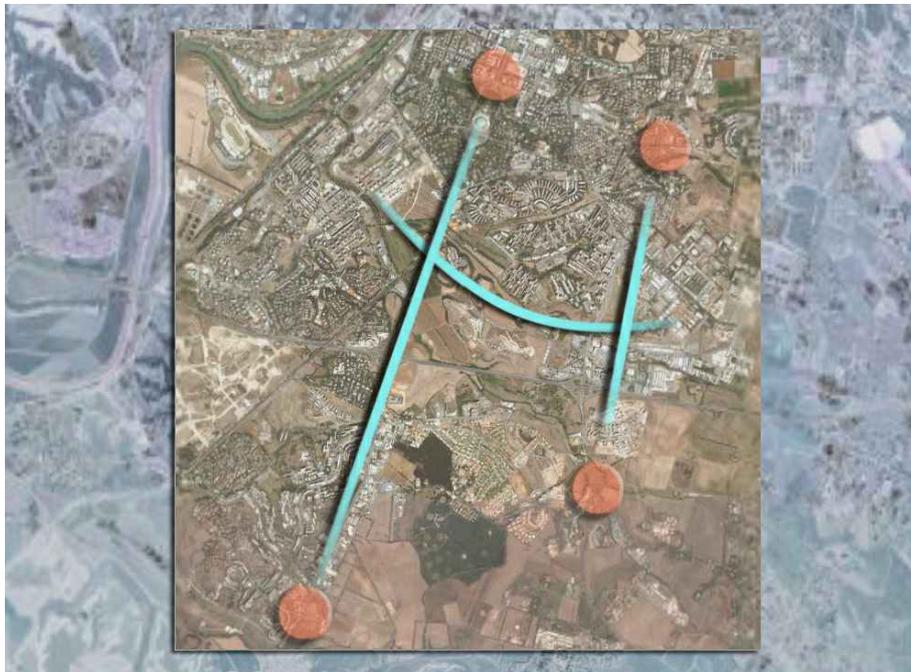


### SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO A CAPACITA' INTERMEDIA A SERVIZIO DEI CORRIDOI EUR-TOR DE' CENCI ED EUR LAURENTINA-TOR PAGNOTTA-TRIGORIA



DIRETTORE DEI LAVORI ing. D. Di Pietro	DIRETTORE TECNICO ing. C. Pasquali	RESPONSABILE DI PROGETTO ing. M. Enchelli	RESPONSABILE AREA STRUTTURE E GEOTECNICA ing. A. Dell'Armi

### **CORRIDOIO EUR-TOR DE' CENCI - VARIANTE DI TRACCIATO** **Conferenza di Servizi (14.07.2017)**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

### **PROGETTO** **OPERE CIVILI**

#### Relazione geotecnica sulle opere stradali

rev	data	descrizione	redatto	verificato RP	approvato DP	autorizzato RdP
-	Ottobre 2017	PROGETTO ESITO CDS (AA n. 20)	ing. G. Altamura	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
A	Dicembre 2018	INTEGRAZIONI POST CDS	ing. G. Altamura	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
B						
C						

scala

A4

COMMESSA

T D C A 1 P E

CODIFICA

tratta fase opera liv elab argom progress rev

T U D T D C P R **DC** **002** **A**

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Descrizione della campagna d'indagine integrativa 2018 .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Caratterizzazione geotecnica del sito.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Il Modello geotecnico del sito .....</b>	<b>16</b>
<b>3. SOLUZIONI PROGETTUALI .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 La realizzazione dei rilevati stradali.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Indicazioni riguardo la progettazione completa dei rilevati .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Indicazioni riguardo gli altri tipi di intervento .....</b>	<b>27</b>



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

## **1. PREMESSA**

La presente relazione prende in esame, sotto l'aspetto geotecnico, gli interventi previsti nella variante di tracciato del corridoio EUR - Tor De Cenci relativamente alle Tratte 1 e 2, rispettivamente "Maestrini-Acqua Acetosa Ostiense"; "Acqua Acetosa Ostiense -sfiocco Pontina Colombo".

La realizzazione dell'infrastruttura viaria nella Tratta 2, presenta diverse problematiche a causa delle scadenti caratteristiche geologiche e geotecniche del sito. La presenza di terreni fortemente compressibili di ragguardevole spessore, rende sconsigliabile l'inserimento di elementi costruttivi che prevedono elevati carichi applicati ai terreni in posto.

Proprio in tale area, è previsto il principale dei tre interventi: la costruzione in rilevato della sede stradale del corridoio in adiacenza a via Cristoforo Colombo prima di superare il sottopasso preesistente della SS148 "via Pontina".

Non molto distante è presente un altro intervento che contempla la realizzazione della nuova carreggiata direzione Roma della statale SS148, adeguando la rampa già esistente che ad oggi permette di deviare dall'attuale tracciato della "via Pontina" in direzione Roma, per immettersi nella viabilità di "via Carlo Levi". Ciò è possibile allargando la sede stradale con un rilevato addossato a quello preesistente sul lato destro rispetto al senso di marcia vigente.

L'ulteriore ed ultimo intervento prevede un nuovo tracciato della "via Cristoforo Colombo" direzione Roma una volta superato il sottopasso della "via Pontina". In questo caso il tracciato si distacca da quello attuale, che in parte viene occupato dal corridoio, per riallinearsi alla sede stradale preesistente della ex-SS148 direzione Roma sovrapponendosi al tratto che verrà dismesso. Le lavorazioni consistono semplicemente in una risagomatura del pendio naturale, con scavi di irrilevante entità che non superano il metro.

Sulla Tratta 1 "Maestrini - Acqua Acetosa Ostiense" la variante consiste nell'ampliamento della carreggiata di immissione alla via Cristoforo Colombo della via Carmelo Maestrini in direzione Roma centro. L'adeguamento è reso possibile grazie allo scavo di circa un metro in adiacenza alla preesistente sede viaria, per raggiungere l'attuale quota stradale.

Per la progettazione e per una valutazione di tali nuove opere, oltre alla valutazione degli effetti indotti sulle strutture preesistenti, è necessaria la conoscenza della stratigrafia del sito e un affidabile modello geotecnico del sottosuolo. Ciò ha comportato l'esecuzione di una nuova campagna di indagine geotecnica integrativa che ha permesso di definire meglio l'ambiente geotecnico coinvolto nella realizzazione degli interventi sopra descritti.



**Corridoio EUR-Tor de Cenci**

**Variante di tracciato**

Nei paragrafi successivi, dapprima viene presentata la nuova campagna d'indagine integrativa eseguita nell'estate del 2018, quindi vengono definite le caratteristiche geotecniche meccaniche e fisiche dei terreni presenti in sito, a seguito dell'elaborazione ed analisi di tutte le indagini fino ad oggi condotte nel sito d'interesse. Successivamente si eseguono le verifiche degli interventi previsti, sotto il punto di vista dei cedimenti di breve e lungo termine, prendendo a riferimento alcune sezioni significative, rappresentative e dimensionanti.

## **2. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO**

### **2.1 Descrizione della campagna d'indagine integrativa 2018**

La campagna d'indagine geotecnica integrativa si è resa necessaria per integrare le forti lacune conoscitive del sottosuolo nella zona in esame, che risulta caratterizzata da spiccata variabilità stratigrafica dei terreni in sito, sia in senso verticale sia orizzontalmente. Fra i vari sondaggi che erano già a disposizione, potevano essere presi in considerazione solo due S1 e S2 facenti parte della campagna di indagine del 2012, rappresentativi dell'area d'interesse. Questi due sondaggi insieme ad un altro relativamente vicino alla medesima zona, il sondaggio S9 (del 2001), rilevavano una stratigrafia totalmente differente fra loro, sia negli spessori sia nelle caratteristiche geologiche degli strati. Ciò a dimostrare la forte variabilità che è possibile riscontrare spostandosi anche di poche decine di metri. La campagna d'indagine integrativa eseguita nel 2018, è consistita nella esecuzione di ulteriori sondaggi a carotaggio continuo, in cui sono stati eseguite prove in sito, sono stati prelevati provini indisturbati e, in alcuni di essi, è stato possibile installare celle piezometriche per una miglior determinazione del regime idraulico della zona. In aggiunta alle verticali dei sondaggi, è stata eseguita una prova penetrometrica statica con rilievo delle sovrappressioni interstiziali CPTU. Con i provini indisturbati prelevati sono stati ricavati campioni sottoposti a prove di laboratorio quali prove triassiali, di taglio diretto ed edometriche.

La nuova campagna di indagine è stata ottimizzata grazie alla conoscenza dei risultati di altri sondaggi a disposizione, e ha interessato quattro zone distinte e denominate con le lettere A, B, C, D. La zona A (Figura 1) circonda il sito da investigare contiguo al rilevato preesistente della via "Cristoforo Colombo"; la zona B (Figura 2) evidenzia l'area dove eseguire le indagini dei terreni a destra della via "Pontina" direzione Roma, prima del sottopasso della SS148; la zona C (Figura 3) riguarda l'area da indagare che va dal sottopasso della via "Pontina" fino alla riunificazione delle due arterie viarie con il costruendo corridoio Eur - Tor De Cenci. La zona D (Figura 4) contempla il sito da investigare dove è previsto l'allargamento della carreggiata d'immissione al via Cristoforo Colombo, a sud del G.R.A.



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

La lettera "A" "B" "C" e "D", presente nella denominazione dei relativi sondaggi deriva dalla zona in cui sono stati eseguiti.

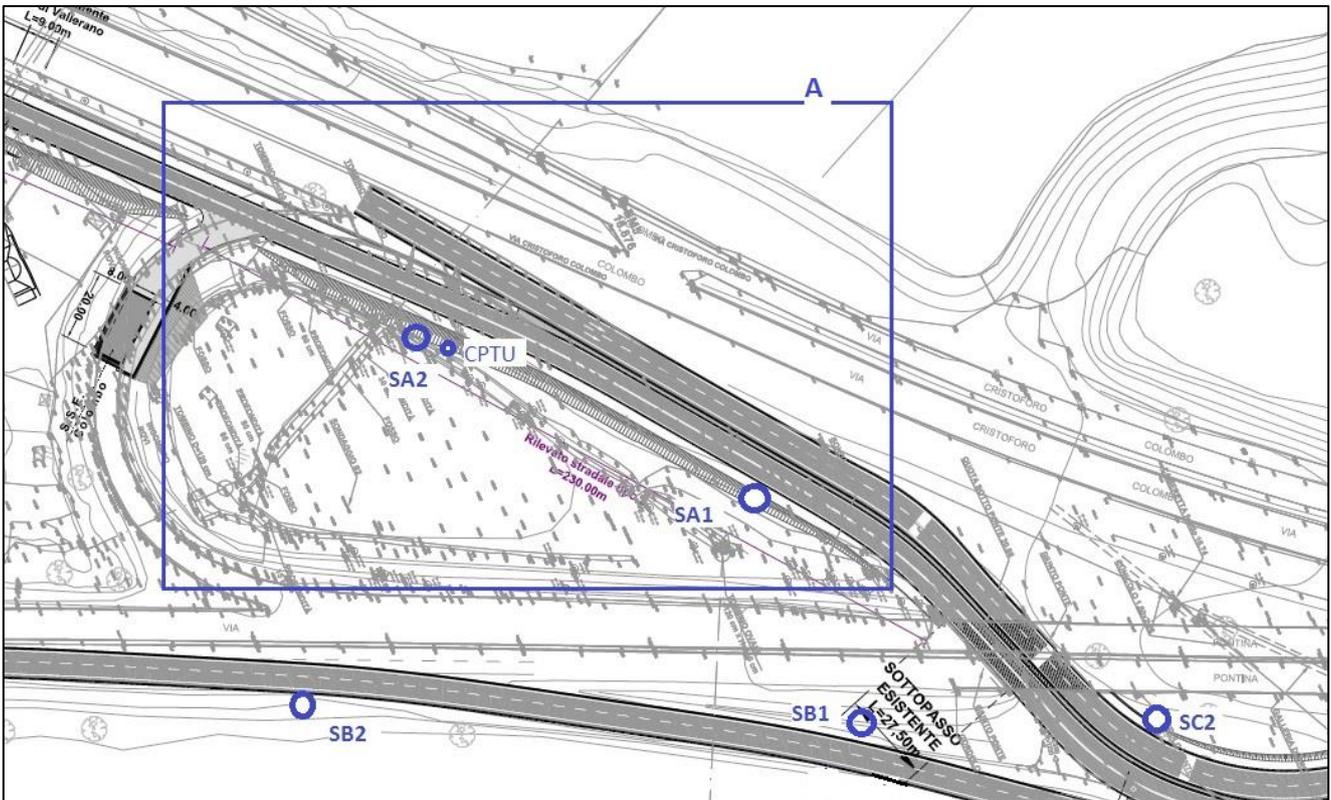
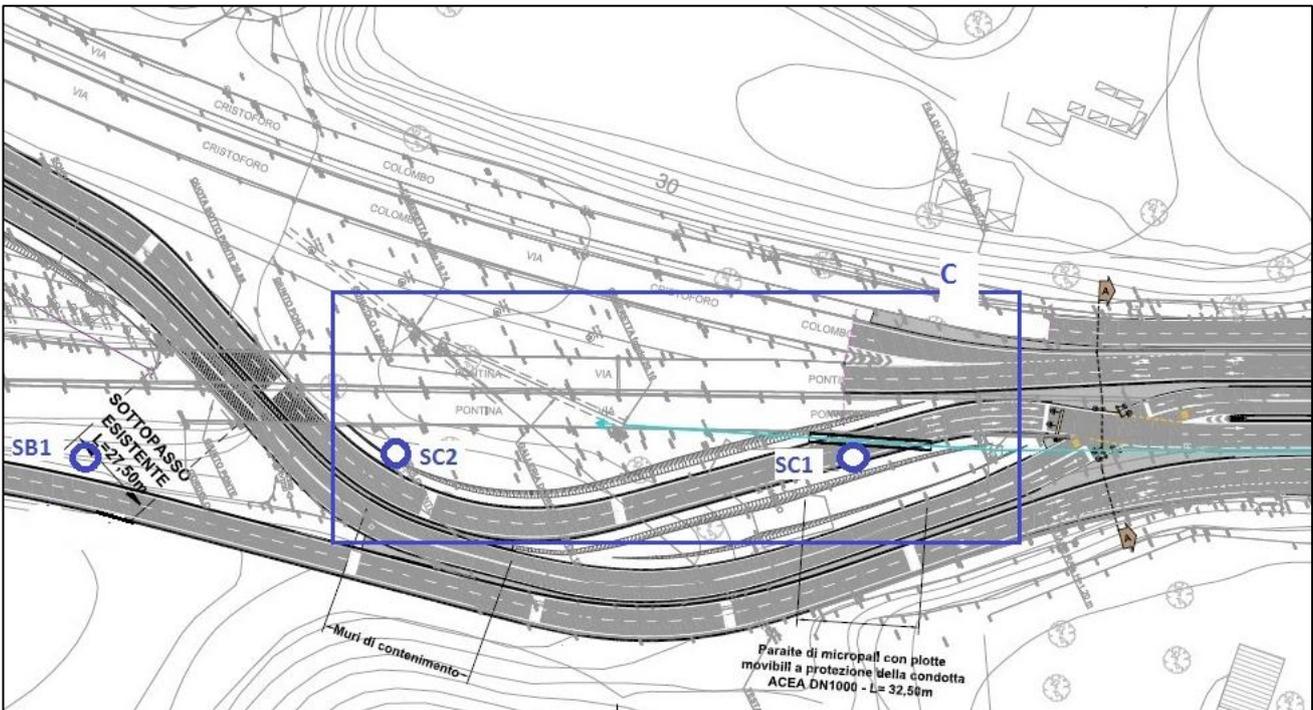


Figura 1 - Zona A: corridoio in accostamento alla via Cristoforo Colombo



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

Figura 2 - Zona B: nuova sede stradale via Pontina direzione Roma

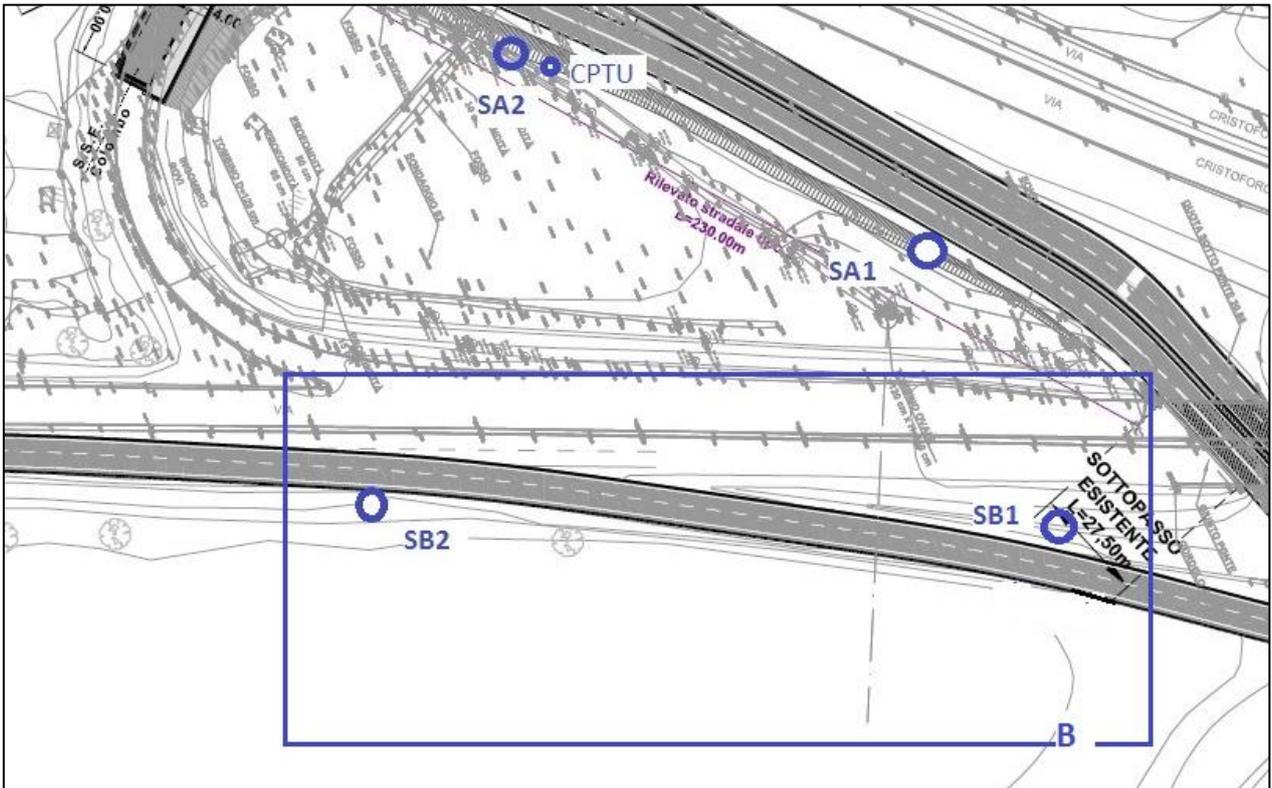
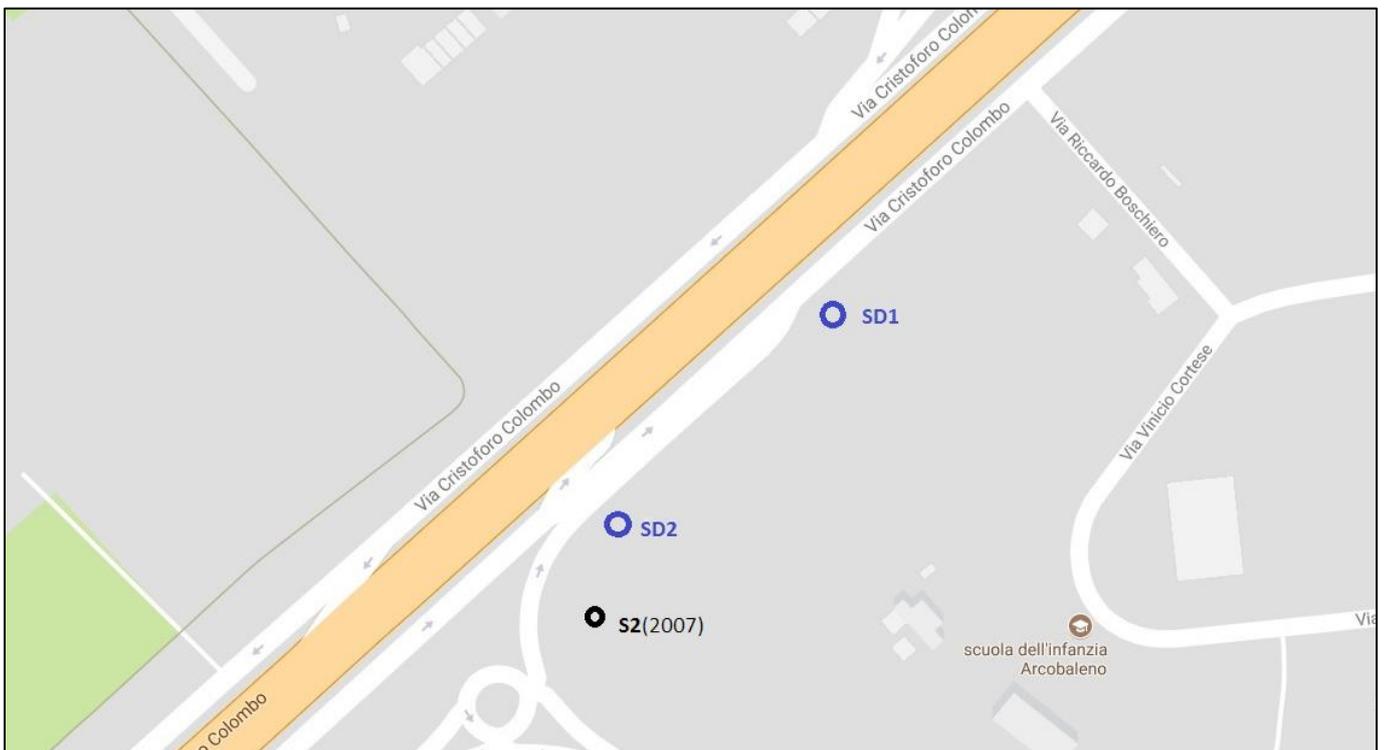


Figura 3 - Zona C nuova sede stradale via Cristoforo Colombo direzione Roma



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

Figura 4 - Zona D: nuova sede stradale immissione in via Cristoforo Colombo (rotatoria)

Nella planimetria della Tavola 1 viene riportata la collocazione effettiva, nelle zone A-B-C, dei sondaggi eseguiti nell'estate 2018 e della prova penetrometrica statica CPTU. Nella Tavola 2, viene tracciata la disposizione dei sondaggi realmente eseguiti in sito nella zona D, più a sud e ridosso del G.R.A.

Le prove di laboratori eseguite sui campioni indisturbati prelevati durante tale campagna d'indagine integrativa sono riassunti nelle seguenti tabelle (Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3 e Tabella 4), in cui viene anche evidenziato in quale delle 6 verticali sono stati installati piezometri, costituiti da celle piezometriche di Casagrande.

dicitura	prove	
C1 (SA1)	TD	gran+lim
C2 (SA1)	TD	gran+lim
C3 (SA1)	TD	gran+lim
C4 (SA1)		granulometria
C1 (SA2)	TD - EDO - TXUU	gran+lim
C2 (SA2)	TD	gran+lim
C3 (SA2)	TXCU - EDO	gran+lim
C4 (SA2)	TXUU - EDO	gran+lim

*Nella verticale SA2 sono stati installati due piezometri a profondità rispettivamente di 15 e 30 metri dal piano campagna.*

Tabella 1 - ZONA A

dicitura	prove	
C1 (SB1)	TXUU - EDO	gran+lim
C2 (SB1)	TD	gran+lim
C3 (SB1)	TD - EDO	gran+lim
C4 (SB1)	TD - EDO	gran+lim
C1 (SB2)	TD	gran+lim
C2 (SB2)	EDO	gran+lim
C3 (SB2)	TD - EDO - TXUU	gran+lim

*Nella verticale SB1 sono stati installati due piezometri a profondità rispettivamente di 15 e 28 metri dal piano campagna.*

Tabella 2 -ZONA B



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

dicitura	prove	
C1 (SC1)	TD - EDO	gran+lim
C2 (SC1)	TXCU - TXUU	gran+lim
C1 (SC2)	TD	gran+lim
C2 (SC2)	TXCU - EDO	gran+lim

Tabella 3 - ZONA C

dicitura	prove	
C1 (SD2)	TXCU	gran+lim

Tabella 4 – ZONA D

legenda					
TXCU	prova triassiale consolidata non drenata				
TXUU	prova non consolidata non drenata				
TD	prova di taglio diretto				
EDO	prova edometrica				
gran+lim	classificazione granulometrica e limiti di plasticità				

Tabella 5

## 2.2 Caratterizzazione geotecnica del sito

La nuova campagna d'indagine del 2018 ha permesso di mettere a punto un modello geotecnico più affidabile, come meglio descritto successivamente. Più specificatamente, si è cercato di integrare le informazioni dei sondaggi preesistenti già a disposizione e di eseguire un'analisi di correlazione fra i vari profili stratigrafici in modo da individuare una sezione stratigrafica più aggiornata e più affidabile del sito in esame.

