



REGIONE ABRUZZO

PROVINCIA DI TERAMO



Accordo di programma finalizzato all'attuazione di
interventi urgenti e prioritari della Regione Abruzzo.
Lavori per la mitigazione del rischio idrogeologico sul fiume
Vomano.

PROGETTO DEFINITIVO

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOTECNICA

DATA	MODIFICHE	SCALA	PROTOCOLLO	ELABORATO
SETTEMBRE 2013		-		GT01A

I PROGETTISTI:

3TI PROGETTI ITALIA
INGEGNERIA INTEGRATA SpA



3TI ITALIA S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Ing. Stefano Luca Possati
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma n. 20809

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ARCH. DANILO CRESCIA

INDICE

1. NORME E RIFERIMENTI	2
2. PREMESSA	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E ASSETTO STRUTTURALE	6
4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	17
4.1. Intervento A – Sondaggio S1	19
4.2. Tratto 3 - Intervento D – Sondaggio S2	21
4.3. Tratto 2 - Rifacimento scatolare 350x200 - Sondaggio S3	24
4.4. Tratto 2 - Scala idraulica - Sondaggio S4	27
4.5. Tratto 2 - Scatolari da realizzare 350x200 sotto la SS16 e la linea RFI - Sondaggio S5 ..	30
4.6. Tratto 3 - Intervento C – Opera trasversale di rallentamento - Sondaggio S6	33

1. **NORME E RIFERIMENTI**

1.1 - D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione.

1.2 - Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

1.3 - Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977.

1.4 - Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - Gennaio 1994.

1.5 - Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

1.6 – D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni

1.7 - Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

2. **PREMESSA**

Nell'ambito della progettazione definitiva per la realizzazione degli interventi localizzati e diffusi di salvaguardia idraulico-ambientale lungo l'asta del fiume Vomano, nel tratto compreso tra la foce e il ponte di Castelnuovo sulla Strada Provinciale n. 23, è stato eseguito uno studio geotecnico teso a delineare le caratteristiche fisico-meccaniche del sottosuolo.

In particolare, l'area di intervento dove andranno ad insistere gli interventi previsti è quella compresa tra il ponte della strada statale 16 Adriatica sino al ponte della S.P. 23b nella località di Castelnuovo Vomano del comune di Castellato.

Ai fini di una maggiore chiarezza l'area in esame è stata distinta in tre diversi tratti fluviali.

Il primo tratto (tratto 1) si estende dal ponte della strada Statale 16 adriatica al ponte tubo consortile che si trova in corrispondenza dell'area industriale di Pineto ad est dell'autostrada A 14.

Il secondo (tratto 3) tratto si estende dal ponte della strada Provinciale n. 23B nella località Castelnuovo fino all'autostrada A 14.

Il terzo tratto (tratto 2) interessa la porzione di bacino idrografico esterno all'asta principale (fiume Vomano), in particolare il reticolo idrografico minore che riguarda l'abitato di Torre San Rocco e Scerne di Pineto.

L'area in esame si trova, esattamente, all'interno della carta I.G.M. 1:25000 140 – 1 e 141 IV della Carta d'Italia. Il presente studio affronta, principalmente, tematiche di tipo geologico e geomorfologico. A tal fine è stata effettuata una valutazione sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio adeguatamente estesa al di fuori dell'area di più stretto interesse. Gli interventi previsti dal progetto che interessano il presente lavoro sono:

Descrizione interventi tratto 1

Il presente progetto prevede una riprofilatura ed innalzamento degli argini sia in sponda

destra che in sponda sinistra.

Il depuratore comunale di Pineto posto sulla destra idrografica del Fiume Vomano, si trova a ridosso dell'argine fluviale. Non potendo arretrare il rilevato arginale vi è la necessità di realizzare una protezione che sarà formata da gabbionate metalliche disposte su quattro file per una lunghezza di circa duecento metri lineari. A monte del ponte sulla S.S. 16 si prevede la regolarizzazione delle aree golenali e la delocalizzazione ed arretramento degli argini per aumentare la sezione di deflusso. Sulla destra idrografica del Fiume Vomano vi sono tre canali artificiali denominati "Grassetto". Poiché la quota di questi canali è molto più bassa rispetto al livello di piena nell'asta principale, sono state previste quattro valvole di non ritorno (clapet) che non permetteranno all'acqua del fiume Vomano di invadere le aree urbanizzate. A monte del ponte sulla S.S. n. 16 si prevede la regolarizzazione delle aree golenali, e la delocalizzazione degli argini per aumentare la sezione di deflusso.

Descrizione interventi tratto 2

L'opera di progetto verrà realizzata 360 metri a valle del ponte della S.P. n.553; si tratta di grandi blocchi monolitici disposti in maniera sfalsata sul fondo alveo con lo scopo di frangere la corrente in arrivo diminuendo la sua velocità riducendone il potere erosivo. L'opera si estenderà per una larghezza di circa 60 metri.

Nell'area interessata dal fenomeno di erosione spondale denominata Stracca (Atri) è stata prevista un'opera di difesa radente costituita da gabbionate metalliche disposte su cinque ordini che poggiano su una fondazione di massi cementati alta circa un metro. La lunghezza di questo intervento è circa 220 metri.

Nella seconda zona (località Silvetta) è stata prevista la medesima tipologia di progetto del precedente intervento. La lunghezza per questa opera di protezione spondale è di 80 metri.

Nella località di Castelnuovo Vomano (Castellalto), sulla sinistra idrografica si procederà alla realizzazione di un'arginatura in terra per una lunghezza di 400 metri posta al limite dell'area demaniale a monte del ponte della S.P. n. 23.

