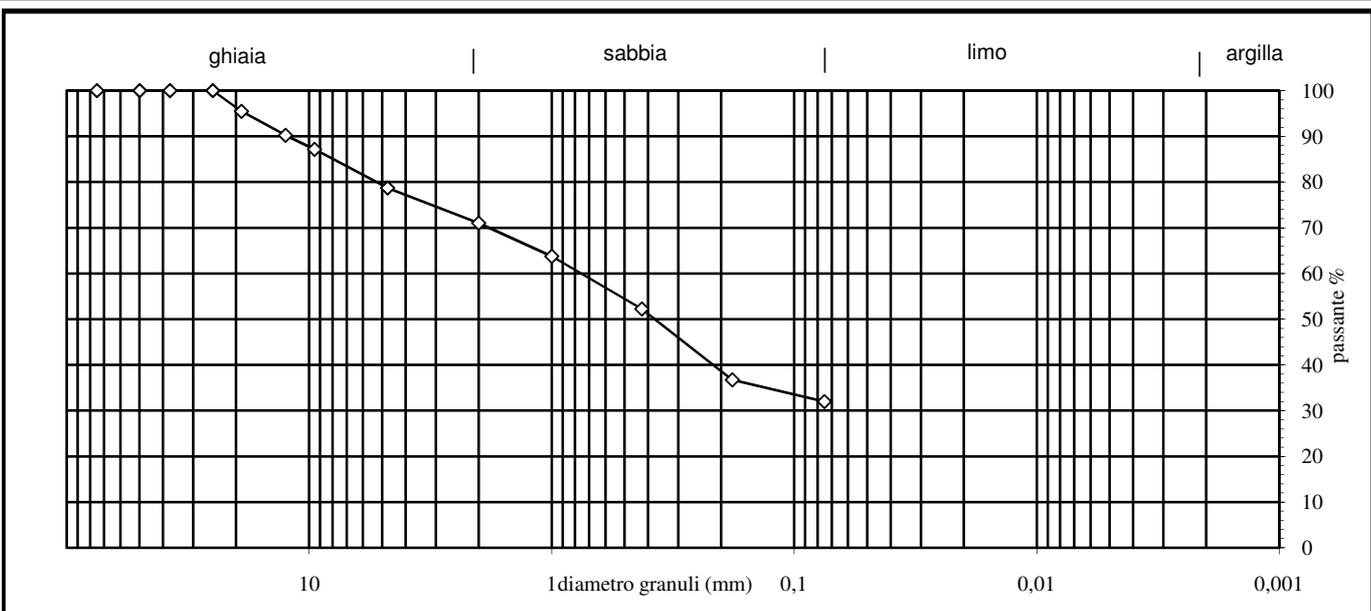
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1593

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S7
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 7.50-8.00 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		541.59
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	24.76	4.57	4.57	95.43
12.5	28.33	5.23	9.80	90.20
9.50	16.63	3.07	12.87	87.13
4.75	45.67	8.43	21.31	78.69
2.00	41.80	7.72	29.02	70.98
1.00	39.23	7.24	36.27	63.73
0.425	62.54	11.55	47.81	52.19
0.180	83.90	15.49	63.31	36.69
0.075	25.61	4.73	68.03	31.97
Fondo	173.12			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	21.31	46.73	31.97
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