Già da subito va sottolineato come la presente relazione prenda in esame soprattutto i siti delle zone A-B. Solo quando esplicitamente palesato in un paragrafo a parte, si illustrerà brevemente e sinteticamente la situazione dei siti delle zone D e C, essendo quest'ultimi meno problematici in termini geotecnici e caratterizzati da interventi infrastrutturali di minor rilevanza.



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

Nella Tavola 3, vengono riportati tutti i sondaggi eseguiti nelle varie campagne d'indagine presi in considerazione allo scopo di determinare la stratigrafia del luogo, mentre nella successiva Tavola 4 si evidenziano le 4 sezioni stratigrafiche prese in esame, indicate con le lettere AA, BB, CC, DD. Le sezioni AA e CC seguono le direttrici dei due maggior interventi: il corridoio addossato alla via Cristoforo Colombo, e la risagomatura della via Pontina in direzione Roma; le altre due sezioni (BB e DD) sono pressoché ortogonali alle prime.

Come è possibile notare dai profili stratigrafici per le quattro sezioni individuate (Tavola 5, Tavola 6, Tavola 7, Tavola 8), la struttura geologica del sottosuolo risulta estremamente complessa. Macroscopicamente, si può evidenziare la presenza di uno strato più superficiale di spessore estremamente vario, costituiti da depositi recenti, e solo più in profondità, si rilevano gli strati più consistenti e costituenti un possibile bed-rock del sito, rappresentato da depositi di sabbie e ghiaie. Tuttavia, anche grazie ad alcuni sondaggi (vedi S9 del 2001), è fortemente ipotizzabile che buona parte dei depositi abbia come base direttamente le argille azzurre sovraconsolidate (argille plioceniche). Ciò è anche mostrato nell'elaborato grafico del progetto esecutivo 2012 relativo alla sezione geologica del medesimo sito (Tavola 9).

Nonostante i depositi superficiali più recenti presentino una eterogeneità e variabilità verticale fortemente spiccata, risulta necessario definire delle unità geotecniche caratterizzate da terreni il più possibile simili fra loro relativamente alle caratteristiche meccaniche e fisiche, ma soprattutto per quanto riguarda la compressibilità.

Dall'analisi più approfondita dei profili stratigrafici descritti e redatti dal geologo di cantiere e dell'andamento delle sovrappressioni interstiziali registrate durante la prova penetrometrica statica CPTU, si possono individuare già da subito due diverse macro-zone in cui è suddiviso il sito in esame: la ZONA 1, caratterizzata dall'area in cui insistono i due fossi - quello del "Vallerano" e quello minore ad esso parallelo (fosso dell'Acquacetosa?)-, fino a raggiungere - a sud - la viabilità di via di Decima/via Acqua Acetosa Ostiense; la ZONA 2, caratterizzata dall'area più verso Roma e laddove la via Cristoforo Colombo inizia a deviare verso est per sottopassare la SS148. Una possibile individuazione di queste due zone nella planimetria del sito, oggetto d'intervento, è riportata nella Tavola 10.

Tale deduzione risulta avvalorata dai dati a disposizione provenienti dalle varie campagne d'indagini, dati riportati ordinatamente nella tabella di Tavola 11.

Nel primo grafico della Tavola 12, infatti, vengono riportati i valori delle analisi granulometriche di tutti i campioni prelevati nelle varie campagne d'indagini, utilizzati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito. Come è possibile notare, la distribuzione risulta abbastanza caotica e non permette di riconoscere alcuna unità geologica-geotecnica specifica. Nelle figure accanto, tuttavia, si sono rappresentati i medesimi dati di laboratorio, suddividendoli nelle due zone: nel primo grafico sono riportati solo i dati granulometrici provenienti dai sondaggi che ricadono nella ZONA1,



**Corridoio EUR-Tor de Cenci**

**Variante di tracciato**

nel secondo i dati provenienti dalla ZONA2 con un'unica eccezione per il sondaggio SB2 i cui valori sono stati riproposti per entrambi le zone.

Grazie a tale suddivisione, risulta più facile poter individuare delle possibili unità geotecniche, anche fosse solo in termini di permeabilità dei terreni, direttamente collegati alla granulometria. Si nota infatti, che nella ZONA 1 si distinguono due strati principali: quello più superficiale, al di sopra della quota 0 m s.l.m., caratterizzato da un terreno tendenzialmente a grana grossa (sabbie), quello più in basso, a partire da quota 0 m s.l.m., in cui il terreno a grana fine (argille e limi) è in prevalenza. Questa tendenza è confermata dall'andamento delle sovrappressioni indotte durante la prova penetrometrica statica CPTU: nella sezione AA e BB (Tavola 5 Tavola 6) risulta evidente come nella parte più superficiale, fino a quota circa 1 m s.l.m., non si generano forti sovrappressioni indotte durante l'avanzamento della punta. Successivamente, invece, i valori di pressione aumentano sensibilmente a dimostrare la presenza di uno strato di terreno a bassa permeabilità, interrotto a quota -3 m s.l.m. da un livello di terreno di circa 1 metro fortemente drenante, probabilmente costituito da una sabbia con ghiaia.

La ZONA 1, inoltre, è caratterizzata da un piano campagna più basso, che ha comportato il prelievo dei campioni anche a quote inferiori rispetto a quelle dei campioni della ZONA 2, dove il piano campagna guadagna qualche metro in quota. I terreni riscontrati nella ZONA 2 (3° figura di Tavola 12) presentano una maggiore eterogeneità in termini di analisi granulometrica, anche se è possibile asserire la presenza di terreni tendenzialmente sabbiosi e limosi. Tale andamento è costante per tutta la profondità e quindi in questo caso non si può realmente individuare diverse unità caratterizzate da granulometrie diverse.

Dopo aver individuato queste due diverse zone, è possibile da subito attribuire dei valori più realistici e statisticamente rappresentativi del peso di volume alle macro-unità litostratigrafiche individuate, che ci permettono di definire per ogni verticale di sondaggio eseguita, lo stato di tensione verticale totale ad ogni profondità (vedi Tavola 11).

Nella Tavola 13 vengono riportati i grafici dei pesi di volume e dei pesi specifici, in funzione della profondità e distinti per ZONA 1 e 2. Si può notare come la ZONA 1, mediamente, è caratterizzata da uno strato più superficiale (fino a quota circa 0 m s.l.m.) con valore del peso di volume pari a circa  $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ , e uno strato più profondo (da 0 m s.l.m.) con un valore pari a  $\gamma=16.5 \text{ kN/m}^3$ . Tutto ciò in analogia e a confermare quanto visto nella distribuzione granulometrica dei terreni (Tavola 12). La ZONA 2, invece, è caratterizzata da un unico valore del peso di volume, mediamente pari a  $\gamma=18.5 \text{ kN/m}^3$ .

Grazie alle considerazioni sopra esposte e introducendo alcune ipotesi, ampiamente esplicitate in seguito, è possibile tracciare gli orizzontamenti delle sezioni stratigrafiche AA-BB-CC-DD riportate rispettivamente nelle Tavola 14, Tavola 15, Tavola 16, Tavola 17.



Le ipotesi adottate, e che solo ulteriori indagini in sito o altri sondaggi potrebbero assodare definitivamente, sono:

- La presenza lungo i profili stratigrafici dei sondaggi di concrezioni travertinose indicate con "T" o di terra con presenza di concrezioni calcaree "T?", è stata considerata un "marcatore" di unità stratigrafiche accorpabili e/o di separazioni di unità litologiche differenti.
- È stato dato rilievo ad alcune indicazioni significative riportate nella descrizione del profilo stratigrafico di alcuni sondaggi. Nella fattispecie, il sondaggio S2 evidenzia che lo strato di sabbia medio fine debolmente argillosa che va da quota circa 9 m s.l.m. a quota -11 m s.l.m. è caratterizzata da un apporto maggiore di elementi a grana fine (limo e argilla) a partire dalla quota 0 m s.l.m.
- È stato riportato l'andamento delle sovrappressioni lungo la prova CPTU, anziché il valore della resistenza alla punta "qc", per evidenziare il comportamento in termini di permeabilità e quindi il comportamento a breve e lungo termine del terreno lungo la verticale.

Di seguito si descrivono nel dettaglio le sezioni così determinate.

La sezione AA (Tavola 14) è stata ottenuta a seguito dell'interpretazione della sezione BB (Tavola 15). Per tale motivo risulta necessario da subito descrivere quest'ultima.

Nella sezione BB risulta evidente come, i tre sondaggi ricadenti nella ZONA 1 (S9-SA2-S2), presentano uno strato di argilla con limo intermedio che è possibile relazionare anche al profilo delle sovrappressioni elevate della CPTU. Considerando che il sondaggio S2 presenta un passaggio a terreni più argillosi a profondità di 14 m dal piano campagna (come si legge dalla descrizione del profilo stratigrafico), è possibile correlare queste informazioni e definire meglio e con continuità il tetto dei terreni sostanzialmente a gran fine intermedi, che chiameremo "Argille con limi".

Ciò che sovrasta le argille con limi, è possibile incorporarlo in una macro unità caratterizzata da una granulometria variabile ma con spiccata presenza di sabbia e limo, che chiameremo "Limo con sabbia".

Per definire la base delle argille con limo, invece, ci viene in aiuto le indicazioni in alcuni sondaggi relativamente alla presenza di concrezioni travertinose o calcaree: laddove presenti, infatti, si rinviene facilmente un terreno sabbioso, con intercalazioni di materiale fino, ma talvolta misto a ghiaia. Con riferimento sempre alla sezione BB, quanto appena detto ci permette di correlare lo strato di sabbia del sondaggio SB2 con quello del sondaggio S2 e a sua volta con il banco di sabbia individuato in profondità lungo il profilo del sondaggio S9 (il più profondo sondaggio della zona). Tale operazione permette di estendere tale successione sabbiosa anche al di sotto di quei sondaggi della ZONA 1 che non sono così profondi da raggiungere strati di sabbia o ghiaia (SA2 e S2). Si individua, in tal modo uno spessore di terreno a grana più grossa in tutta la sezione BB, il cui tetto definisce la base delle argille con limo. Anche l'andamento delle



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

sovrappressioni CPTU sono concordi a questa correlazione in quanto nella parte più profonda (l'ultimo metro circa) si rileva una successione fitta di terreni più permeabili e quindi probabilmente più "sabbiosi".

Grazie alla sezione BB, quindi, si può stimare a che profondità al di sotto della prova CPTU e del sondaggio SA2, si potrebbero rinvenire le sabbie di cui sopra. Sempre con l'aiuto della medesima sezione (Tavola 15), inoltre, è possibile determinazione lo spessore del medesimo banco di sabbia in corrispondenza delle due verticali SA2 e CPTU utilizzando lo stesso criterio applicato precedentemente. Nei sondaggi dove sono rinvenute tracce di concrezione calcaree o di travertino (**T o T?**), si nota come al di sotto delle sabbie, è presente un deposito consistente di ghiaie. Ciò ci permette di stimare lo spessore minimo del banco di sabbia al di sotto del piede del sondaggio SA2, dopo il quale si potrebbe rinvenire lo strato di ghiaia.

Queste considerazioni e stime possono essere riportate, a questo punto, lungo la sezione AA (Tavola 14), nella fattispecie 1) la quota dove potrebbero essere presente il tetto delle sabbie al di sotto della verticale SA2 e CPTU; 2) lo spessore delle medesime sabbie al di sotto della verticale SA2; 3) la presenza delle ghiaie al di sotto delle sabbie. Questa ultima ipotesi permette di collegare le ghiaie individuate in profondità lungo il sondaggio S4, con quelle presenti al di sotto dello strato di sabbia stimato grazie alla sezione BB.

La successione stratigrafica AA (Tavola 14) che ne deriva è simile a quella precedente: si individua uno strato più superficiale di terreni limo sabbiosi già denominato "Limo con sabbia", successivamente lo strato intermedio di "argille con limo", più compressibili e di spessore variabile, e infine un pacchetto di sabbie e ghiaie prima di raggiungere le argille plioceniche (argille azzurre) che sono state rinvenute solo lungo il sondaggio S9 (sezione BB Tavola 15).

Laddove risulta difficile un'interpretazione della presenza o della tipologia di uno strato, è stato evidenziato con un punto interrogativo ("?").

A prescindere dalle incertezze riguardo gli spessori delle sabbie e ghiaie profonde (indicate con "?"), le due sezioni AA e BB ci riescono comunque a fornire una stima dello spessore dei terreni più compressibili. Ciò risulta essere l'obiettivo principale, come si vedrà in seguito, per il calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali, e quindi della loro fattibilità e verifica.

Forte indeterminazione, tuttavia, si riscontra negli orizzontamenti e nei litotipi quando ci si avvicina verso il sondaggio S4. Mentre quest'ultimo potrebbe presentare una maggior correlazione con i sondaggi SA2 e S2, non può dirsi altrettanto se lo stesso è confrontato con i profili rilevati nei sondaggi della campagna d'indagine 2009, (C4.01, C4.02, C4.03), di cui nella sezione AA (Tavola 14) si è riportato solo quello ad esso allineato e più vicino consistente nella verticale C4.01. Tuttavia, si nota (vedi Tavola 5) come nei profili dei sondaggi C4, oltre alla presenza di strati di ghiaia presenti anche a quote più superficiali, si rilevano strati di argilla consistente analoghi a quella rinvenuta nel sondaggio S4, al di sotto dei primi strati di tufite argillosa sabbiosa. Come si vedrà



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

in seguito, solo a seguito di un'analisi più approfondita dei dati di laboratorio, è possibile determinare a quale unità geo-meccanica appartiene tale argilla-consistente, presente in corrispondenza della zona del sondaggio S4.

Le sezioni CC e DD (Tavola 16, Tavola 17) sono state tracciate seguendo le stesse considerazioni di cui sopra. In questi casi, talvolta le incertezze sono più vistose ed evidenti, tanto da non permettere il tracciamento di alcun orizzontamento. Tuttavia, come è possibile notare dalle Tavola 16 e Tavola 17, a differenza delle sezioni AA e BB, si riscontra l'assenza di terreni a grana fine sostanzialmente compressibili, precedentemente denominate "argille con limo". Tale peculiarità, unita al fatto che lungo tali sezioni sono previste opere di ingegneria meno impattanti, rendono meno cogente una caratterizzazione meccanica e fisica il più precisa possibile.

Dalle sezioni stratigrafiche e dai valori della quota di rinvenimento e stabilizzazione della falda rilevati in sito nei vari sondaggi, è possibile anche desumere la quota piezometrica caratteristica. Nella fattispecie, è possibile definire due quote piezometriche della medesima falda freatica, una per ogni ZONA individuata. Nella ZONA 1 risulta ragionevole prendere come riferimento la quota piezometrica pari a circa 12,5 m s.l.m., mentre nella ZONA 2, è possibile ipotizzare la quota della falda più alta di circa 1.5 m, portandola a 14 m s.l.m.

In sintesi, il sito in esame è sostanzialmente caratterizzato da uno strato superficiale di spessore variabile di "limo con sabbia" presenti in entrambi le zone (ZONA 1 e ZONA 2). Più in profondità, si rileva uno strato più compressibile di "argilla con limo" rinvenibile solo nella ZONA 1, e successivamente si incontrano le "sabbie con ghiaie" in entrambe le ZONE.

A seguito di quanto appena detto, è possibile ora passare alla caratterizzazione geotecnico del sottosuolo, determinando anche i parametri fisici e meccanici di resistenza e deformabilità rappresentativi e caratteristici delle varie unità geo-meccaniche individuate.

Nella Tavola 18 sono funzionalmente sintetizzate le caratteristiche meccaniche ricavate a seguito dell'interpretazione delle prove di laboratorio condotte sui terreni prelevati e campionati durante tutte le campagne d'indagine. Nella Tavola 19, in analogia a quanto detto per la Tavola 18, vengono riportati i dati provenienti dalle prove in sito costituite dalle penetrometriche dinamiche standard SPT, opportunamente interpretate per la definizione dei parametri meccanici di resistenza e deformabilità. Per entrambi queste due tabelle, si è preso come riferimento della ZONA 1, un solo valore del peso di volume, mediato, tra i due determinati precedentemente e pari a  $\gamma=17.5 \text{ kN/m}^3$ .

Per la determinazione dei valori delle caratteristiche meccaniche dei diversi terreni presenti in sito, risulta necessario rappresentare i dati distinguendoli con riferimento alle macro unità stratigrafiche precedentemente individuate e così definite: la più superficiale "limo con sabbia", la sottostante "argilla con limo", quest'ultima presente solo nella ZONA 1.



Iniziando ad analizzare le caratteristiche di compressibilità dei terreni in sito, nella Tavola 20 vengono rappresentati i parametri meccanici di compressibilità dei terreni dello strato denominato **"Limo con sabbia"**, insieme al valore dell'indice dei vuoti dei campioni prelevati e al grado di sovraconsolidazione OCR. Non sono rappresentati i dati provenienti dal sondaggio SC1, perché lontano dal sito d'interesse e quindi non considerato rappresentativo.

Ricordando come questi terreni sono tendenzialmente abbastanza permeabili, e comunque caratterizzati da frequenti e spesse intercalazioni di sabbia, si giustifica il motivo per cui le caratteristiche di compressibilità risultano di difficile determinazione vista la forte variabilità. Tuttavia dalla Tavola 20 si può dedurre che lo strato di "limo con sabbia" risulta sovraconsolidato con un valore dell'OCR pari a circa 2, e i parametri di compressibilità caratteristici possono essere ricavati facendo una media dei valori determinati dalle prove di laboratorio: l'indice di compressione risulta pari a circa  $C_c=0.28$  e l'indice di rigonfiamento pari a circa  $C_s=0.04$ . L'indice dei vuoti caratteristico è pari a  $e_0=0.8$  relativo alla quota 8 m s.l.m, ed è stato possibile determinarlo in Figura 5 in cui si interpreta il medesimo grafico riportato in Tavola 20.

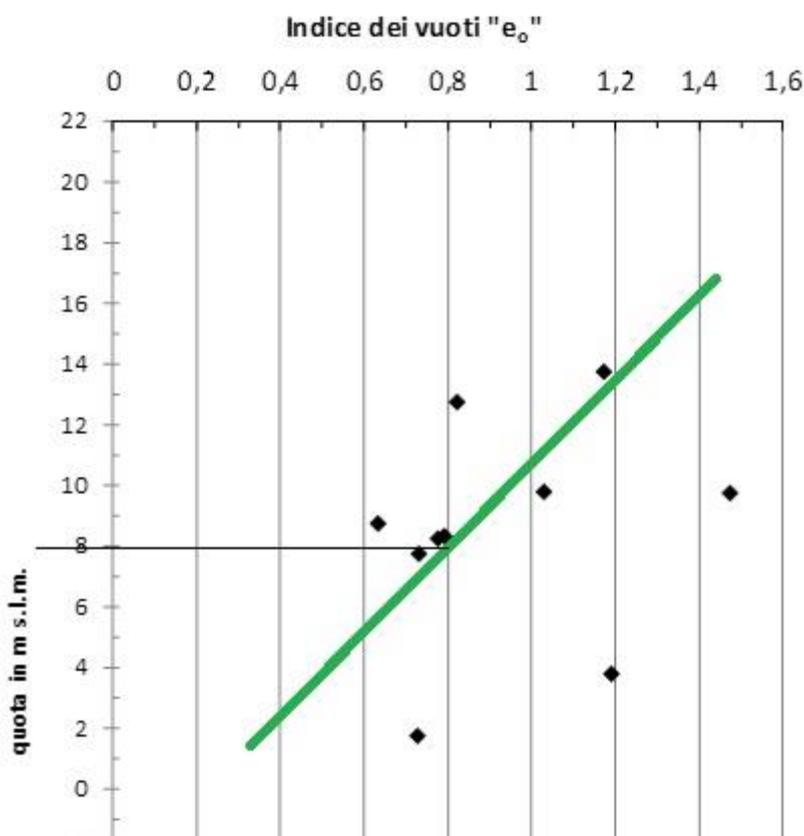


Figura 5

Nella Tavola 21 vengono rappresentati i parametri meccanici di compressibilità dei terreni dello strato denominato **"argilla con limo"**, insieme al valore dell'indice dei



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

vuoti dei campioni prelevati e al grado di sovraconsolidazione OCR. I dati presi in considerazione per la caratterizzazione di tale strato provengono da: SA2-C4; SB1-C4; S2-C2; S4-C1; S4-C2; S4-C3 (vedi Tavola 18 ).

Visto il numero esiguo di dati, si sceglieranno i valori caratteristici più svantaggiosi che presuppongono una maggior compressibilità dei terreni. Inoltre, se si scarta il valore proveniente da SB1-C4, poiché prelevato a quota più alto e da un sondaggio ubicato non schiettamente nella ZONA 1, si può notare come rimangano due valori che concordano fra loro fornendo i seguenti parametri: OCR=1, indice di compressione e rigonfiamento rispettivamente  $C_c=0.7$   $C_s=0.06$ .

Per quanto riguarda il valore dell'indice dei vuoti, si deve fare riferimento al grafico specifico di Tavola 21, dove sono stati rappresentati anche i dati provenienti dal sondaggio S4 (in questo caso riportati nei certificati di laboratorio). Prima di una loro interpretazione, risulta necessario un'ulteriore analisi: nella Tavola 22, vengono evidenziati i valori dell'indice di plasticità "Ip", del contenuto d'acqua "w", come anche dell'indice di consistenza "Ic", distinguendoli per provenienza di sondaggio. Escludendo sempre il dato "anomalo" proveniente da SB1-C4, si nota come i valori più caratteristici del terreno compressibile e "normalmente consolidato" delle "argille con limo", sono quelli con "Ic" più basso. Ne consegue che è possibile definire come rappresentativi i dati provenienti da SA2 e S2, che forniscono un valore caratteristico dell'indice dei vuoti pari a  $e_0=1.4$  a quota -8 m s.l.m.

Dalla medesima tavola, tuttavia, si è evidenziato come le argille rilevate ungo il profilo stratigrafico della verticale S4 siano caratterizzate da un indice di consistenza molto alto, paragonabile alla descrizione delle "argille consistenti" che si ritrova nei profili stratigrafici dei sondaggi della campagna d'indagine C4 del 2009. Tali argille non possono essere accomunate a quelle normalmente consolidate (con OCR=1), rilevate lungo i sondaggi SA2 e S2. Da ciò si deduce che lo strato di "argilla con limo", in adiacenza alla verticale S4, risulta "sostituito" da un banco di "argille sovraconsolidate" con caratteristiche meccaniche di resistenza, deformabilità e compressibilità differente, sicuramente migliori, che possiamo denominare "Argille con limo SC".

Per la determinazione dei parametri di resistenza e deformabilità dei terreni in sito, si fa riferimento sempre ai dati delle due tabelle delle Tavola 18 e Tavola 19, e all'interpretazione della prova penetrometrica statica CPTU.

Nella Tavola 23 vengono diagrammati sia i valori dell'angolo di attrito dello strato più superficie definito "**limo con sabbia**", provenienti dalle prove di laboratorio e dalle prove in sito (penetrometriche dinamiche standard SPT), sia i valori della coesione efficace. Si può notare come i valori a rifiuto della prova SPT sono attribuibili allo strato di ghiaia e sabbia di base. Dando più risonanza ai valori ottenuti con il metodo di Schmertmann e valutando l'andamento dei valori ottenuti dalla prova di taglio diretto, si può determinare il seguente valore dell'angolo di attrito rappresentativo dell'intero strato, pari a  $\varphi'=34^\circ$ . I valori relativi alla coesione efficace sono solo due, a testimonianza di un'unità litostratigrafica sostanzialmente caratterizzata dalla presenza



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

di terreni a grana grossa come le sabbie. Tuttavia, poiché si sta descrivendo un terreno con un valore del grado di sovraconsolidazione maggiore dell'unità, per meglio rappresentare anche la parte più fine costituita da una buona percentuale di limo, è possibile attribuire un - seppur modesto - valore non nullo della coesione efficace, pari a quello più basso rappresentato nella Tavola 23, ovvero  $C'=10$  kPa.