Descrizione interventi tratto 3

Gli interventi sono finalizzati ad evitare fenomeni di esondazione nelle aree esterne a quelle arginali disciplinando le acque provenienti dalla collina Pinetese (loc. Torre San Rocco) .

Tali acque verranno disciplinate in apposite vasche di laminazione, previste all'interno dell'area demaniale, circa 27.000 mq. Verrà anche ripristinato l'uso del canale artificiale denominato formale Ponno, in particolare verrà allargata la sezione di deflusso per circa 1.600 ml fino ai terreni sovrastati il campo di calcio esistente nell'abitato di Scerne di Pineto. In corrispondenza della strada provinciale SP 27 sarà previsto il rifacimento del tombino esistente. Verrà realizzato uno sbocco a mare del formale con un canale artificiale cementato. In corrispondenza della strada statale SS 16, della Ferrovia Taranto – Bologna e della pista ciclabile verranno inseriti scatolari in cemento armato.

Nell'ambito delle attività di geognostiche (descritte nello specifico paragrafo), nei tre distinti tratti fluviali oltre ai carotaggi, sono state effettuate, prove di permeabilità. Per le indagini geotecniche sono state effettuate prove penetrometriche ed è stato prelevato ed analizzato un campione indisturbato del substrato geologico. Sono state eseguite anche indagini sismiche a rifrazione insieme a masw ed anche l'indagine attraverso i microtrempi di fondo. Ai fini dello studio di classificazione litologica e geotecnica sono state utilizzate le informazioni a disposizione relative ai sondaggi geognostici prove penetrometriche statiche CPTe eseguite ed ubicate direttamente nell'area di progetto, spinte fino a profondità di 20 metri da p.c.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E ASSETTO STRUTTURALE

Caratteristiche litostratigrafiche Il tratto del Fiume Vomano compreso tra la traversa di Villa Vomano ed il ponte dell'autostrada A.14 è interessato da fenomeni di dissesto idrogeologico. I terreni presenti in affioramento e/o nel sottosuolo elencati in successione, dai più antichi ai più recenti, sono i seguenti.

Substrato geologico marino

- *Formazione del Cellino* "Pliocene inferiore"
- *Marne del Vomano* "Pliocene inferiore"
- *Argille ed Argille sabbiose Grigio – Azzurre* "Pleistocene medio"

Copertura continentale

- Depositi alluvionali antichi e recenti terrazzati "Pleistocene medio – superiore"
- Depositi alluvionali attuali "Olocene"

Formazione del Cellino

Ad Est della Formazione della Laga, rimanendo sulla destra idrografica del fiume, si trova quella del Cellino. Quest'ultima, risalente al Pliocene inferiore, è formata da Marne argillose con intercalazioni siltose affioranti nel tratto che parte, a monte, dalla Masseria di Fermo fino al Colle Monteverde posto ad Ovest dell'abitato di Faiete. All'interno della *Formazione del Cellino*, essenzialmente marnosa, vi è la presenza di livelli arenacei organizzati in fitte alternanze di strati (in corrispondenza degli abitati di Scorrano e Monte Gualtieri) ed in spessi banconi (su cui poggia il paese di Torroni).

Marne del Vomano

I depositi marini delle Marne del Vomano affiorano, quasi interamente, sulla destra idrografica del corso fluviale e sono visibili lungo il tratto compreso tra gli abitati di Villa Vomano e Castelnuovo. Tale formazione rocciosa è composta da emipelagiti (prevalentemente marne calcaree e marne argillose) alternate a siltiti con rare intercalazioni sabbioso – conglomeratiche.

Argille marnose/sabbiose Grigio – Azzurre

Dal punto di vista litostratigrafico, la parte orientale dell'area oggetto di studio presenta un substrato roccioso di natura argilloso – marnosa, riferibile alla sequenza di depositi marini di avanfossa pliocenica e pleistocenica. In particolare si tratta delle *Argille grigio – azzurre* del Pliocene sup. – Pleistocene inf.. Tali depositi sono formati da strati di argille – marnose con rare intercalazioni di sottili livelli arenaceo -siltosi. Nella parte più giovane della formazione gli strati arenacei diventano più spessi e frequenti affiorando con livelli di sabbie giallastre intercalati da lenti argillose. A monte (circa duecentocinquanta metri) del ponte di Castelnuovo vi è il passaggio litologico tra la suddetta formazione rocciosa e quella più antica delle “*Marne del Vomano*” in sinistra orografica e quella del *Cellino* entrambe risalenti al Pliocene inferiore

Depositi alluvionali antichi e recenti terrazzati

I depositi alluvionali terrazzati si trovano, quasi interamente, a Nord del Fiume Vomano e sono disposti in tre ordini di terrazzi posti a varie quote. I primi due, quelli di più antica genesi, sono, all'incirca, localizzati, rispettivamente, ad una quota di duecento e cento metri al di sopra dell'attuale corso fluviale. Il terrazzo di terzo ordine, quello più esteso, si trova pochi metri al di sopra dell'alveo. Su di esso si estende la Strada Provinciale 150 insieme a numerosi nuclei abitativi ed abitazioni rurali. La granulometria di questi depositi è eterogenea; la frazione più grossolana è costituita da ghiaie e ciottoli eterometrici arrotondati di natura calcarea raramente silicoclastica. Gli elementi grossolani sono intercalati da strati sottili o corpi lentiformi costituiti da elementi fini come limi sabbiosi e limi argillosi di colore giallastro.