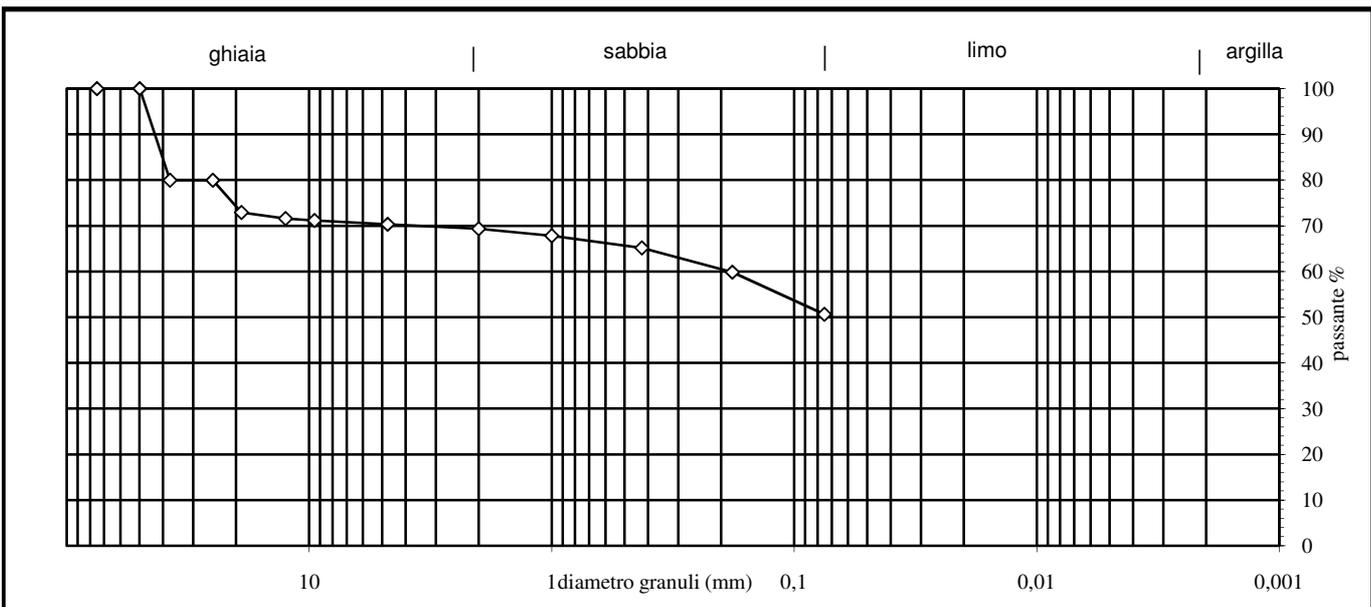
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1594

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S9
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 3.00-3.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci					Terreno analizzato M (gr) =		370.2	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %				
75	0.00	0.00	0.00	100.00				
50	0.00	0.00	0.00	100.00				
37.5	74.28	20.06	20.06	79.94				
25	0.00	0.00	20.06	79.94				
19	26.13	7.06	27.12	72.88				
12.5	4.98	1.35	28.47	71.53				
9.50	1.42	0.38	28.85	71.15				
4.75	3.01	0.81	29.67	70.33				
2.00	3.80	1.03	30.69	69.31				
1.00	5.68	1.53	32.23	67.77				
0.425	9.73	2.63	34.85	65.15				
0.180	19.61	5.30	40.15	59.85				
0.075	34.28	9.26	49.41	50.59				
Fondo	187.28							

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	29.67	19.75	50.59
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