Nella Tavola 24, vengono riportati i dati della resistenza non drenata  $C_u$  dello strato "**Limo con sabbia**" provenienti dalle prove di laboratorio e dall'interpretazione della prova penetrometrica statica CPTU. Nella medesima tavola viene rappresentato anche l'andamento del modulo di deformabilità  $E'$  ottenuto tramite correlazione con le prove penetrometriche dinamiche standard SPT. Da subito si può notare come i valori della resistenza non drenata ottenuti tramite prove di laboratorio siano abbastanza differenti fra loro, sinonimo della forte eterogeneità del terreno costituente la macro unità geotecnica "limo con sabbia". Ciò era già possibile dedurlo dalla forte variabilità del grado di sovraconsolidazione OCR riportato nella Tavola 20. Tuttavia, l'andamento della resistenza alla punta CPTU, diagrammata nel grafico "Cu da CPTU" solo per la parte corrispondente ad un terreno spiccatamente più a grana fine, ci aiuta a definire il valore caratteristico più rappresentativo che risulta essere pari a 50kPa. Per il modulo  $E'$  (MPa), infine, dando più attendibilità al metodo di correlazione "Terzaghi - Tonaghi" ma affidandosi ai valori più bassi, si può scegliere  $E' = 15$  MPa.

Nella Tavola 25 sono diagrammati tutti i dati provenienti sia dalle prove di laboratorio sia dalle prove in sito CPTU dello strato inferiore di "**Argilla con limo**". In questo caso - giustamente - non si ha alcun valore delle prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) in quanto, essendo terreni a comportamenti più spiccatamente non-drenato, le prove SPT non sarebbero rappresentative e quindi non interpretabili.

Dal grafico relativo riportato nella Tavola 25, è possibile notare come i valori dell'angolo d'attrito sono più bassi dello strato sovrastante di "Limo con sabbia" anche se più dispersi fra loro. Il valore caratteristico può ricadere in quello tipico di un'argilla limosa normalmente consolidata e quindi paria a  $\phi'=30^\circ$ . Per quanto riguarda i valori della coesione drenata, questi provengono tutti dalle prove di taglio diretto ottenute dai campioni prelevati dal sondaggio S4, a meno di uno (17 kPa) relativo al campione prelevato dalla verticale SB1 che si è già ampiamente accennato non essere pienamente rappresentativa. Si ricorda come anche i dati provenienti dal sondaggio S4 non possono essere presi come riferimento per la valutazione delle caratteristiche di resistenza drenata dell'unità "argilla con limo NC" per due motivi: si riferiscono ad argille che risultano essere molto sovraconsolidate e consistenti denominate "Argilla con limo SC"; in più le prove di taglio diretto presentano una velocità di prova un po' troppo elevata, in funzione della granulometria del terreno. Ciò influisce sulla corretta determinazione del parametro della coesione efficace e dell'angolo d'attrito, rispettivamente aumentandone e riducendone sensibilmente il valore, soprattutto per le argille SC (sovraconsolidate) come in questo caso. Detto ciò risulta inevitabile attribuire all'intero strato di " Argilla con limo NC" un valore di coesione pressoché nulla  $c'= 0$  kPa.



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

L'opportunità di scartare i valori provenienti dal sondaggio S4, inoltre, giustifica in maggior misura la scelta del valore caratteristico dell'angolo di attrito pari a 30°.

Infine, per quanto riguarda il valore della resistenza non drenata  $C_u$  dello strato **"argilla con limo"**, si nota come i dati interpretati dalla prova CPTU fissano un valore prossimo a 40-45 kPa. Quelli molto più elevati provenienti dai campioni prelevati nel sondaggio S4, invece, sono rappresentativi dell'argilla consistente e sovraconsolidata SC, con un indice di consistenza nettamente più elevato (vedi Tavola 22). Per tale motivo il valore caratteristico e rappresentativo scelto per le "argille con limo NC" risulta essere pari a  $C_u=45$  kPa.

A seguito di quanto descritto, nelle Tavola 26, Tavola 27, Tavola 28 e Tavola 29 si propongono le quattro sezioni AA, BB, CC e DD in cui figurano le possibili unità geo-meccaniche riconoscibili nel sito in esame, le cui caratteristiche fisiche e meccaniche sono state definite e descritte precedentemente. Rispetto alle sezioni stratigrafiche, le sezioni geotecniche si distinguono per la presenza, nella ZONA 1, di un'argilla con limo SC (sovraconsolidata) al di sotto dello strato più compressibile che è stato denominato "argilla con limo NC" (NC=normalmente consolidato).

Tali "Argille con limo SC" sono presenti maggiormente nella zona in corrispondenza del sondaggio S4 e presumibilmente al di sotto dell'unità geo-meccanica più compressibile. In questa zona la loro presenza potrebbe essere correlata con l'andamento degli ultimi metri ( da 26 a 30) della prova CPTU.

### **2.3 Il Modello geotecnico del sito**

Dalle sezioni AA e BB, Tavola 26 e Tavola 27, si può dedurre il modello geotecnico del terreno da utilizzare per il calcolo e verifica dei rilevati costituenti il nuovo corridoio della mobilità, parallelo e in parte addossato alla preesistente via Cristoforo Colombo.

In assenza di ulteriori dati a disposizione relativi al sottosuolo, si sceglie di prendere in considerazione la successione stratigrafica e geo-meccanica più sfavorevole possibile. In Figura 6 viene schematizzata la sezione caratteristica di tale modello, mentre nella Tabella 6 si sintetizzano e si riportano i parametri delle caratteristiche meccaniche e fisiche delle varie unità, argomentati e determinati nel paragrafo precedente, oltre al relativo spessore.

Il modello geotecnico prevede uno spessore più superficiale (Limo con sabbia) abbastanza deformabile ma caratterizzato da una considerevole percentuale di terreno a grana grossa, e inoltre intervallato da strati di terreno ghiaioso o sabbioso. Ciò fa sì che i processi di consolidazione dei terreni, responsabili dei cedimenti di lungo termine, si sviluppino con tempi estremamente rapidi o comunque confrontabili con le attività di esecuzione del rilevato. I terreni sottostanti del modello geotecnico (Argille con limo NC), invece, risulta avere caratteristiche geotecniche più proprie di un terreno a grana fine, con conseguente maggior compressibilità dovuta allo sviluppo di cedimenti di



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

consolidazione. Anche per questa unità, tuttavia, la presenza di inclusioni e livellette sabbiose/ghiaiose presenti all'interno del deposito forniscono diversi contorni drenanti che permettono di ridurre i percorsi di filtrazione, diminuendo sensibilmente i tempi necessari per esaurire la maggior parte dei cedimenti primari.

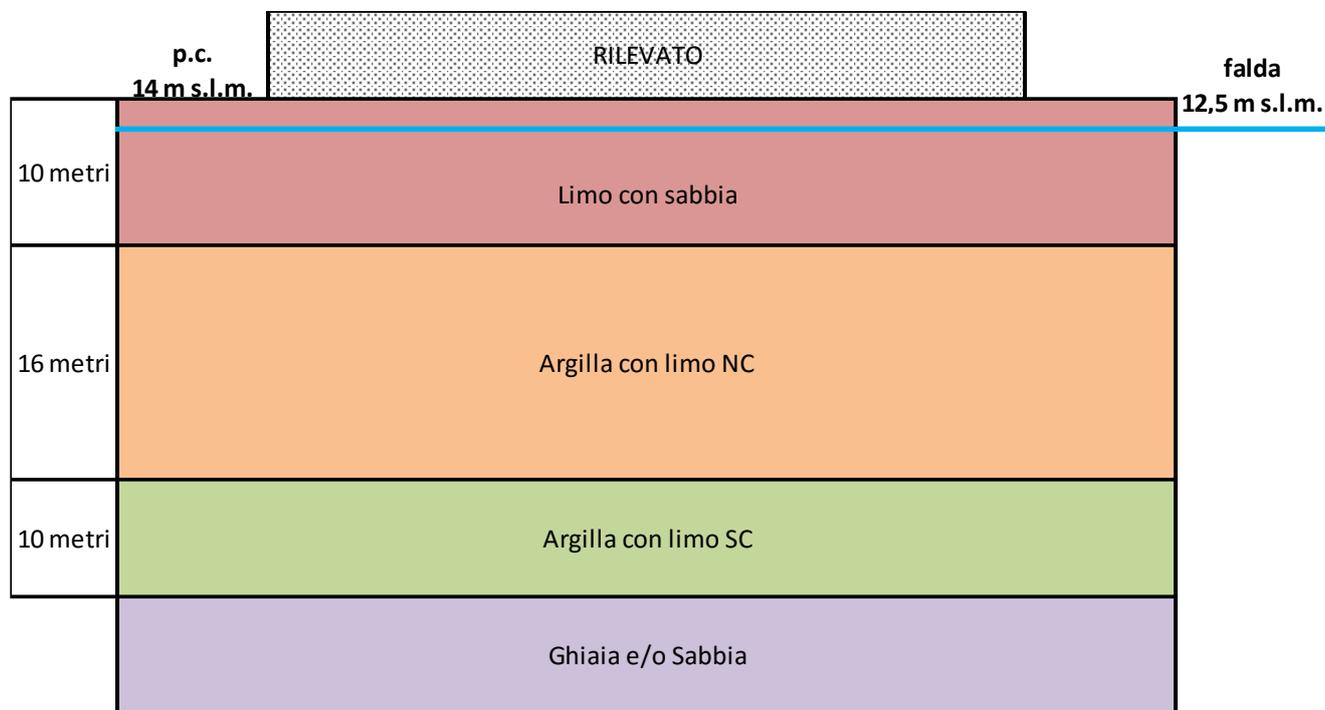


Figura 6

MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	profondità	quota	$\gamma$	$e_0$	OCR	Cc	Cs	$\varphi'$	$c'$	$C_u$
	(m)	(m s.l.m.)	(kN/m <sup>3</sup> )	(prof. m)				(°)	(kPa)	(kPa)
Limo con sabbia	0	14	18	0,8	2	0,28	0,04	34	10	50
	10	4		(a 8 m slm)						
Argilla con limo	10	4	16	1,4	1	0,7	0,08	30	0	45
	26	-12		(a -8 m slm)						

Tabella 6

Dalle sezioni CC e DD, Tavola 28 e Tavola 29, si può dedurre il modello geotecnico da utilizzare per il calcolo e verifica dei rilevati che permettono la deviazione della strada statale SS148 in direzione EUR - Roma. In assenza di ulteriori dati a disposizione relativi al sottosuolo, si sceglie di prendere in considerazione la successione stratigrafica e geomeccanica più sfavorevole possibile. In Figura 7 si schematizza il modello e in Tabella 7 si riportano i valori caratteristici di resistenza e deformabilità.

Come possibile notare in Figura 7, lo strato più superficiale coincide con quello già descritto e analizzato nel modello geotecnico precedente di Figura 6. Trattasi dello strato



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

di "Limo con sabbia" sovraconsolidato, caratterizzato dalla presenza di terreno a grana grossa, con livellette di sabbia e ghiaia. Lo strato successivo consiste in un terreno più a grana fine denominabile "Limo con argilla SC", riscontrabile solo nel sondaggio SB1, e le cui caratteristiche fisiche e meccaniche possono essere riconducibili a quelle dell'unico campione estratto: SB1-C4 (vedi Tavola 17 e Tavola 18). I valori provenienti da questo campione, e diagrammati nei vari grafici precedentemente descritti, coincidono con quei valori che venivano regolarmente scartati come non rappresentativi dello strato di "Argilla con limo NC" che costituisce il terreno compressibile del modello geotecnico precedente di Figura 6.

In Tabella 7 vengono sintetizzati i parametri meccanici e fisici delle unità geomeccaniche che costituiscono il modello di Figura 7.

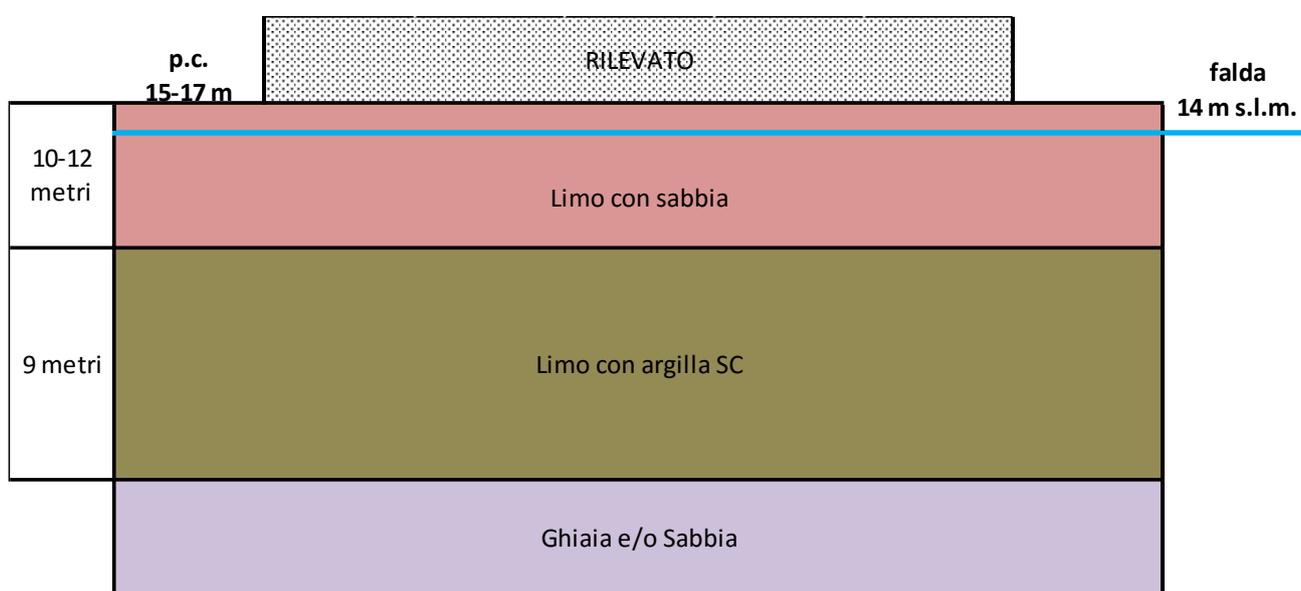


Figura 7

MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	profondità	quota	$\gamma$	$e_0$	OCR	Cc	Cs	$\varphi'$	$c'$	$C_u$
	(m)	(m s.l.m.)	( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	(prof. m)				( $^\circ$ )	(kPa)	(kPa)
Limo con sabbia	0	17	18	0,8	2	0,28	0,04	34	10	50
	12	5		(a 8 m slm)						
Limo con Argilla SC	12	5	18	0,85	3	0,37	0,12	28	17	\
	21	-4		(a -3,75 m slm)						

Tabella 7

Anche in questo caso il modello geotecnico prevede uno spessore più superficiale (Limo con sabbia) abbastanza deformabile ma caratterizzato da una considerevole



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

percentuale di terreno a grana grossa, che garantisce lo sviluppo dei cedimenti di consolidazione in tempi estremamente rapidi o comunque confrontabili con le attività di esecuzione del rilevato. Successivamente si riconosce uno strato di terreno di granulometria più fine, sovraconsolidato (Limo con Argilla SC), di cui bisogna considerare lo sviluppo di cedimenti di consolidazione (differiti nel tempo). Anche per questa unità, tuttavia, essendo costituita da terreni argillosi sovraconsolidati, di limitato spessore, e interposti fra due unità caratterizzate da permeabilità più elevate e tali da essere considerati due contorni drenanti, i tempi necessari per lo sviluppo dei cedimenti primari si riducono sensibilmente.

### **3. SOLUZIONI PROGETTUALI**

#### **3.1 La realizzazione dei rilevati stradali**

I due interventi di maggior rilievo nel sito in esame consistono nella realizzazione di nuovi rilevati. Nel dettaglio si prendono in considerazione due zone distinte e rappresentative: dove il corridoio si affianca alla preesistente via Cristoforo Colombo; dove è previsto l'allargo della via Pontina in direzione Roma.

Da subito è possibile evidenziare che, mentre l'ampliamento della nuova sede stradale della SS148 direzione Roma non risulta problematica grazie alla limitata entità dell'intervento, viceversa la nuova sede stradale del corridoio in adiacenza alla via Cristoforo Colombo richiede una maggiore attenzione.

Come meglio spiegato in seguito, l'aspetto più problematico relativo alla costruzione dei rilevati, consiste nella stima dei cedimenti istantanei e di lungo termine che se troppo elevati o non gestibili possono mettere in crisi la realizzazione dell'intera opera.

A seguito della messa a punto dei due modelli geotecnici precedentemente esposti, che indicano la presenza di terreni compressibili con possibili cedimenti differiti nel tempo, la soluzione progettuale perseguibile risulta essere la realizzazione di rilevati stradali di tipo "non tradizionali", cioè costituiti sostanzialmente con materiali non convenzionalmente e/o tradizionalmente utilizzati per la costruzione di rilevati, bensì con l'impiego di materiali più leggeri.

Oltre alla necessità di prevenire eventuali incompatibili cedimenti che si potrebbero sviluppare soprattutto nel lungo termine, la scelta della tipologia di rilevati deve tenere conto anche di altre due importanti problematiche. La prima consiste nella zona in cui l'opera viene costruita che risulta essere esondabile: ciò presuppone che il costruendo rilevato debba essere compatibile e funzionale anche in presenza di parziale immersione in acqua a causa delle esondazioni delle opere di regimentazione idraulica esistenti (fossi) e/o innalzamento della quota piezometrica della falda in sito. La seconda



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

criticità che condiziona la scelta consiste nella necessità di dover costruire ex-novo importanti rilevati in adiacenza e/o in sormonto ai preesistenti rilevati di infrastrutture viaria in esercizio, quale sono la via Cristoforo Colombo e la SS148. Quest'ultimo aspetto è ritenuto critico in quanto risulta necessario evitare anche modesti cedimenti indotti istantanei e/o di lungo termine sulle preesistenti sedi stradali in esercizio.

Per quanto riguarda il cedimento differito della nuova infrastruttura, va considerato soprattutto il cedimento differenziale che subirebbe il pacchetto stradale superficiale di altezza circa 1.5 m realizzato con materiale tradizionale (terreno di classe A1-2-3 secondo CNR-UNI 10006/1969), oltre al cedimento assoluto che al ungo termine subirebbe l'intero rilevato.

Da evidenziare, inoltre, la presenza di altre infrastrutture da salvaguardare. Nella fattispecie si tratta del sottoservizio costituito dalla condotta di acqua potabile ACEA di diametro  $\phi$  1000 che corre parallelamente al ciglio destro della via Cristoforo Colombo, proprio in adiacenza al costruendo rilevato del corridoio. In questi casi l'obbiettivo consiste nel preservare la condotta in acciaio da possibili distorsioni dovute a cedimenti differenziali, che potrebbero causare danni con forti ripercussioni sul servizio di adduzione idrica.

Riassumendo, quindi, tre sono i principali vincoli progettuali:

- 1) riduzione dei cedimenti primari differiti nel tempo;
- 2) riduzione di eventuali cedimenti non trascurabili indotti sulle strutture viarie preesistenti in esercizio e sui sottoservizi adiacenti;
- 3) compatibilità delle nuove opere alle possibili esondazioni della zona in cui saranno impostati i nuovi rilevati.

Per soddisfare tutti i requisiti e rispettare i vincoli sopra esposti, è stato scelto un rilevato costituito da argilla espansa cementata, con fianchi subverticali rinforzati da interventi tipo "terra mesh". L'argilla cementata è un materiale estremamente leggero rispetto al materiale tradizionale usato per rilevati: mentre quest'ultimo ha un peso di volume pari a circa 18-20 KN/m<sup>3</sup>, l'argilla cementata fuori falda risulta pari a 6 KN/m<sup>3</sup>. Nel caso di argilla cementata sotto falda, essendo quest'ultima fortemente permeabile, imbibendosi raggiunge un valore del peso di volume pari a circa quello dell'acqua: 10 KN/m<sup>3</sup>. La forte permeabilità e la particolare costituzione dei granuli fa sì che, in caso di emersione, l'argilla perde gran parte dell'acqua dei macro-pori, riportando il valore del suo peso di volume a quello originario pari a 6 KN/m<sup>3</sup>.

L'argilla cementata risulta funzionale anche nel caso si verifichi l'esondazione con parziale immersione del rilevato. In questi casi, l'argilla espansa risponde ai requisiti di resistere all'erosione dell'acqua e alla perdita di resistenza a taglio, a differenza della semplice argilla espansa non cementata. Il galleggiamento del rilevato, inoltre, è evitato grazie al fatto che l'argilla espansa, imbibita, risulta avere un peso di volume prossimo



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

a quello dell'acqua (e non inferiore come quando fuori falda pari a  $6 \text{ KN/m}^3$ ), annullando così la sottospinta idraulica per il volume immerso.

Passando alla verifica e calcolo dei cedimenti dei rilevati, di seguito si prende in considerazione l'intervento consistente della nuova sede stradale parallela alla via Cristoforo Colombo, dedicata totalmente al trasporto pubblico, e realizzata grazie all'esecuzione di un rilevato parzialmente in sormonto alla stessa Cristoforo Colombo.

In Figura 8 è rappresentata un sezione tipo di tale rilevato in sormonto alla via Cristoforo Colombo.

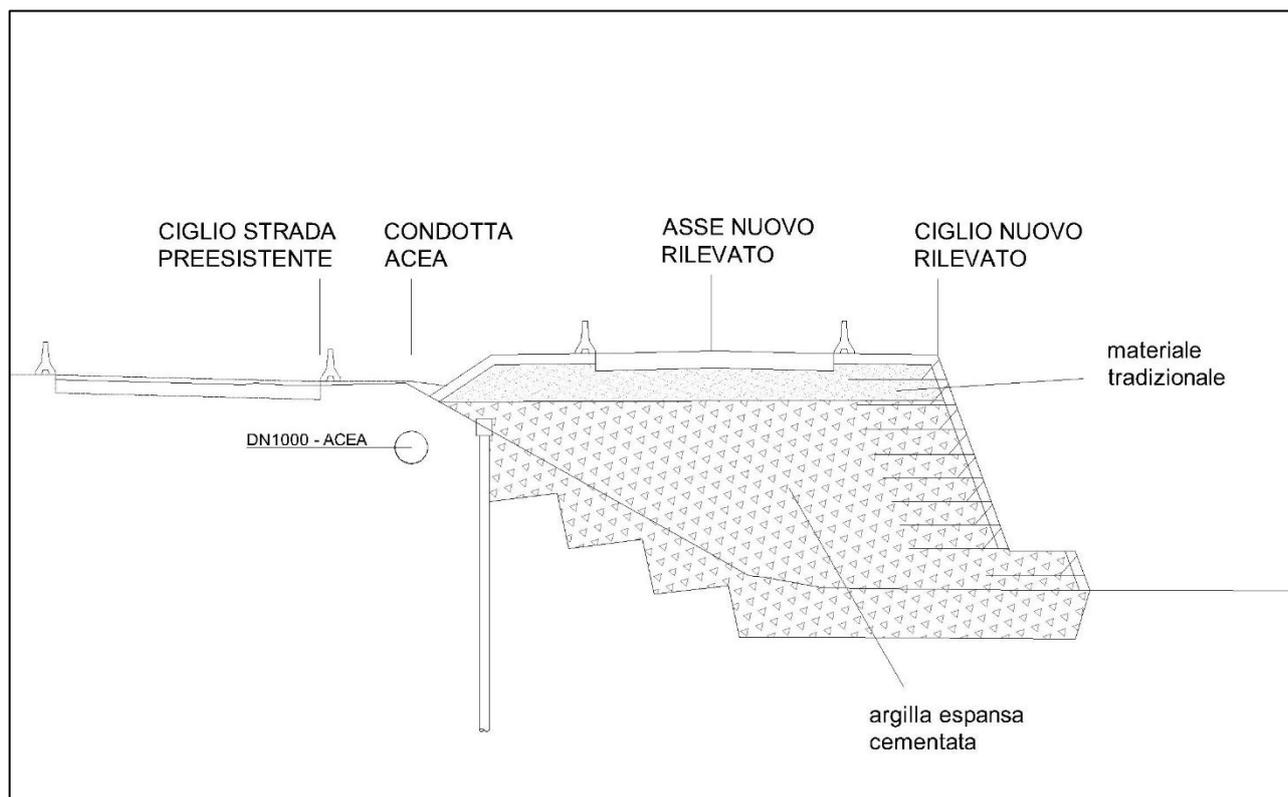


Figura 8

Si nota come la risagomatura del terreno avvenga a gradoni, con alzate e pedate aventi pendenza ed immersione in direzione del rilevato preesistente, e con un'ampiezza della pedata tale da permettere l'utilizzo di almeno piccoli escavatori. A monte è stata prevista la presenza di micropali, preliminarmente di altezza circa 10 metri, che eseguiti prima dello scavo di risagomatura, assicurano l'assenza di cedimenti o movimenti dalla condotta idrica ACEA. Il sotto-scavo di almeno 1.5 metri risulta necessario per eseguire una pulizia del sottofondo e compensare parzialmente il peso del rilevato, già alleggerito grazie all'uso dell'argilla cementata espansa.