Depositi alluvionali attuali

I depositi alluvionali attuali sono quelli che, attualmente, formano la piana golenale ed il tappeto alluvionale di fondo alveo. Tale piana viene, solitamente, indicata come area esondabile e geomorfologicamente rappresenta un terrazzo alluvionale, attualmente in via di formazione, denominato di quart'ordine. Le caratteristiche litologiche di questi depositi sono simili a quelle dei terrazzi più antichi e rilevati. Unica differenza sta nella maggiore presenza di blocchi di grandi dimensioni e nella minore quantità di elementi a granulometria fine a causa dell'azione di dilavamento esercitata dal fiume.

Dal punto di vista strutturale, l'assetto tettonico delle Formazioni presenti nel tratto interessato dal fenomeno di dissesto idrogeologico sono caratterizzate dalla presenza di

una monoclinale fortemente inclinata ad andamento meridiano immergente verso Est. La giacitura degli strati presenta una direzione Nord Nord – Est / Sud, Sud – Ovest ed è caratterizzata da una forte inclinazione che localmente presenta repentine variazioni. Tale formazione, presenta un grado di tettonizzazione abbastanza elevato; sono stati riscontrati, infatti, alcuni piani di sovrascorrimento (asse Nord – Sud e vergenza ad Est). Tra questi il più visibile coinvolge la *Formazione della Laga* che sovrascorre ad oriente su quella del *Cellino*. Nell'area in esame vi sono, inoltre, ulteriori evidenze di una tettonica compressiva. Sono state cartografate, infatti, alcune faglie transpressive ed una serie di faglie inverse ad andamento appenninico.

Non è escluso che tali allineamenti tettonici abbiano direttamente influenzato la geometria del corso fluviale. Tale situazione si è probabilmente verificata sul fiume in corrispondenza dell'abitato di Montegualtieri. L'assetto strutturale, nella porzione orientale dell'area in esame, si presenta, invece, tettonicamente meno disturbato ed è anch'esso caratterizzato dalla presenza di una monoclinale con asse ad andamento meridiano immergente verso Est con un'inclinazione minore dell'area montana. Infine, sopra alle formazioni rocciose di origine marina, si sono depositate quelle continentali formate da depositi alluvionali quaternari distribuiti in quattro ordini di terrazzi posti a quote diverse sulla sinistra orografica del corso fluviale. Il terrazzo più recente, posto alla quota più bassa, interessa da vicino il presente studio. Questa parte della pianura alluvionale, dal punto di vista geomorfologico, è considerata ancora attiva ossia in costante evoluzione morfologica strettamente connessa con i naturali eventi di esondazione e migrazione fluviale.

Per quel che riguarda gli aspetti idrogeologici l'area presenta, a grande scala, un evidente e sviluppato reticolo idrografico che testimonia la tendenza ad un ruscellamento superficiale delle acque meteoriche favorito da un substrato prevalentemente argilloso. Nell'area in di più stretto interesse, tuttavia, il deflusso delle acque è, principalmente, sotterraneo e scorre alla base dei depositi alluvionali terrazzati che poggiano sulla formazione impermeabile delle *Argille grigio – azzurre*. Il passaggio litologico tra i diversi depositi è facilmente visibile sul profilo dell'alveo fluviale a valle del ponte di Castelnuovo Vomano ad una profondità massima di tre metri dal piano di campagna.

Descrizione delle opere nei diversi tratti fluviali e principali criticità geologiche connesse agli interventi previsti nel progetto

Tratto 1 - compreso tra l'autostrada A14 e S.S. n. 16

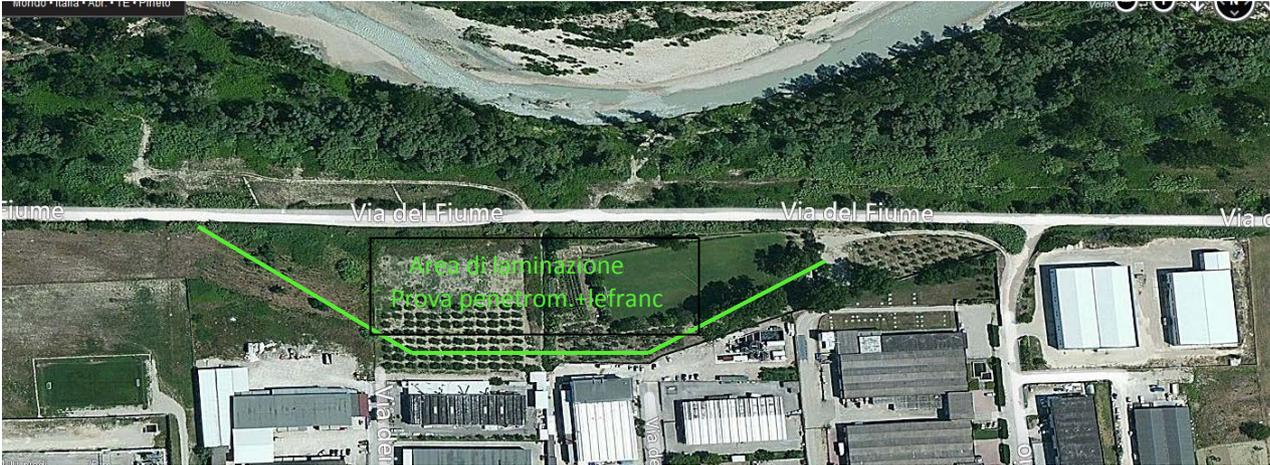
Il previsto innalzamento o arretramento degli argini in sponda destra e in sponda sinistra non presenta alcun problema. Nel Comune di Roseto degli Abruzzi in corrispondenza di un rilevato arginale da realizzare ex novo è stata effettuata una prova penetrometrica per conoscere le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione ed una prova di permeabilità "Lefranc" per verificare se vi può essere la possibilità di moti di filtrazione al di sotto dell'argine.