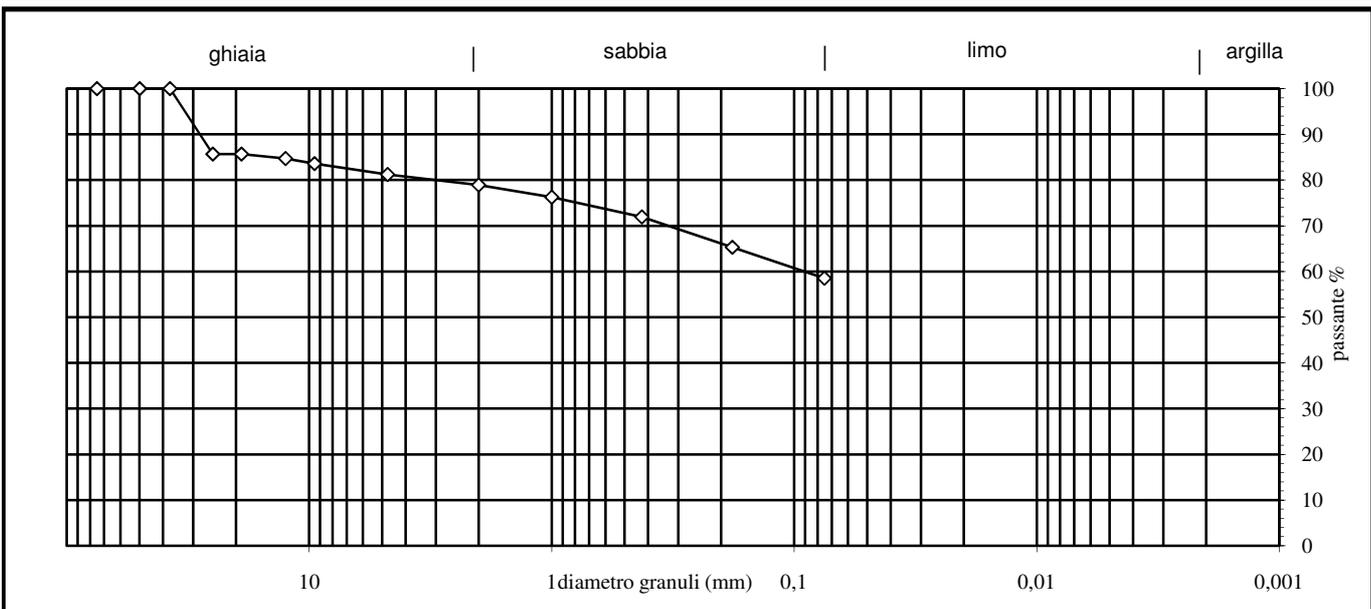
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1595

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S9
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 4.00-4.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci				
Terreno analizzato M (gr) =			523.33	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	74.88	14.31	14.31	85.69
19	0.00	0.00	14.31	85.69
12.5	5.32	1.02	15.32	84.68
9.50	5.68	1.09	16.41	83.59
4.75	12.51	2.39	18.80	81.20
2.00	12.19	2.33	21.13	78.87
1.00	13.76	2.63	23.76	76.24
0.425	22.65	4.33	28.09	71.91
0.180	34.62	6.62	34.70	65.30
0.075	35.55	6.79	27.19	58.50
Fondo	306.17			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	18.80	22.70	58.50
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

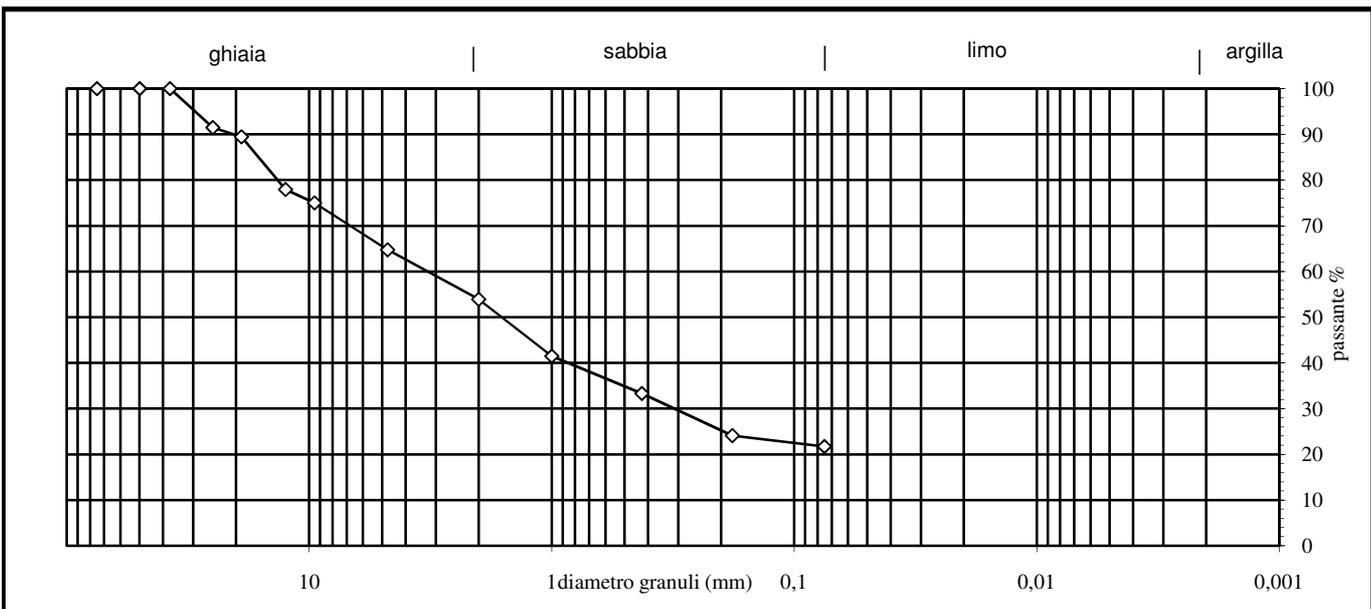
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1596