Per la verifica del rilevato risulta necessario stimare l'ordine di grandezza dei cedimenti di breve e lungo termine in quattro punti: in asse al rilevato, al ciglio del medesimo rilevato, al di sotto della condotta ACEA, al ciglio della preesistente

infrastruttura viaria (via Cristoforo Colombo). Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito utilizzando il metodo edometrico, considerando, quindi, i terreni in sito soggetti entrambi a fenomeni di consolidamento e caratterizzati da un cedimento di breve termine (istantaneo  $w_0$ ) inferiore a quello di consolidamento ( $w_c$ ). Il calcolo edometrico, nonostante sia un metodo semplificato, è in grado di fornire una buona stima dell'ordine di grandezza dei cedimenti.

I dati di tale stima sono di seguito riportati nelle

<b>SEZIONE 116</b>		
in asse al rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_0$ (cm)	1,43
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	20,98
al ciglio del rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_0$ (cm)	1,12
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	15,91
al di sotto della condotta idrica ACEA	cedimento immediato $w_0$ (cm)	0,28
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	11,48
al ciglio della infrastruttura preesistente	cedimento immediato $w_0$ (cm)	0,11
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	7,40

Tabella 8,

<b>SEZIONE 124</b>		
in asse al rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_0$ (cm)	1,07
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	17,06
al ciglio del rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_0$ (cm)	0,87
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	13,54
al di sotto della condotta idrica ACEA	cedimento immediato $w_0$ (cm)	0,18
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	9,22
al ciglio della infrastruttura preesistente	cedimento immediato $w_0$ (cm)	0,09
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_0+w_c}$ (cm)	6,86

Tabella 10, Tabella 11, per tre sezioni: sezione 116, nelle vicinanze del sovrappasso di via Decima/via acqua Acetosa Ostiense; sezione 124, in adiacenza il fosso del Vallerano; sezione 132, in adiacenza al fosso dell'Acquacetosa (superato il rilevato di inversione di marcia preesistente).



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

<b>SEZIONE 116</b>		
in asse al rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_o$ (cm)	1,43
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	20,98
al ciglio del rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_o$ (cm)	1,12
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	15,91
al di sotto della condotta idrica ACEA	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,28
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	11,48
al ciglio della infrastruttura preesistente	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,11
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	7,40

Tabella 8

<b>SEZIONE 132</b>		
in asse al rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_o$ (cm)	1,09
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	18,75
al ciglio del rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,91
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	15,94
al di sotto della condotta idrica ACEA	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,21
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	9,80
al ciglio della infrastruttura preesistente	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,10
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	7,77

Tabella 9

<b>SEZIONE 124</b>		
in asse al rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_o$ (cm)	1,07
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	17,06
al ciglio del rilevato del corridoio	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,87
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	13,54
al di sotto della condotta idrica ACEA	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,18
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	9,22
al ciglio della infrastruttura preesistente	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,09
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	6,86



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

## Tabella 10

Dalle tabelle si deduce che il massimo cedimento di consolidazione da scontare per il nuovo rilevato è pari a circa 20 cm. Ciò potrebbe essere gestibile ricaricando durante la costruzione il sottofondo del pacchetto stradale - composto da misto granulare di altezza 1.5 m - di circa 0.2 m, portandolo da subito a 1.7 m. In fase di finitura del pacchetto stradale superficiale, si provvederà a compensare eventuali centimetri di cedimento.

Il cedimento differenziale massimo di consolidazione tra il ciglio e l'asse del nuovo rilevato risulta pari ai circa 4.5 cm, ragionevolmente superabile e correggibile ricaricando gli strati bituminosi superficiali.

Come è possibile notare dalla Tabella 11, la distorsione imposta alla condotta idrica ACEA, ottenuta come il cedimento differenziale diviso la lunghezza del tratto in cui lo stesso sviluppa, risulta quasi sempre superiore al valore massimo ammissibile per una tubazione rigida pari a  $\beta_{max}=1/140$ . La stima della lunghezza dei tratti è stata eseguita prendendo come riferimento le progressive delle sezioni esaminate, insieme a quelle dei punti "fissi" ovvero, dei punti dove verosimilmente non si sviluppano cedimenti indotti sulla condotta idrica. Questi punti "fissi" sono: il ponte stradale della Cristoforo Colombo al di sopra di via di Decima/via dell'Acqua Acetosa Ostiense; il fosso del Vallerano; il rilevato preesistente di inversione di marcia della via Pontina; lo scatolare preesistente di protezione della condotta idrica al di sotto della via Cristoforo Colombo.

Nelle zone di transizione tra un punto fisso e il successivo tratto dove la condotta è interrata e "trascinata" dai cedimenti del terreno, sarebbe comunque necessaria un'opera di presidio che assicuri una mitigazione dei cedimenti indotti. Ciò permetterebbe di schematizzare ed ipotizzare una deformazione a "festone" dell'intera condotta. In questo caso, affinché si possa affermare che non ci siano problemi per i cedimenti differenziali sulla tubazione, sarebbe necessario che le distorsioni calcolabili per entrambi i lati del festone siano accettabili. Come è possibile notare in Tabella 11, ciò non si verifica in almeno un paio di casi: lungo uno dei lati del medesimo "festone" si stimano dei cedimenti differenziali non compatibili con distorsioni troppo elevate.

Per non incorrere in alcuna problematica riguardo danni indotti alla condotta ACEA, si deve provvedere all'allungamento dei micropali già previsti per la protezione della condotta medesima durante lo scavo di risagomatura. L'allungamento deve essere tale da disconnettere lo strato di terreno responsabile dei cedimenti di consolidazione, ovvero dell'unità "Argilla con Limo NC". Più precisamente, quindi, si prescrive l'esecuzione di una paratia di micropali lunghi almeno 30 metri per tutto lo sviluppo longitudinale della condotta laddove risulta interrata e soggetta a cedimenti indotti. La piena funzionalità e la corretta lunghezza dei micropali dovrà essere oggetto di analisi più approfondite nell'ambito dello sviluppo del progetto esecutivo, ricorrendo a metodi numerici, per cogliere gli aspetti peculiari della situazione in sito, di difficile valutazione



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

con metodi di analisi semplificati come quelli utilizzati nell'ambito del presente progetto definitivo.

Grazie a tale intervento aggiuntivo, si ridurrebbero sensibilmente anche i cedimenti indotti all'infrastruttura viaria preesistente (via Cristoforo Colombo) nonostante che il calcolo edometrico stimi dei cedimenti il cui ordine di grandezza risulta già pressoché accettabile.

distorsione della condotta idrica ACEA				
ponte-sezione116	lunghezza tratto L (cm)	1162,00	$\beta=L/w_t$	0,007143
	cedimento di lungo termine ponte $w_t = w_o + w_c$ (cm)	0,00	0,009876	
	cedimento di lungo termine sezione 116 $w_t = w_o + w_c$ (cm)	11,48		
sezione116-Vallerano	lunghezza tratto L (cm)	11600,00	$\beta=L/w_t$	
	cedimento di lungo termine Vallerano $w_t = w_o + w_c$ (cm)	0,00	0,000989	
	cedimento di lungo termine sezione 116 $w_t = w_o + w_c$ (cm)	11,48		
Vallerano-sezione124	lunghezza tratto L (cm)	400,00	$\beta=L/w_t$	
	cedimento di lungo termine sezione 124 $w_t = w_o + w_c$ (cm)	9,22	0,023038	
	cedimento di lungo termine Vallerano $w_t = w_o + w_c$ (cm)	0,00		
sezione124-rilevato preesistente	lunghezza tratto L (cm)	4500,00	$\beta=L/w_t$	
	cedimento di lungo termine sezione 124 $w_t = w_o + w_c$ (cm)	9,22	0,002048	
	cedimento di lungo termine sezione rilevato $w_t = w_o + w_c$ (cm)	0,00		
rilevato preesistente-sezione 132	lunghezza tratto L (cm)	3785,00	$\beta=L/w_t$	
	cedimento di lungo termine sezione rilevato $w_t = w_o + w_c$ (cm)	0,00	0,002589	
	cedimento di lungo termine sezione 132 $w_t = w_o + w_c$ (cm)	9,80		
sezione 132 - scatolare	lunghezza tratto L (cm)	850,00	$\beta=L/w_t$	
	cedimento di lungo termine sezione 132 $w_t = w_o + w_c$ (cm)	9,80	0,011528	
	cedimento di lungo termine scatolare $w_t = w_o + w_c$ (cm)	0,00		

Tabella 11

Per quanto riguarda l'intervento consistente nell'allargare della sede stradale per l'adeguamento della via Pontina in direzione EUR, di seguito vengono valutati gli aspetti relativi ai cedimenti indotti dal nuovo rilevato che dovrà essere realizzato in sormonto a quello preesistente.

In Figura 9 è rappresentata un sezione tipo di tale rilevato: l'opera risulta meno impattante e caratterizzato da un rinfiaccio laterale al rilevato preesistente. I cedimenti che tale intervento comportano, e calcolati in tre punti singolari, sono riportati in Tabella 12.



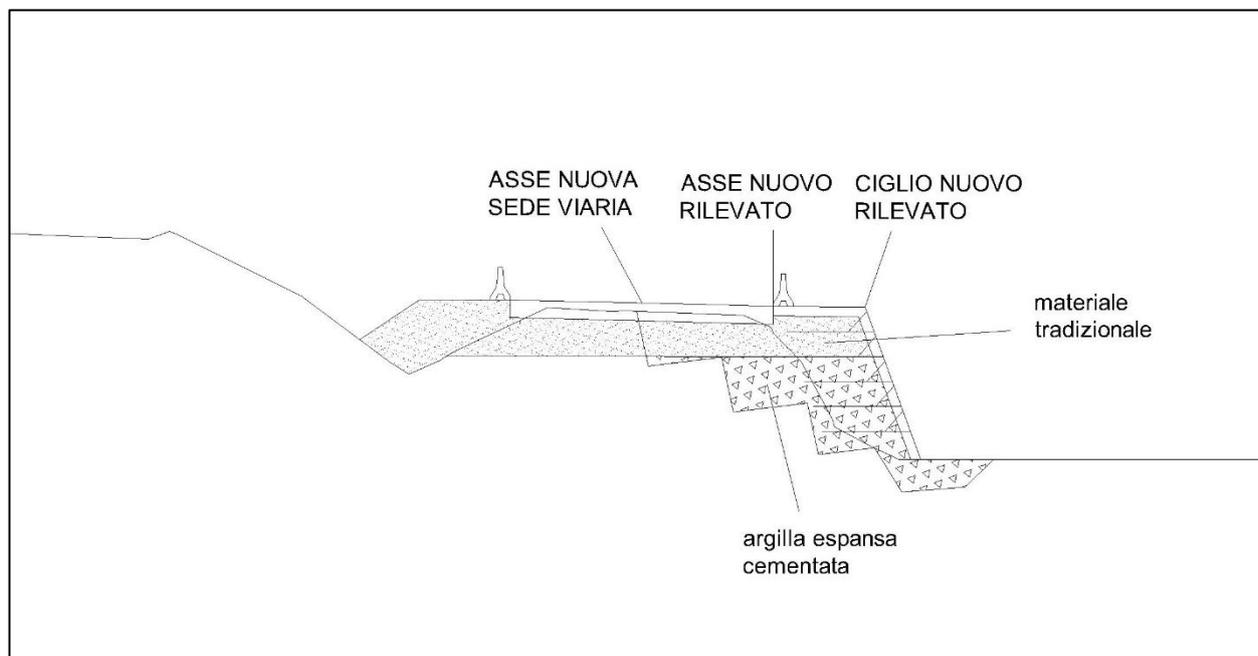


Figura 9

<b>SEZIONE riferimento</b>		
in asse al nuovo rilevato (cedimento massimo)	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,89
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	5,38
al ciglio del nuovo rilevato	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,23
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	3,35
in asse alla nuova sede viaria	cedimento immediato $w_o$ (cm)	0,15
	cedimento di lungo termine $w_{t= w_o+w_c}$ (cm)	2,43

Tabella 12

Si nota come la presenza del sovraccarico costituito dal nuovo rilevato non implica particolari problematiche nel breve e nel lungo periodo in termini di cedimento totale e differenziale massimo. Il primo non supera il valore di 6 cm, di cui quello di consolidazione (differito nel tempo) paria i circa 4,5 cm, il secondo è pari a circa 2 cm, così basso che ragionevolmente non sarebbe necessario citarlo, visto che il modello edometrico permette una stima dell'ordine di grandezza dei cedimenti e non un calcolo preciso.

### **3.2 Indicazioni riguardo la progettazione completa dei rilevati**

Si demanda allo sviluppo del progetto esecutivo la verifica della stabilità dei rilevati, dove eventualmente sarà possibile una risagomatura dell'intervento o la predisposizione di bacchettoni in corrispondenza del lato libero del corpo del rilevato per stabilizzarne il piede. Già da subito, tuttavia, è possibile affermare come l'utilizzo di argilla cementata espansa per la realizzazione del nuovo rilevato assicura una stabilità globale del corpo del rilevato e una minor sollecitazione dello strato di fondazione. Inoltre, la preesistenza di altri rilevati nel sito in esame che non hanno presentato vistosi fenomeni di rottura, già fornisce una verifica indiretta riguardo la stabilità dei nuovi interventi previsti.

Sempre nell'ambito dello sviluppo del progetto esecutivo, è fortemente consigliabile predisporre anche una campagna di monitoraggio affidabile e puntuale che permetta, durante le lavorazioni e per un periodo congruo successivo:

- l'osservazione in tempo reale dello sviluppo dei cedimenti in diversi punti rappresentativi,
- la valutazione delle sovrappressioni interstiziali generate al di sotto dei carichi applicati
- la verifica di eventuali distorsioni su infrastrutture preesistenti.

Il controllo progressivo e in parallelo all'avanzamento dei lavori di tali dati di monitoraggio è raccomandabile per evitare e/o prevedere eventuali problematiche, potendole risolvere – nel caso si manifestassero – in tempi opportuni ed adeguati in corso d'opera con eventuali alternative di facile attuazione.

In più, si ribadisce la necessità di eseguire analisi più approfondite, auspicando anche analisi numeriche bidimensionali, per quanto riguarda la valutazione, verifica e dimensionamento definitivo del modello di calcolo in cui si prevede la presenza della paratia di micropali con il compito di confinare i cedimenti indotti al di sotto della condotta idrica ACEA  $\phi 1000$ .

Infine, non sembra inutile ricordare come il sito indagato è caratterizzato da depositi alluvionali più o meno recenti caratterizzati da una spiccata variabilità di terreni con differenti caratteristiche fisiche e meccaniche. Ne consegue come ulteriori indagini negli sviluppi progettuali successivi, possano migliorare le conoscenze del comportamento dei terreni in sito, soprattutto laddove, le sezioni geotecniche finora ipotizzate presentano degli "interrogativi" riguardo la presenza di unità geo-meccaniche specifiche (vedi Tavola 26, Tavola 27, Tavola 28 e Tavola 29).

### **3.3 Indicazioni riguardo gli altri tipi di intervento**



Corridoio EUR-Tor de Cenci

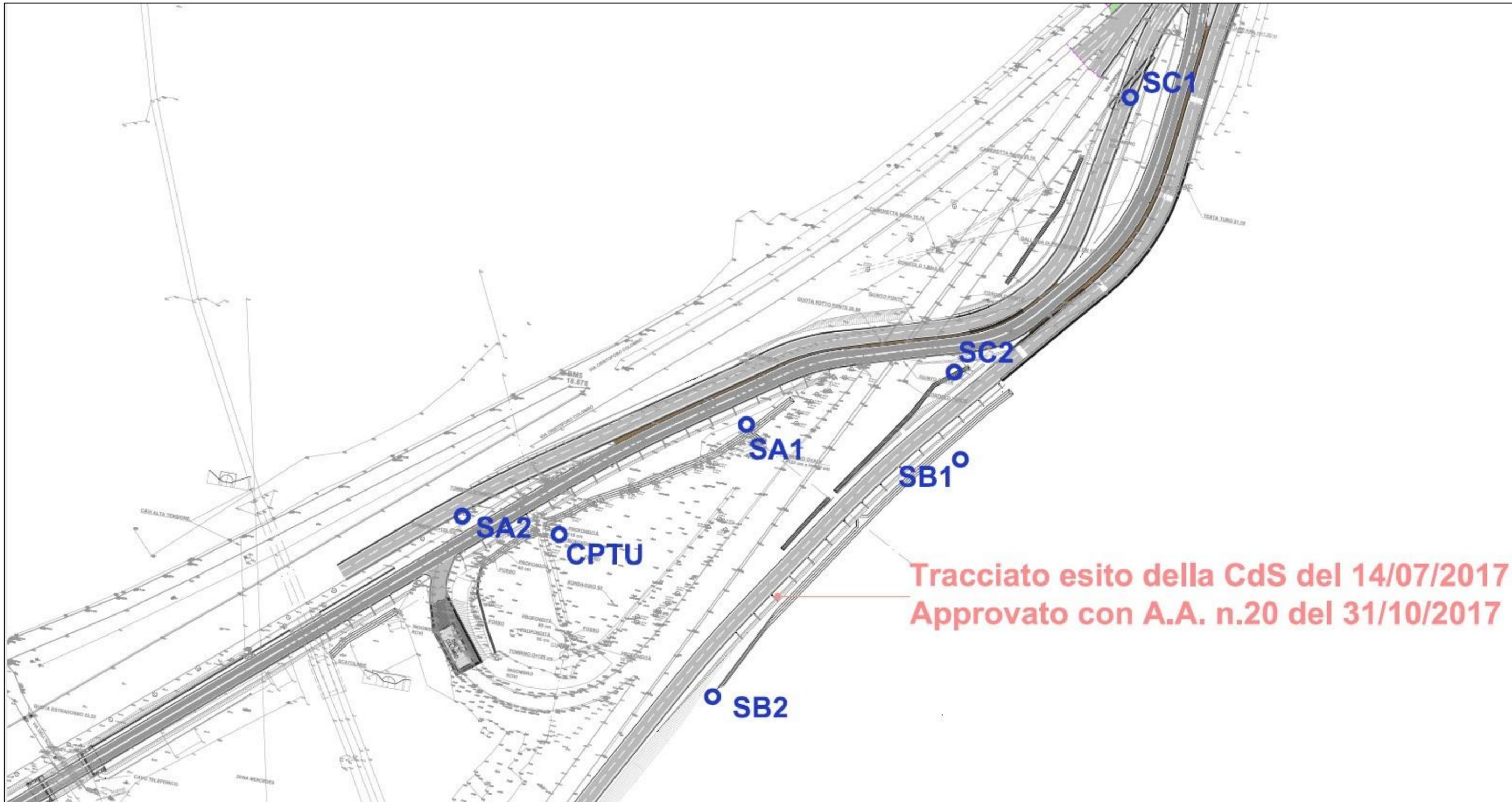
Variante di tracciato

Nei paragrafi precedenti sono stati ampiamente trattati aspetti relativi allo sviluppo dei cedimenti dei nuovi rilevati previsti per la realizzazione del corridoio, o per l'ampliamento e/o adeguamento delle infrastrutture viarie preesistenti (vedi SS148). Le caratteristiche di spiccata compressibilità dei terreni in sito insieme alla presenza in tale zona di interventi di ingegneria più importanti ed impattanti in termini di sollecitazioni, hanno richiesto un approfondimento specifico e più dettagliato.

Per quanto riguarda l'intervento più a nord, relativamente alla realizzazione della via Cristoforo Colombo in direzione Roma una volta superato il sottopasso di via Pontina, il nuovo tracciato prevede una profilatura del piano campagna con scavi che non superano il metro. A prescindere dalla presenza o meno di un'affidabile caratterizzazione e modellazione geotecnica del sottosuolo per il sito in esame, lavorazioni di questa entità non richiedono particolari studi o approfondimenti di ordine geotecnico – strutturale in questa fase progettuale. Lo stesso dicasi per quanto riguarda un intervento analogo previsto poco distante dalla zona in esame: l'ampliamento della carreggiata di immissione nella via Cristoforo Colombo proveniente da via Carmelo Maestrini.

Per questi due casi, quindi, si demanda allo sviluppo del progetto esecutivo la definizione e verifica di interventi necessari alla realizzazione della nuova viabilità.