Nella zona del depuratore comunale di Pineto posto sulla destra idrografica del Fiume Vomano, verrà realizzata una protezione che sarà formata da gabbionate metalliche disposte su quattro file per una lunghezza di circa duecento metri lineari. In questa zona è stata effettuata una prova penetrometrica per verificare la consistenza del terreno al di sotto della prevista opera di protezione a gravità.



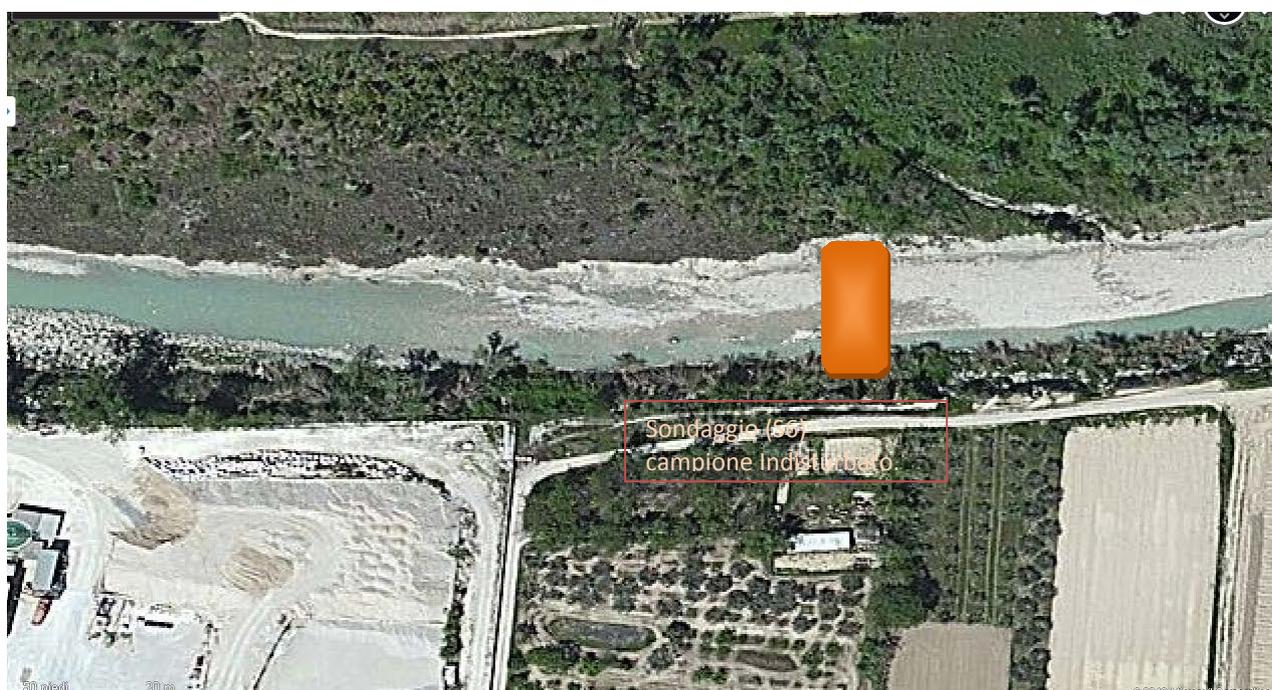
Infine, sulla destra idrografica del Fiume Vomano vi sono tre canali artificiali denominati "Grassetto". Poiché la quota di questi canali è molto più bassa rispetto al livello di piena nell'asta principale, sono state previste quattro valvole di non ritorno (clapet) che bloccheranno temporaneamente l'immissione di questi canali secondari. L'acqua del reticolo minore sarà accumulata temporaneamente in aree di laminazione delimitate da un argine

secondario. In corrispondenza di quest'ultimo è stata eseguita una prova penetrometrica ed una prova di permeabilità Lefranc. In questo tratto le coperture quaternarie si sono mostrate compatte con una permeabilità medio-bassa.



Tratto 3 - compreso tra l'autostrada A14 e S.p. n. 23b località Castelnuovo Vomano

In questo tratto fluviale verrà realizzata una rampa in macrocabrezze ad una distanza di circa 360 metri a valle del ponte della S.P. n. 553; essa ha una funzione simile a quella delle briglie ed è rappresentata da dispositivi dissipatori di energia. Si tratta di grandi blocchi monolitici disposti in maniera sfalsata sul fondo alveo che hanno lo scopo di frangere la corrente in arrivo diminuendo la sua velocità e riducendone, di conseguenza, il potere erosivo. L'opera si estenderà per una larghezza di circa 60 metri e sarà interamente, sia verticalmente che lateralmente immorsata nel substrato geologico argilloso. Questa formazione geologica è poco permeabile ma anche poco resistente all'azione degli agenti esogeni erosivi. Sarà necessario quindi prevedere soluzioni progettuali che impediscano processi di aggiramento laterale dell'opera idraulica. La veloce degradazione e l'arretramento dei versanti dell'alveo infatti rendono complessa la realizzazione di opere di lunga durata. Nella sponda lato sud, è stato effettuato un sondaggio (S6) con prelievo di campione del substrato geologico (argille sovra-consolidate grigio-azzurre) per acquisire alcuni dati geotecnici con le prove di laboratorio.