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S10
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 5.00-5.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) = 649.87		
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	55.62	8.56	8.56	91.44
19	13.05	2.01	10.57	89.43
12.5	75.00	11.54	22.11	77.89
9.50	18.93	2.91	25.02	74.98
4.75	66.64	10.25	35.27	64.73
2.00	70.60	10.86	46.14	53.86
1.00	80.44	12.38	58.52	41.48
0.425	53.11	8.17	66.69	33.31
0.180	59.95	9.22	75.91	24.09
0.075	15.39	2.37	69.72	21.72
Fondo	141.14			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	35.27	43.01	21.72
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

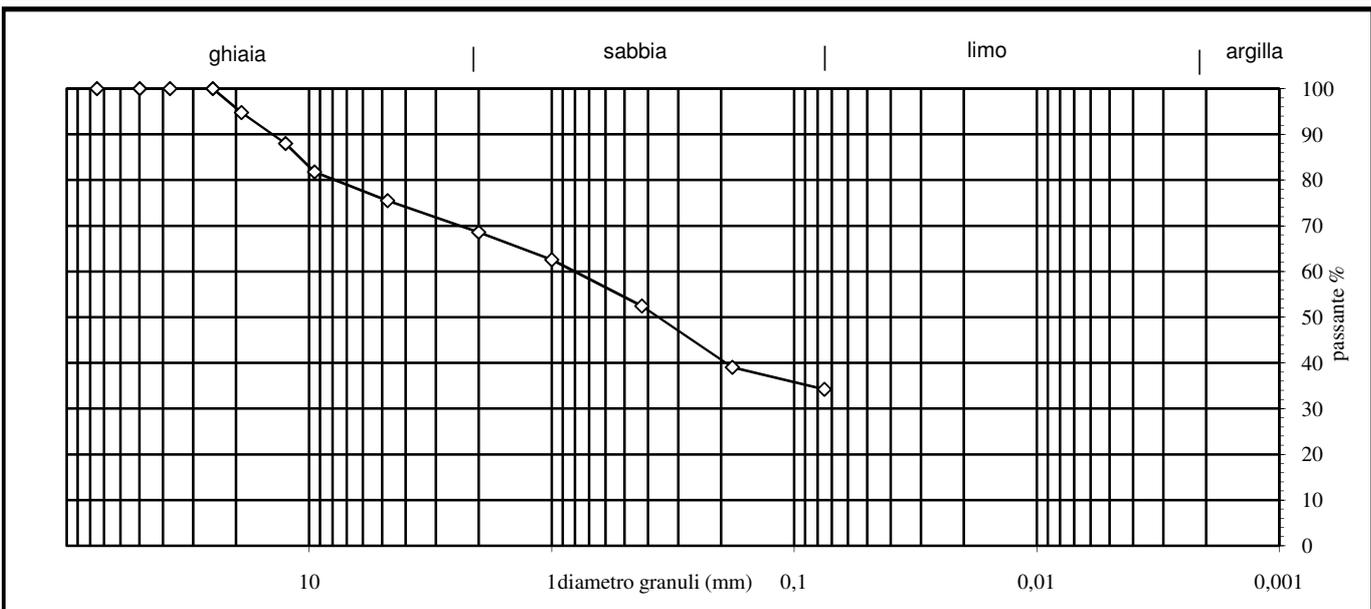
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1597