Planimetria ubicazione indagini campagna integrativa 2018 – Zona A-B-C

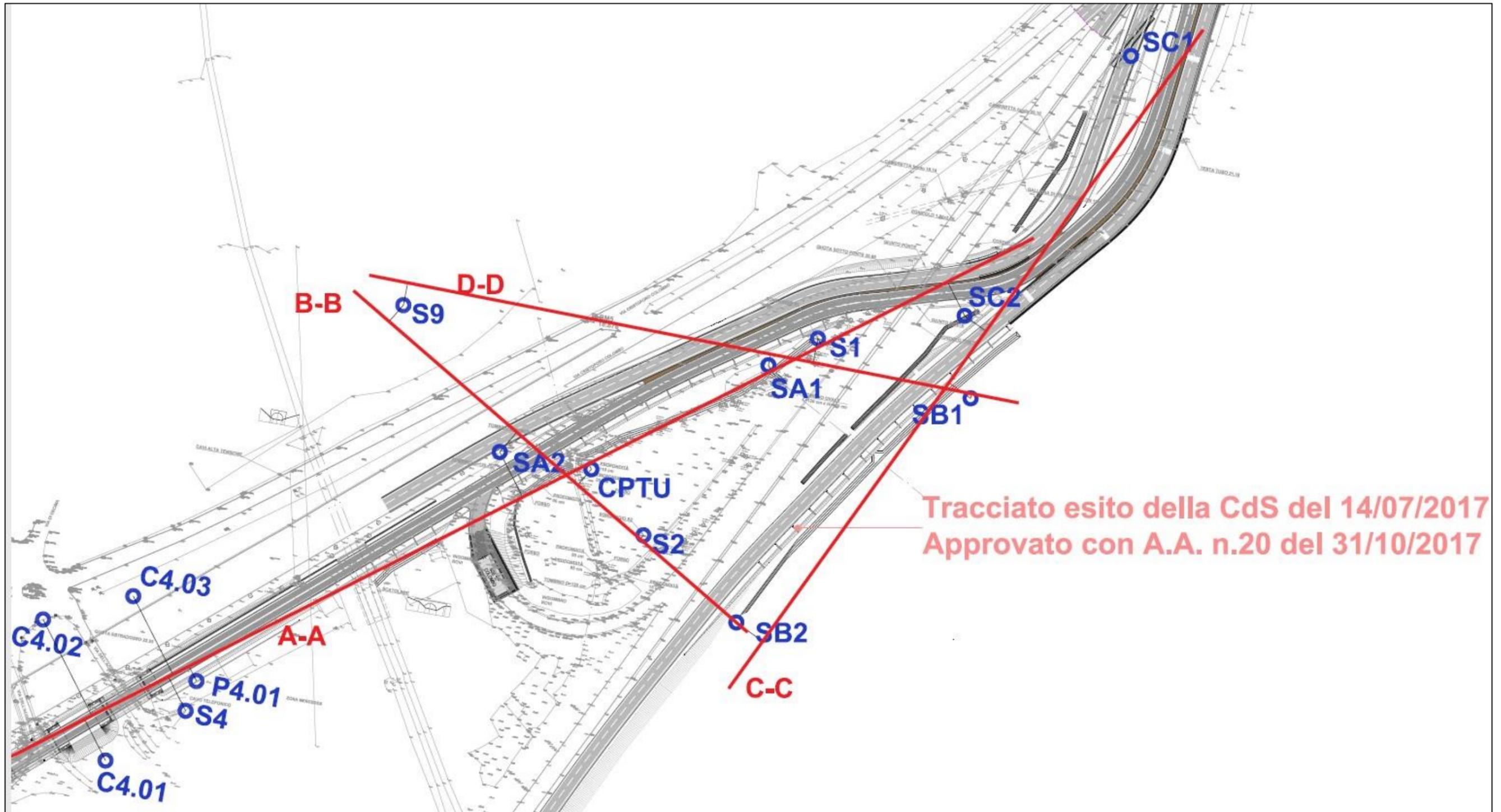
Tavola 2



Planimetria ubicazione indagini campagna integrativa 2018 – Zona D

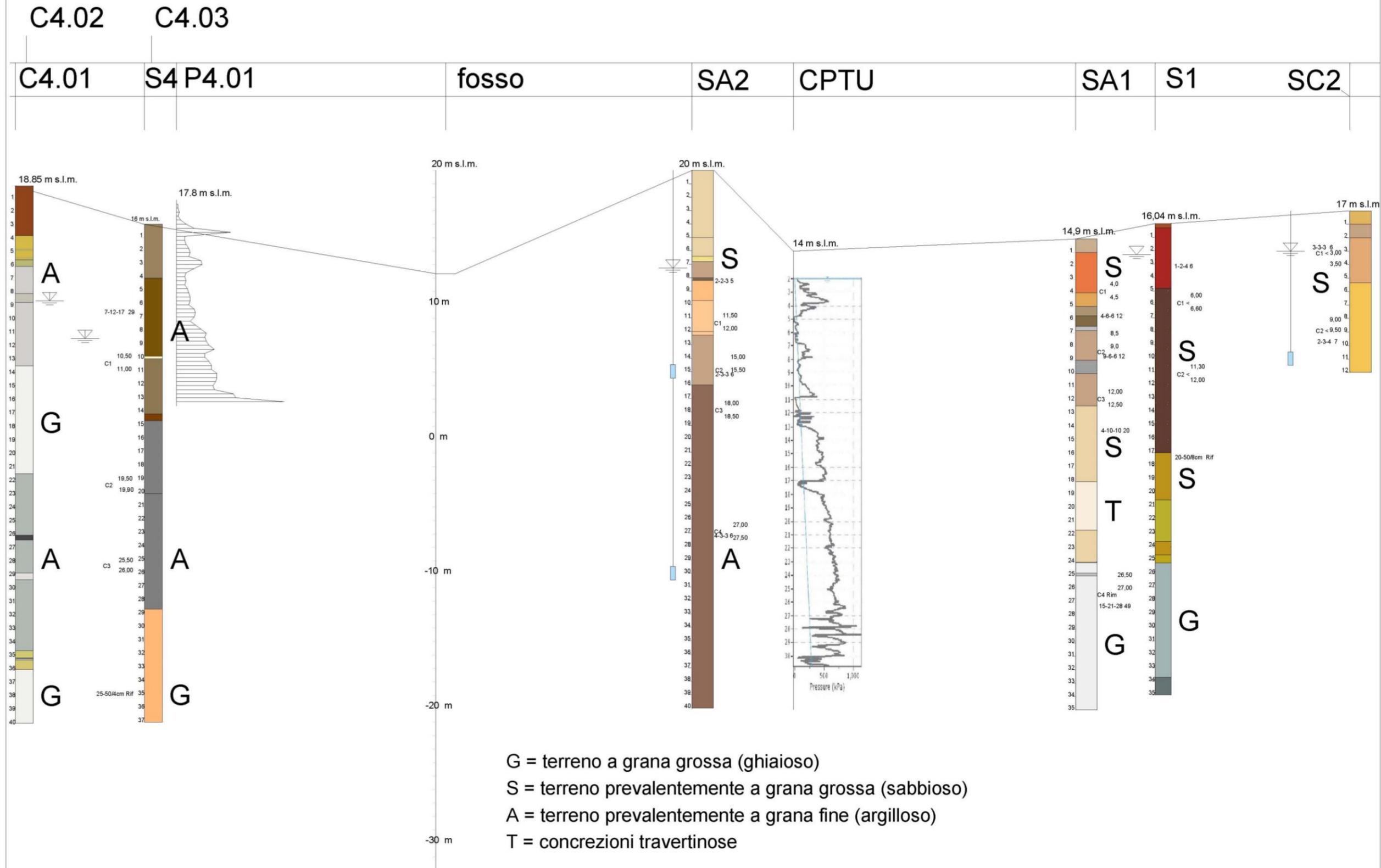


Planimetria ubicazione indagini totali



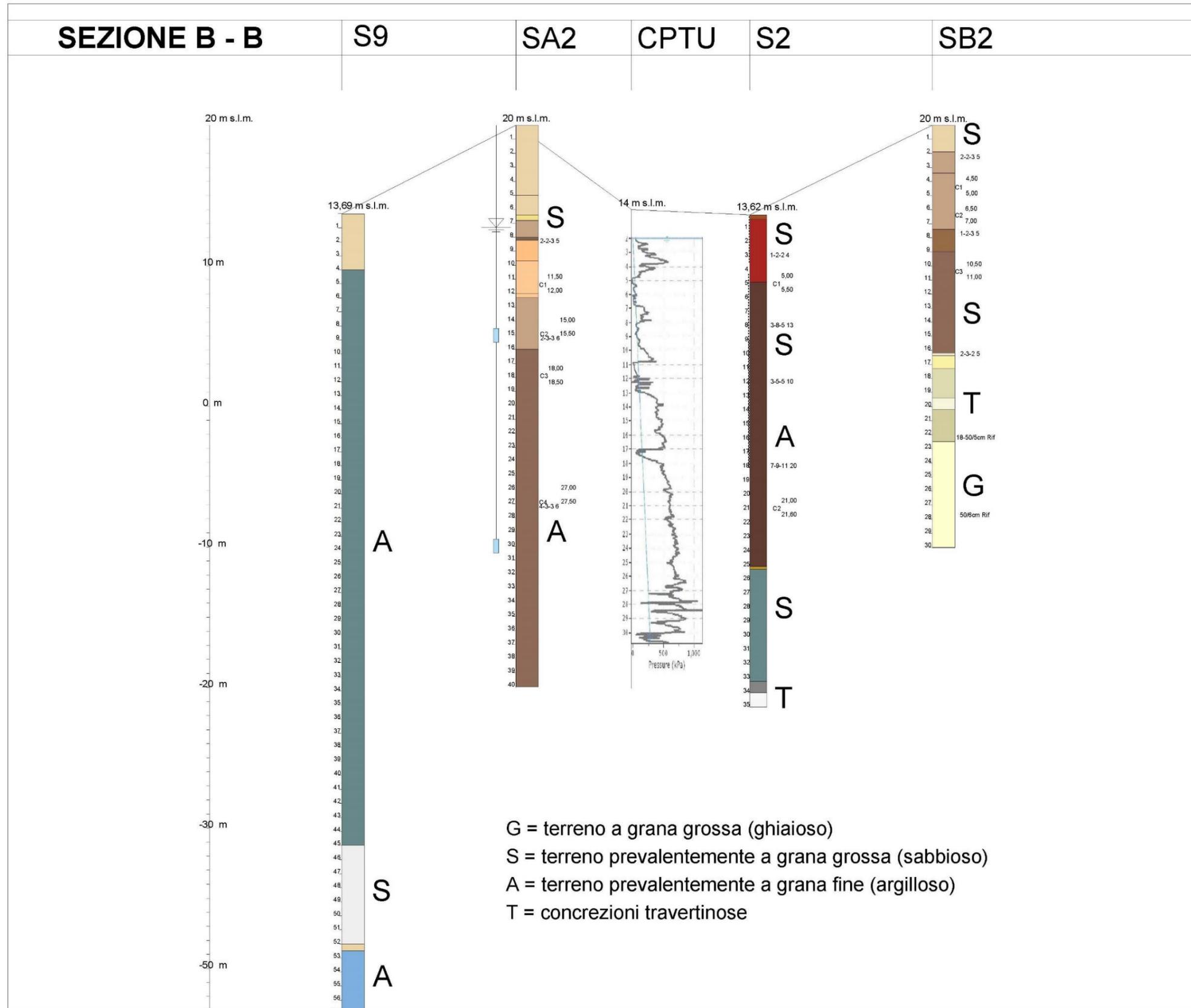
Sezioni geologiche-geotecniche

### SEZIONE A - A



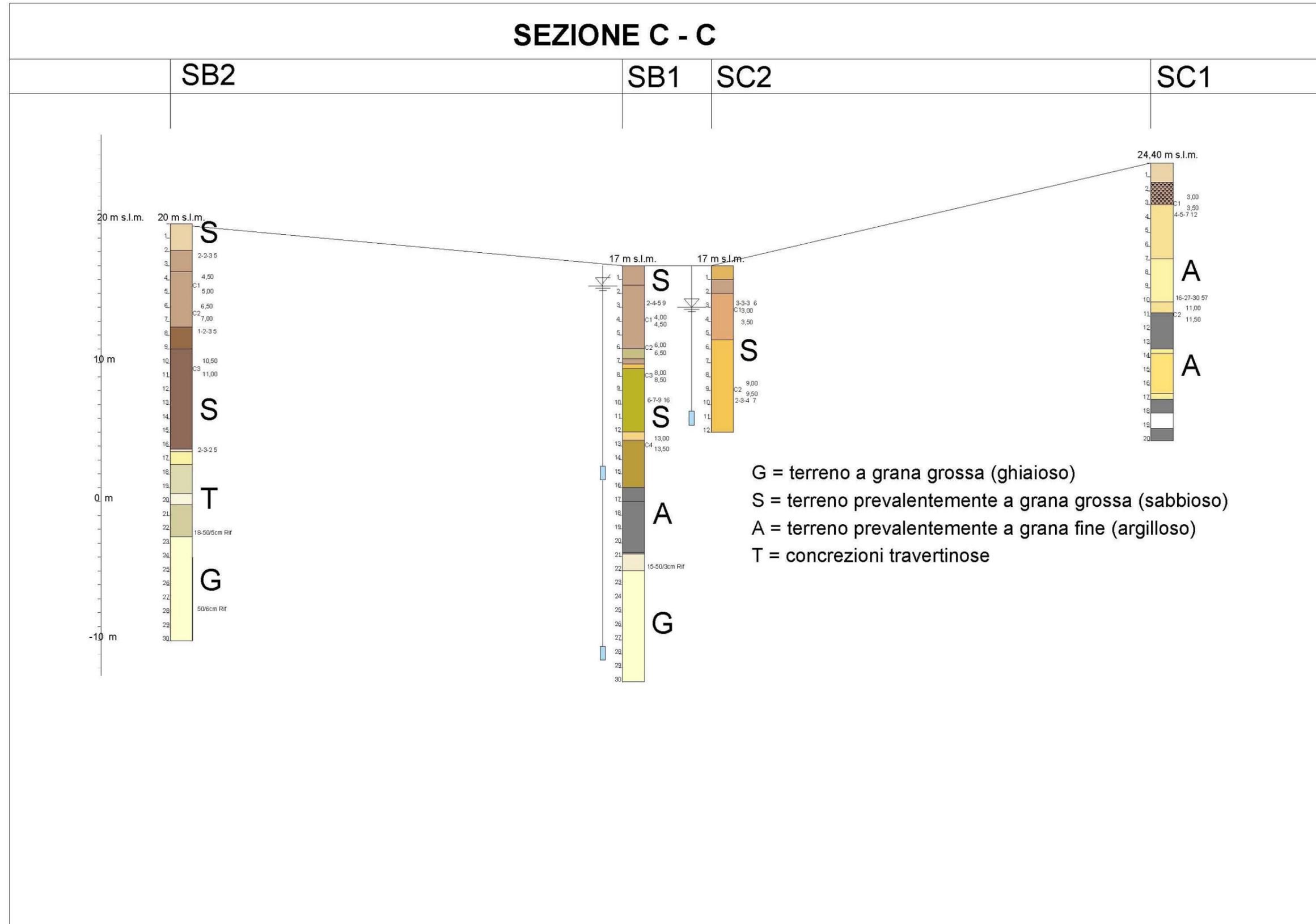
G = terreno a grana grossa (ghiaioso)  
 S = terreno prevalentemente a grana grossa (sabbioso)  
 A = terreno prevalentemente a grana fine (argilloso)  
 T = concrezioni travertinose

Sezione stratigrafica AA



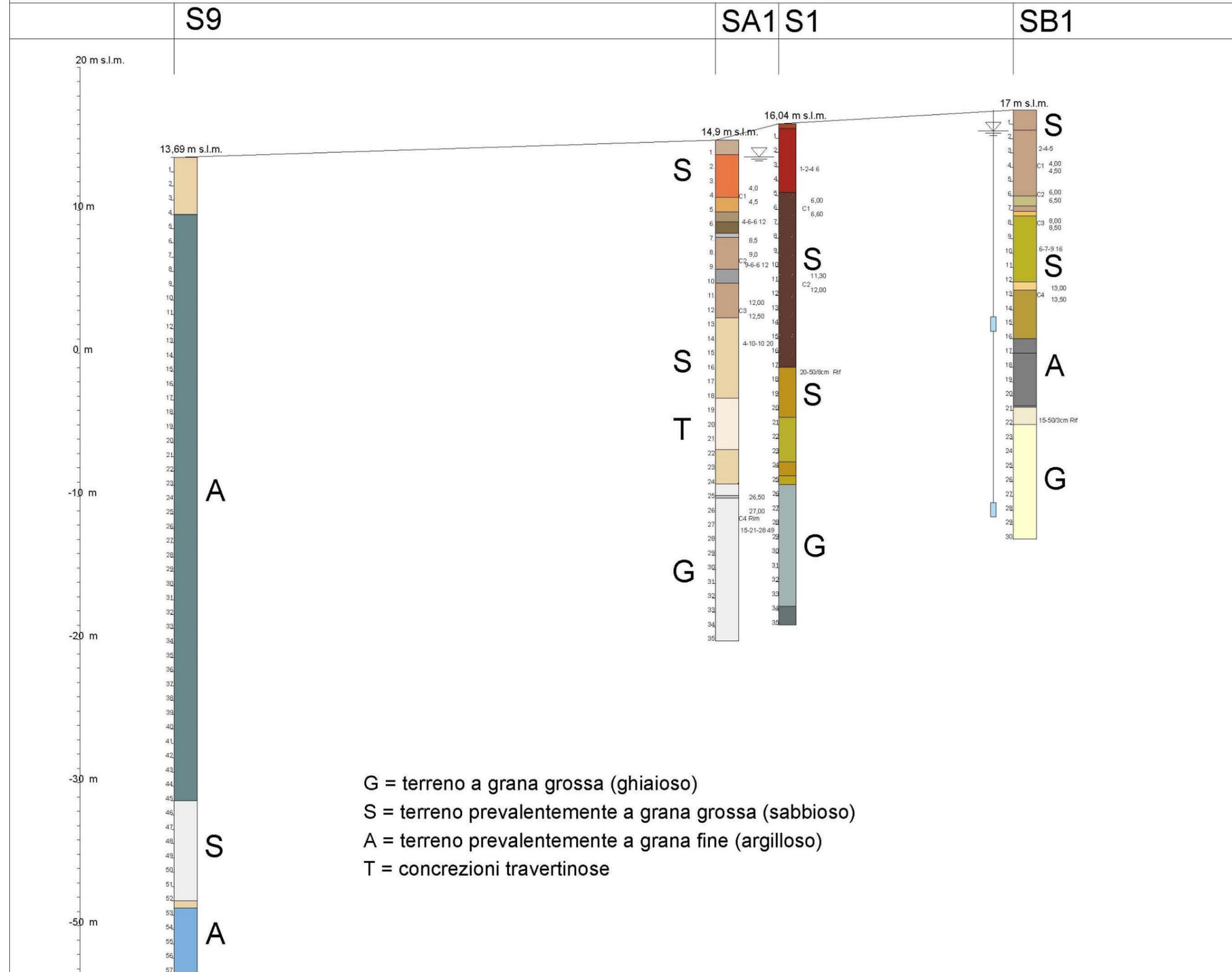
Sezione stratigrafica BB

# SEZIONE C - C



Sezione stratigrafica CC

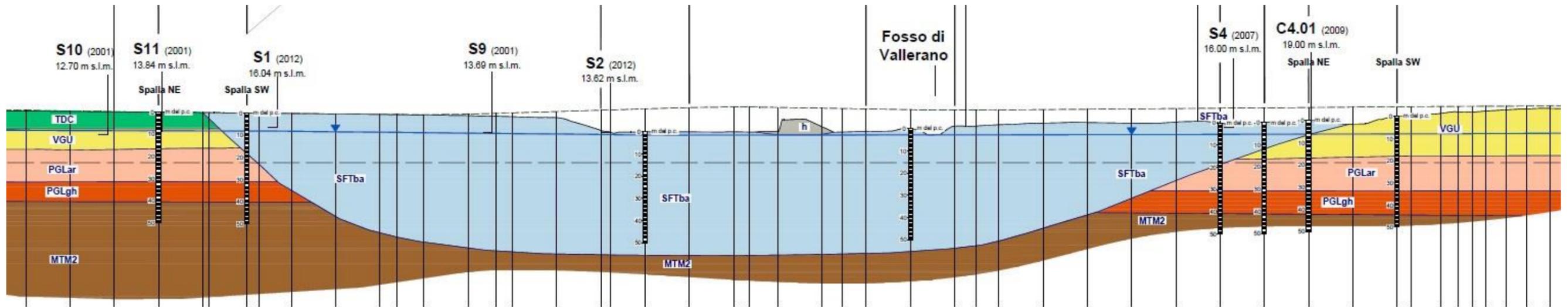
# SEZIONE D - D



Sezione stratigrafica DD

G = terreno a grana grossa (ghiaioso)  
 S = terreno prevalentemente a grana grossa (sabbioso)  
 A = terreno prevalentemente a grana fine (argilloso)  
 T = concrezioni travertinose

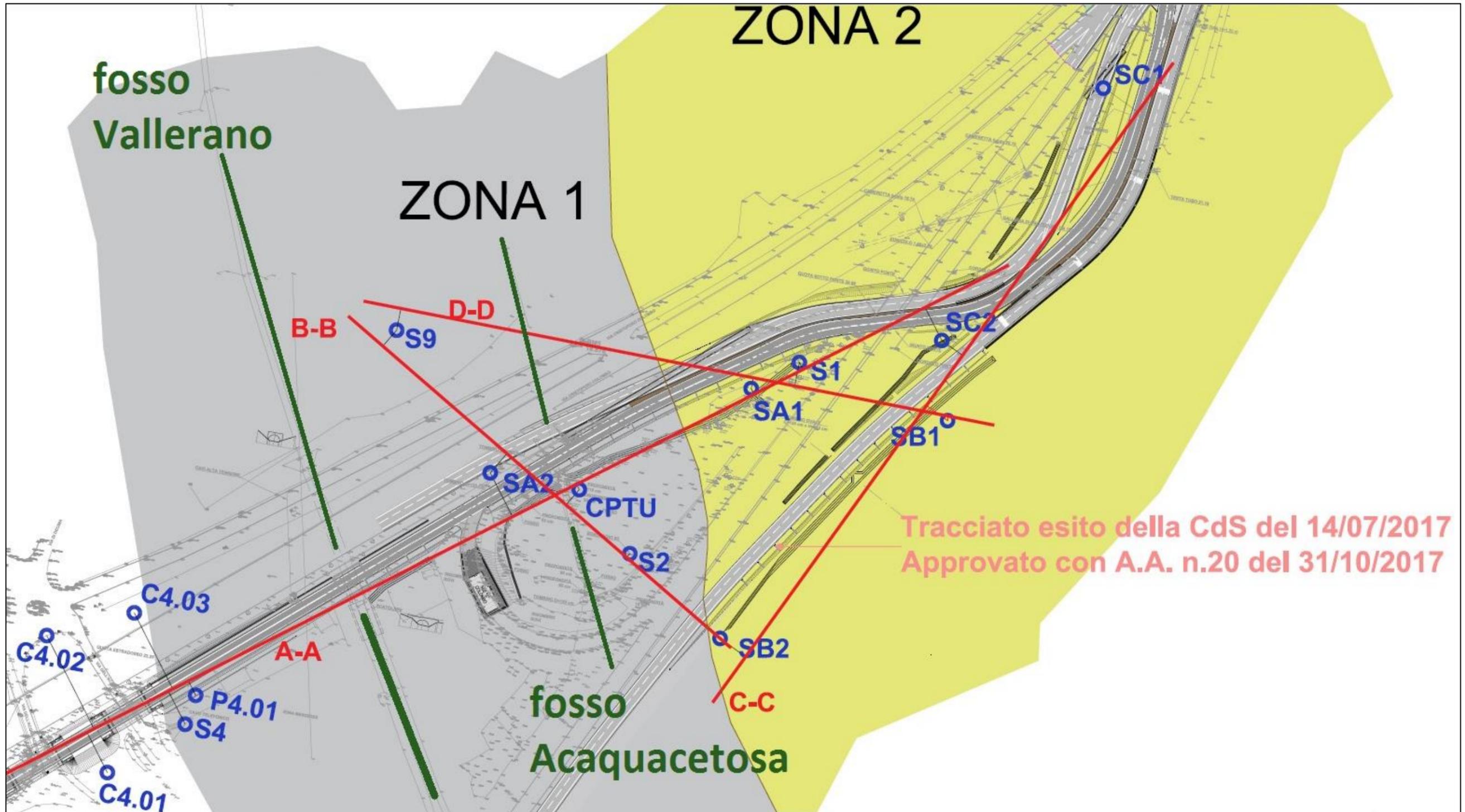
Tavola 9



Sezioni geologica estratta dal progetto esecutivo 2012

LEGENDA

-  Terreni di riporto (h)
-  Depositi alluvionali (SFTba)
-  Formazione di Villa Senni Pozzolanelle (VSN2)
-  Formazione di Villa Senni Tufo Lionato (VSN1)
-  Formazione di Fosso del Torrino (FTR1)
-  Pozzolane rosse (RED)
-  Formazione di Valle Giulia (VGU)
-  Unità di Tor de'Cenci (TDC)
-  Formazione di Ponte Galeria (PGL)  
PGLar = argille grigio-azzurre PGLgh = ghiaie e sabbie
-  Formazione di Monte Mario (MTM)  
MTM2 = argille grigio-azzurre MTM1 = ghiaie
-  Falda



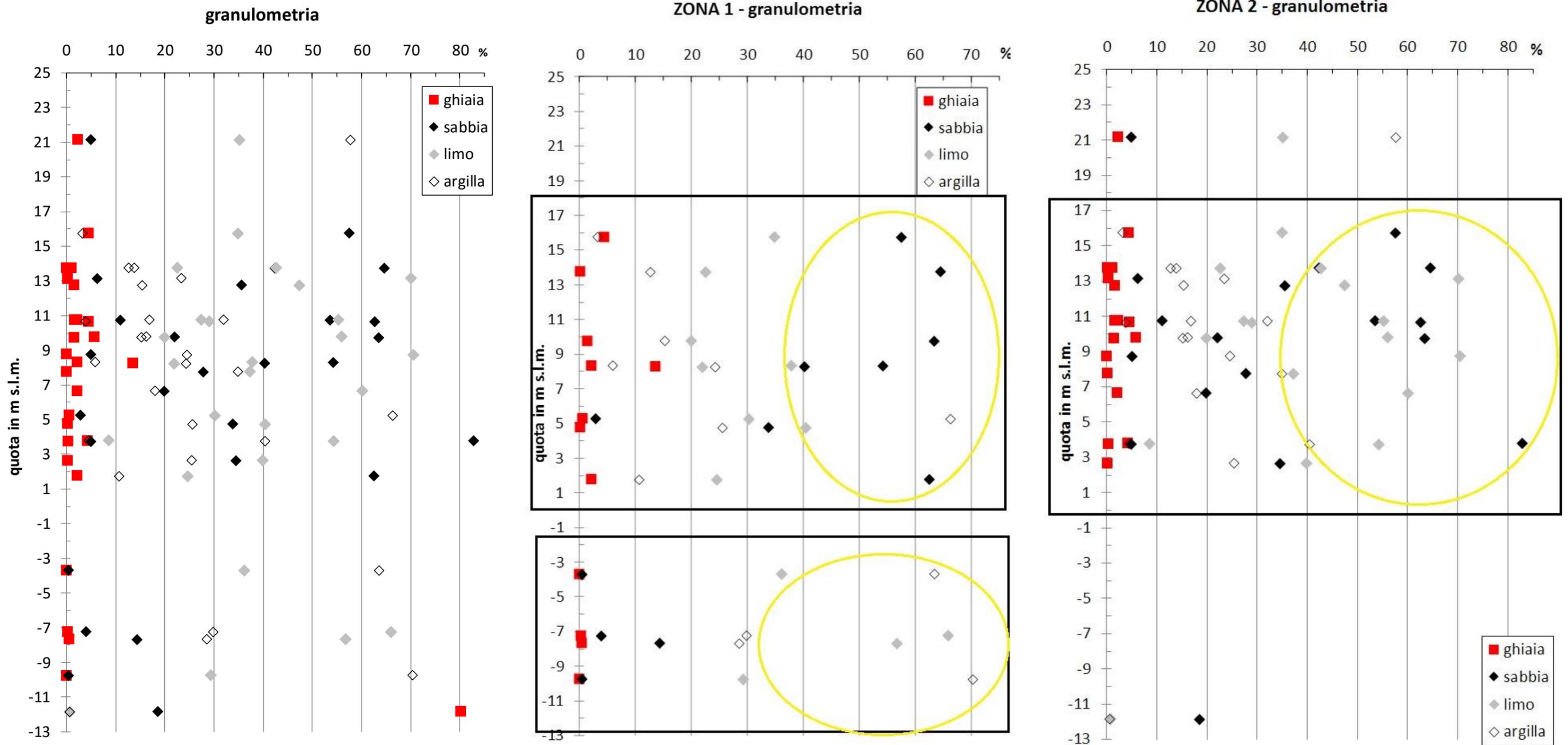
Suddivisione in planimetria di due possibile ZONE con diversa storia di deposizione e formazione stratigrafica