Pareti instabili con substrato geologico alterato affiorante

Nell'area interessata dal fenomeno di erosione spondale denominata Stracca (Atri) è stata prevista un'opera di difesa radente costituita da gabbionate metalliche disposte su cinque ordini che poggiano su una fondazione di massi cementati alta circa un metro. La lunghezza di questo intervento è circa 220 metri. In questa zona lo scenario rispetto alla località precedente cambia radicalmente; l'alveo è molto più largo e meno inciso e vi è la presenza di un materasso alluvionale consistente che dal sondaggio (S2) effettuato risulta di almeno nove metri i particolare nel punto in cui verrà realizzata la protezione spondale in gabbioni.



Nella seconda zona (località Silvetta) interessata da erosione laterale sono state riscontrate simili caratteristiche di dissesto ma con pareti d'alveo più alte e con il substrato geologico affiorante sulle sponde ma anche su buona parte del fondo alveo. È stata prevista la medesima tipologia di progetto del precedente intervento. La lunghezza prevista per questa opera di protezione spondale in gabbionate è di 60 metri; essa ha lo scopo di contrastare la migrazione di un meandro fluviale che tende a spostarsi verso nord. Nella fotografia sottostante si nota che ad ovest del tratto di intervento vi è un altro meandro più ampio che (dall'osservazione delle foto degli anni precedenti) tende a migrare anch'esso verso nord con una velocità maggiore del primo.



Nella località di Castelnuovo Vomano (Castellalto), sulla sinistra idrografica si procederà alla realizzazione di una nuova arginatura in terra poste al limite dell'area demaniale per garantire la massima ampiezza della sezione di deflusso e la protezione dal rischio di esondazione alla zona artigianale, a monte del ponte della S.P. n. 23.

In quest'area è stato effettuato un sondaggio (S1), una penetrometrica in foro ed una prova di permeabilità per conoscere le caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche al contorno dell'argine. I dati emersi dalle indagini indicano una permeabilità medio-bassa (riferita a depositi alluvionali) ed una discreta resistenza meccanica.

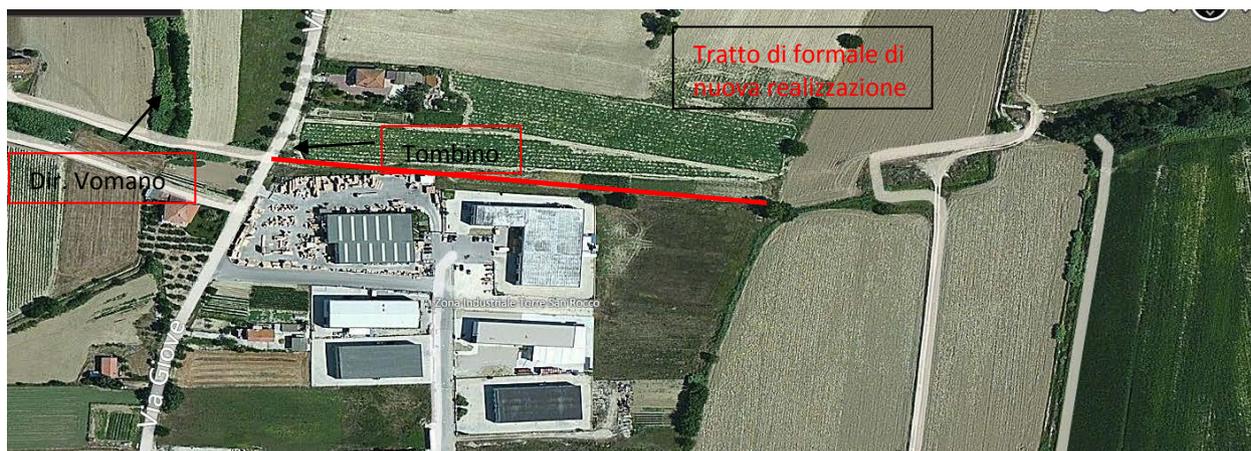


Tratto 2 - compreso tra l'autostrada A14 e S.p. n. 23b località Castelnuovo Vomano

Il progetto in questo tratto prevede la salvaguardia idraulica dell'intera area industriale di Scerne di Pineto; gli interventi sono pertanto finalizzati ad evitare fenomeni di esondazione e/o allagamento nelle aree esterne a quelle arginali disciplinando le acque provenienti dalla collina Pinetese (loc. Torre San Rocco) e dalla piana golenale.

I lavori previsti sono finalizzati al riutilizzo del canale artificiale denominato formale Ponno, in particolare verrà aumentata ed allargata la sezione di deflusso. La prima parte del suddetto canale rimarrà in terra ed interesserà il tratto che va dai canali provenienti dall'abitato di Torre san Rocco per una distanza di circa 1.700 ml fino al tombino della S.P.

n. 27 di Casoli. In questa zona l'allargamento del formale non ha particolari problemi l'unico elemento da prendere in considerazione è la realizzazione di un tombino di attraversamento sotto la S.C. di via Giove, non previsto dal progetto preliminare ma che risulta determinate per una corretta disciplina del reticolo idrografico minore. In corrispondenza di detto attraversamento è stata realizzata una prova penetrometrica per valutare le caratteristiche geotecniche del terreno che sono risultate buone.



Alla fine del primo tratto, sarà previsto il rifacimento del tombino esistente sotto la strada provinciale con l'inserimento di uno scatolare della larghezza di 3.5 m.; anche qui è stata effettuato un sondaggio (S3) dotato di piezometro. Da qui in avanti il canale non sarà più in terra ma sarà rivestito di cemento fino allo sbocco a mare.



Il percorso originario che corre parallelamente alla linea di costa fino al Torrente Calvano, subito dopo un campo di calcio, viene abbandonato per prendere un canale di nuova

realizzazione fino allo sbocco a mare. Vista la differenza di quota, il collegamento tra il vecchio ed il nuovo formale avverrà attraverso uno scivolo di raccordo alla cui base è stato effettuato un sondaggio (S4) dotato di piezometro per conoscere le caratteristiche dei terreni di fondazione.

Detto nuovo canale attraverserà zone interessate da procedimento di esproprio e per consentire l'afflusso al mare verranno realizzati due scatolari in cemento armato che verranno inseriti a spinta al di sotto della strada statale SS 16 e della Ferrovia Taranto – Bologna. Tra questi due attraversamenti è stato realizzato un sondaggio dotato di piezometro per valutare le caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni di fondazione dei prefabbricati di progetto (S5).

In ultimo in prossimità del mare, al di sotto della pista ciclabile verrà posizionato l'ultimo tombino di attraversamento che verrà realizzato in sito.

Nel tratto cementato è necessario tenere in considerazione che le operazioni di sbancamento dei terreni, finalizzate alla realizzazione del canale, unite all'oscillazione dei livelli piezometrici della falda potrebbe dare origine a fenomeni di rigonfiamento dei terreni di fondazione su cui verranno realizzati i manufatti in c.a.; in particolare si potrebbero avere diversi comportamenti e movimenti differenziali tra le diverse opere. Il canale rivestito in cemento, ad esempio potrebbe avere movimenti oscillatori differenti rispetto agli scatolari di progetto ed alla fondazione dello scivolo di raccordo nelle vicinanze del campo da calcio di Scerne di Pineto.

4. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Lo studio geotecnico è stato condotto attraverso le seguenti attività:

- *acquisizione ed analisi degli studi geologici e geomorfologici generali riguardanti l'area in studio;*
- *studio di dettaglio delle caratteristiche geologico-stratigrafiche del sottosuolo;*
- *analisi dettagliata dei caratteri litotecnici e geotecnici del sottosuolo attraverso l'esame delle stratigrafie dei sondaggi geognostici;*
- *acquisizione, analisi e interpretazione in chiave geotecnica delle risultanze delle prove in sito, costituite da Sondaggi Geognostici e prove SPT in foro, Prove Penetrometriche DPSH e CPT;*
- *analisi dei dati geotecnici provenienti dalle prove di laboratorio;*

Sulla base di quanto emerso dall'esame comparato dell'insieme dei dati a disposizione di carattere litologico e geotecnico, e tenuto conto della geologia dell'area in esame, si è pertanto proceduto alla definizione di un modello geotecnico del sottosuolo in corrispondenza delle principali aree di intervento su cui sono stati effettuati i sondaggi geognostici.

Nella identificazione delle diverse Unità geotecniche si è seguito complessivamente il criterio adottato in sede di studio geologico, procedendo pertanto ad una differenziazione dei diversi litotipi in base sia, ovviamente, ai caratteri litologici e granulometrici evidenziati dalle indagini geognostiche, sia al diverso ambiente di sedimentazione, sia, infine, alle diverse età di messa in posto del deposito, suddividendo le unità più antiche da quelle di recente e recentissima sedimentazione.

I criteri e le procedure adottati per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo sono stati adeguati al livello delle verifiche in corso ed in conformità ai seguenti dispositivi:

- Paragrafo 6.2.1 del D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le

costruzioni” e paragrafo C6.2.1 – Par. 6.2.2.5 della Circolare del Ministero dei LL.PP. n.617 del 02/02/2009 “Istruzioni per l’applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/02/2008”.

Si è fatto riferimento, in particolare, alle seguenti indagini di sito:

<i>ATTIVITA' SVOLTE</i>	<i>DATA</i>	<i>ELABORATO PRODOTTO</i>
n.3 Prove Penetrometriche Statiche (CPT) n.1 Prove penetrometriche dinamica continua (DPSH) n.3 Prove di Permeabilità tipo Lefranc	09.04.2013	ALL.2 Elaborazione Prove Penetrometriche DPSH e CPT ALL.3 Prove di Permeabilità tipo Lefranc
n°1 Stendimento Sismico tipo MASW n°1 Stendimento sismico tipo SR	11.04.2013	ALL.4 Prospezioni sismiche di superficie (MASW - SR)
n°1 Sondaggio Geognostico (S1) n°1 prova SPT	15.04.2013	ALL.1 Stratigrafie Sondaggi Geognostici ed elaborazione prove SPT in foro
n°1 Sondaggio Geognostico (S2) n°2 prove SPT	16.04.2013	
n°2 Sondaggi Geognostici (S3 - S4) n°2 prove SPT n°2 Piezometri a t.a.	17.04.2013	
n°2 Sondaggi Geognostici (S5 - S6) n°1 prove SPT n°1 Piezometri a t.a. n°1 campione indisturbato	18.04.2013	
n°1 Misura Sismica Passiva (HVSR) n°3 letture piezometriche	19.04.2013	
Invio campione indisturbato in laboratorio	22.04.2013	ALL.6 Analisi di Laboratorio Geotecnico

Tutti i sondaggi geognostici eseguiti hanno interessato principalmente le seguenti Formazioni:

- *Depositi eluvio-colluviali superficiali prevalentemente limo-argillosi – **Unità E***
- *Depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi della piana costiera – **Unità S***
- *Depositi alluvionali del fiume Vomano ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi – **Unità A1***
- *Argille marnose/sabbiose Grigio – Azzurre – **Unità Am (Am a – alterate)***

4.1. Intervento A – Sondaggio S1

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Compilazione Indisurbato	Prof. SPT	N° colpi SPT	Rivestimento	Perforazione	Piezometro a tubo aperto	Falda	Cassetta
1	0,90	0,90		Limo sabbioso di colore avana, privo di stratificazione, con qualche frammento calcareo inglobato.								
2	1,40	1,40		Ghiala calcarea eterometrica, con elementi arrotondati ed appiattiti e qualche ciottolo.		1,00	RH (7 cm)	Ø127mm	Ø127mm		1,50	
3	2,30	2,30		Argilla mamosa di colore grigio, molto consistente,								
4	2,70	2,70										
5	5,00	5,00										
NON INSTALLATO												



S1 C1 da 0.0 m a 5.0 m

Profondità: 0 – 0.90 – Unità E

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	22°
$Cu'k$, coesione non drenata	40 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	3.5 MPa

Profondità: 0.90 – 2.30 – Unità AI – (Ghiaie e ghiaie sabbiose)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	20 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	34°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	35 MPa

Profondità: > 2.30 m – Unità Am

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	21 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	15 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	25°
$Cu'k$, coesione non drenata	80 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	9 MPa

4.2. Tratto 3 - Intervento D – Sondaggio S2

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campione Indisturbato	Prof. SPT	N° colpi SPT	Rivestimento	Perforazione	Piezometro a tubo aperto	Falda	Cassetta
	0,30	0,30		Sabbia con limo.								
1												
2						-2,00	Rif. (2cm)					
3												
4						-3,00	Rif. (7cm)					
5		8,70		Ghiala calcarea eterometrica, con elementi subarrotondati ed appiattiti in matrice limoso-sabbiosa; a luoghi livelli di ghialo calcareo in matrice sabbiosa grossolana.				Ø 127 mm	Ø 127 mm	NON INSTALLATO		
6												
7												
8												
9	9,00											
		1,00		Sabbia a granulometria medio-grossolana con qualche elemento calcareo di piccole dimensioni..								
10	10,00											
											1,00	
												1
												2



S2 C1 da 0.0 m a 5.0 m



S2 C2 da 5.0 m a 10.0 m

Profondità: 0.00 – 9.00 – Unità AI – (Ghiaie e ghiaie sabbiose)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	20 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	34°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	35 MPa

Profondità: 9.00 – 10.00 – Unità AI – (Sabbie debolmente sabbiose)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	20 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	31°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	15 MPa

4.3. Tratto 2 - Rifacimento scatolare 350x200 - Sondaggio S3

Scala 1:50	Profondità*	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campione Indisturbato	Prof. SPT	N° colpi SPT	Rivestimento	Perforazione	Piezometro a tubo aperto	Falda	Cassetta
	0,30	0,30		Limo sabbioso argilloso con resti vegetali								
1				Limo argilloso di colore marrone scuro, privo di stratificazione.		-2,30 -2,75	4 29	Ø 127 mm	Ø 127 mm			
2		3,70										
3												
4		4,00										
5				Limo argilloso di colore avana, stratificato, con intercalazione di sottili livelli sabbiosi.					Ø 101 mm			
6		4,50										
7												
8												
	8,50											
ASSENTE											1	
ASSENTE											2	



S3 C1 da 0.0 m a 5.0 m



S3 C2 da 5.0 m a 8.5 m

Profondità: 0 – 4.00 – Unità E

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	22°
$Cu'k$, coesione non drenata	40 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	3.5 MPa

Profondità: 4.00 – 8.50 m – Unità Am_a

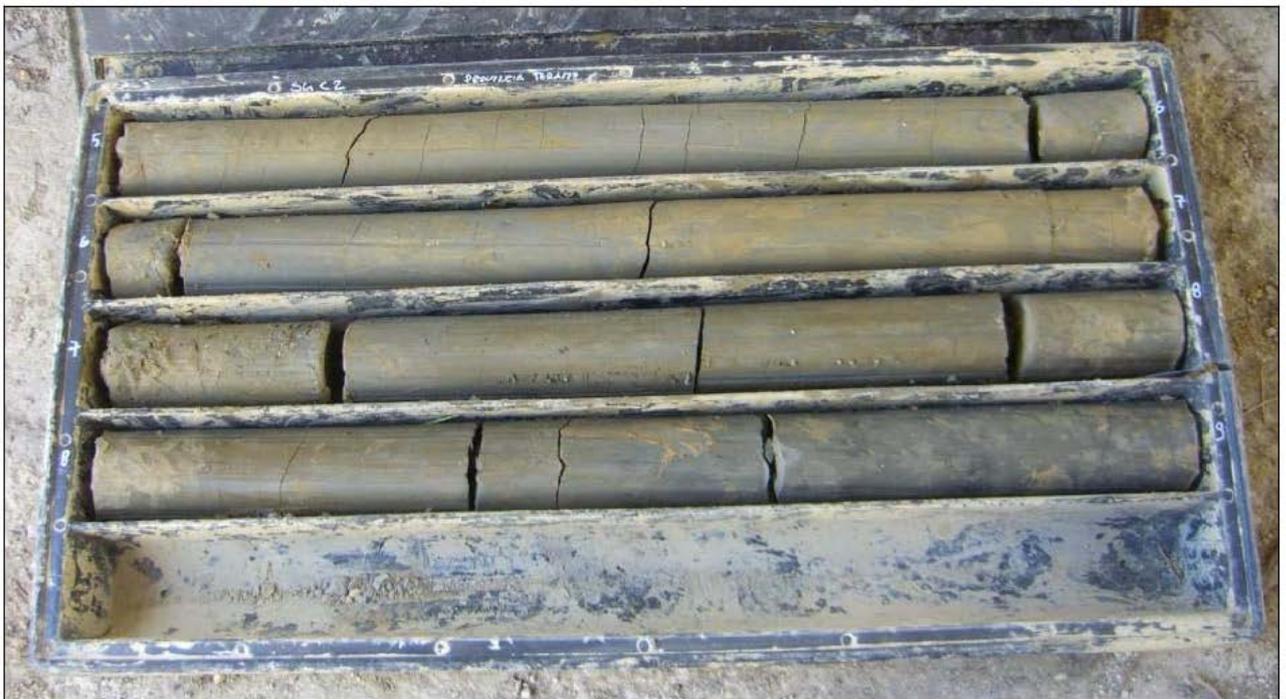
$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	5 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	25°
$Cu'k$, coesione non drenata	60 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	6 MPa

4.4. Tratto 2 - Scala idraulica - Sondaggio S4

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campione Indisturbato	Prof. SPT	N° colpi SPT	Rivestimento	Perforazione	Piezometro a tubo aperto	Falda	Cassetta
1		2,50		Limo argilloso di colore marrone scuro, privo di stratificazione.				Ø 127 mm	Ø 127 mm			
2						-2.00	2					
3	-2.50			Limo argilloso di colore avana, stratificato, con intercalazione di sottili livelli sabbiosi.		-2.45	3					1
4		2.40					4					
5	-4.90			Argilla sabbiosa di colore grigio-azzurro, sottilmente stratificata, consistente.					Ø 101 mm		ASSENTE	2
6		4.10										
7												
8												
9	9,00									9,00		



S4 C1 da 0.0 m a 5.0 m



S4 C2 da 5.0 m a 9.0 m

Profondità: 0 – 2.50 – Unità E

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	22°
$Cu'k$, coesione non drenata	30 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	3.0 MPa

Profondità: 2.50 – 4.90 m – Unità Am_a

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	5 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	24°
$Cu'k$, coesione non drenata	50 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	5 MPa

Profondità: 4.90 – 9.00 m – Unità Am

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	20 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	15 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	24°
$Cu'k$, coesione non drenata	70 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	8 MPa

4.5. Tratto 2 - Scatolari da realizzare 350x200 sotto la SS16 e la linea RFI - Sondaggio S5

Scala 1:50	Profondità*	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campione Indisturbato	Prof. SPT	N° colpi SPT	Rivestimento	Perforazione	Piezometro a tubo aperto	Falda	Cassetta
1	1.40	1.40		Limo argilloso sabbioso, privo di stratificazione.								
2	1.40	1.10		Sabbia giallastra e grigia a granulometria fine.		-2.00 -2.45	3 4				1.05	
3	2.50	1.50		Ghiala calcarea eterometrica in matrice sabbiosa grossolana.								1
4	4.00											
5								Ø 127 mm				
6	3.80			Sabbia giallastra a granulometria medio-fine con qualche elemento ghiaioso.				Ø 127 mm				
7												
8	7.60											
9	2.00			Sabbia grigiastra a granulometria fine.								2
10	9.60	0.40		Limo argilloso avana.					Ø 101 mm			
	10.00											



S5 C1 da 0.0 m a 5.0 m



S5 C2 da 5.0 m a 10.0 m

Profondità: 0 – 1.40 – Unità E

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	22°
$Cu'k$, coesione non drenata	30 kPa
E_{edk} , Modulo edometrico	3.0 MPa

Profondità: 1.40 – 2.50 – Unità S (Sabbie fini sciolte)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	18 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	28°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 kPa
E_{edk} , Modulo edometrico	1 MPa

Profondità: 2.50 – 4.00 – Unità S (Ghiaie sabbiose sciolte)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	20 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	34°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 kPa
E_{edk} , Modulo edometrico	35 MPa

Profondità: 4.00 – 9.60 – Unità S – (Sabbie medio-fini a luoghi debolmente ghiaiose, sciolte)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	19 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\varphi'k$, angolo d'attrito	28°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 kPa
E_{edk} , Modulo edometrico	1 MPa

4.6. Tratto 3 - Intervento C – Opera trasversale di rallentamento - Sondaggio S6

Scala 1:50	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campione Indisturbato	Prof. SPT	N° colpi SPT	Rivestimento	Perforazione	Tubo aperto	Piezometro a tubo aperto	Cassetta
1	1.80			Ghiaia calcarea con qualche ciottolo in abbondante matrice limoso-sabbiosa.				Ø127 mm	Ø127 mm	Non Installato	A S S E N T E	
2	1.80 1.90	0.10		Limo argilloso con livello sabbioso rossiccio al contatto con il deposito ghiaioso sovrastante.	2.00				Ø101 mm			
		0.50		Argilla marnosa di colore grigio.	2.40							



S6 C1 da 0.0 m a 2.4 m

Profondità: 0.00 – 1.80 – Unità A1 – (Ghiaie e ghiaie sabbiose)

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	20 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	0 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	34°
$Cu'k$, coesione non drenata	0 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	35 MPa

Profondità: > 1.80 m – Unità Am

$\gamma_{sat,k}$, peso specifico saturo	21 kN/m ³
$\gamma_{d,k}$, peso specifico asciutto	$\cong \gamma_{sat}$
$c'k$, coesione	15 kPa
$\phi'k$, angolo d'attrito	25°
$Cu'k$, coesione non drenata	80 KPa
E_{edk} , Modulo edometrico	9 MPa