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S10
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 8.00-8.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci					Terreno analizzato M (gr) =		697.48	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %				
75	0.00	0.00	0.00	100.00				
50	0.00	0.00	0.00	100.00				
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00				
25	0.00	0.00	0.00	100.00				
19	36.69	5.26	5.26	94.74				
12.5	47.10	6.75	12.01	87.99				
9.50	43.36	6.22	18.23	81.77				
4.75	44.12	6.33	24.56	75.44				
2.00	47.89	6.87	31.42	68.58				
1.00	42.25	6.06	37.48	62.52				
0.425	70.45	10.10	47.58	52.42				
0.180	93.65	13.43	61.01	38.99				
0.075	33.38	4.79	65.79	34.21				
Fondo	238.59							

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	24.56	41.24	34.21
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

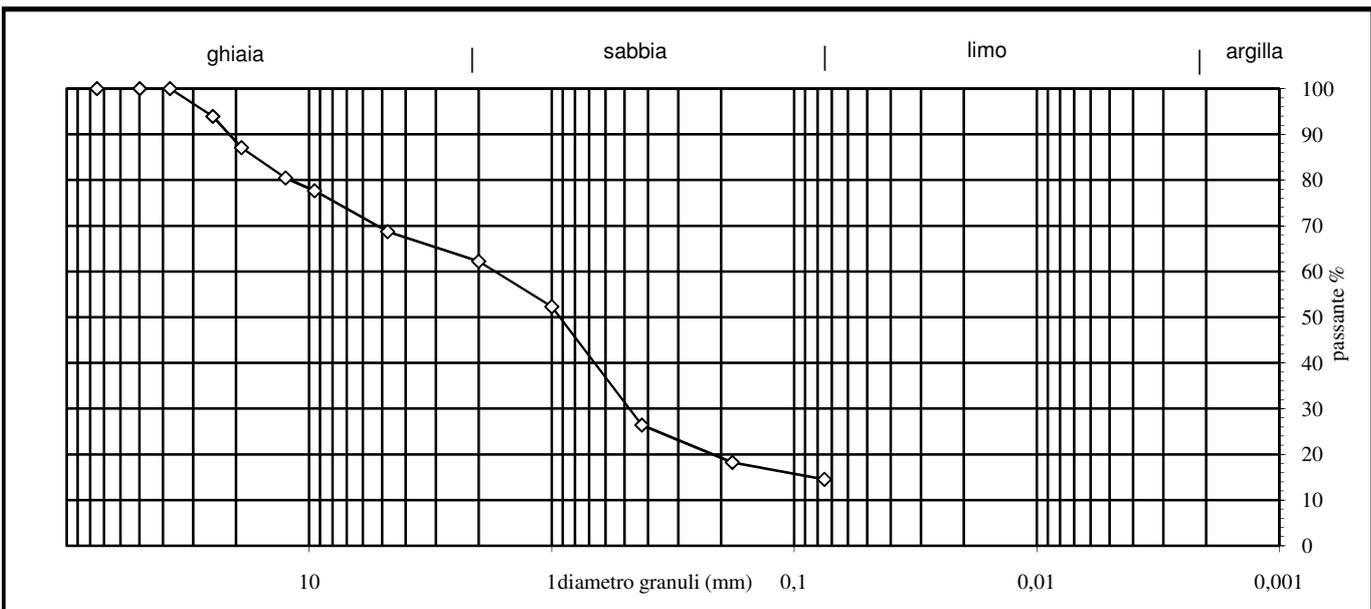
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1598