Tavola 11

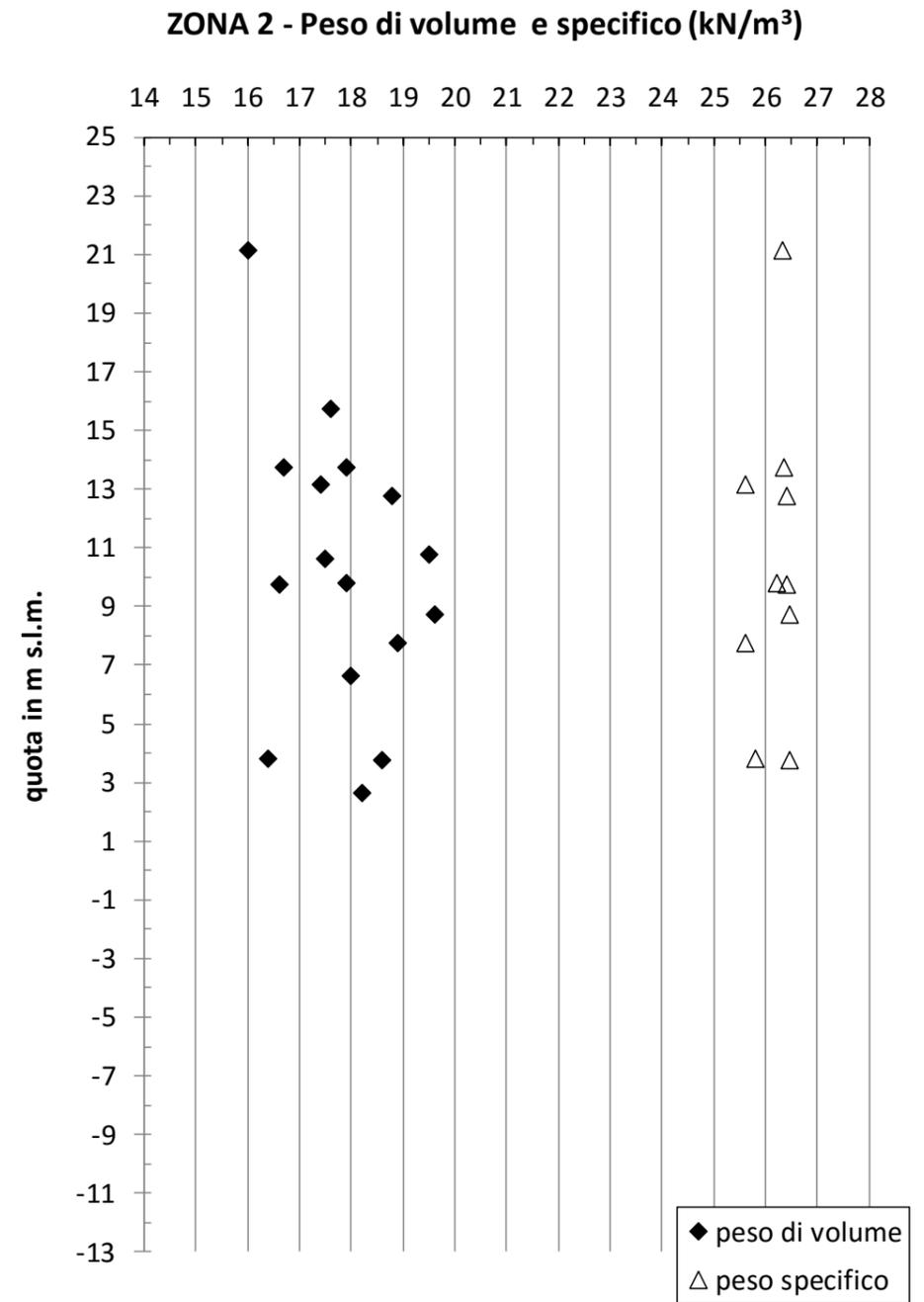
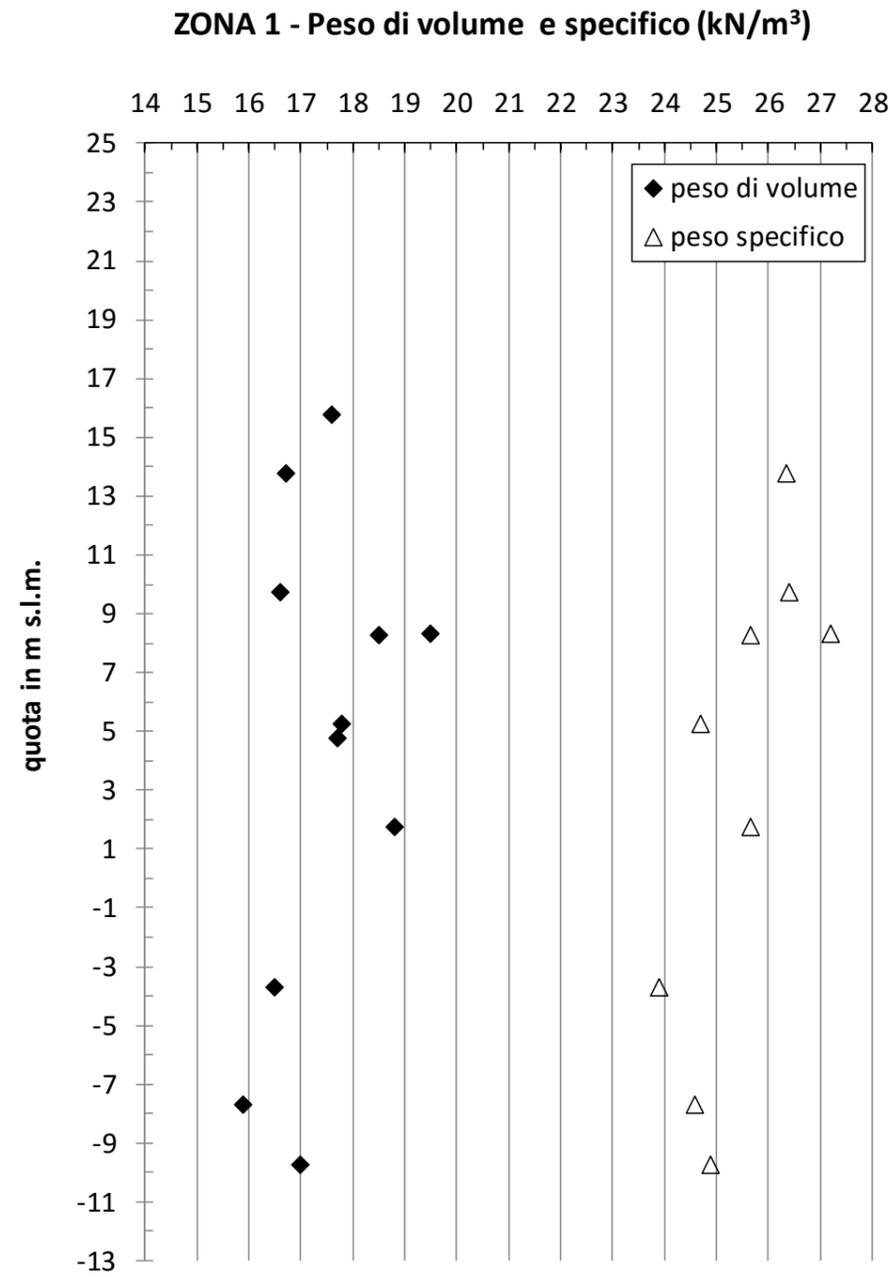
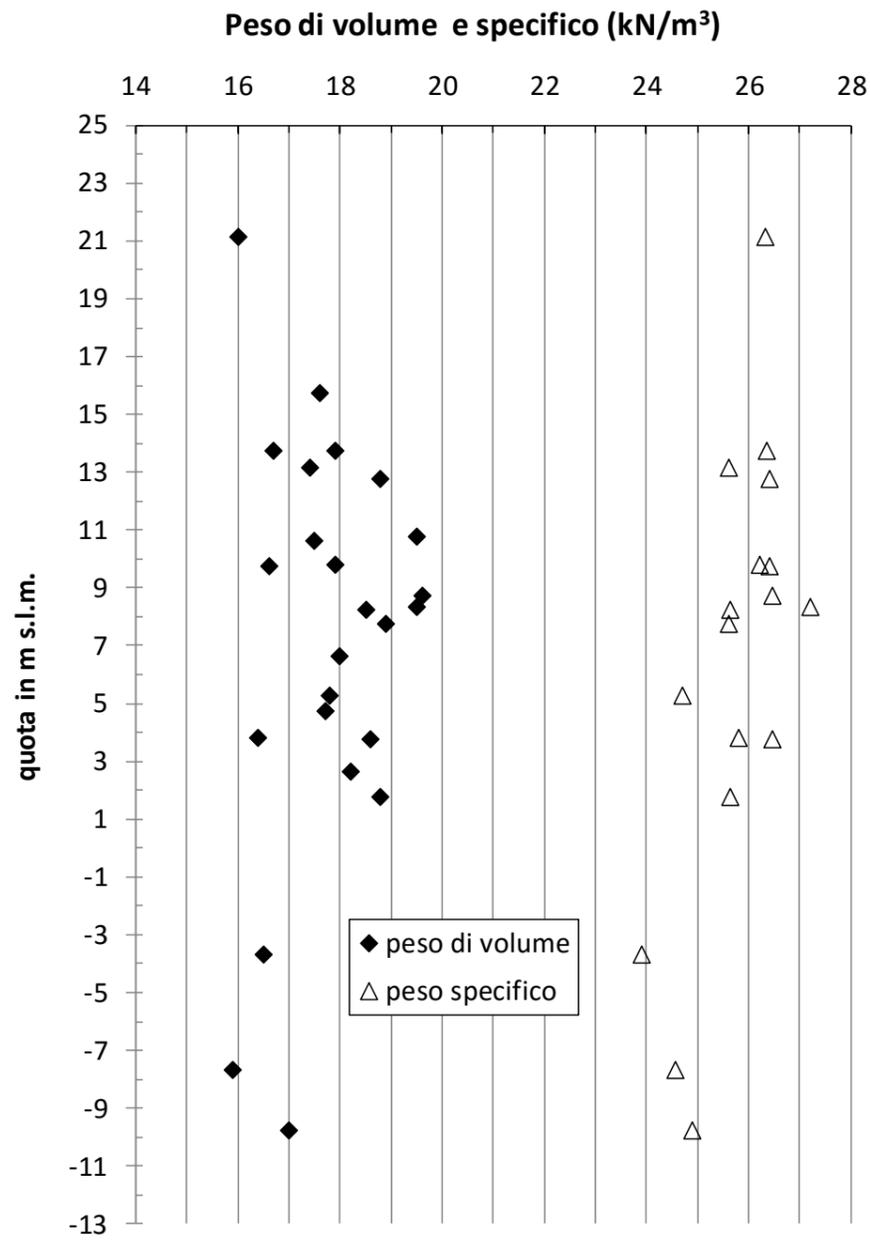
GENERALE																	
CARATTERISTICHE FISICHE	campione	profondità z (m)	quota s.l.m. (m)	$\gamma_s$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$e_o$	ghiaia (%)	sabbia (%)	limo (%)	argilla (%)	w (%)	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	I <sub>c</sub>	Litotipo
SA1 quota m s.l.m.= 14,9	C1	4,25	10,65		12,8	17,5		4,5	62,6	29,0	3,9	36,7	42,5	27,9	14,6	0,40	Sabbia con limo
	C2	8,25	6,65		13,0	18,0		2,1	19,8	60,1	18,0	38,2	50,0	32,9	17,1	0,69	Limo sabbioso argilloso
	C3	12,25	2,65		13,1	18,2		0,2	34,5	39,9	25,4	39,3	43,7	28,0	15,7	0,28	Limo con sabbia e argilla
	C4	26,75	-11,85		0,0			80,2	18,5	0,7	0,6	59,3					Ghiaia sabbiosa
SA2 quota m s.l.m.= 20	C1	11,75	8,25	25,65	14,5	18,5	0,777	13,6	40,2	21,9	24,3	28	43,6	27,6	16,0	0,98	Sabbia limosa argillosa deb. ghiaiosa
	C2	15,25	4,75		12,9	17,7		0,2	33,8	40,4	25,6	37,5	54,1	33,6	20,5	0,81	Limo con sabbia e argilla
	C3	18,25	1,75	25,65	14,9	18,8	0,727	2,2	62,5	24,6	10,7	26,5	27,0	20,2	6,8	0,07	Sabbia limosa deb. Argillosa
	C4	27,25	-7,25				1,452	0,3	3,9	65,9	29,9	57,8	62,1	42,1	20,0	0,22	Limo con argilla
SB1 quota m s.l.m.= 17	C1	4,25	12,75	26,4	14,5	18,8	0,823	1,6	35,6	47,4	15,4	29,8	39,8	23,0	16,8	0,60	Limo con sabbia argilloso
	C2	6,25	10,75					2,2	53,6	27,4	16,8	20,8	49,1	23,9	25,2	1,12	Sabbia con limo argilloso
	C2 bis	6,25	10,75		15,7	19,5		1,7	11	55,3	32,0	24,5	33,0	18,9	14,1	0,60	Limo con argilla deb. Sabbioso
	C3	8,25	8,75	26,48	16,2	19,6	0,634	0	5	70,5	24,5	20,7	42,4	19,4	23,0	0,94	Limo argilloso deb. Sabbioso
SB2 quota m s.l.m.= 20	C4	13,25	3,75	26,46	14,3	18,6	0,85	0,4	4,9	54,3	40,4	30	52,7	21,6	31,1	0,73	Limo con argilla
	C1	4,25	15,75		12,7	17,6		4,4	57,5	34,9	3,2	39	37,5	27,4	10,1	-0,15	sabbia con limo
	C2	6,25	13,75	26,35	12,1	16,7	1,172	0,1	64,6	22,6	12,7	38	54,9	28,7	26,2	0,65	sabbia limosa deb. argillosa
	C3	10,25	9,75	26,4	10,7	16,6	1,475	1,5	63,4	19,9	15,2	55,2	58,5	29,7	28,8	0,11	sabbia limosa argillosa
SC1 quota m s.l.m.= 24,4	C1	3,25	21,15	26,34	11,2	16	1,344	2,3	4,9	35,1	57,7	42,3	77,1	32,0	45,1	0,77	argilla con limo
	C2	11,25	13,15	25,61	12,2	17,4	1,104	0,3	6,2	70,1	23,4	43,1	63,2	40,3	22,9	0,88	limo argilloso
SC2 quota m s.l.m.= 17	C1	3,25	13,75		13,2	17,9		1,1	42,4	42,7	13,8	35,3	45,7	31,7	14,0	0,74	limo con sabbia deb argilloso
	C2	9,25	7,75	25,62	14,8	18,9	0,731	0,1	27,8	37,2	34,9	27,7	46,2	27,1	19,1	0,97	limo con argilla e sabbia
S1 quota m s.l.m.= 16,04	C1	6,25	9,79	26,21	12,9	17,9	1,03	5,8	22	56	16,2	38,4	46,0	29,0	17,0	0,45	limo sabbioso argilloso deb ghiaioso
	C2	12,25	3,79	25,8	11,8	16,4	1,19	4,2	82,8	8,5	4,5	38,6	50,8	30,0	20,8	0,59	sabbia debolmente limosa
S2 quota m s.l.m.= 13,62	C1	5,3	8,32	27,21	15,2	19,5	0,792	2,1	54,2	37,8	5,9	28,5	31,0	21,0	10,0	0,25	sabbia con limo deb argilloso
	C2	21,3	-7,68	24,58	10,2	15,9	1,407	0,5	14,3	56,7	28,5	55,6	68,4	42,0	26,4	0,48	limo con argilla deb sabbioso
S4 quota m s.l.m.= 16	C1	10,75	5,25	24,7	13,9	17,8	0,778	0,6	2,9	30,2	66,3	28,3	52,2	37,5	14,7	1,63	argilla con limo
	C2	19,7	-3,7	23,9	11,5	16,5	1,073	0	0,4	36,1	63,5	43,2	64,4	45,0	19,4	1,09	argilla con limo
	C3	25,75	-9,75	24,9	12,3	17	1,021	0	0,4	29,3	70,3	38,5	58,9	42,7	16,2	1,26	argilla con limo

**Caratteristiche fisiche dei campioni prelevati durante le diverse campagne d'indagine eseguite nel sito d'interesse**

Tavola 12

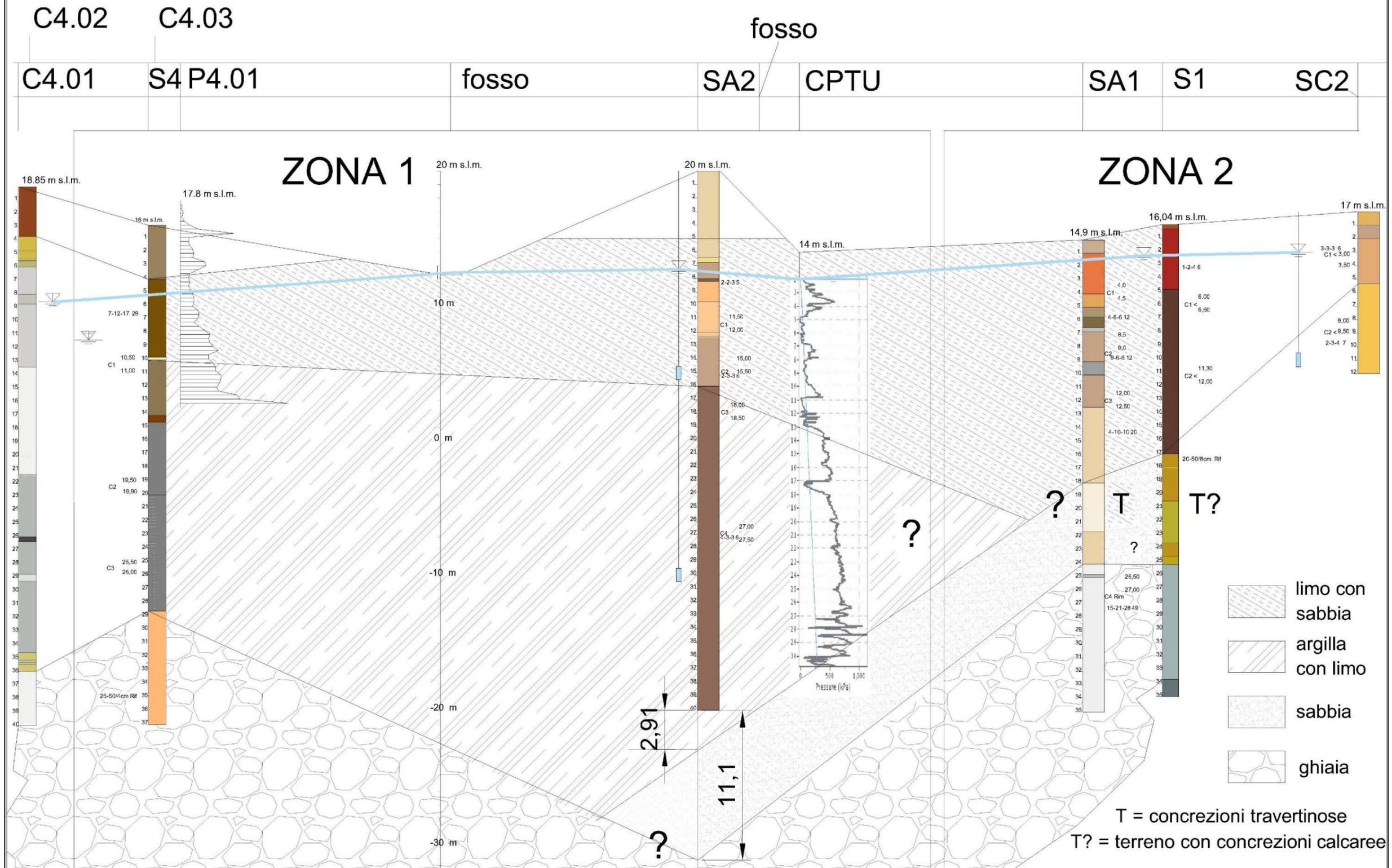


Distribuzione granulometrica in funzione della profondità e delle due ZONE

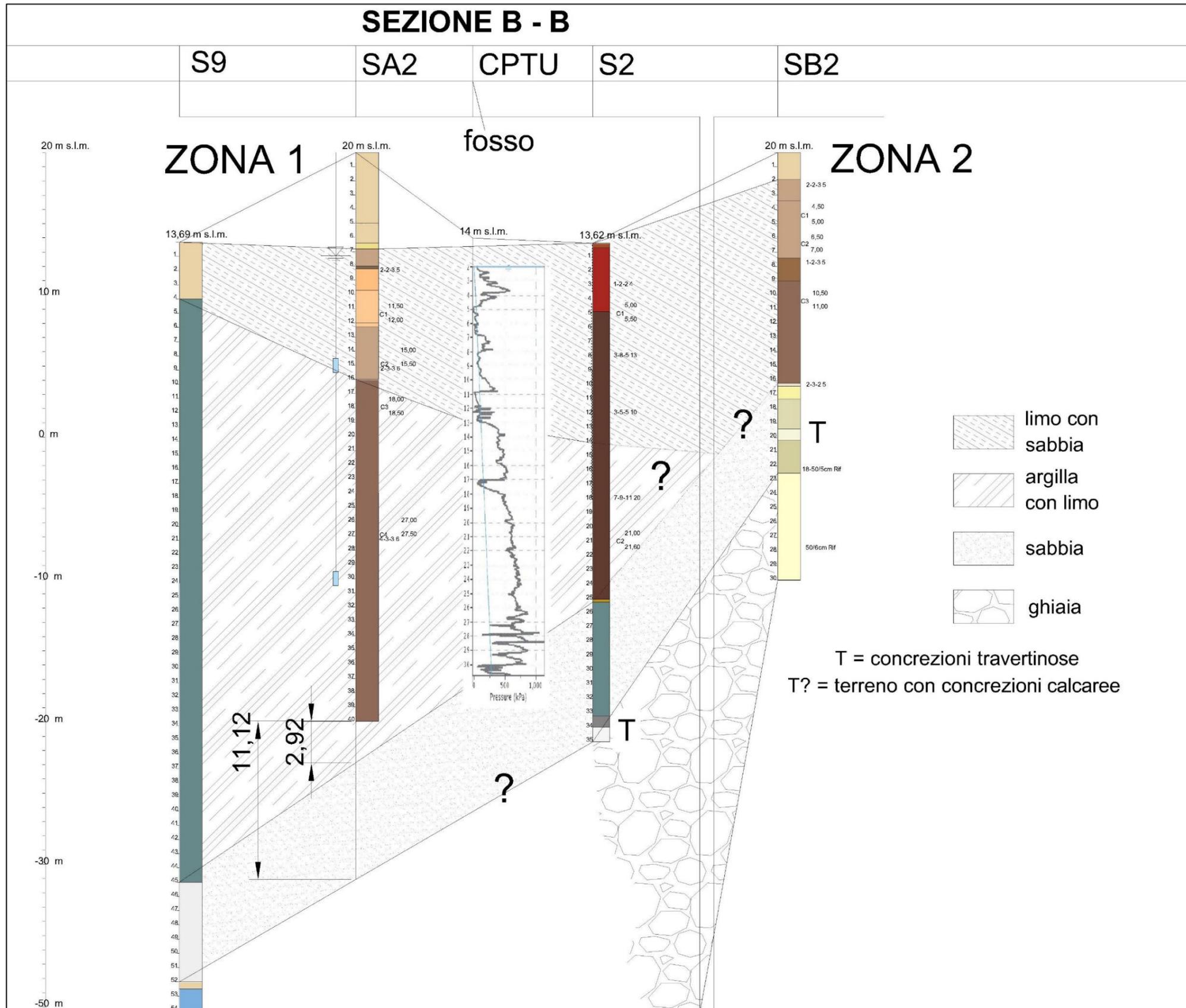


Peso di volume e specifico in funzione della profondità e delle due ZONE

# SEZIONE A - A



Sezione stratigrafica AA

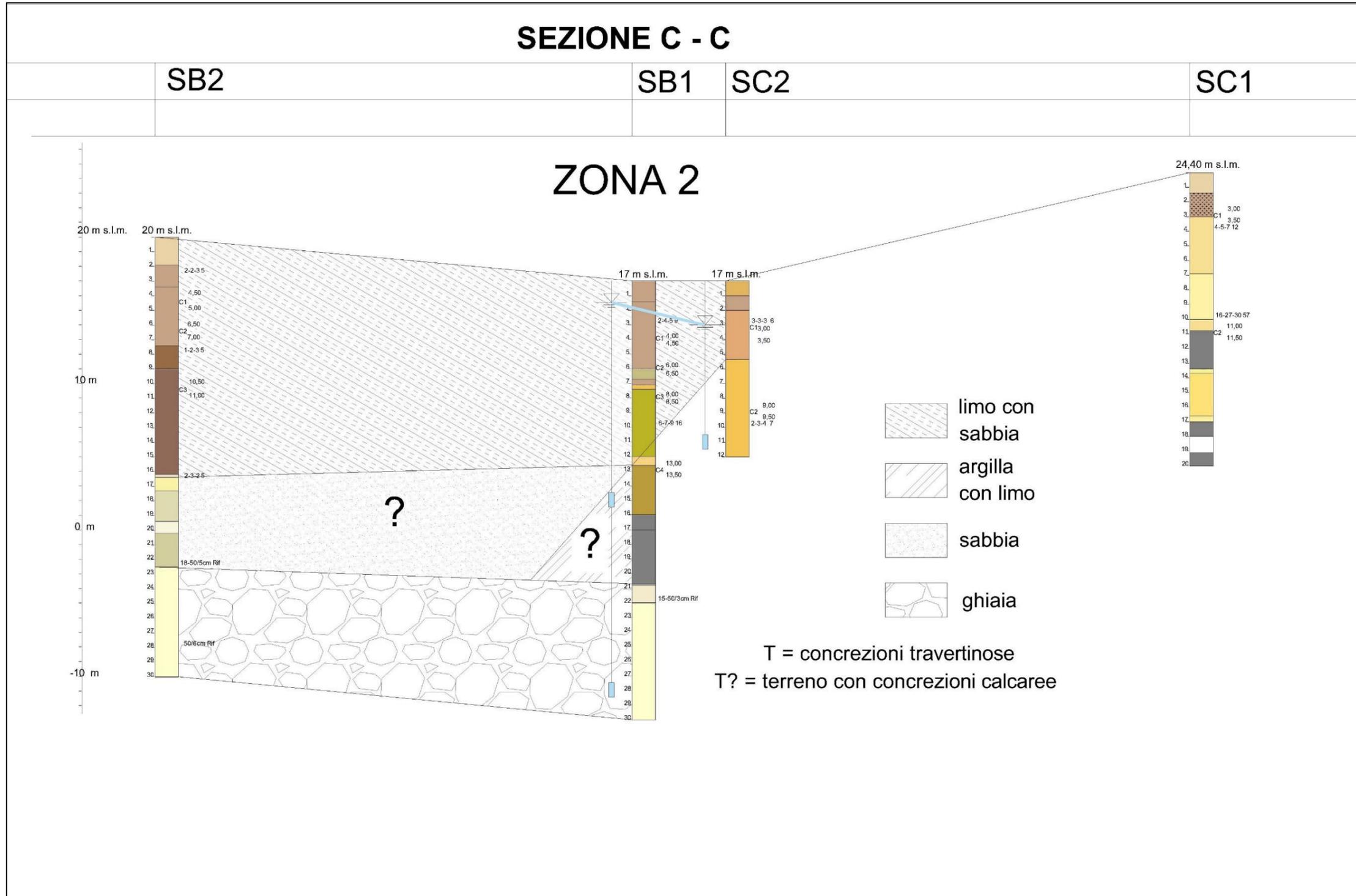


**Sezione stratigrafica BB**



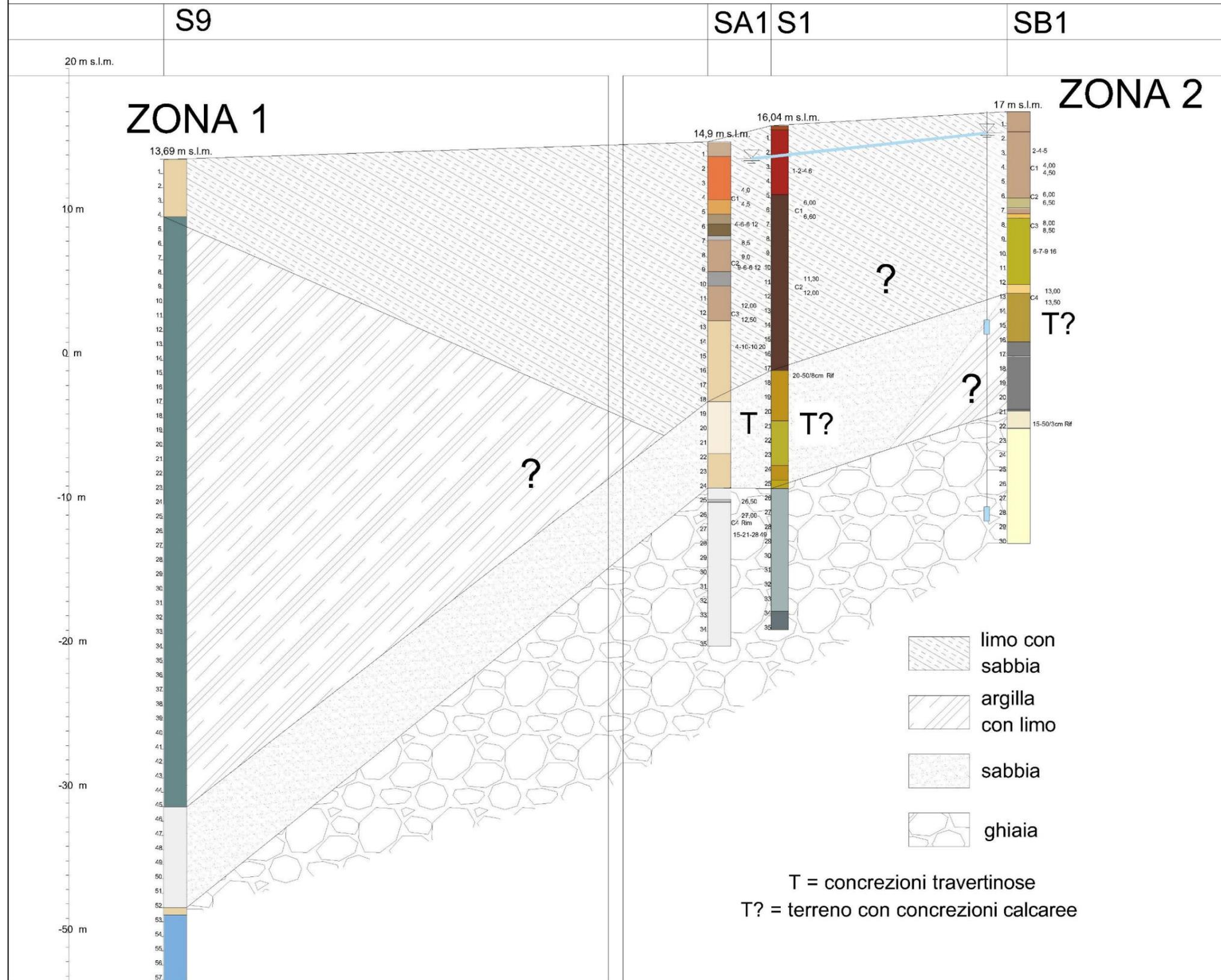
Corridoio EUR-Tor de Cenci  
Variante di tracciato





Sezione stratigrafica CC

**SEZIONE D - D**



**Sezione stratigrafica DD**

Corridoio EUR-Tor de Cenci  
Variante di tracciato



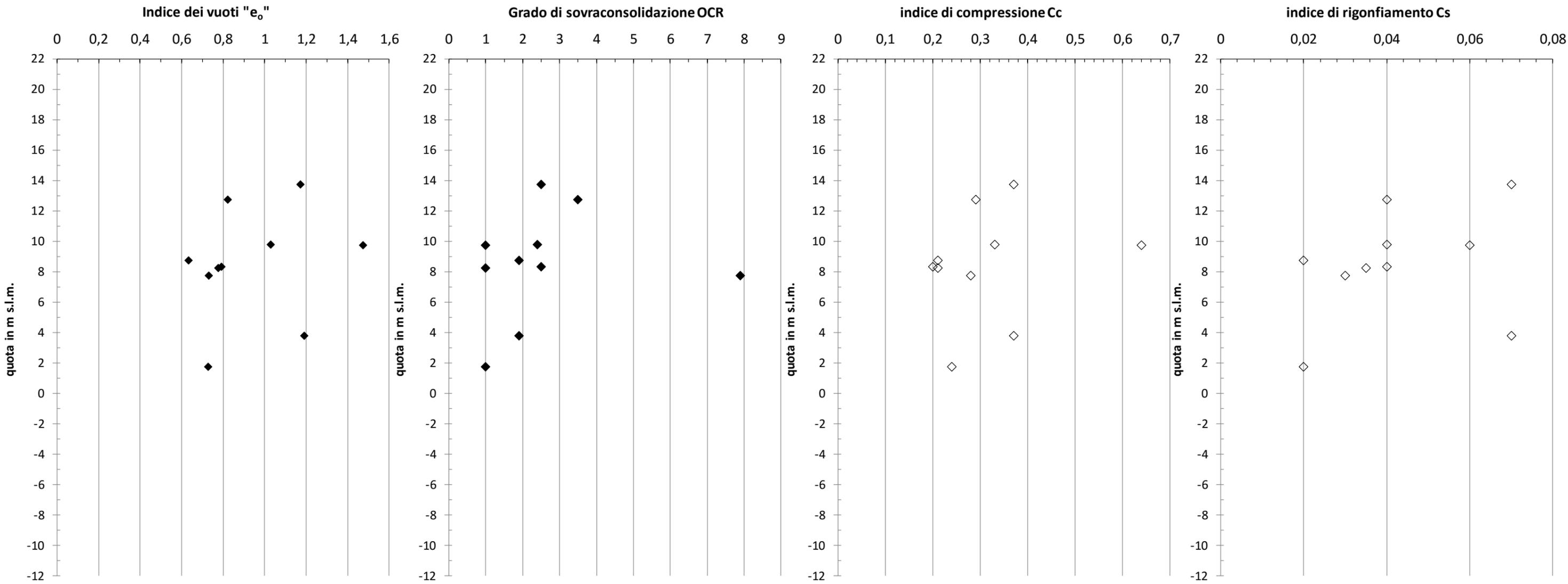
Tavola 18

CARATTERISTICHE MECCANICHE	campione	profondità z (m)	quota s.l.m. (m)	u (KPa)	$\sigma_v$ (KPa)	$\sigma'_v$ (KPa)	TD		TXCU		TXUU	$e_0$	EDO				Litotipo
							$\varphi'$ (°)	c' (kPa)	$\varphi'$ (°)	c' (kPa)	$c_u$ (kPa)		OCR	$c_c$	$c_s$	$c_v$	
IPOTESI GENERALI - ZONA 1			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	17,5													
			quota piezometrica (m s.l.m.)	12,5													
IPOTESI GENERALI - ZONA 2			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,5													
			quota piezometrica (m s.l.m.)	14													
(*) quote piezometriche rilevate (m s.l.m.)																	
GENERALE																	
SA1	C1	4,25	10,65	33,5	78,6	45,1	34,1										Sabbia con limo
quota m s.l.m.= 14,9	C2	8,25	6,65	73,5	152,6	79,1	34,4										Limo sabbioso argilloso
	C3	12,25	2,65	113,5	226,6	113,1	32,7										Limo con sabbia e argilla
	C4	26,75	-11,85	258,5	494,9	236,4											Ghiaia sabbiosa
SA2 (*)	C1	11,75	8,25	44,5	205,6	161,1	33,8			45,1	0,777	1,0	0,21	0,035			Sabbia limosa argillosa deb. Ghiaiosa
quota m s.l.m.= 20	C2	15,25	4,75	79,5	266,9	187,4	36,6										Limo con sabbia e argilla
	C3	18,25	1,75	109,5	319,4	209,9		24,6			0,727	1,0	0,24	0,020			Sabbia limosa deb. Argillosa
	C4	27,25	-7,25	199,5	476,9	277,4				39,9	1,452	1,0	0,72	0,040			Limo con argilla
SB1 (*)	C1	4,25	12,75	22,5	78,6	56,1				91,7	0,823	3,5	0,29	0,040			Limo con sabbia argilloso
quota m s.l.m.= 17	C2	6,25	10,75	42,5	115,6	73,1											Sabbia con limo argilloso
	C2 bis	6,25	10,75	42,5	115,6	73,1	32,8										Limo con argilla deb. Sabbioso
	C3	8,25	8,75	62,5	152,6	90,1	31,5				0,634	1,9	0,21	0,020			Limo argilloso deb. Sabbioso
	C4	13,25	3,75	112,5	245,1	132,6	28,6	17			0,850	3,4	0,37	0,120			Limo con argilla
SB2	C1*	4,25	15,75	0,0	74,4	74,4	34,1										sabbia con limo
quota m s.l.m.= 20	C2	6,25	13,75	0,0	109,4	109,4					1,172	2,5	0,37	0,070			sabbia limosa deb. argillosa
	C3	10,25	9,75	27,5	179,4	151,9	36			53,5	1,475	1,0	0,64	0,060			sabbia limosa argillosa
SC1	C1	3,25	21,15	0,0	60,1	60,1	21	29			1,344	5,6	0,62	0,130			argilla con limo
quota m s.l.m.= 24,4	C2	11,25	13,15	8,5	208,1	199,6			13,3	36,0	144,2						limo argilloso
SC2 (*)	C1	3,25	13,75	2,5	60,1	57,6	32,4										limo con sabbia deb argilloso
quota m s.l.m.= 17	C2	9,25	7,75	62,5	171,1	108,6			15,4	61,0		0,731	7,9	0,28	0,030		limo con argilla e sabbia
S1 (*)	C1	6,25	9,79	42,1	115,6	73,5	32,5	10				1,030	2,4	0,33	0,040		limo sabbioso argilloso deb ghiaioso
quota m s.l.m.= 16,04	C2	12,25	3,79	102,1	226,6	124,5	32,9					1,190	1,9	0,37	0,070		sabbia debolmente limosa
S2	C1	5,3	8,32	41,8	92,8	51,0	33,5					0,792	2,5	0,20	0,040		sabbia con limo deb argilloso
quota m s.l.m.= 13,62	C2	21,3	-7,68	201,8	372,8	171,0	35,2					1,407	1,0	0,66	0,070		limo con argilla deb sabbioso
S4 (*)	C1**	10,75	5,25	22,5	188,1	165,6	24,4	44			109,5						argilla con limo con Ic elevato
quota m s.l.m.= 16	C2**	19,7	-3,7	112,0	344,8	232,8	17,5	45			244,5						argilla con limo con Ic elevato
	C3**	25,75	-9,75	172,5	450,6	278,1	26,8	27			333,5						argilla con limo con Ic elevato
* campione presumibilmente disturbato e/o rimaneggiato: indice di consistenza negativo																	
** campioni caratterizzati da un aprova di taglio diretta a velocità elevata e da una prova ad espansione libera e non confinata.																	

### Caratteristiche meccaniche di resistenza dei campioni prelevati durante le diverse campagne d'indagine eseguite nel sito d'interesse

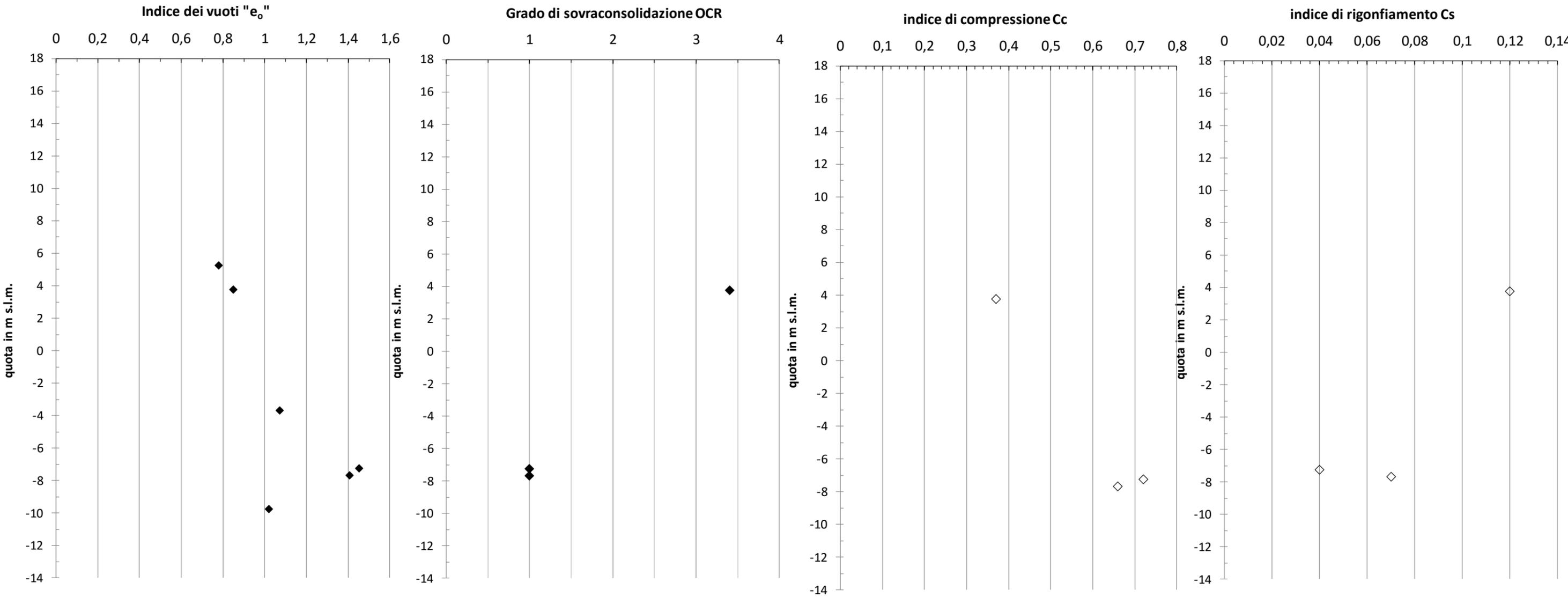


Tavola 20



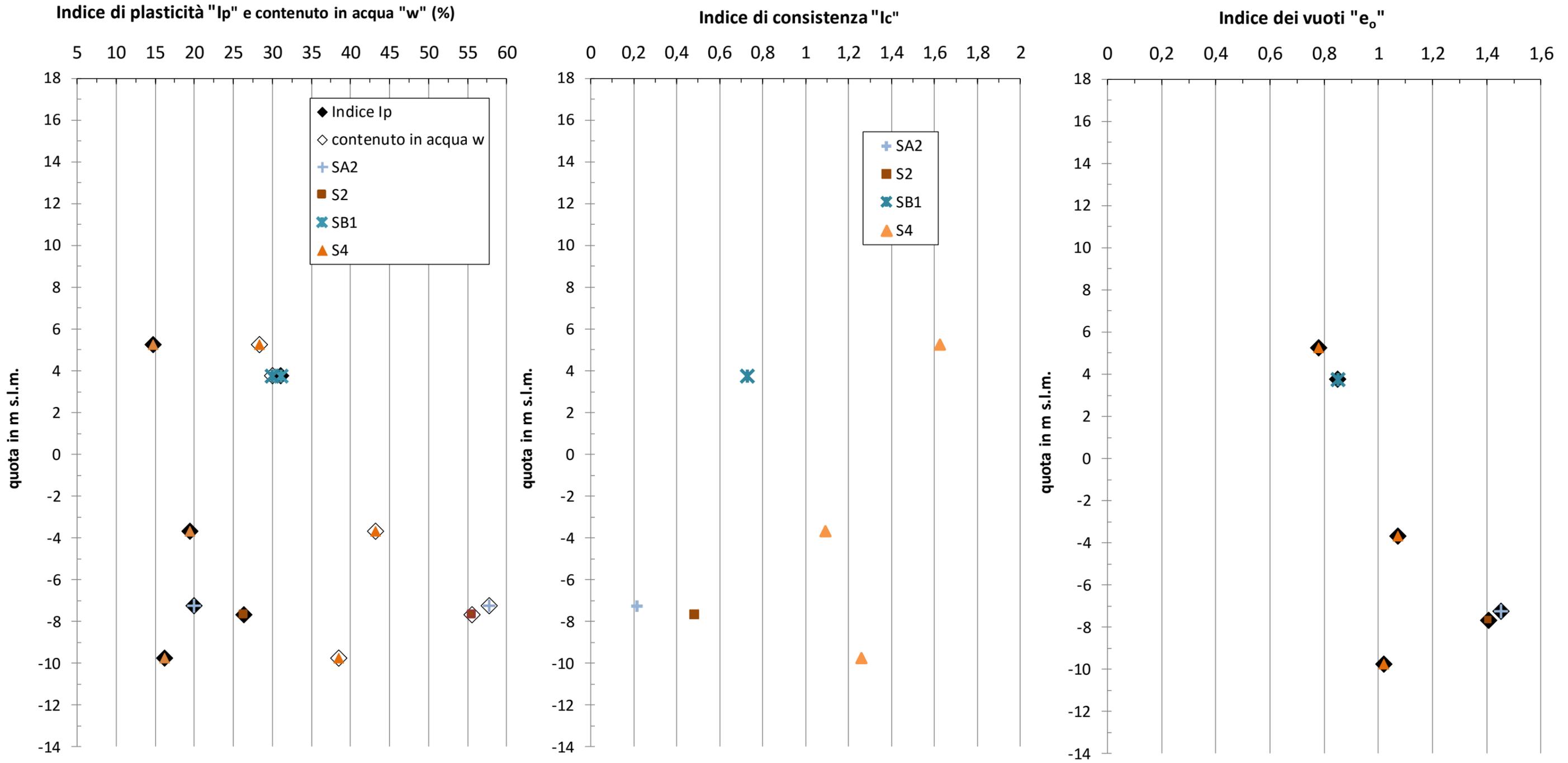
Caratteristiche meccaniche di compressibilità dello strato "limo con sabbia"

Tavola 21



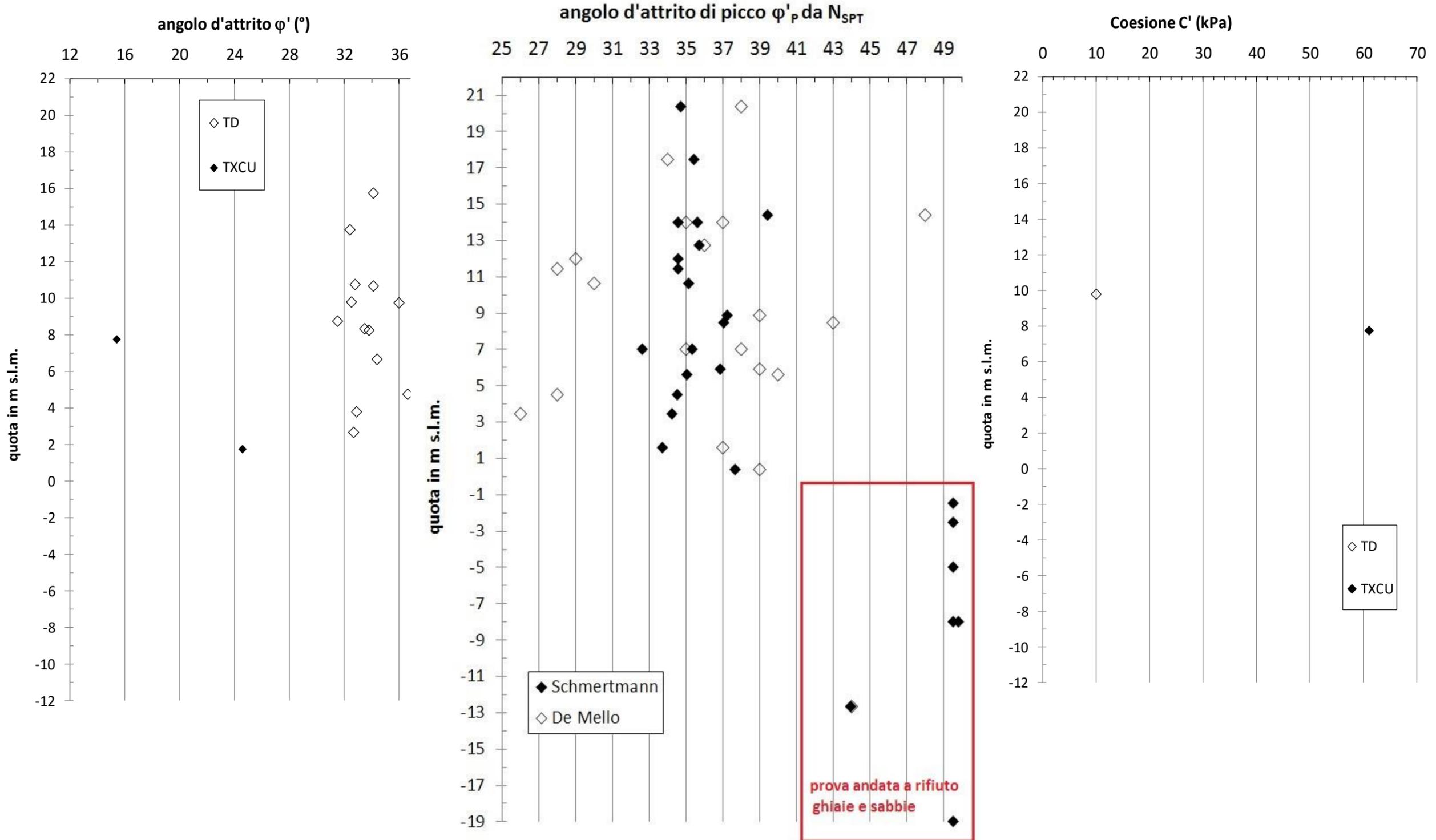
**Caratteristiche meccaniche di compressibilità dello strato "argilla con limo"**

Tavola 22



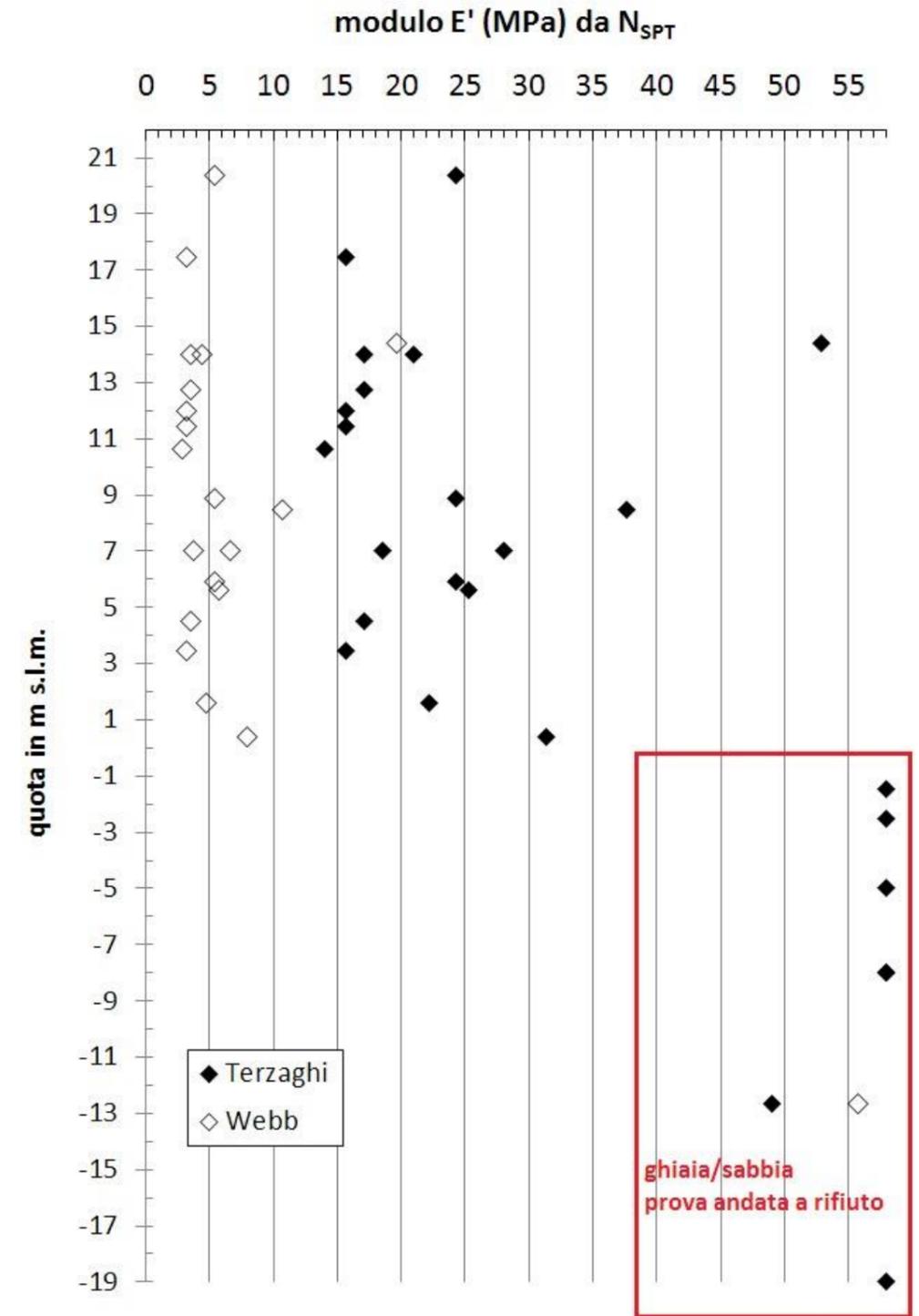
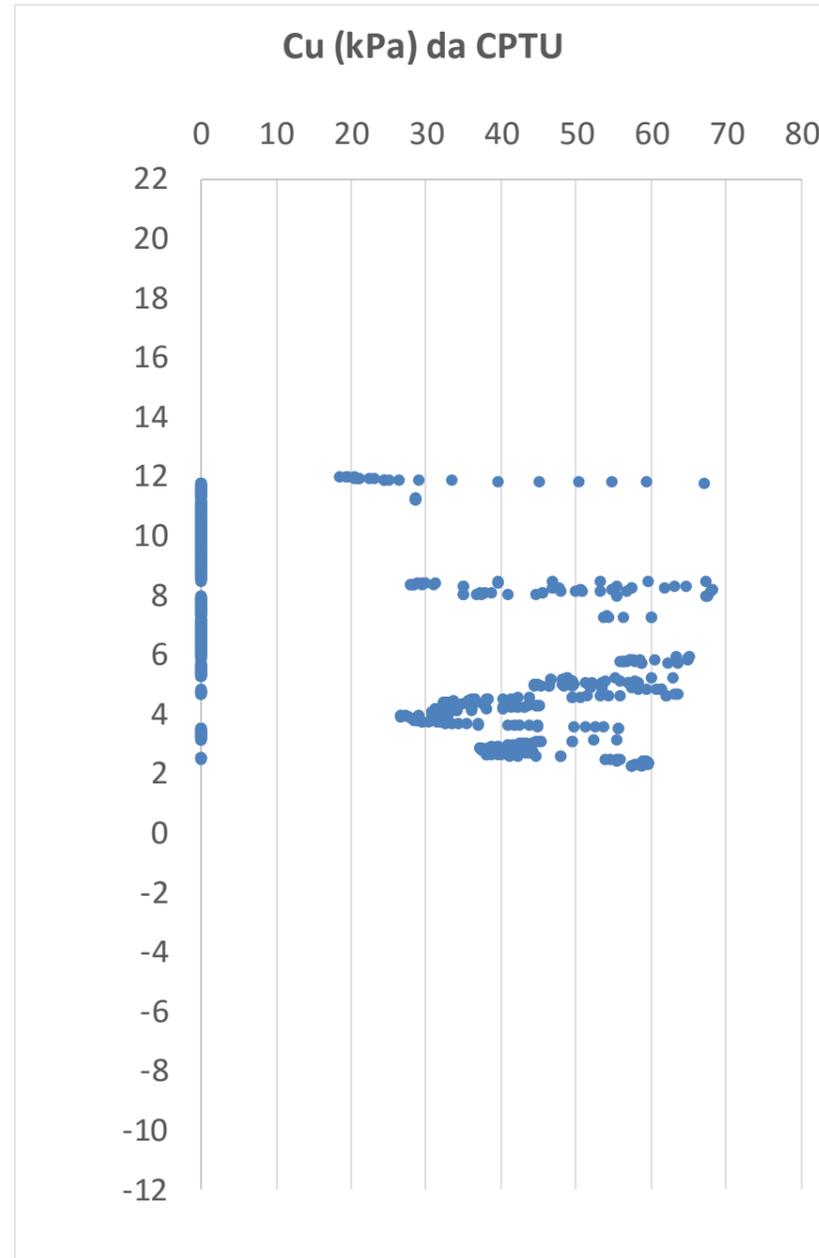
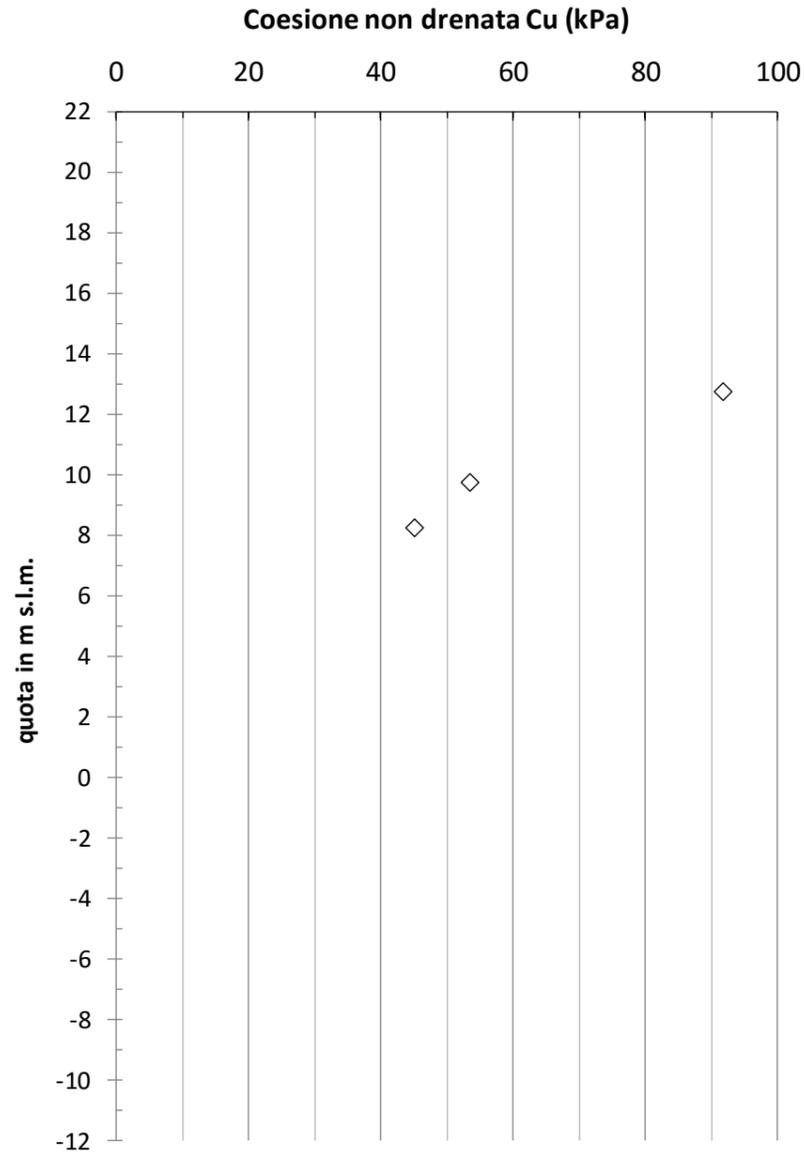
Confronto delle caratteristiche fisiche dello strato "argilla con limo" distinguendo la provenienza dei dati per sondaggio e campione

Tavola 23



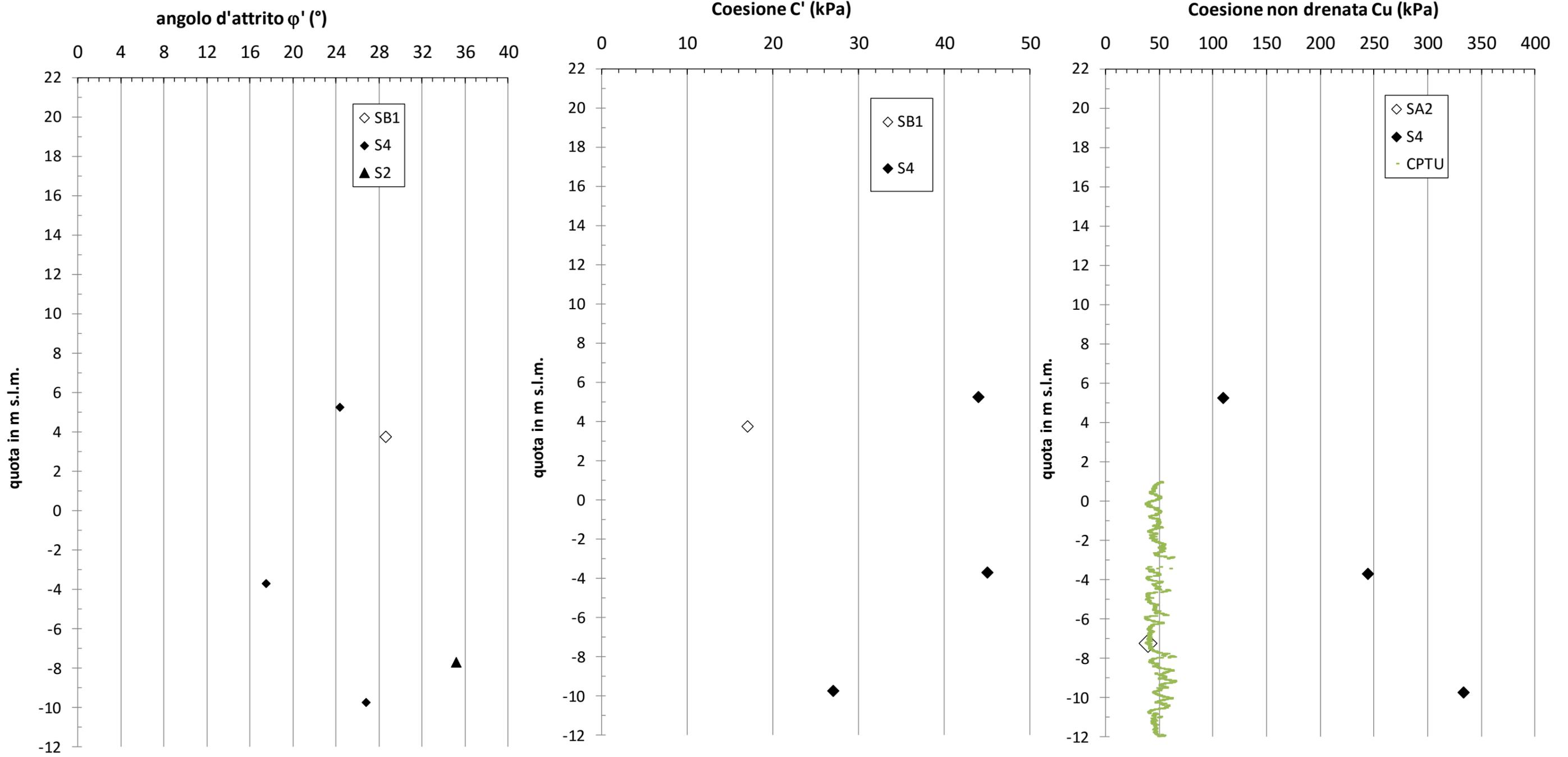
Parametri meccanici di resistenza dello strato "limo con sabbia"

Tavola 24



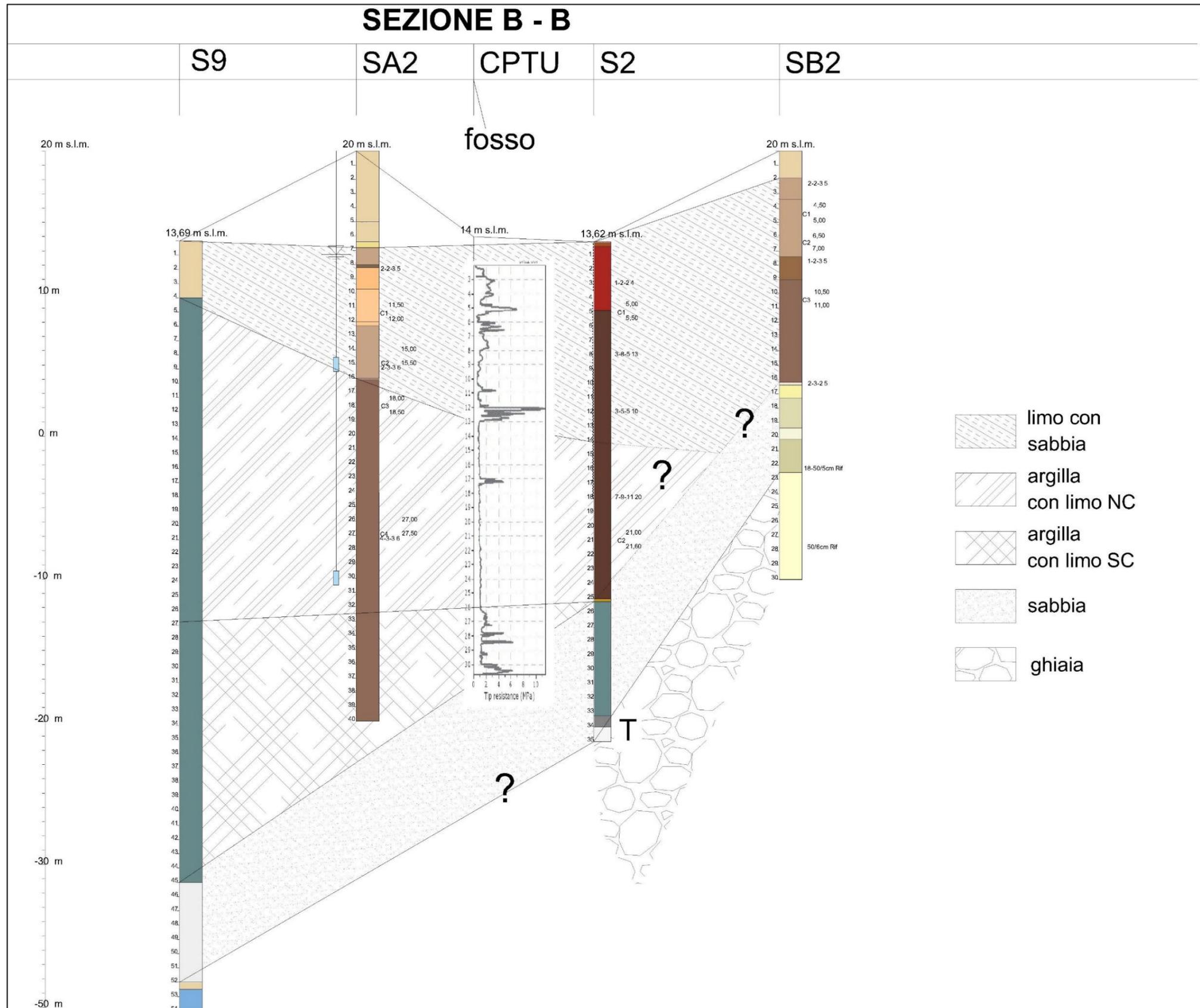
Parametri meccanici di resistenza non drenata e deformabilità dello strato "limo con sabbia"

Tavola 25



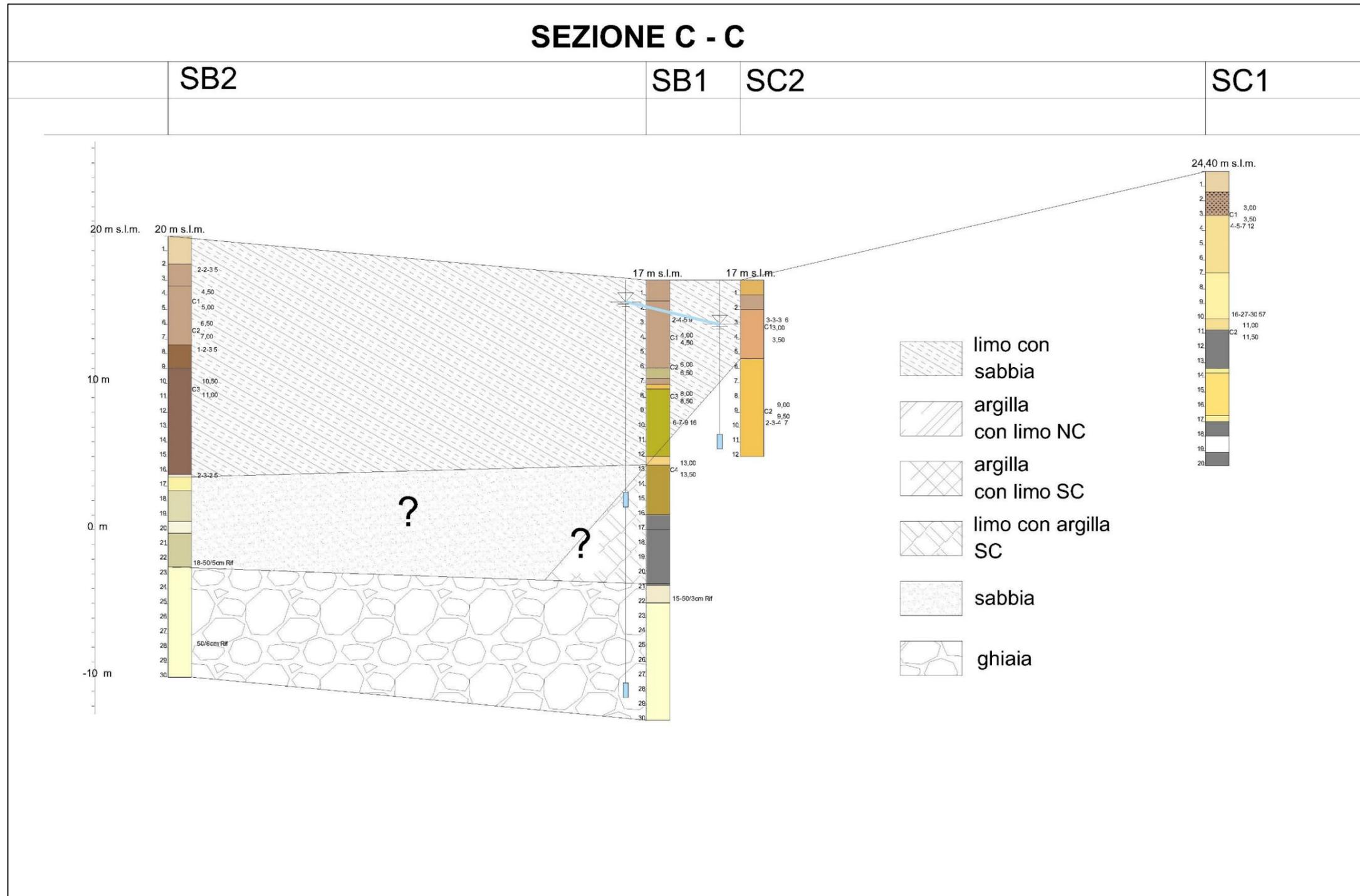
**Parametri meccanici dello strato "argilla con limo"**





Sezione geotecnica BB

### SEZIONE C - C



Sezione geotecnica CC