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S11
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 5.00-5.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci					Terreno analizzato M (gr) =		668.36	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %				
75	0.00	0.00	0.00	100.00				
50	0.00	0.00	0.00	100.00				
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00				
25	40.56	6.07	6.07	93.93				
19	45.99	6.88	12.95	87.05				
12.5	44.20	6.61	19.56	80.44				
9.50	18.89	2.83	22.39	77.61				
4.75	59.55	8.91	31.30	68.70				
2.00	43.52	6.51	37.81	62.19				
1.00	66.28	9.92	47.73	52.27				
0.425	172.95	25.88	73.60	26.40				
0.180	54.50	8.15	81.76	18.24				
0.075	24.96	3.73	79.42	14.51				
Fondo	96.96							

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	31.30	54.19	14.51
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

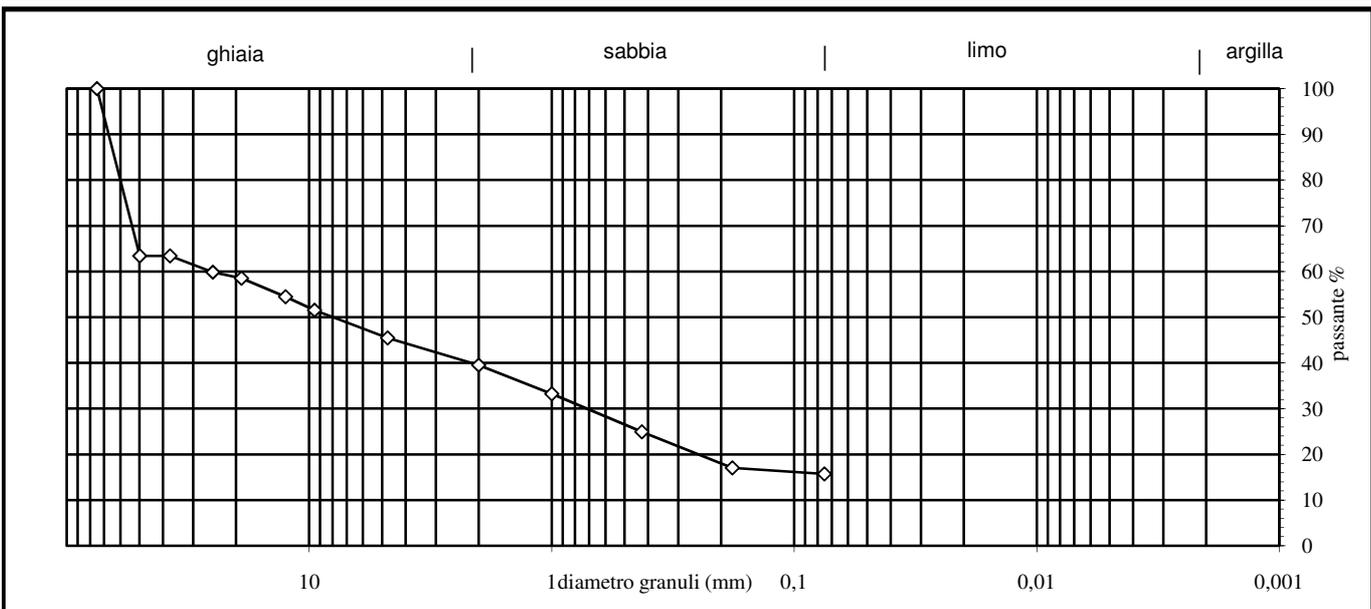
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1599

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S11
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR2
Località: Torino	Profondità: 8.00-8.50 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci				
Terreno analizzato M (gr) =			1041.55	
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	381.60	36.64	36.64	63.36
37.5	0.00	0.00	36.64	63.36
25	36.53	3.51	40.14	59.86
19	14.30	1.37	41.52	58.48
12.5	42.06	4.04	45.56	54.44
9.50	30.28	2.91	48.46	51.54
4.75	63.73	6.12	54.58	45.42
2.00	61.41	5.90	60.48	39.52
1.00	65.52	6.29	66.77	33.23
0.425	86.62	8.32	38.45	24.91
0.180	82.45	7.92	46.36	17.00
0.075	13.58	1.30	44.16	15.69
Fondo	163.47			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	54.58	29.72	15.69
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 26/09/12

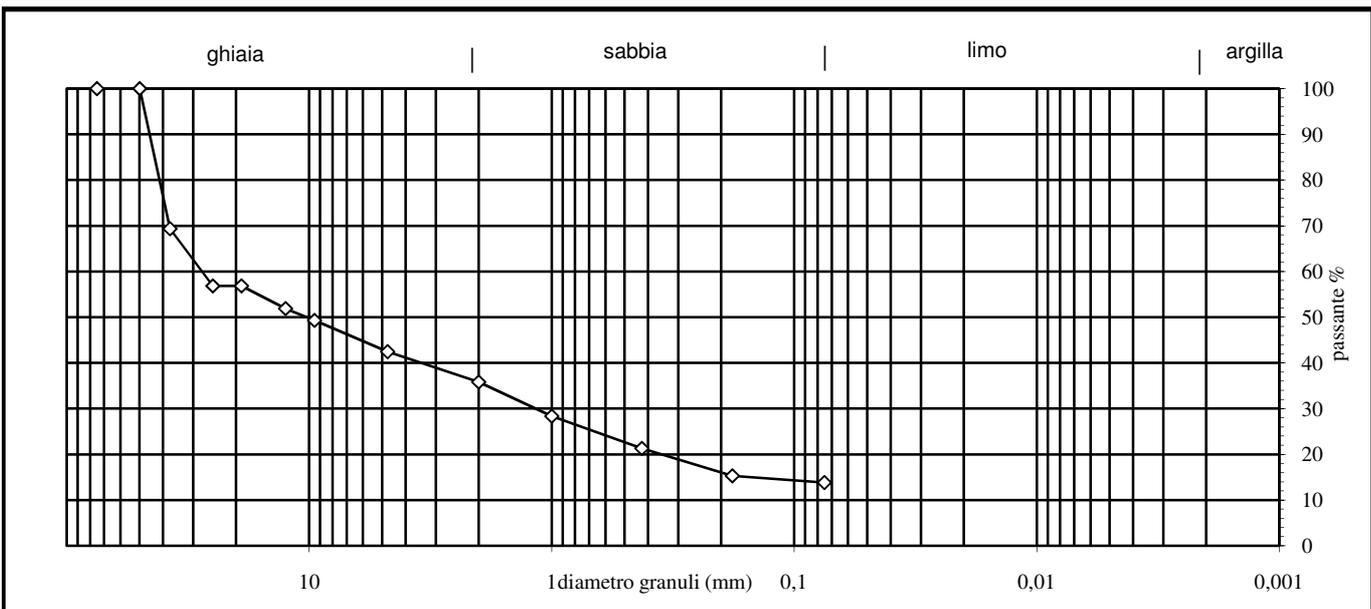
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 1600

Committente: SMAT Torino	Sondaggio: S14
Cantiere: Nuovo collettore fognario	Campione: CR1
Località: Torino	Profondità: 2.80-3.30 m
Verbale di accettazione n°: 131	Data esecuzione prova: 25-26/09/12
Data verbale: 19/09/12	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-98
Note:	Rep: 12/128

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) = 808.7		
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	248.17	30.69	30.69	69.31
25	100.88	12.47	43.16	56.84
19	0.00	0.00	43.16	56.84
12.5	39.98	4.94	48.11	51.89
9.50	20.97	2.59	50.70	49.30
4.75	55.41	6.85	57.55	42.45
2.00	53.53	6.62	64.17	35.83
1.00	60.43	7.47	71.64	28.36
0.425	57.10	7.06	78.70	21.30
0.180	48.50	6.00	54.01	15.30
0.075	12.11	1.50	43.04	13.80
Fondo	111.62			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	57.55	28.65	13.80
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero