Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

Ministero dello Sviluppo Economico

CBO

INTERVENTO INFRASTRUTTURE IDRICHE – SEZIONE INVASI
(LEGGE DI BILANCIO 2018, ART.1 COMMA 518)

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO

C. A. T. P0820	C.U.P.: G27H21036250001	

PROGETTO ESECUTIVO

Il Progettista
Ing. Francesco Castagna

I Collaboratori

Il Responsabile del Procedimento
Dott. Agr. Serafino Angelo Meloni

Il Committente
Consorzio di Bonifica dell'Oristanese
Il Presidente
Dott. Carlo Corrias

Titolo	Allegato
Relazione geologica e geotecnica	A.2

Rev.	Data	Nome file	Redattore	Verificatore
01	06/2023	1504P0820rel_geol_geot_ Rev01_FC	Ing. F. Castagna	Ing. G. Zuddas

Sommario

1. RELAZIONE GEOLOGICA……2

2. RELAZIONE GEOTECNICA……33

Allegati

Localizzazione indagini
Tabelle Classificazione Sismica
Moduli dinamici MASW
Stratigrafia pozzetti
Certificati prove di laboratorio
Elaborati Prove penetrometriche dinamiche
Documentazione fotografica
Verifiche Geotecniche

RELAZIONE GEOLOGICA

Sommario

1. PREMESSA 3

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 4

3. NORMATIVA VIGENTE 8

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO 11

5. MORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA.....14

6. MODELLO GEOLOGICO E CONTESTO LOCALE 16

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....23

7.1. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche.....27

8. CONCLUSIONI 31

1. PREMESSA

Con il progetto esecutivo relativo alla "**IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO" -** CAT P0820, il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese intende realizzare i lavori di restauro, di impermeabilizzazione e di eliminazione delle perdite finalizzati a ripristinare le notevoli potenzialità del Canale Adduttore Destro del Fiume Tirso, nel tratto compreso tra la Traversa di Santa Vittoria e l'impianto di sollevamento Sinis, per una lunghezza di circa 30 chilometri.

L'intervento progettuale prevede:

per i tratti non intubati

- pulizia del fondo e delle sponde dei canali, con taglio di piante arboree e disboscamento dei cigli;
- demolizione dei tratti tombati;
- ripristino delle sponde in cls, con livellamento e regolarizzazione superficiale;
- posa di uno strato di geotessuto a protezione dal punzonamento del soprastante telo impermeabile. Lo stesso verrà posato sormontandone i lembi sul fondo ed in corrispondenza delle sponde con sovrapposizione di almeno 0,5 metri;
- impermeabilizzazione del fondo del canale e delle sponde mediante posa di teli in HDPE dello spessore di mm 2,5.

per il tratto intubato

realizzazione di due nuovi tratti intubati interrati (Fig. 3) con DN 1800 mm in PE spiralato e rinforzato, in sostituzione della preesistente tubazione pensile in calcestruzzo, anch'essa DN 1800, che presenta evidenti e gravi danni strutturali, oltre a cospicue perdite d'acqua, il cui posizionamento è previsto in affiancamento alla sinistra dell'attuale sistema di irrigazione. Nella realizzazione del nuovo tratto intubato interrato del DN 1800 mm in PE spiralato e rinforzato è compreso anche quello sottostante l'alveo del Rio Mare Foghe, nel quale si utilizzerà un sistema di spingi-tubo.

Nella presente relazione verranno analizzate le condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area nella quale verranno eseguiti i nuovi tratti intubati interrati, facendo riferimento sia agli elementi acquisiti dalle indagini geologiche, geotecniche e geofisiche svolte per conto del CBO da

un professionista esterno, sia al rilevamento di campagna e all'interpretazione delle foto aeree, oltre che alla geologia, idrogeologia e geomorfologia ufficiale.

Fig. 1 – La preesistente tubazione fuori terra in calcestruzzo DN 1800

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto del nuovo tratto intubato ricade quasi interamente nel territorio comunale di Tramatza, di cui occupa l'estremità sud-occidentale, seppur al confine con i limiti amministrativi dei Comuni di Zeddiani e di San Vero Milis; è localizzata circa a metà strada tra i centri urbani di Zeddiani e di Tramatza, in corrispondenza del Canale Adduttore in destra Tirso (direzione circa N-S) e in prossimità del *Riu Cispiri* (direzione E-W). Fa eccezione l'ultima parte della condotta, di circa 50 metri, che ricade in area comunale di San Vero Milis.

La zona è raggiungibile tramite la S.S. 131 (direzione Sassari/Cagliari), deviando all'uscita di Tramatza e percorrendo la strada complanare Ovest in direzione Oristano, dove in corrispondenza della prima rotatoria ci si immette nella prima strada vicinale sulla destra (per circa 1500 metri), mentre dalla direzione di Oristano (percorrendo la strada statale n. 292 per Nuraxinieddu-Massama) e dalla S.S. 131 (direzione Cagliari/Sassari – Uscita Oristano Nord)

tramite sempre la strada complanare Ovest in direzione Tramatza (alla seconda rotatoria, terza uscita su strada vicinale).

In particolare, il sito di interesse è inserito nella seguente cartografia ufficiale:

- Tavolette I.G.M.I, in scala 1:25000, Foglio 514 sez. II "*San Vero Milis*";
- C.T.R. Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10000, Foglio 528040 "*Zeddiani*";
- Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100000, Foglio 217 "*Oristano*";
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000, Foglio 528 "*Oristano*".

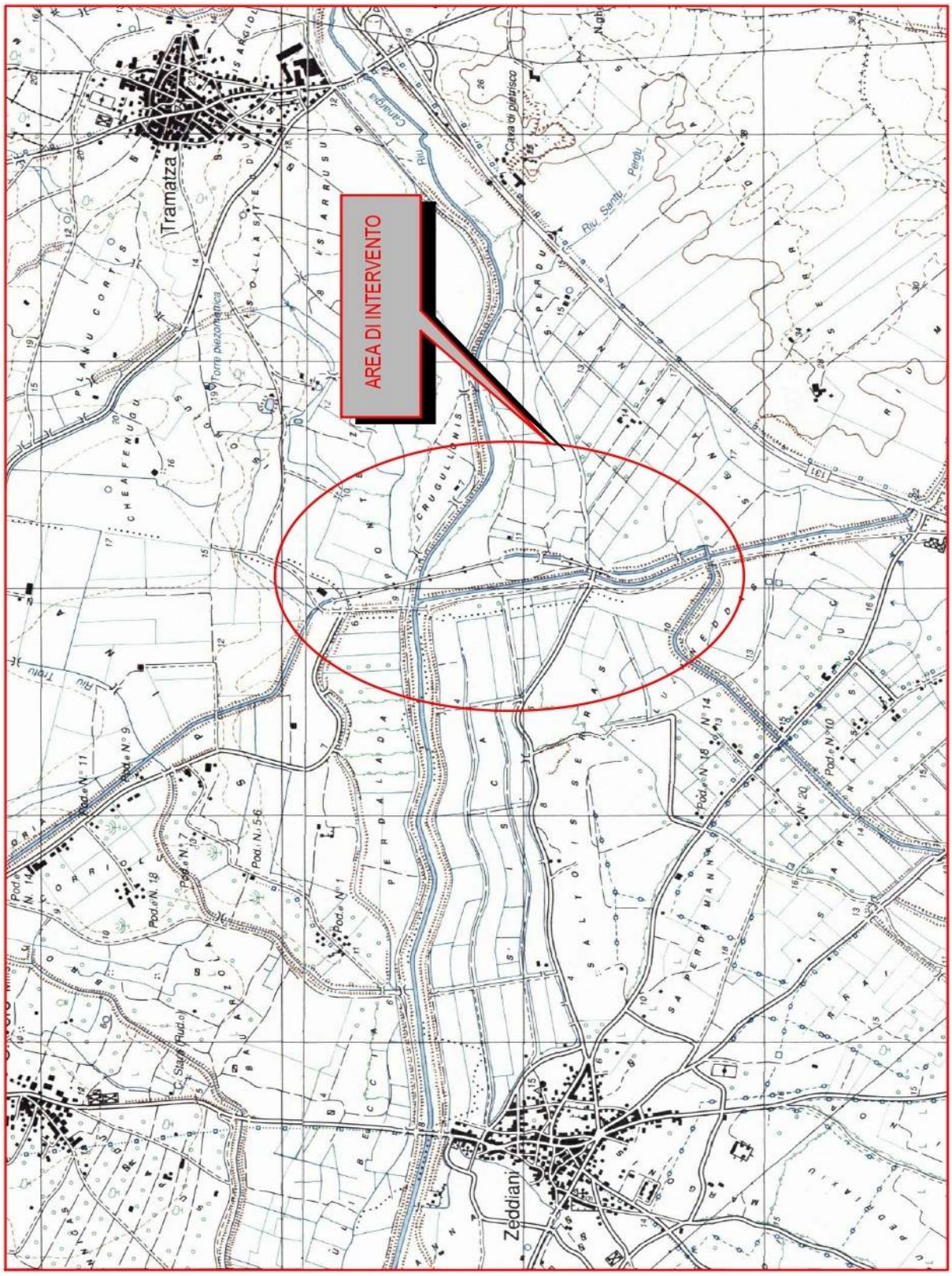


Fig. 2 Inquadramento geografico dell'area di progetto nella Carta I.G.M.I.
Scala 1:25000 - Foglio n. 514 Sez. II "*San Vero Milis*"

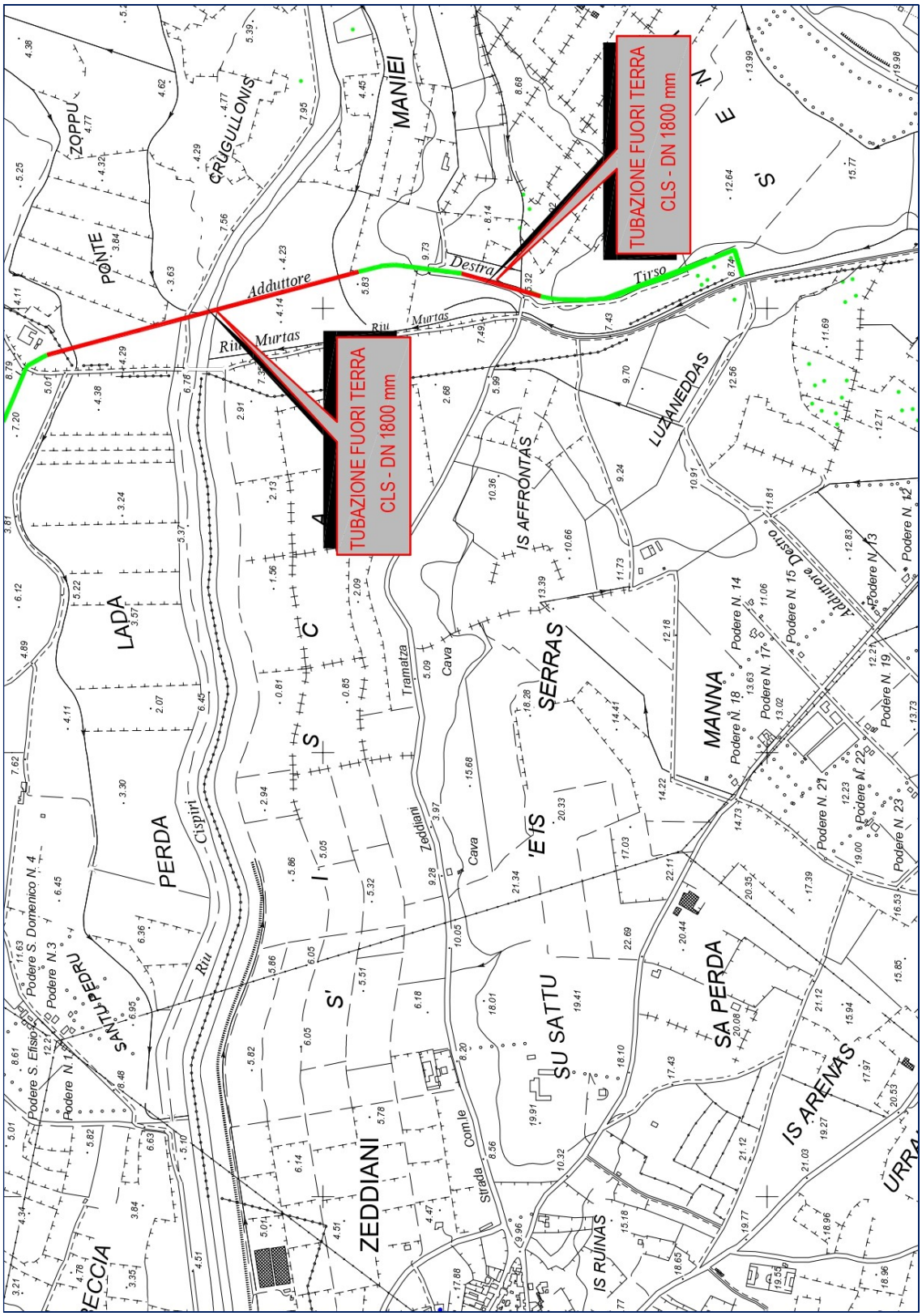


Fig. 3 Ubicazione dei tratti di condotta da sostituire (in rosso)
CTR Scala 1:10000 - Foglio 528040 *Zeddiani*

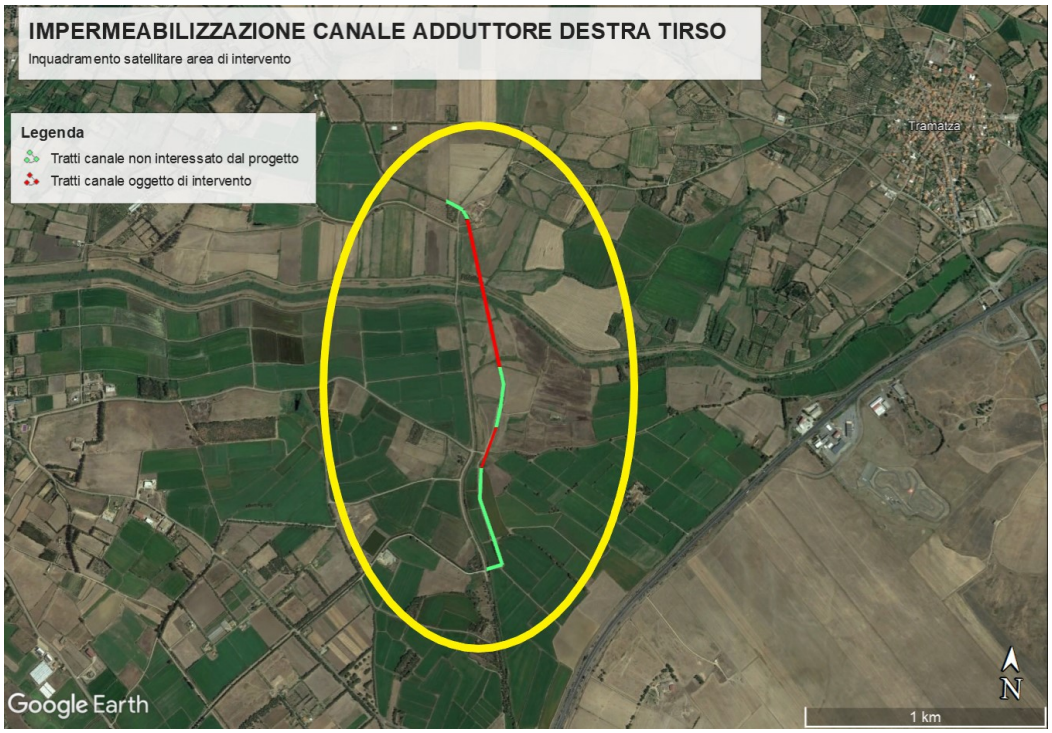


Fig. 4 Veduta aerea del sito di intervento

3. NORMATIVA VIGENTE

Le principali condizioni vincolanti che interessano la progettazione o la sostituzione di reti idriche e fognarie urbane e le reti di sottoservizi di qualsiasi tipo e che prevedono lo studio geologico della zona di possibile influenza dei relativi interventi progettuali, sono contenute nei seguenti riferimenti normativi:

D.M. LL.PP. del 11/03/1988 e relative Circolari Ministeriali.
Norme tecniche 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.

Decreto Ministeriale 14.01.2008
Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare n. 617 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009
Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008

Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 17 Gennaio 2018
Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»
Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del **21 Gennaio 2019**

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "**Norme tecniche per le costruzioni**"» di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018.

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

Ordinanza P.C.M. n. 3341 del 3.5.2005
Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006
Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

DPCM 29/09/1998 e relativi allegati
Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, c.1 e 2 del D.L. 11 Giugno 1998, n.180

P.A.I. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e relative Norme di attuazione Regione Autonoma della Sardegna (N.A. Aggiorn. Giugno 2020)

Piano Stralcio della Fasce Fluviali (PSFF)
Regione Autonoma della Sardegna

Circolare 9 Gennaio 1996 n. 218/24/3 Ministero dei Lavori Pubblici
Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica

D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii.
Norme in materia ambientale

Piani Urbanistici Comunali (PUC) vigenti dei Comuni di Tramatza e di San Vero Milis

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) – II ciclo di pianificazione - Aggiornamento intermedio, ai sensi dell'art 42 delle NA del PAI, del quadro conoscitivo del PAI/PGRA sulla base delle risultanze degli studi comunali di assetto idrogeologico (Del. C.I. n. 10 del 03.06.2021)

Gli interventi in progetto ricadono nelle aree individuate nel **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**, elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n° 183 e della L. 03.08.1998 n° 267 e in particolare nel sub bacino del Tirso, settore a rischio idraulico, inquadrate dalla tavola n° B2Hi024/59. Nello specifico il primo tratto di tubazione da sostituire (il più corto) non rientra tra le aree a pericolosità idraulica, mentre il secondo (quello più lungo), ad eccezione della fascia fluviale del Riu Cispiri, inserito nella

classe Hi_4 (aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 50 anni), è mappato nella classe Hi_1 (aree inondabili da piene con portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni).

A seguito di studio di compatibilità idraulica e geologica/geotecnica eseguito dal Comune di San Vero Milis, ai sensi dell'art. 8 c. 2 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. (Delibera n. 16 del 07.05.2014 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna) è stato inserito, tra gli altri, l'ultimo tratto più a Nord (B) della tubazione da sostituire, in classe Hi_4, tra le aree a pericolosità idraulica, mentre per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica lo stesso tratto rientra in classe Hg_0 (aree per le quali non sono stati individuati fenomeni franosi in atto o potenziali).

Il **Piano Gestione Rischio Alluvioni** (PGRA) inserisce l'area esaminata nelle tavole Hi-0784 e Hi-0803 del sub-bacino 2 del Tirso, in scala 1:10000, classificando il primo tratto della nuova condotta (A) come fascia a pericolosità P2 - Media (Tempo di ritorno $50<Tr\leq200$ anni), la restante parte (B) in area a pericolosità P3 - Elevata (Tr ≤50 anni), fatta eccezione per la parte ricadente nel Comune di San Vero Milis, inserita sempre in fascia a pericolosità P2 - Media.

Nel **Piano Stralcio Fasce Fluviali** (PSFF) il territorio oggetto di intervento fa parte della tavola MF011 del sub-bacino 2 del Tirso, asta Riu Mare 'e foghe, classificando il primo tratto (il più corto) come fascia B_200 (Tempo di ritorno Tr=200 anni), il resto del tracciato come A-50 (Tr 50 anni), fatta eccezione per la fascia fluviale Riu Cispiri, inserita in fascia A-2 (Tr 2 anni).

Le **Norme Tecniche di Attuazione del Piano Paesaggistico Regionale** (P.P.R.) approvato con Legge Regionale n°8 del 25.11.2004 e allegato alla Delibera G.R. n° 36/07 del 5.09.2006 inseriscono la zona nell'ambito n. 9 Golfo di Oristano, nei Fogli 528 I in scala 1:25000. In particolare, sono presenti in netta prevalenza aree a colture erbacee specializzate e in minima parte, nella parte più a nord del tratto interessato, a colture specializzate e arboree.

Il **Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.)** di Tramatza inquadra la totalità del territorio interessato dall'intervento progettuale in zona agricola E1 – "a produzione agricola tipica e specializzata", mentre la porzione di area

ricadente nel Comune di San Vero Milis ricade in zona agricola E2 – "funzione agricolo-produttiva".

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

Il territorio di Tramatza è costituito prevalentemente da terreni sedimentari di età quaternaria, marginalmente da quelli vulcanici di età terziaria ed è localizzato nella parte nord-orientale della sub-regione del Campidano, una vasta superficie sub-pianeggiante o debolmente ondulata, modellata sui potenti depositi detritici Plio-quaternari di varia origine che si estende per circa 100 chilometri, con direzione NO-SE, dal Golfo di Cagliari a quello di Oristano e una larghezza di circa 40 chilometri. Il graben campidanese è delimitato ad est e ad ovest dai due pilastri tettonici rappresentati rispettivamente ad est dalla dorsale del Monte Grighine e dall'edificio vulcanico del Monte Arci, ad ovest dalla penisola del Sinis. A nord, invece, è delimitato dal massiccio vulcanico del Montiferru.

L'area del Campidano è una zona pianeggiante di notevole importanza nel quadro dell'evoluzione geodinamica dell'intera Sardegna. Infatti, questa pianura rappresenta la parte più ribassata di una fossa tettonica di età plio-quaternaria. Gli attuali lineamenti fisiografici principali di questo settore rappresentano l'evoluzione tettonica e deposizionale plio-quaternaria, strettamente connessa allo sviluppo ed alla colmata del graben campidanese, del quale questa parte d'area rappresenta il limite nord-orientale. Si identificano diversi sistemi di faglie orientate prevalentemente NW-SE e NNE-SSW, con rigetti di modesta entità pari a qualche decina di metri e che coinvolgono prioritariamente i depositi di età messiniana e, in alcuni casi locali, anche quelli di età oligo-aquitaniana e del Pliocene inferiore. I suddetti elementi strutturali si inseriscono nell'evoluzione geologica del resto della Sardegna centro-meridionale durante il Terziario e legata alla relativa attività tettonico-magmatica e sedimentaria.

Tutta la zona testimonia la presenza ben visibile delle lineazioni strutturali dell'oligo-miocene dirette generalmente in senso NE-SW, compreso il Rio Mannu di Tramatza che si è impostato lungo tale direttrice.

Il Quaternario, così come il Miocene, costituiscono una importante tappa geologica per questa zona. Lo sprofondamento del Campidano, ricollegabile

alla cosiddetta neotettonica connessa all'apertura del Tirreno, crea in questo settore lo sprofondamento del basamento andesitico, la relativa erosione dei rilievi circostanti e la formazione di potenti accumuli alluvionali. Le importanti discontinuità tettoniche permisero la messa in posto di potenti colate di lave basaltiche e riolitiche, non affioranti in questo territorio, ma ben visibili per esempio in direzione di Bauladu, dove ricoprirono le precedenti cupole andesitiche e i terreni sedimentari della trasgressione miocenica.

In seguito alle variazioni del livello del mare, nel Campidano si sono alternati nel tempo periodi di deposizione e di erosione dando origine a diversi ordini di terrazzi fluviali. La colmata del graben campidanese ha avuto inizio con la messa in posto delle vulcaniti oligoceniche e, successivamente, con i sedimenti marini e continentali miocenici e pliocenici. Le litologie vulcaniche sono rappresentate da basalti alcalini grigi ascrivibili al ciclo vulcanico plio-quaternario (non affioranti nel territorio di Tramatza) e da brecce e lave andesitiche appartenenti al vulcanismo oligo-miocenico. I depositi quaternari sono costituiti da alluvioni antiche ciottolose, spesso arrossate e con incrostazioni calcaree e intercalazioni di strati argillosi, da alluvioni attuali e recenti ciottoloso-sabbiose o argillose ed infine da depositi limo-argillosi palustri o salmastri. Le formazioni alluvionali rappresentano la litologia più diffusa nell'area oggetto di intervento e sono riconducibili agli apporti del Riu Mannu (in questo territorio noto con il toponimo *Canargia* e proseguendo il corso verso lo stagno noto come *Cispiri* e, quindi, *Mare foghe*) e dei suoi affluenti, localmente ricoperte da una esile coltre di riporto.

Fig. 5 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia - Foglio 217 "Oristano" - scala: 1:100.000

Il sottosuolo campidanese è caratterizzato dall'alternarsi di strati più o meno potenti, talora lentiformi, di ghiaie ciottoloso-sabbiose, di argille, argille limose e sabbie argillo-limose, localmente sono presenti anche livelli torbosi, deposti a più riprese dal Fiume Tirso e dai suoi affluenti e che grande importanza hanno avuto nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento. I singoli orizzonti, spesso lentiformi, presentano spessori molto variabili da luogo a luogo, rendendo difficili le correlazioni stratigrafiche.

La piana campidanese è attraversata in particolare dal tratto terminale del Fiume Tirso, dei suoi affluenti e da altri corsi d'acqua, con una superficie resa meno monotona dalla presenza di superfici terrazzate, lagune, stagni e piccole paludi. Questi corpi idrici, relitti di bracci fluviali e meandri abbandonati del Tirso e dei suoi affluenti, oggi in parte bonificati, oltre ai terrazzi fluviali, testimoniano le modificazioni evolutive dei corsi d'acqua legate a periodi di sedimentazione, alternati ad altri di erosione. L'area, oggi pressoché pianeggiante, è caratterizzata dalla presenza di terrazzi fluviali dovuti alle inondazioni dei fiumi gravitanti nell'area, che si possono differenziare tra loro oltre che per la posizione topografica, anche per il tipo di deposito e per la tipologia di suolo che su di essi si è evoluto. I terrazzi sub-attuali ed attuali sono costituiti da sabbie quarzose fini, ghiaie e ciottoli eteromorfi e poligenici, sui quali si sono evoluti dei suoli che presentano elevate potenzialità per l'uso

agricolo. I terrazzi più antichi, che si sviluppano a quote più alte rispetto ai primi, sono caratterizzati, invece, da livelli di ciottoli e ghiaie poligeniche ed eterometriche, in matrice sabbioso-limoso-argillosa ferrettizzata, fortemente addensati, sui quali si sono evoluti dei suoli meno fertili dei precedenti.

5. MORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

La conformazione morfologica generale del territorio, ricadente nel settore nord-orientale del Campidano di Oristano, è riconducibile alle dinamiche erosive e deposizionali del Tirso, dei suoi affluenti e di altri corsi d'acqua ed è contraddistinta principalmente dalla grande Piana alluvionale oristanese, praticamente pianeggiante, con quote medie oscillanti tra i 5 e i 10 metri s.l.m.. Tale assetto è interrotto da pochi rilievi residuali, impostati sulle litologie vulcaniche di tipo andesitico di età oligo-miocenica, con quote comunque sempre modeste.

Nella sintesi complessiva, da rilevare anche la presenza dei terrazzi fluviali e degli orli di scarpata degli stessi, i cui dislivelli non superano mai i 10 metri.

La geomorfologia della zona ha sicuramente subito l'azione impattante dell'intervento antropico. Tutta la regione è disseminata di conche e trincee eseguite per uso estrattivo (sono tre le cave più importanti di questo settore) e per usi idrici (bacini d'accumulo delle acque piovane).

Laddove affiora l'andesite o è ricoperta da deboli spessori di terreni alluvionali, si rinvengono attualmente i grossi crateri delle cave e le conche, gli scavi dei piccoli bacini idrici e i terreni di riporto. La morfologia originaria era caratterizzata, invece, da forme dolci e regolari, leggermente ondulate e da deboli pendenze. La struttura vulcanica cupoliforme degli edifici andesitici ha contribuito alla formazione di morfologie simili.

Il settore di intervento progettuale è interessato dalle alluvioni antiche terrazzate del sistema *Tirso*, orlate dalle alluvioni attuali e più recentemente incise e rimodellate per opera delle acque di ruscellamento superficiale dapprima e in seguito da parte dell'uomo. Le quote naturali oscillano mediamente nella zona interessata dal progetto attorno ai 15-20 metri sul livello attuale del mare. I corsi d'acqua, anche i meno importanti, sono ormai stati regolarizzati nel loro corso nell'ambito dei lavori di miglioramento fondiario che hanno trasformato il territorio per scopi agricoli e artigianali

attribuendo, pertanto, alle azioni dell'uomo, il principale e più recente fattore morfogenetico.

La morfologia dell'area in studio mantiene tuttavia gli andamenti planoaltimetrici naturali. Sono ancora facilmente riconoscibili direttrici (nei confini fra gli appezzamenti di terreno, nelle strade rurali, ecc.), legate all'originario andamento idrografico generale della regione.

Il paesaggio è certamente condizionato dalle peculiarità stratigrafico-strutturali del settore, in quanto lo stesso ha "imposto" alle acque dilavanti di trovarsi vie preferenziali di scorrimento (piccoli rigagnoli), prima di confluire e raccogliersi negli alvei principali. Nell'area in studio prevalgono nel breve raggio le morfologie medio-accidentate. La vegetazione, assai rada e cespugliosa, si sviluppa maggiormente lungo le zone umide e i compluvi. La presenza di zone di faglia è riscontrabile sia su scala regionale (topografia) sia su quella locale (affioramenti). L'evoluzione geomorfologica dei versanti è dovuta al lento (relativamente) smantellamento e disfacimento della roccia madre e, nella parte inferiore, dal ruscellamento diffuso e concentrato.

Il bacino idrografico di riferimento è quello del Rio Mannu (*Canargia-Cispiri-Mare foghe*) che si estende per gran parte del suo percorso su terreni di tipo vulcanico e per il resto, sino alla sezione di chiusura, su terreni appartenenti ai depositi quaternari derivanti anche dal parziale smantellamento del Montiferro. Nei suoi circa 145 kmq il bacino è caratterizzato a monte da un substrato roccioso (bedrock-roccia madre) costituito per la quasi totalità da litotipi vulcanici basici (effusioni basaltiche in colata); a queste rocce ed all'azione nel tempo degli agenti esogeni bisogna ricondurre l'attuale situazione geopedologica di quasi tutta l'area scolante del bacino imbrifero. La parte valliva del bacino, nel settore di Baudadu-Tramatza-Zeddiani presenta le classiche facies alluvionali dei *glacis* pedemontani, terrazzati, con depositi pleistocenici molto grossolani che passano lateralmente alle alluvioni più recenti e granulometricamente più fini.

L'idrogeologia dell'area è fondamentalmente condizionata dalla distribuzione dei depositi sedimentari e dai rapporti eteropici tra terreni a differente capacità di infiltrazione. La prevalenza di litologie a permeabilità generalmente medio-elevata, costituite da alluvioni ciottoloso-ghiaiose a matrice prevalentemente sabbiosa, per la buona capacità di drenaggio e l'elevato valore di infiltrazione

efficace presente nelle parti più superficiali, consentono il trasferimento delle acque meteoriche in profondità e la formazione di una falda superficiale sostenuta dal basamento vulcanico andesitico. La presenza del corso d'acqua fa presupporre che la suddetta falda sia in equilibrio con lo stesso, per cui nel periodo di magra possa alimentare il deflusso di subalveo, mentre nella stagione piovosa riceva direttamente gli apporti attraverso le acque meteoriche e quelle superficiali incanalate. All'interno del basamento andesitico non si può escludere la presenza di una circolazione idrica profonda, legata alla fratturazione dell'ammasso roccioso.

Nella zona in esame entro la prima decina di metri si ritrova una falda freatica di scarso interesse, coincidente con la profondità massima dei vecchi pozzi a largo diametro. Il *Campidano di Oristano* è costituito da una coltre di depositi quaternari, spessa alcune centinaia di metri, sede di un complesso sistema di acquiferi *multifalda*. La presenza di falde sovrapposte è confermata dalle numerose opere di presa esistenti già da oltre un cinquantennio. Gli acquiferi più produttivi sono impostati negli orizzonti ciottolosi, ghiaiosi e sabbiosi della successione terrigena inseriti fra letto e tetto di banchi impermeabili, talora assai potenti, a prevalente dominanza di fini.

6. MODELLO GEOLOGICO E CONTESTO LOCALE

La raccolta di informazioni bibliografiche, il rilievo di campagna e le indagini geognostiche realizzate hanno permesso di caratterizzare il settore interessato dall'intervento in progetto.

Il modello geologico del territorio di Tramatza, in relazione alla cartografia edita da ISPRA di cui al Foglio 528 "Oristano" in Scala 1:50.000 (Fig.6), individua la successione delle seguenti unità litologiche dalle più recenti:

- Depositi antropici (*h1r)* [*Olocene]*

A questa unità afferiscono le alluvioni sabbioso-limose e limo-argillose oloceniche, deposte dai principali corsi d'acqua del settore.

- Depositi alluvionali con subordinati limi ed argille (b_b) [*Olocene]*

A questa unità afferiscono le alluvioni sabbioso-limose e limo-argillose oloceniche, deposte dai principali corsi d'acqua del settore. Si contraddistinguono per la buona elaborazione dei clasti, costituiti da rocce paleozoiche e vulcaniti cenozoiche, appiattiti o sub-arrotondati, grado di

addensamento da scarso a moderato, scarsa ossidazione e porosità generalmente molto elevata nei termini più grossolani. Lo spessore è sino a 5 metri;

- Coltri eluvio-colluviali (b_2) [*Olocene]*

Limi argillosi più o meno sabbioso-argillosi, con componente clastica dispersa in esse molto variabile, formata da sabbie, ghiaie e subordinati ciottoli. Si tratta di materiali di accumulo trasportati dalle acque di ruscellamento areale su deboli pendenze, provenienti dalla degradazione fisica del substrato. Si rinvengono alla base dei rilievi con debole pendenza, con spessori sino ai 3 metri;

- Sintema di Portovesme

Litofacies del Subsintema di Portoscuso (PVM_{2a}) [*Pleistocene]*

Sono costituite da ghiaie e sabbie alluvionali, di conoide alluvionale e arenarie eoliche, da sub-angolose a sub-arrotondante, la cui composizione corrisponde a quella delle vulcaniti terziarie o delle migmatiti erciniche, localmente intercalate da lenti e livelli di sabbie grossolane. Il loro spessore massimo raggiunge i 35 metri;

- Andesiti di Atzori (*AAZ*) [*Oligocene superiore]*

Tratti di lave a composizione andesitica, con tessitura porfirica ed in giacitura a domo o a colata. La struttura è massiva nella parte centrale e a blocchi in quella inferiore e superiore. Intercalati a queste lave si ritrovano depositi stratificati vulcanogenici classificabili come epiclastiti, prodotti dallo smantellamento in ambiente continentale dei corpi lavici già descritti. Lo spessore di questa formazione è maggiore di 20 metri.

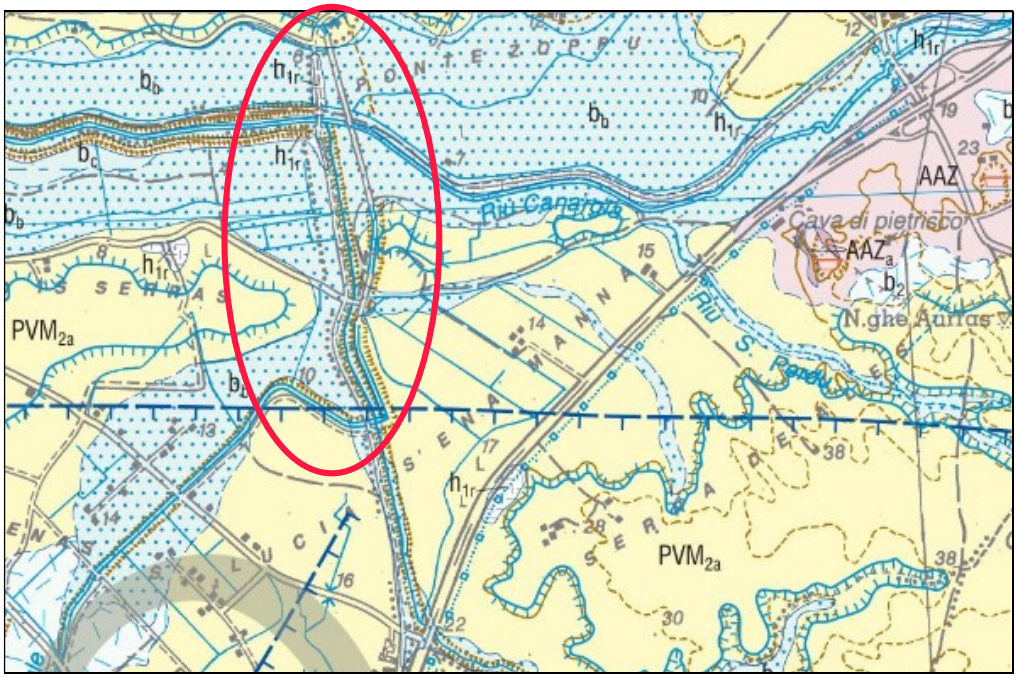


Fig. 6 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia Foglio 528 "Oristano" – Scala 1:50.000

LEGENDA

Depositi antropici
Discariche per inerti (h_{1n}); discariche per rifiuti solidi urbani (h_{1u}); materiali di riporto e aree bonificate, talvolta con frammenti di materiale archeologico (resti di pasto, ceramiche, manufatti litici) (h_{1r}). Lo spessore massimo è pari a 5 m.
OLOCENE

Depositi alluvionali
Ghiaie ad elementi di rocce paleozoiche e vulcaniti terziarie (b_a); sabbie quarzose e limi (b_b); limi alluvionali (b_c). Lo spessore è fino a 5 m.
OLOCENE

Coltri eluvio-colluviali
Detriti immersi in matrice sabbioso-siltosa, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti. Lo spessore è fino a 3 m.
OLOCENE

SINTEMA DI PORTOVESME
Subsintema di Portoscuso
Ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate (PVM_{2a}). Lo spessore massimo raggiunge 35 m.
Arenarie eoliche con resti ossei di vertebrati (*Mammuthus lamarmorae*) e molluschi polmonati, intercalazioni di detriti rimaneggiati, colluvi e paleosuoli (PVM_{2b}). Lo spessore massimo raggiunge 20 m.
Subsintema di Calamosca ("Panchina tirreniana" *Auct.*)
Conglomerati e arenarie litorali, calcareniti e limi lagunari con resti fossili di molluschi (*Cerastoderma edulis*, *Ostrea ostrea edulis*), coralli e alghe; limi e argille sabbiosi di facies lagunare, con resti fossili di molluschi (*Mytilus galloprovincialis*, *Cerastoderma edulis*, *Conus* sp., *etc.*) (PVM_1). Lo spessore massimo in affioramento è circa 6 m.
PLEISTOCENE SUP.

ANDESITI DI ATZORI
Lave in ammassi, porfiriche per fenocristalli di plagioclasio, clinopirosseno e ortopirosseno, massa di fondo microcristallina per plagioclasio e ossidi, a composizione andesitica (Costa Atzori); lave in colate e autobrecce, porfiriche per fenocristalli di plagioclasio, ortopirosseno e olivina, massa di fondo ipoialina con microliti di plagioclasio, a composizione andesitica (Zeddiani) (AAZ). Epiclastiti alla base delle lave e come intercalazioni, costituite da originarie sabbie vulcaniche e clasti di lava monogenica, di rocce carbonatiche e di granitoidi (AAZ_a). Lo spessore è maggiore di 20 m.
OLIGOCENE SUP.

Il Piano Urbanistico Comunale di Tramatza attualmente vigente ha inserito come Tavola n. 4 la Carta Geologica/Geomorfologica del territorio della quale si riporta uno stralcio nella figura seguente.

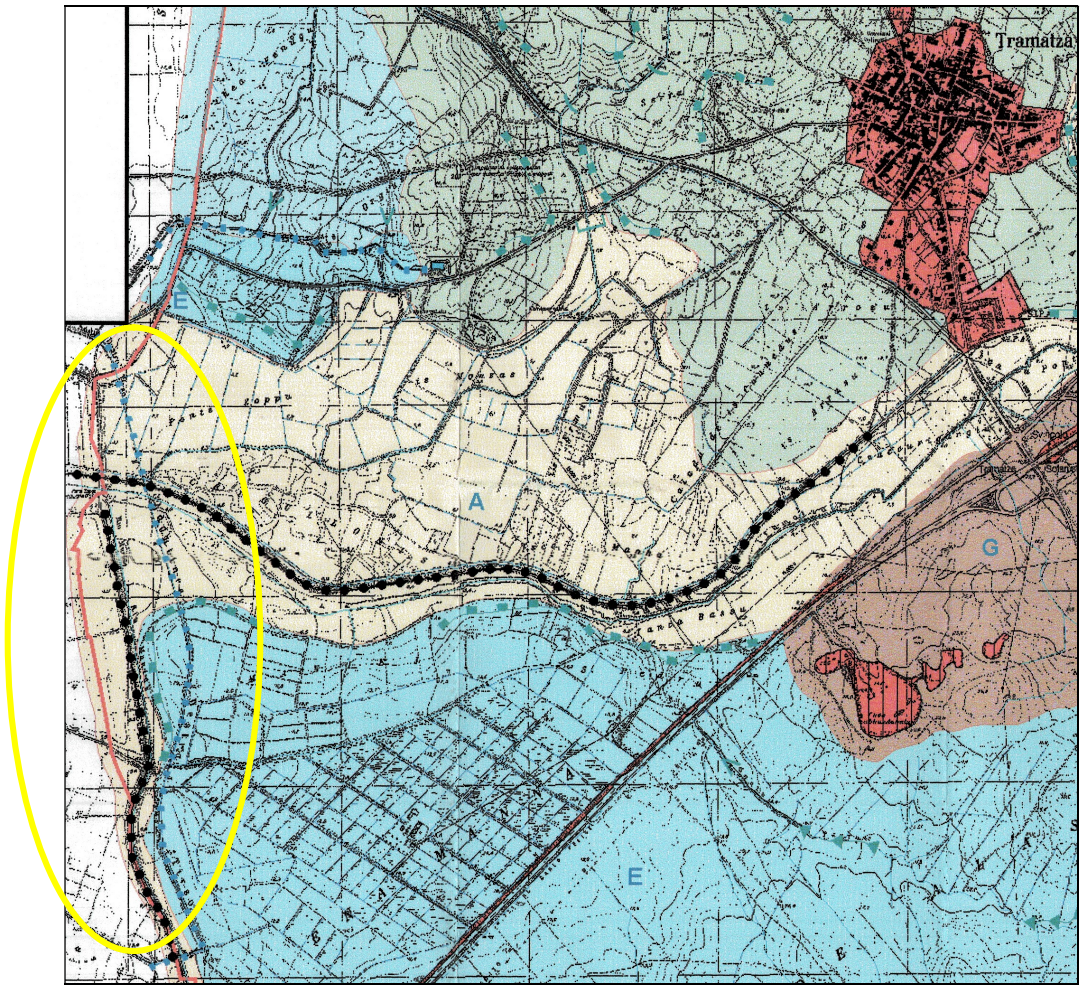
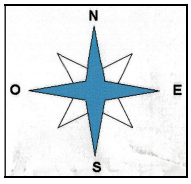


Fig. 6 ESTRATTO CARTA GEOLOGICA (TAV. 4) DAL PUC VIGENTE DEL COMUNE DI TRAMATZA

LEGENDA:

Litologie

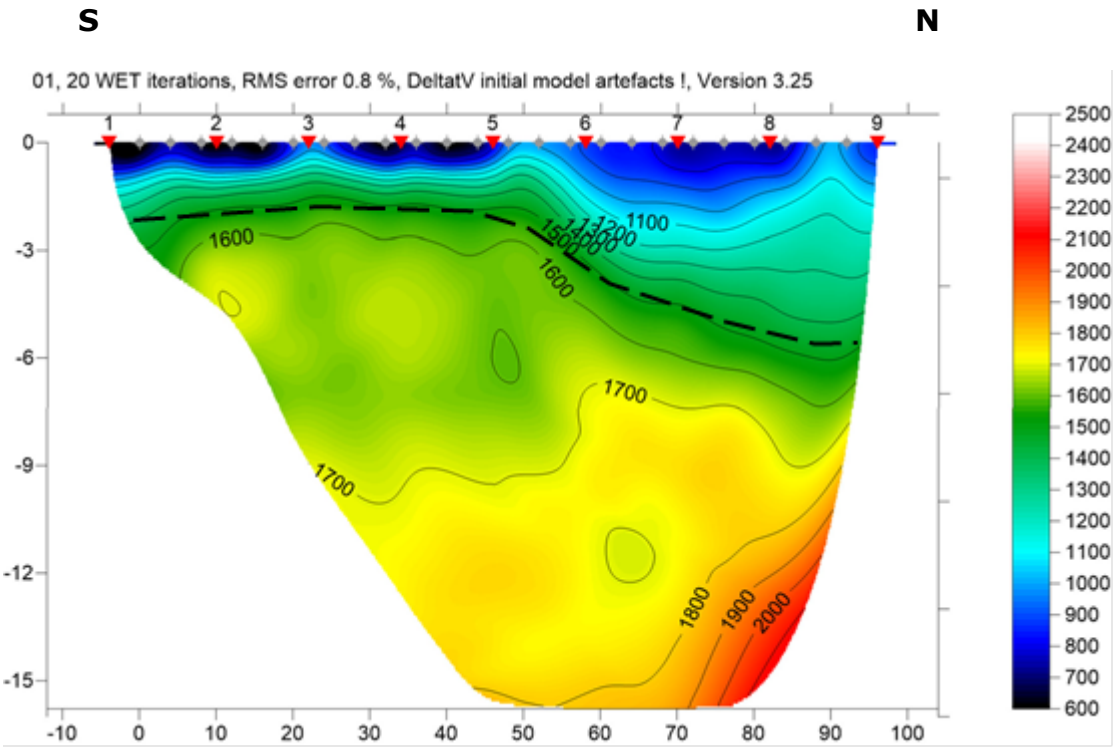
A	Depositi alluvionali limo argilloso sabbiosi, subordinatamente ciottolosi (Olocene)
B	Depositi di versante con ciottoli e blocchi prevalentemente vulcanici, in matrice limo - argillo - sabbiosa bruno scura (Quaternario)
C	Depositi alluvionali limosi e sabbiosi bruni, con elementi lapidei eterometrici prevalentemente vulcanici (Quaternario)
D	Depositi alluvionali con sabbie, ghiaie e ciottoli in vari rapporti granulometrici in matrice limosa e argillosa in percentuale variabile, ad elementi lapidei prevalentemente vulcanici. In alcuni settori è presente una dominante concentrazione di limi ed argille (Quaternario)
E	Depositi alluvionali con sabbie, ghiaie e ciottoli sia in alternanza che in vari rapporti granulometrici in matrice limosa e argillosa in percentuale variabile, ad elementi lapidei prevalentemente paleozoici e subordinatamente vulcanici (Quaternario)
F	Depositi alluvionali con sabbie, ghiaie e ciottoli in vari rapporti granulometrici in matrice limosa e argillosa in percentuale variabile, ad elementi lapidei vulcanici e quarzosi (Quaternario)
G	Autobrecce e lave andesitiche (Oligo-Miocene)



I pozzetti geognostici realizzati hanno fornito una visione decisamente eterogenea dei terreni dell'area oggetto di intervento, legati ad ambienti deposizionali di tipo continentale variabile da fluviale a palustre.

Fig. 7 – Operazioni di scavo nel pozzetto PZ9

Le litologie riscontrate vanno dalle argille ai limi, alle sabbie e alle alluvioni ciottolose. La stessa natura delle argille appare variegata, mutando da quelle compatte color nocciola a quelle color verdastro. Nel complesso i terreni, pur nella variabilità di spessore e di litologia, variano da molto sciolti/soffici a molto addensati/consistenti. Anche lateralmente, su pozzetti adiacenti, si registrano variazioni laterali nelle caratteristiche geologiche e geotecniche.
Le stratigrafie dei pozzetti geognostici sono riportate in allegato.
Le prospezioni sismiche a rifrazione hanno fornito indicazioni anche sulla stratigrafia dei terreni presenti. Nella **TOM1**, in particolare, posizionata nel tratto più a sud del settore di indagine, a pochi metri di distanza sul lato ovest della condotta esistente, si segnala la presenza di un primo sismostrato associabile a terreni mediamente addensati, con caratteristiche elastiche riferite a velocità superiori a 600-700 m/sec ed inferiori a 1500 m/s e con spessore medio dai 3 metri sul lato meridionale, in approfondimento sino a 5 metri verso quello più a Nord.



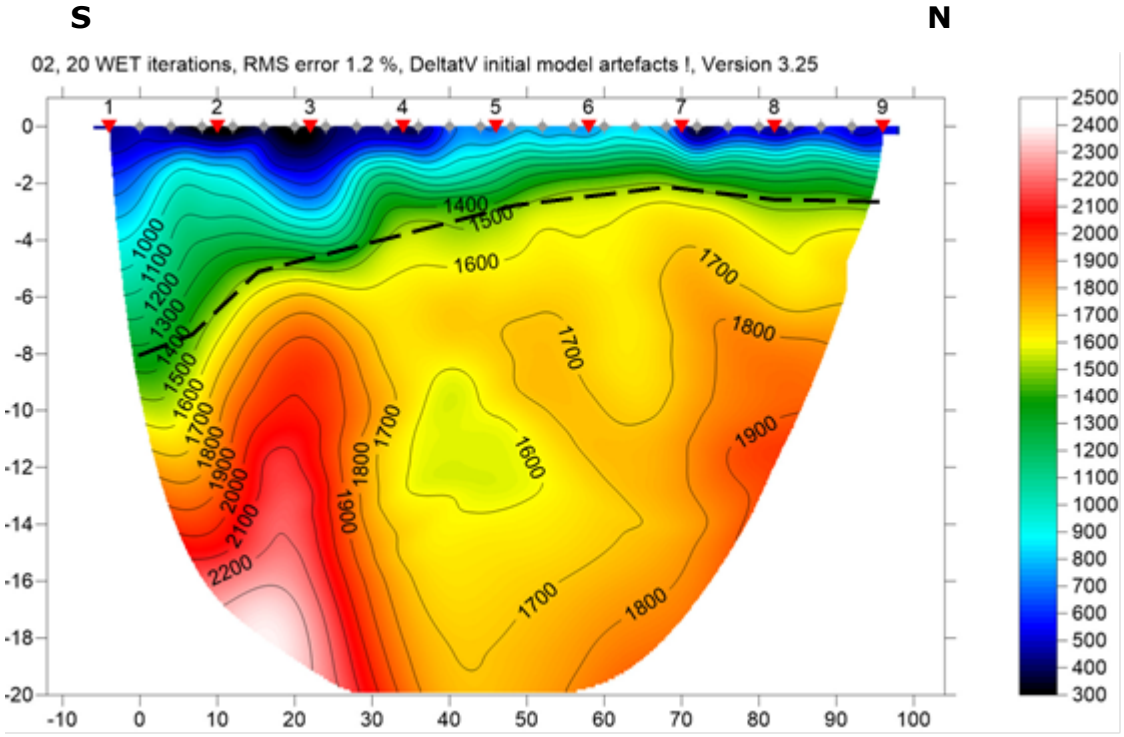
Tomografia TOM1

Evidenza dell'aumento delle Vp in corrispondenza della falda freatica

La sezione sismica risente fortemente della presenza di circolazione idrica. La presenza di falda, infatti, contribuisce all'aumento della velocità delle onde P su valori superiori a 1.450-1.500 m/s. La profondità della stessa falda si attesterebbe sul lato Nord attorno ai 4-6 metri di profondità circa, in corrispondenza dei pozzetti PZ8 e PZ9, il cui scavo si è potuto completare sino a 4 metri senza intercettare acquiferi. Nel lato Sud, viceversa, la falda si troverebbe più in superficie, intorno ai 3 metri circa. Il PZ10, poco più distante verso sud rispetto allo stendimento sismico TOM1 ha evidenziato un piccolo passaggio idrico alla profondità di circa 3,80 metri. L'aumento delle Vp al di sotto del primo sismostrato avviene in linea generale abbastanza gradualmente, fatto giustificabile col maggior addensamento dei terreni più profondi. Per spessori importanti non si evincono significativi cambiamenti di velocità, come sembra confermare anche la MASW1 realizzata lungo la stessa sezione.

Nella **TOM2**, invece, localizzata nel tratto più a nord dell'area di indagine, sempre a breve distanza sul lato ovest della tubazione esistente, si segnala la presenza di un primo sismostrato associabile a terreni mediamente addensati,

con velocità comprese tra 400-500 m/sec e 1500 m/s e con spessore medio dai 3 metri sul lato settentrionale, in approfondimento sino a circa 8 metri, su quello sud, dalla progressiva 50 m alla progressiva 10 m. In realtà, l'approfondimento della piezometrica è inferiore, stimato dalle indagini dirette attorno ai 4,2 metri.



Tomografia TOM2

Evidenza dell'aumento delle Vp in corrispondenza della falda freatica con approfondimento sul lato sud

La sezione sismica risente della presenza della falda freatica che contribuisce all'aumento della velocità delle onde P su valori superiori a 1.450-1.500 m/s. L'aumento delle Vp al di sotto del primo sismostrato avviene tutto sommato in maniera abbastanza uniforme, raggiungendo velocità superiori ai 2000 m/s solamente alla progressiva 20 m, ad una profondità di circa 10-12 m. In linea generale un aumento di Vp simile è giustificabile con un maggior addensamento dei terreni più profondi, mentre non vi è nessuna evidenza, come anche nella TOM1, di basamento lapideo, così come confermato anche dalle indagini MASW.

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le relazioni e le indagini specialistiche sono eseguite in conformità alle Norme Tecniche sulle Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, sostituito dal D.M. Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 e dalla Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21 Gennaio 2019, le quali definiscono i principi da seguire "per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere".

L'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 classifica dal punto di vista sismico l'intero territorio nazionale, inserendo i Comuni di Tramatza e di San Vero Milis (così come tutti i Comuni Sardi) nella zona 4, definita la "meno pericolosa, con probabilità che capiti un terremoto molto bassa" a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale "a_g/g <0,05, con possibilità di danni sismici basse". La stessa zonizzazione è stata confermata anche dalla Regione Sardegna con D.G.R. 15/31 del 30/03/2004.

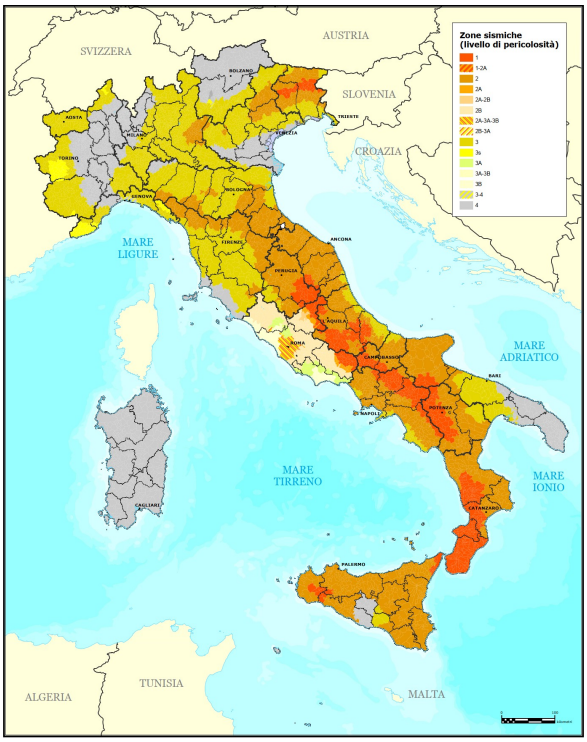
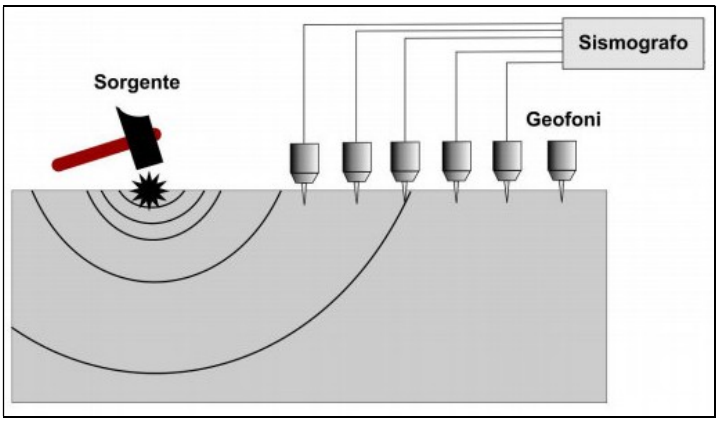


Fig. 7 Classificazione sismica al 2015

Per la determinazione della categoria sismica di suolo sono state commissionate n°2 prospezioni sismiche del tipo MASW (Multi Channel Analysis Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999). Tale metodologia MASW ha come fine la classificazione del sito in esame ai sensi della OPCM 3274 e delle Norme Tecniche (D.M. 17.01.2018) e le prospezioni sono state realizzate secondo stendimenti indicati dal CBO e hanno avuto come fine la caratterizzazione della risposta sismica dell'area in studio.

Le MASW sono state realizzate con il Sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della "Seismic Source Co" con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db). - Cavo con 24 collegamenti per i geofoni. - 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4,5 Hz; - Piattello in alluminio e martello di 8 Kg dotato di trigger. I profili delle MASW hanno utilizzato un passo intergeofonico pari a 4 m, 24 geofoni, lunghezza stendimento pari a 92 m, energizzazione esterna a -4 da geofono esterno G24 e G1 rispettivamente nella MASW 1 e 2.

Le prove sono consistite nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde superficiali e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate, mediante sensori (geofoni) a componente verticale.



I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e per effetto della dinamica dello strumento (117 dB di range dinamico) consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza sino a circa 2 Hz.

Lo schema operativo di acquisizione MASW ha previsto il posizionamento degli stendimenti sismici sul lato occidentale di alcuni tratti di tubazione fuori

terra da sostituire. La geometria dello stendimento ha adottato la seguente configurazione:

- N° geofoni: 24 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz;
- Distanza intergeofonica MASW: 4,0 m per complessivi 92 m di stendimento;
- Offset di battuta: battuta disposta a -4,0 m dal primo geofono in MASW2 e a 4.0 m da G24 in MASW1.

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Tempo di acquisizione: 1.0 s;
- Frequenza di campionamento: 1000 Hz;
- Periodo di campionamento: 1.0 ms.

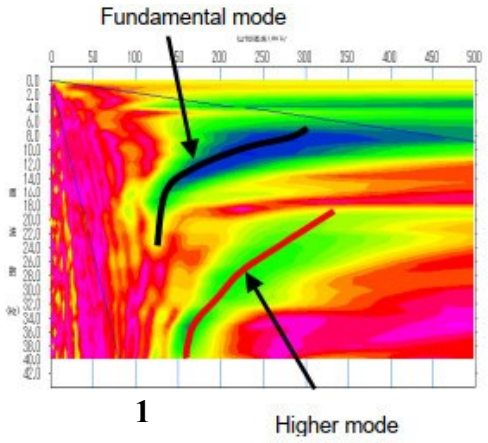
I dati acquisiti in campagna sono stati, quindi, elaborati ed è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità. Il metodo di investigazione MASW è detto "attivo" in quanto la generazione di onde sismiche si effettua artificialmente a mezzo di idonea massa battente, fucile sismico o altro. Il punto di energizzazione è posto lungo l'allineamento dei geofoni ad una certa distanza da un geofono esterno. Con questa procedura si ricostruisce l'assetto sismo-stratigrafico del sottosuolo che si basa sull'analisi delle onde di Rayleigh che si propagano entro un semispazio stratificato.

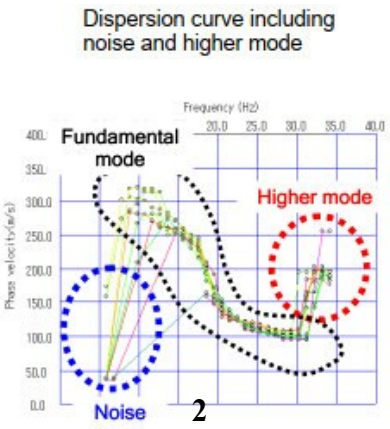
Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza. L'elaborazione dei dati è stata fatta una volta definita la curva di dispersione. I dati sono stati processati attraverso il codice SeisImager (Pickwin v. 3.14 WaveEq v. 2.07). La procedura di elaborazione consiste nell'intervenire e modificare il profilo delle velocità Vs fino al raggiungimento di un buon accordo fra la curva di dispersione rilevata in sito e la curva simulata numericamente.

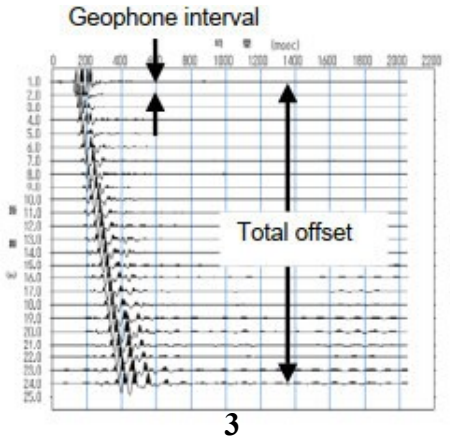
Nel processo di analisi si susseguono le seguenti fasi:

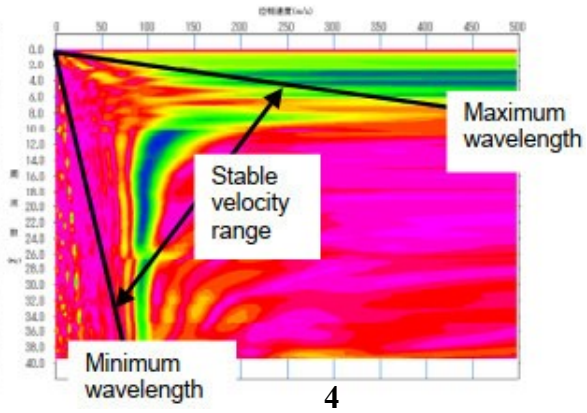
- Acquisizione dei sismogrammi;
- Esportazione del file in formato SEG-2 idoneo all'elaborazione finale;
- Elaborazione dello spettro nel dominio Velocità – N d'onda;
- Calcolo della velocità apparente sperimentale;
- Calcolo della velocità apparente numerica;

- Individuazione del profilo delle velocità delle onde Vs;
- Calcolo della Vs eq.

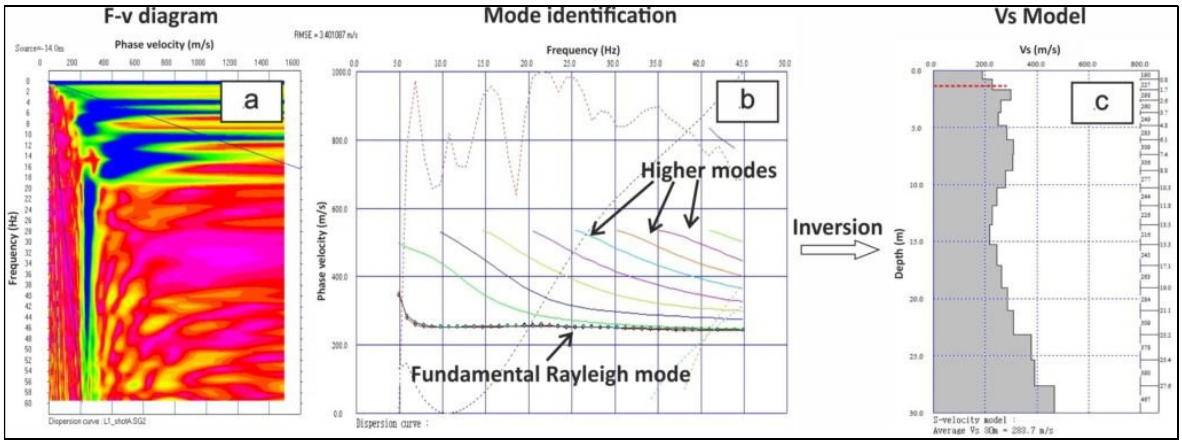








La gamma di frequenza entro la quale la velocità di fase è considerata stabile corrisponde all'intervallo del ricevitore o geofono e l'offset totale per i rilevamenti sorgente attivi (e array lunghezza per indagini sulla fonte passiva). L'intervallo del geofono e l'offset totale in generale si riferiscono alla lunghezza d'onda della metà e questo significa che la lunghezza d'onda minima campionata per qualsiasi dato rilevamento, è circa due volte l'intervallo del geofono e il massimo della lunghezza d'onda campionata è circa due volte l'offset totale. I valori di dispersione appartenenti a disturbi a bassa frequenza e ai modi superiori sono stati esclusi dall'interpretazione del profilo di velocità.



La gamma di frequenza è rappresentata sul grafico della velocità di fase da linee di colore nero (mostrate alla pagina precedente nel grafico 4) con pendenze che corrispondono alle lunghezze d'onda minima e massima.

I segnali sismici della MASW1 hanno fornito una curva di dispersione di buona qualità, scarsa definizione della curva, invece, nella MASW2 attorno alla frequenza di 30-32 Hz, verosimilmente per la presenza di modi superiori.

7.1. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del DM 17 gennaio 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

L'elaborazione delle varie prove ha permesso di classificare il sottosuolo in base ai valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs; la presenza di terreni di copertura con Vs compreso tra 180 e 380 m/s ha determinato nelle MASW una categoria sismica di tipo C, portando la risposta sismica in una condizione di amplificazione stratigrafica per suoli di questa categoria.

Di seguito si riportano per tutte le prove i dataset acquisiti in campagna, le curve di dispersione delle onde di Rayleigh ottenute con il metodo MASW e i modelli che ne derivano con l'inversione dei dati.

La Vs_{eq} ricavabile dalla formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$ con:

hi *spessore dello strato i-esimo;*

VS,i *velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;*

N *numero di strati;*

H *profondità del substrato, dal piano di fondazione, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s (bedrock sismico non necessariamente coincidente col substrato o basamento geologico)*

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

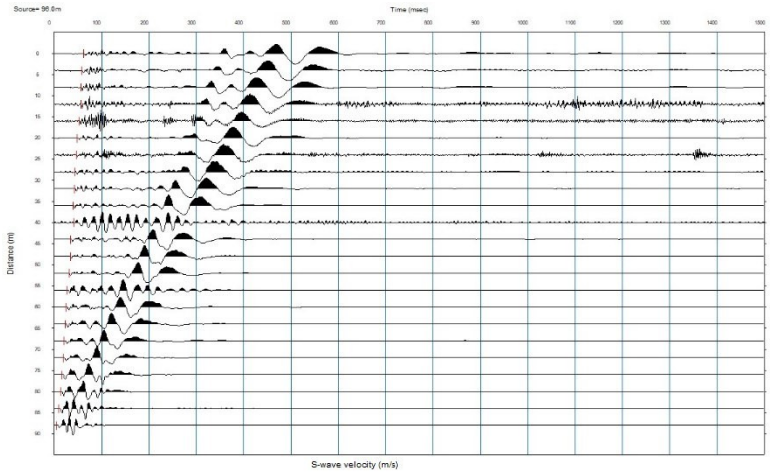
Tab. 3.2.II del DM 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)

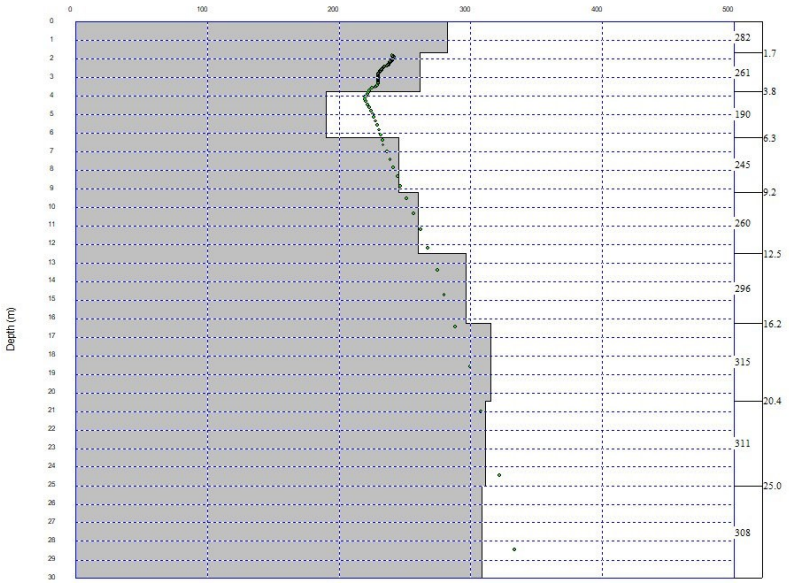
Le prove geofisiche MASW hanno evidenziato nei livelli alla base del piano di posa della condotta (a profondità media di circa 4 metri) velocità attorno ai 200 m/s. Sebbene i modelli derivanti dalle MASW siano soggetti ad errori interpretativi date le ambiguità delle curve di dispersione, le stesse appaiono abbastanza ben definite dal punto di vista della dispersione.

Si consideri che la determinazione delle Vs_{eq} per l'ottenimento della categoria sismica si determina dalla base della fondazione dell'opera o in questo caso dal piano di posa della condotta. Nello specifico, la mancanza di bedrock sismico visibile entro 30 metri permette di classificare i suoli all'interno della categoria sismica C.

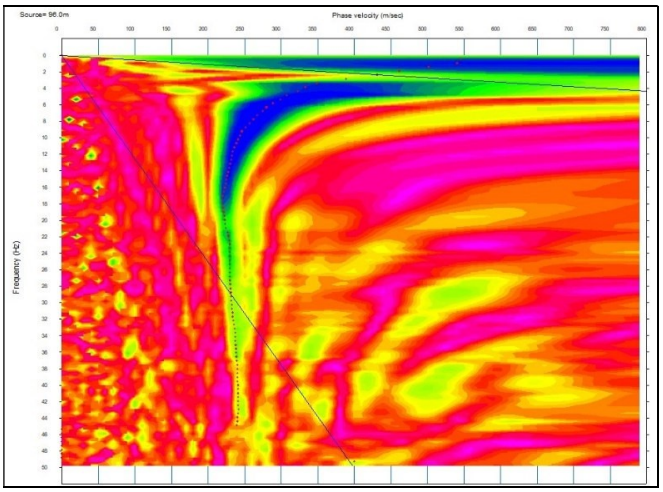
PROSPEZIONE MASW 1

Dataset con 24 tracce sismiche





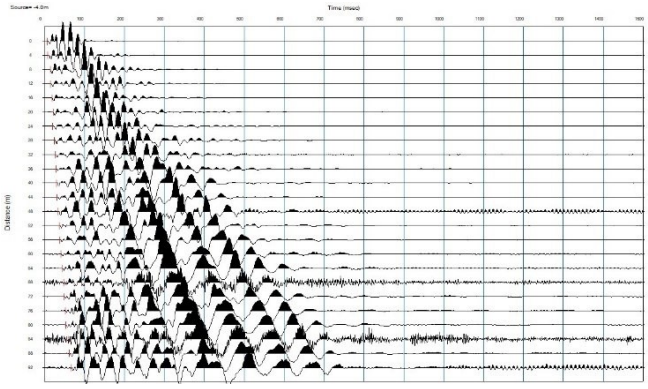
Curva di dispersione

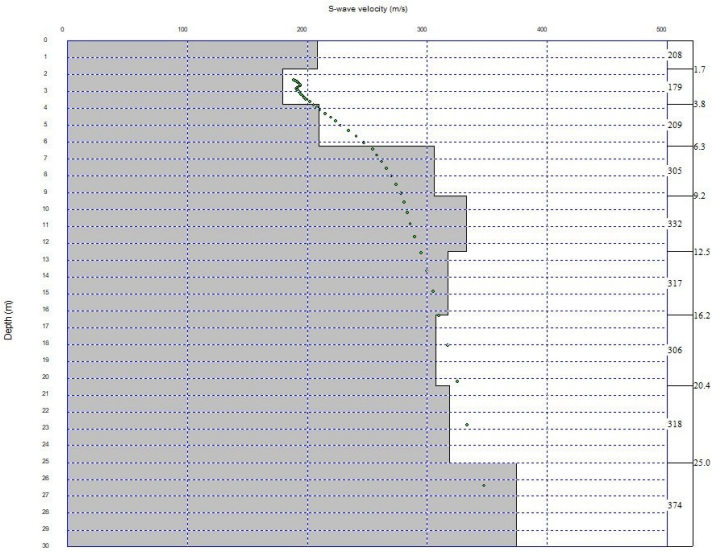


I dati della **MASW 1** evidenziano che i terreni indagati rispondono alle caratteristiche di **suolo di tipo C** con **VS**= 279 m/s.

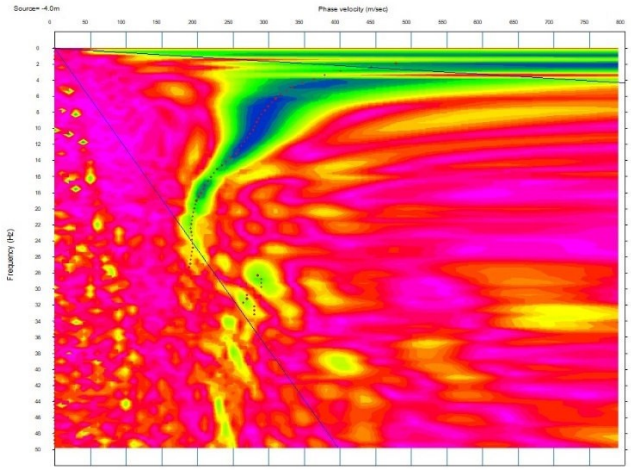
PROSPEZIONE MASW 2

Dataset con 24 tracce sismiche





Curva di dispersione



I dati della **MASW 2** evidenziano anche in questo caso come i terreni indagati rispondano alle caratteristiche di **suolo di tipo C** con **VS**= 309 m/s.

8. CONCLUSIONI

Nell'ambito delle attività di progettazione esecutiva degli interventi di "**IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO -** CAT P0820**" -** si è provveduto a redigere la presente relazione geologica, anche a seguito dell'esecuzione di specifiche indagini geognostiche e di caratterizzazione sismica, che hanno consentito di definire un appropriato modello geologico di dettaglio e di riferimento per il progettista.

Sono stati presi in esame lo stato di fatto dei luoghi e le principali caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona e, in conformità alle norme tecniche vigenti in materia, è stata redatta questa relazione contenente le indicazioni riguardo gli interventi proposti.

Gli aspetti stratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici esaminati non hanno dato luogo a particolari problematiche rispetto ai lavori da realizzare.

Sono state eseguite indagini geognostiche di tipo indiretto (geofisico) e diretto (pozzetti geognostici e prove penetrometriche dinamiche), nonché successive analisi di laboratorio. Il progetto prevede la sostituzione dell'attuale condotta fuori terra con diametro 1800 mm con un'altra condotta interrata in PE spiralato rinforzato dello stesso diametro.

Le prospezioni sismiche (n° 2 sismiche a rifrazione e n° 2 MASW) hanno fornito le indicazioni stratigrafiche, la categoria sismica del suolo e i valori correlati. Sono stati realizzati n°10 pozzetti geognostici con relativi campionamenti, effettuati in particolare alla profondità di posizionamento della condotta, che hanno consentito di definire la stratigrafia, costituita per lo più da alternanze di terreni limo-argillosi, sabbie e sabbie ghiaiose e ciottolose.

Tali litologie non comportano fenomeni di instabilità e hanno caratteristiche tali da essere facilmente scavabili con i mezzi meccanici convenzionali. Nelle opere di scavo superiori al metro di profondità, nei terreni in prevalenza limo-argillosi, la tenuta degli stessi, a breve e a lungo termine sarà da considerare scarsa, mentre nelle facies più francamente sabbioso-limose, la resistenza sarà assai bassa e in falda praticamente nulla. Dovranno essere adottati, pertanto, specifici accorgimenti in relazione a possibili fenomeni di "sgrottamento" e di instabilità delle pareti di scavo, oltre alle interferenze della falda idrica. In particolare, nel tratto sottostante l'alveo del Rio Mare Foghe, la nuova tubazione verrà posata utilizzando un sistema di contro-tubo (camicia)

con speciali tubazioni in C.A. del DN 2500 mm (DE 3000 mm), con modalità di infissione a perforazione orizzontale (spingi tubo), all'interno del quale verrà collocata la condotta con tubi DN 1800 mm in PE Spiralato e Rinforzato. Tale condotta posta all'interno del tubo-camicia risulterà completamente sfilabile, per ogni evenienza manutentiva, senza interessare il tratto di alveo sottopassato, mentre lo stesso tubo-camicia avrà anche funzione di contenimento di eventuali perdite accidentali della condotta realizzata, rendendole evidenti e permettendone la tempestiva riparazione.

L'andamento della falda evidenzia profondità variabili comprese tra 3,5 metri dal p.c. del PZ6 a 4,3 metri dal p.c. del PZ3, mentre nel settore meridionale dal PZ7 al PZ9 non è stata intercettata alcuna circolazione di falda freatica.

Nel tratto che interessa l'alveo del Rio Mare Foghe, dovendo raggiungere profondità comprese tra 4-5 metri, potrebbe essere rinvenuta la falda e, in tal caso, le quantità d'acqua intercettate dagli scavi dovranno essere adeguatamente allontanate predisponendo tutte le misure necessarie per garantire la stabilità dei fronti di scavo.

Non si evidenziano fenomeni franosi in evoluzione o di instabilità, come pure non esiste una copertura pedologica che possa essere compromessa dalla realizzazione delle opere.

Per gli specifichi approfondimenti si rimanda agli allegati relativi alle indagini geognostiche eseguite. In relazione alla ricostruzione del modello geologico sono stati richiamati in sintesi i dati significativi che hanno consentito di ricostruire lo stesso, fornendo altresì le basi per una corretta modellizzazione geotecnica. La concordanza dei dati emersi dalle indagini dirette ha consentito di validare il modello geologico di riferimento definito nella presente relazione.

Sulla base di quanto sopra specificato si ritiene che le opere previste dal Progetto siano fattibili sotto il profilo geologico e idrogeologico.

RELAZIONE GEOTECNICA

Sommario

1. PREMESSA 34

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE 34

3. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO 41

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE 44

5. VERIFICHE GEOTECNICHE 45

6. CONCLUSIONI 49

1. PREMESSA

Lo studio geotecnico fa parte integrante del Progetto esecutivo degli interventi di "**IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO" -** CAT P0820 che prevedono lavori di restauro, di impermeabilizzazione e di eliminazione delle perdite finalizzati a ripristinare le notevoli potenzialità del Canale Adduttore Destro del Fiume Tirso, nel tratto compreso tra la Traversa di Santa Vittoria e l'impianto di sollevamento Sinis, per una lunghezza di circa 30 chilometri. In particolare, il progetto prevede la sostituzione dell'attuale condotta fuori terra di diametro 1800 mm con una condotta interrata in PE spiralato rinforzato, dello stesso diametro, nel tratto già indicato nell'inquadramento geografico di pagina 4 ed ubicato nei Comuni di Tramatza e di San Vero Milis. Nella realizzazione del nuovo tratto intubato interrato del DN 1800 mm in PE spiralato e rinforzato è compreso anche quello che sottopassa il Rio Mare Foghe con un sistema di spingi-tubo di camicia DE 3000 mm, coassiale rispetto alla condotta DN 1800 mm ivi contenuta.

Verranno analizzate le interazioni opera-terreno, facendo riferimento al modello geologico sviluppato in fase definitiva e che consente di caratterizzare i terreni attraversati. Oltre al rilevamento di campagna, la fotointerpretazione e ai dati bibliografici esistenti, sono state svolte specifiche indagini geognostiche che hanno permesso di acquisire informazioni di tipo indiretto (prove geofisiche di tipo sismico) e di tipo diretto (pozzetti geognostici e prove penetrometriche dinamiche), definendo la stratigrafia del sito. La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione è stata completata, inoltre, con le analisi di laboratorio.

I risultati degli studi e delle indagini geognostiche svolte hanno consentito di avere un quadro attendibile circa la conformazione dei terreni di posa della condotta presenti in corrispondenza degli interventi da realizzare, unitamente all'analisi dei parametri che hanno permesso di determinare le caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche delle litologie interessate.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

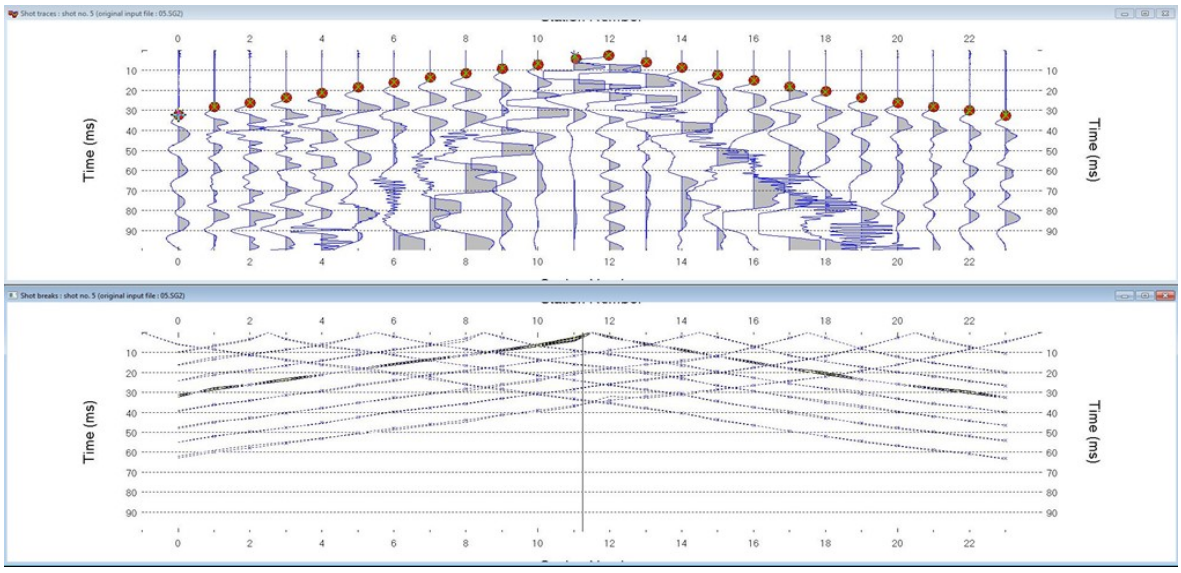
Sono state svolte indagini di tipo indiretto consistite in n°2 sismiche a rifrazione con misurazione delle onde e n°2 MASW. Le prove dirette, invece,

hanno previsto l'esecuzione di n°10 pozzetti geognostici con contestuale prelievo di campioni e n° 8 prove penetrometriche dinamiche.

I campioni sono stati consegnati in laboratorio specializzato per la classificazione delle terre, la determinazione delle caratteristiche fisico meccaniche e dei principali parametri di resistenza al taglio.

Le indagini sismiche a rifrazione hanno definito l'andamento delle velocità sismiche delle onde P con la profondità fornendo informazioni importanti sui cambiamenti litologici e meccanici dei terreni e sulle variazioni degli spessori delle coltri superficiali allentate.

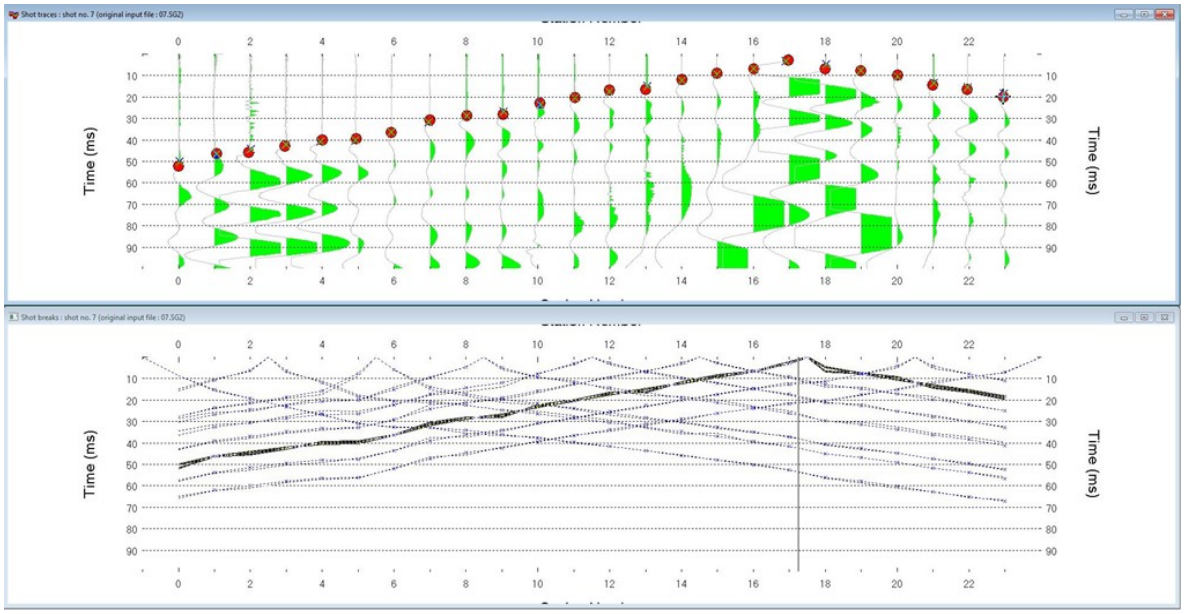
I risultati sono graficamente rappresentati con una sezione in cui le diverse scale cromatiche indicano le diverse velocità delle onde Vp misurate, con una certa soluzione di continuità, differentemente dalla rappresentazione con il metodo GRM, dove gli stacchi tra un sismostrato e l'altro sono bruschi e repentini.



TOM1 Shot tra G12 e G13 e dromocrone – In rosso i primi arrivi

Posizionata nel tratto più a sud del settore di indagine, a pochi metri di distanza sul lato occidentale della tubazione, la prospezione sismica a rifrazione **TOM1** ha fornito indicazioni sulla stratigrafia presente e sulle caratteristiche elastiche dei terreni presenti. In particolare, si segnala la presenza di un primo sismostrato associabile a terreni mediamente addensati, con caratteristiche elastiche associate a velocità superiori a 600-700 m/sec,

inferiori a 1500 m/s, spessore medio di 3 metri sul lato meridionale, in approfondimento sino a 5 m. La sezione sismica risente fortemente della presenza di circolazione idrica, la presenza di falda contribuisce, infatti, all'aumento della velocità delle onde P su valori superiori a 1.450-1.500 m/s.
L'aumento delle Vp al di sotto del primo sismostrato avviene in linea generale abbastanza gradualmente, fatto giustificabile col maggior addensamento dei terreni più profondi. Per spessori grossi non si evincono significativi cambiamenti di velocità, come sembra confermare anche la MASW1 realizzata lungo la stessa sezione.



TOM2 Shot tra G18 e G19 e dromocrone – In rosso i primi arrivi

Posizionata nel tratto più a nord del settore di indagine, sempre a breve distanza sul lato occidentale dalla tubazione, la prospezione sismica a rifrazione **TOM2** ha fornito indicazioni sulla stratigrafia presente e sulle caratteristiche elastiche dei terreni presenti. Nello specifico, si evidenzia come nella TOM1 il primo sismostrato associabile a terreni mediamente addensati, con velocità comprese tra 400-500 m/sec e 1500 m/s, spessore medio dai 3 m sul lato settentrionale, in approfondimento sino a circa 8 m. In realtà l'approfondimento della piezometrica è inferiore, stimato dalle indagini dirette sui 4,2 m. La sezione sismica risente, dunque, della presenza della falda freatica che contribuisce all'aumento della velocità delle onde P su valori superiori a 1.450-1.500 m/s.

L'aumento delle Vp al di sotto del primo sismostrato avviene tutto sommato in maniera abbastanza uniforme, raggiungendo velocità superiori ai 2000 m/s solamente ad una profondità di circa 10-12 metri.
In linea generale, un aumento di Vp simile è giustificabile con un maggior addensamento dei terreni più profondi, nessuna evidenza come anche nella TOM1 di basamento lapideo, come confermato anche dalle indagini MASW.

Le prospezioni MASW hanno fornito indicazioni sulla caratterizzazione sismica del sito, sulla categoria di suolo presente in base alle norme tecniche in vigore e, in via preliminare, sulle caratteristiche geotecniche definite in base a correlazioni presenti in letteratura.
Alla campagna di indagine geofisica sono seguite diverse prospezioni di tipo diretto per valutare la tipologia e la natura dei terreni associabili alle differenti velocità sismiche; sono stati definiti meglio gli spessori dei diversi litotipi e le caratteristiche di resistenza alla penetrazione dinamica.
Sono stati realizzati n°10 pozzetti geognostici con terna gommata JCB con braccio telescopico per la valutazione della geologia e della stratigrafia dei primi 4-5 metri di terreno. L'indagine è stata accompagnata anche dal prelievo di campioni di terreno (soprattutto alle profondità di interesse per la posa della tubazione) per la definizione dei parametri di resistenza al taglio e di deformabilità e per la classificazione delle terre.
Le prove penetrometriche sono state eseguite preferibilmente in vicinanza dei pozzetti o in settori non interessati da precedenti indagini, solo il settore più a sud (area MASW 1) non ha permesso la realizzazione di penetrometrie data la resistenza elevata alla penetrazione delle alluvioni grossolane.

In ragione della lunghezza della condotta fuori terra, la maggior parte delle indagini sono state distribuite nel tratto a sud del Rio Mare Foghe.

CORRELAZIONI VS - PARAMETRI DEFORMABILITA' E DI RESISTENZA AL TAGLIO

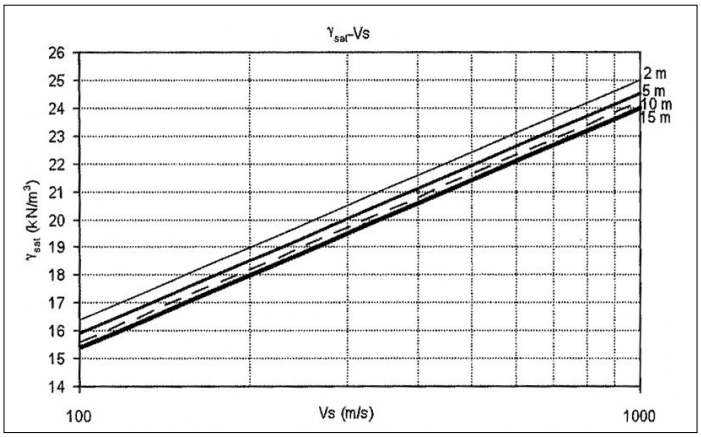
In via assolutamente preliminare è possibile utilizzare i valori di velocità delle Vs per estrapolare dei parametri geotecnici ottenibili dalla letteratura, utili in una prima fase di dimensionamento delle opere.

Le correlazioni utilizzate sono state attinte da "Stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata" di Roccaforte-Cucinotta – Dario Flaccovio editore.

Correlazione g-Vs

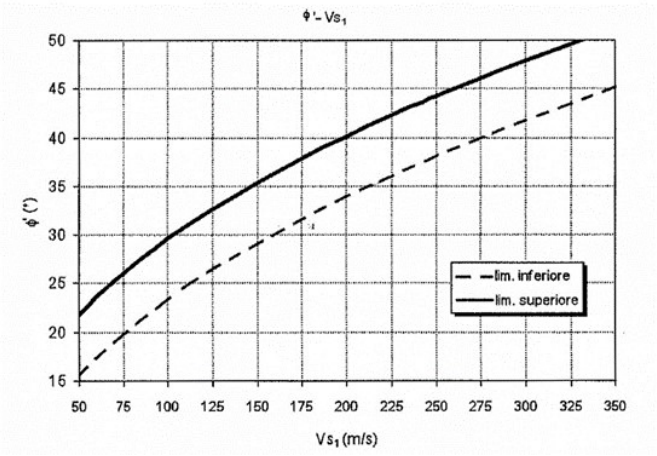
Esistono diverse correlazioni tra peso specifico e Vs e Vp, correlazioni che mettono in diretto contatto le velocità sismiche alla densità del materiale attraversato. La correlazione utilizzata nello studio è quella di

Keceli (2012) con $\gamma = 4{,}3 \cdot Vs0{,}25$



Correlazione φ-Vs

La correlazione per il calcolo dell'angolo di resistenza al taglio direttamente in funzione di Vs, valore normalizzato per la pressione litostatica, è ripresa da Uzielli et al. (2013) e Mayne (2014) e consente di definire il range dei valori di picco.



limite superiore: $\varphi = 3{,}9 \cdot Vs^{0{,}44}$

limite inferiore: $\varphi = (3{,}9 \cdot Vs0{,}44) - 6{,}2$

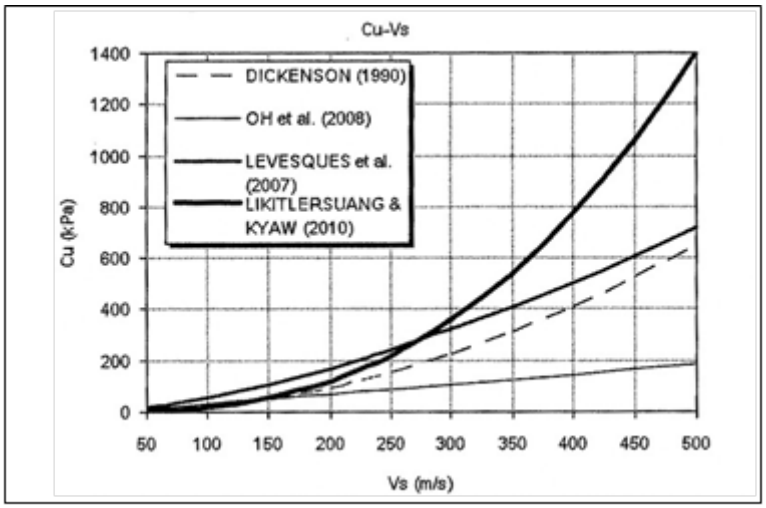
In via cautelativa si suggerisce l'utilizzo del limiteinferiore.

I valori di φ sono verosimili solamente in presenza di basse velocità.

Correlazione Cu-Vs

La correlazione per il calcolo della coesione non drenata (Cu in kPa) può essere calcolata con la formula di Dickenson (1990) valida per argille tenere:

$Cu = (Vs/23)^{1/0.475}$



Coefficiente di Poisson

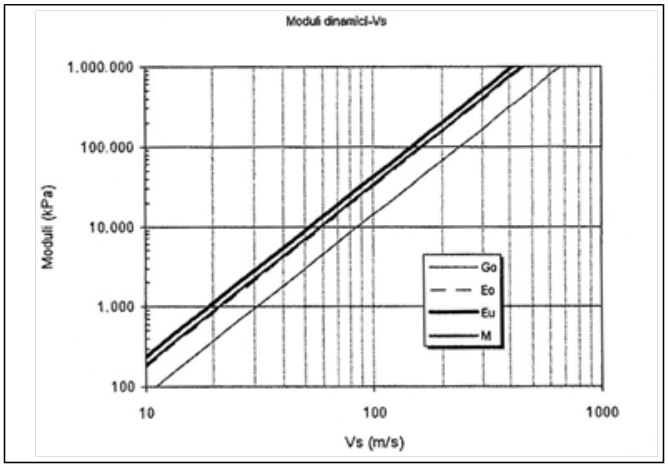
Indica la misura del cambiamento geometrico di un corpo. E' definito dalla relazione

$r=(Vp^2-2Vs^2)\ /2(Vp^2-Vs^2)$

Modulo di deformazione al taglio

Per il calcolo del modulo di taglio iniziale o a piccole deformazioni si usa generalmente la nota relazione:

$G0= (\gamma/g)\ Vs^2$ dove g è il peso specifico e g l'accelerazione di gravità.

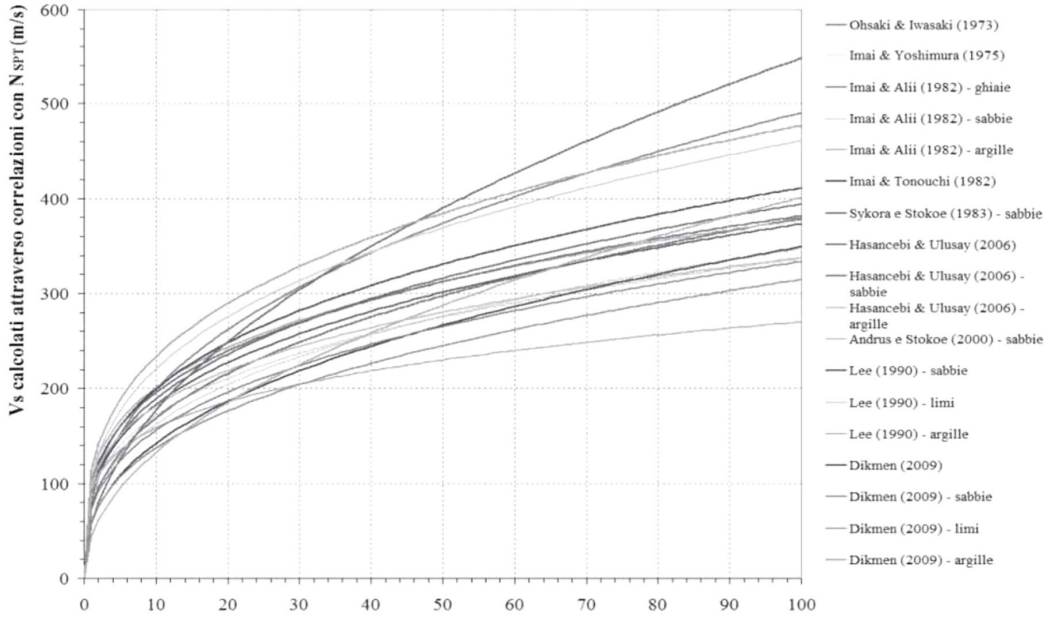


Correlazioni Nspt – Vs

In letteratura esistono diverse correlazioni tra Vs e i risultati di diverse prove penetrometriche, in particolare NSPT e qc (resistenza alla punta della prova CPT). Tali correlazioni sono tuttavia poco affidabili e devono essere tarate localmente, fatto per cui qualsiasi riferimento tra NSPT e Vs è stato eliminato dalle NTC 2018.

In ogni caso, le correlazioni geotecniche con le Vs costituiscono un riferimento di massima in assenza di indagini specifiche di tipo diretto.

DEFINIZIONE VELOCITA' ONDE DI TAGLIO (Vs)



Le principali correlazioni sono di tipo esponenziale con i coefficienti a e b variabili in funzione del tipo di terreno) e valide per tutti i tipi di terreno, solo per terreni granulari o solo per terreni coesivi:

$Vs=\mathbf{a} \times N_{SPT}^{\mathbf{b}}$

$Vs=82,1 \times N_{SPT}^{0,35}$ Ohta e Goto (1978)

$Vs=93,7 \times N_{SPT}^{0,31}$ Imai e Tonouchi (1982)

$Vs=20,0 \times N_{SPT}^{0,85}$ Jafari et al (1982)

Di seguito si riportano i valori orientativi desumibili dalla letteratura scientifica per le velocità delle onde P e delle onde S, utili per un'interpretazione litologica. Nelle MASW le velocità registrate sono compatibili con sedimenti non consolidati (terre), limi, argille e sabbie anche sature, da poco a mediamente addensate.

		Vp (m/s)		Vs (m/s)	
		Minimo	Massimo	Minimo	Massimo
Sedimenti non consolidati (terre)	Sabbia	400	900	176	396
	Sabbia satura	700	1450	286	592
	Argilla	750	1600	280	500
	Limi e argille	650	1250	241	464
	Limi e sabbie	500	1000	212	425
Rocce sedimentarie	Argillite	1500	1850	557	687
	Calcare fratturato	750	1450	330	638
	Calcare	1400	2000	616	880
	Arenaria fratturata	800	2100	363	954
	Arenaria	2000	3500	935	1637
	Dolomia	2500	4500	1200	2162
Rocce	Basalto fratturato	950	1350	489	695
	Basalto	1800	3000	995	1658
	Granitoidi fratturati	1000	1750	514	900
	Granitoidi	1600	2800	884	1548
	Metamorfiti fratturate	1500	2000	772	1029
	Metamorfiti	1800	3500	1039	2021

3. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

I pozzetti geognostici hanno fornito una visione decisamente eterogenea dei terreni presenti legati ad ambienti deposizionali di tipo continentale, variabile da fluviale a palustre. Le litologie riscontrate sono argille, limi, sabbie, sabbie e alluvioni ciottolose. La stessa natura delle argille appare variegata, ritrovando sia le argille compatte color nocciola sia quelle color verdastro. Nel complesso i terreni, pur nella variabilità di spessore e di litologia, variare variano da molto sciolti/soffici a molto addensati/consistenti. Anche lateralmente, su pozzetti adiacenti, si registrano variazioni laterali nelle caratteristiche geotecniche. Le stratigrafie sono riportate in allegato.

Le prove di laboratorio sui campioni prelevati (uno per ogni pozzetto) hanno definito le caratteristiche di resistenza al taglio tramite i principali parametri di input geotecnico (angolo di attrito PHI Φ e coesione C) e le caratteristiche granulometriche del campione con relativa classificazione delle

terre. La tabella di seguito riportata sintetizza i risultati delle prove di laboratorio. Quasi tutti i campioni presentano angolo d'attrito medio e coesione, il PZ1-C1 e il PZ3-C1 evidenziano una maggior componente attritiva e una minor coesione, che evidenzia il maggior carattere granulare dei terreni.

	Prof. campione	*PHI*	*C in Kg/cm²*	*Classificazione (CNR-UNI 10006)*
PZ1 C1	3,3 m	36,8°	0,02	**A4**
PZ2 C1	4,3 m	31,4°	0,11	**A2-4**
PZ3 C1	3,6 m	36,8°	0,02	**A4**
PZ4 C1	4,0 m	26,54°	0,24	**A2-7**
PZ5 C1	4,0 m	23,87°	0,20	**A6**
PZ6 C1	4,0 m	33,34°	0,13	**A2-7**
PZ7 C1	3,8 m	26,59°	0,06	**A6**
PZ8 C1	3,6 m	33.02°	0,25	**A2-7**
PZ9 C1	3,4 m	26,29°	0,18	**A6**
PZ10 C1	4,0 m	34,22°	0.16	**A7-6**

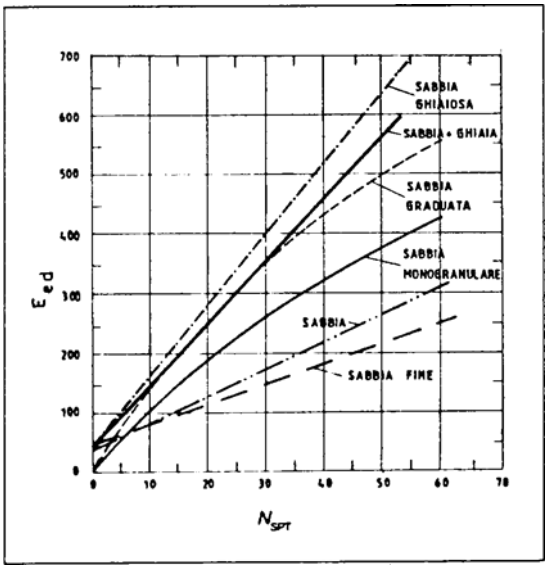
Sono state eseguite otto prove penetrometriche dinamiche da DIN1 a DIN8, realizzate progressivamente da Nord verso Sud, sino a profondità massima di 5,30 metri.

Il penetrometro utilizzato ha misurato la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica d'acciaio, collocata alla base di una serie d'aste infisse attraverso la caduta di un maglio di 30 Kg di peso. La prova ha permesso di misurare il numero di colpi necessario per infiggere le aste di 10 cm di profondità (l'avanzamento è ben evidenziato da una serie di tacche lungo la colonna guida) e di poter successivamente risalire, grazie a dei coefficienti di correlazione, al rispettivo numero di colpi eseguiti con la prova SPT.

Al termine dell'infissione di ogni singola asta è stata valutata empiricamente la presenza di attrito laterale attraverso lo sforzo opposto alla rotazione manuale. La valutazione della stratigrafia è stata valutata analizzando i residui terrosi presenti nelle aste e utilizzando le stratigrafie dei pozzetti geognostici. La prova DIN9 è andata immediatamente a rifiuto dato l'addensamento dei terreni superficiali.

L'aumento della resistenza dinamica avviene a profondità variabili da una prova all'altra, in genere comunque i livelli a maggior resistenza alla penetrazione si rinvengono tra i 4 e i 5 metri. I valori che dovranno essere presi in considerazione saranno quelli al di sotto dei 3,5-4,0 m, profondità alla quale sarà collocata la tubazione. La profondità della falda è stata definita sulla base delle indicazioni derivanti dai pozzetti geognostici e delle evidenze di fango sulle aste. I dati raccolti sono stati elaborati attraverso il programma Win Din che permette di poter ottenere, una volta nota la stratigrafia della zona, alcuni parametri meccanici dei terreni per i quali esistono delle correlazioni con i colpi della prova SPT (NSPT).

Le tabelle relative alle correlazioni dei parametri geotecnici con il NSPT contengono i valori ottenibili dalla letteratura sia per i terreni di natura granulare che per quelli di natura coesiva; per le sabbie ciottolose, le ghiaie e le sabbie, anche debolmente limose, saranno utilizzati i valori relativi alla natura granulare mentre per i termini argilloso-limosi saranno utilizzate le correlazioni relative alla natura coesiva. Non si può a priori determinare la componente dell'angolo d'attrito e della coesione partendo dal numero di colpi NSPT, per questo si deve far riferimento esclusivamente o alla natura granulare o a quella coesiva del terreno.



Caso per caso i calcoli del carico ammissibile saranno adattati alle diverse situazioni fondali, non si possono dare, infatti, dei valori di portanza che non siano sommari e orientativi, considerato anche l'utilizzo di relazioni empiriche. Si consiglia, dunque, l'utilizzo dei parametri geotecnici correlati relativi alla

natura granulare all'interno delle relazioni per il calcolo del carico limite (Terzaghi, Meyerof, ecc.). Il modulo di deformazione drenato *E'* (D'Appollonia e altri, 1970) è naturalmente utilizzabile solo in presenza di terreni granulari, infatti, le prove dinamiche non forniscono indicazioni sui cedimenti a lungo termine dei terreni coesivi.

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento progettuale prevede:

per i tratti non intubati

- pulizia del fondo e delle sponde dei canali, con taglio di piante arboree e disboscamento dei cigli;
- demolizione dei tratti tombati;
- ripristino delle sponde in cls, con livellamento e regolarizzazione superficiale;

• posa di uno strato di geotessuto a protezione dal punzonamento del soprastante telo impermeabile. Il geotessuto verrà posato sormontandone i lembi sul fondo ed in corrispondenza delle sponde con sovrapposizione di almeno 0,5 metri;

• impermeabilizzazione del fondo del canale e delle sponde mediante posa di teli in HDPE dello spessore di mm 2,5.

per il tratto intubato

realizzazione di due nuovi tratti intubati interrati con DN 1800 mm in PE spiralato e rinforzato, in sostituzione della preesistente tubazione pensile in calcestruzzo, anch'essa DN 1800, che presenta evidenti e gravi danni strutturali, oltre a cospicue perdite d'acqua, il cui posizionamento è previsto in affiancamento alla sinistra dell'attuale sistema di irrigazione. Nella realizzazione del nuovo tratto intubato interrato del DN 1800 mm in PE spiralato e rinforzato è compreso anche quello sottostante l'alveo del Rio Mare Foghe, nel quale si utilizzerà un sistema di spingi-tubo di camicia DE 3000 mm, coassiale rispetto alla condotta DN 1800 mm da posizionare all'interno della stessa.

Nella presente relazione verranno analizzate le caratteristiche geotecniche dell'area nella quale verranno eseguiti i nuovi tratti intubati interrati, facendo riferimento sia agli elementi acquisiti dalle indagini geologiche, geotecniche e

geofisiche svolte per conto del CBO da professionista esterno, sia al rilevamento di campagna.

5. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche relative al carico ammissibile secondo le relazioni di Hansen, Terzaghi, Meyerhof, Vesic e Brinch-Hansen sono state eseguite utilizzando i parametri ricavati dalle indagini eseguite nel settore. Sono state prese in considerazione le situazioni più gravose nelle sezioni PZ10-PZ8 e PZ1-PZ7 e considerando una situazione stratigrafica e geometrica tipo.

Le verifiche sono state eseguite considerando le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 e affrontando l'approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3) nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (A1) pari all'unità e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti γR del gruppo R3 (2,3 per la capacità portante).

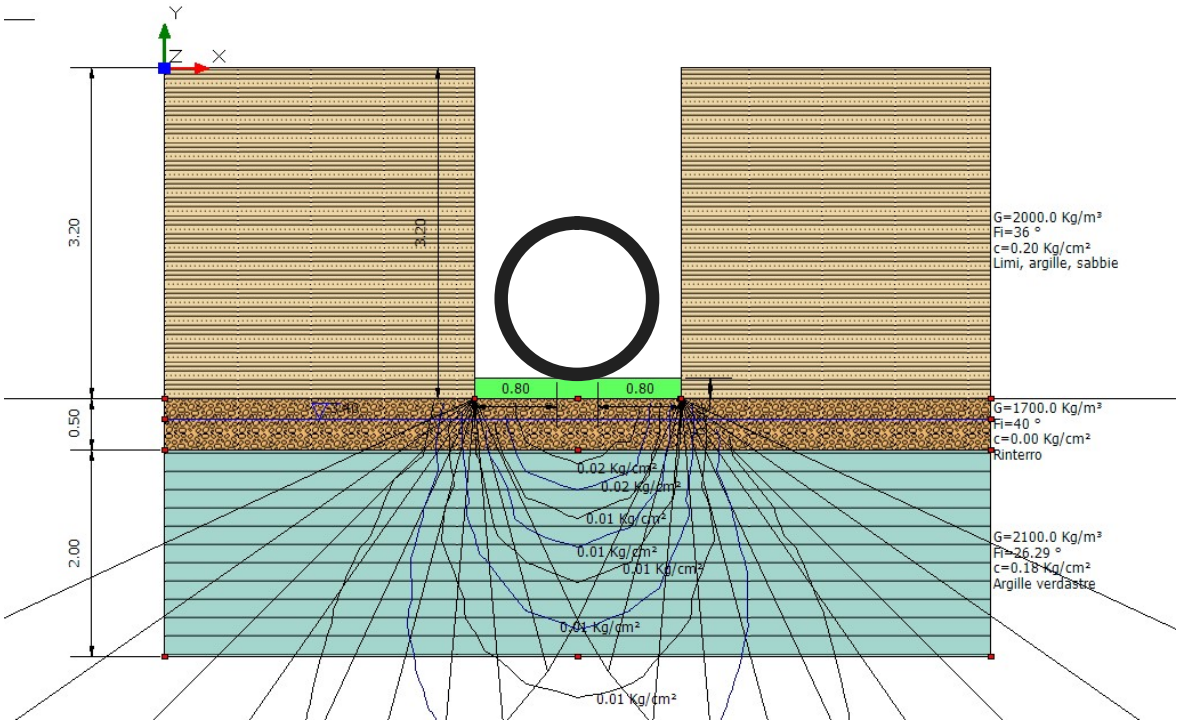
TRATTO A - SEZIONE PZ10-PZ8

Si è ipotizzata la condizione peggiore, di una fondazione posta a -3.2 metri di profondità, con pressioni di contatto pari a 0.66 Kg/cmq. Per semplicità di verifica e per maggior cautela è stata verificata una fondazione di circa 2 metri, corrispondente al diametro della tubazione, simulando lo strato di materiale inerte sottostante.

NTC 2018	HANSEN	TERZAGHI	MEYERHOF	VESIC	BRINCH-HANSEN
Resistenza di progetto Rd	**29.22 kg/cm^2**	**27.88 kg/cm^2**	**33.41 kg/cm^2**	**22.91 kg/cm^2**	**29.76 kg/cm^2**

Le condizioni nei confronti degli SLU sono sempre verificate con la resistenza di progetto **Rd≥Ed** (valore di progetto dell'effetto delle azioni).

Le entità delle opere che esercitano forze sovradimensionate, considerato il comportamento della tubazione, sono state verificate anche con valori di sicurezza decisamente alti.



Date le premesse geologiche e considerate le forze esercitate dai manufatti, si evidenzia che le opere sono largamente verificate.

In allegato i particolari dei calcoli di verifica.

TRATTO B - SEZIONE PZ1-PZ7

Questo tratto presenta notevoli differenze dal punto di vista del profilo topografico influendo, dunque, sulle profondità di scavo che, per le tubazioni interrate, si attestano in generale sui 4-5 metri, mentre in corrispondenza dell'argine destro del rio Mare Foghe (tubo-camicia con tecnica spingi-tubo DE 3000 mm) la profondità del piano di posa della tubazione, nella direzione della sezione n. 71 (Area PZ3/DIN4), raggiunge 9,4 metri (piano di posa tubo-camicia DE 3000 mm). In quest'ultimo caso le pressioni di contatto possono arrivare a circa 2 Kg/cmq. Per semplicità di verifica e per maggior cautela è stata verificata una fondazione di circa 3 metri, corrispondente al diametro della tubazione, simulando lo strato di materiale inerte sottostante. Nel punto DIN4 la prova penetrometrica è andata a rifiuto a -5.2 m, da ricondurre alla presenza di terreni alluvionali grossolani. Non potendo raggiungere simili profondità di indagine, considerato che l'aumento della quota topografica nell'area del DIN4 è essenzialmente legata al maggior riporto effettuato, si

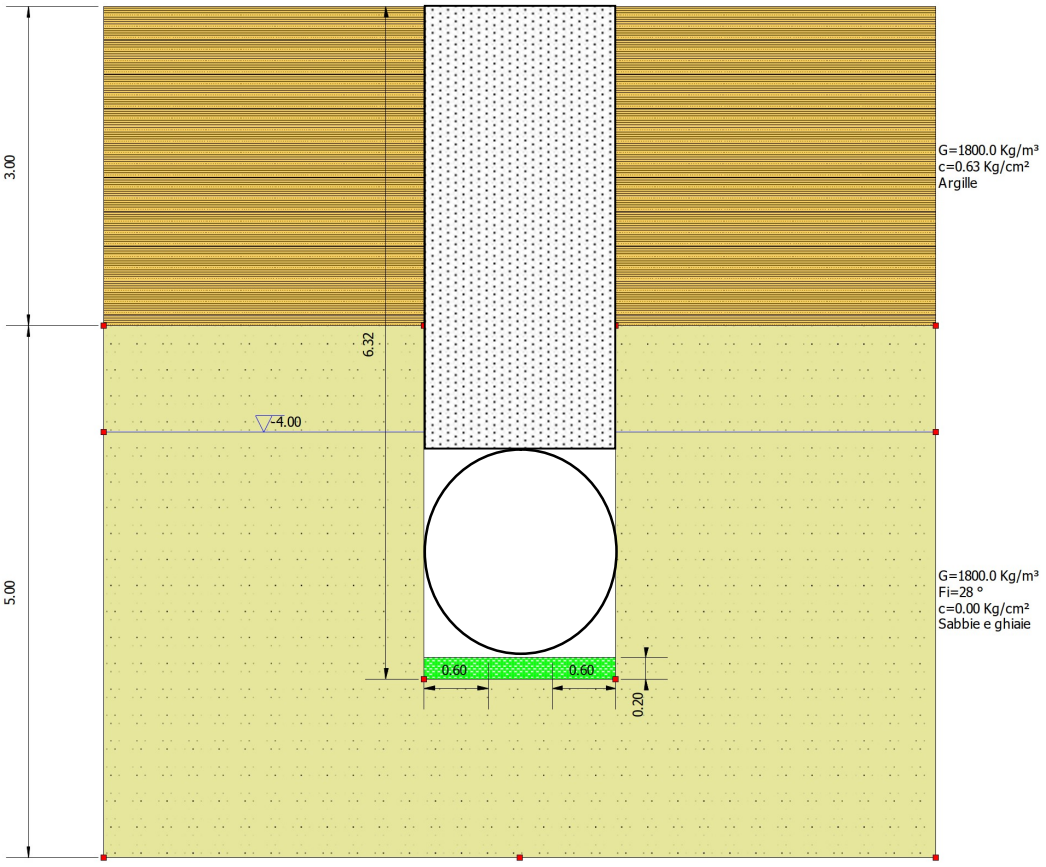
valutano come rappresentative le verifiche eseguite negli altri settori, come per esempio nell'area del PZ3.

Le condizioni nei confronti degli SLU sono sempre verificate con la resistenza di progetto **Rd≥Ed** (valore di progetto dell'effetto delle azioni).

In particolare, per il TRATTO B sono state considerate le due condizioni più sfavorevoli: la prima prende in considerazione il tratto di tubo in sponda sinistra del Rio Mare Foghe (area PZ4/DIN5) in corrispondenza della sezione n. 59, con diametro 1800 mm, piano di posa a 6,32 metri dal p.c. e terreno di ricoprimento di circa 4,50 metri e la seconda il tratto di tubo-camicia DE 3000 mm con all'interno la stessa condotta di 1800 mm, in argine destro del Rio Mare Foghe (area PZ3/DIN4), in corrispondenza della sezione n. 71, piano di posa a circa 9,40 metri dal p.c. e terreno di ricoprimento di circa 6,40 metri.

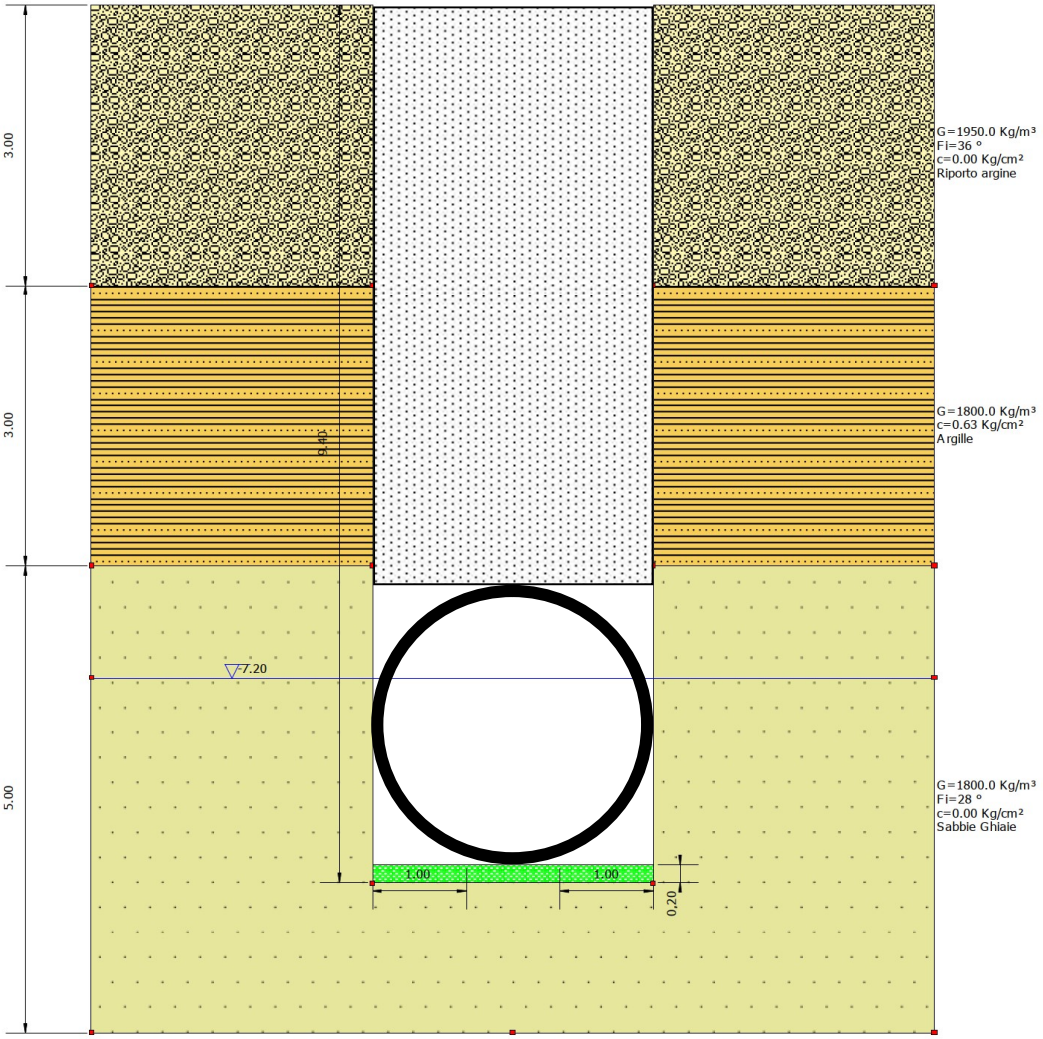
PRIMA CONDIZIONE TUBO 1800 mm - piano posa 6,32 metri dal p.c.

NTC 2018	HANSEN	TERZAGHI	MEYERHOF	VESIC	BRINCH-HANSEN
Resistenza di progetto Rd	**9,39 kg/cm²**	**7,72 kg/cm²**	**10,54 kg/cm²**	**9,58 kg/cm²**	**9,43 kg/cm²**



SECONDA CONDIZIONE TUBO 3000 mm - piano posa 9,4 metri dal p.c.

NTC 2018	HANSEN	TERZAGHI	MEYERHOF	VESIC	BRINCH-HANSEN
Resistenza di progetto Rd	**16,30 kg/cm²**	**12,81 kg/cm²**	**17,31 kg/cm²**	**16,60 kg/cm²**	**16,26 kg/cm²**



Le entità delle opere che esercitano forze sovradimensionate, considerato il comportamento della tubazione, sono state verificate ampiamente con valori di sicurezza decisamente alti.

Valutate le premesse geologiche e considerate le forze esercitate dai manufatti, si evidenzia che le opere sono abbondantemente verificate.

Si allegano i particolari dei calcoli di verifica.

Dal punto di vista della stabilità dei fronti di scavo si raccomanda l'adozione dei sistemi di sicurezza, in particolare laddove i terreni si presentino di tipo sabbioso e in falda e/o possano essere privi di quel fattore coesivo che permette un minimo di stabilità alle pareti verticali.

La presenza della falda non implica nessuna problematica di tipo geotecnico, dovranno essere valutate in fase esecutiva eventuali problematiche di tipo operativo.

In particolare, nel tratto che interessa la sponda sinistra del Rio Mare Foghe, dovendo raggiungere profondità comprese tra 4-6 metri, potrebbe essere rinvenuta la falda e, in tal caso, le quantità d'acqua intercettate dagli scavi dovranno essere adeguatamente allontanate predisponendo tutte le misure necessarie per garantire la stabilità dei fronti di scavo.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto ESECUTIVO di "**IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO" -** CAT P0820 è stato svolto uno studio geotecnico ai sensi della normativa vigente.

Sono state eseguite indagini geognostiche di tipo indiretto (geofisico) e diretto con pozzetti geognostici, prove penetrometriche dinamiche e successiva analisi di laboratorio. In particolare, si prevede la sostituzione dell'attuale condotta fuori terra con diametro 1800 mm con una condotta interrata in PE spiralato rinforzato dello stesso diametro nel tratto ubicato nei Comuni di Tramatza e di San Vero Milis, compresa quella a ridosso dell'arginatura e dell'alveo del *Rio Mare Foghe* la cui tubazione verrà posata utilizzando un sistema di contro-tubo (camicia) con speciali tubazioni in C.A. del DN 2500 mm (DE 3000 mm), con modalità di infissione a perforazione orizzontale (spingi tubo).

Le prospezioni sismiche (n° 2 sismiche a rifrazione e n° 2 MASW) hanno fornito indicazioni stratigrafiche, valutazioni sulla categoria sismica del suolo e valori correlati (utilizzabili in via preliminare) sui moduli deformativi e sui parametri geotecnici dei terreni indagati.

Sono stati realizzati n°10 pozzetti geognostici con relativi campionamenti, effettuati nello specifico alla profondità di posizionamento della condotta, che hanno consentito di definire la stratigrafia, costituita per lo più da alternanze

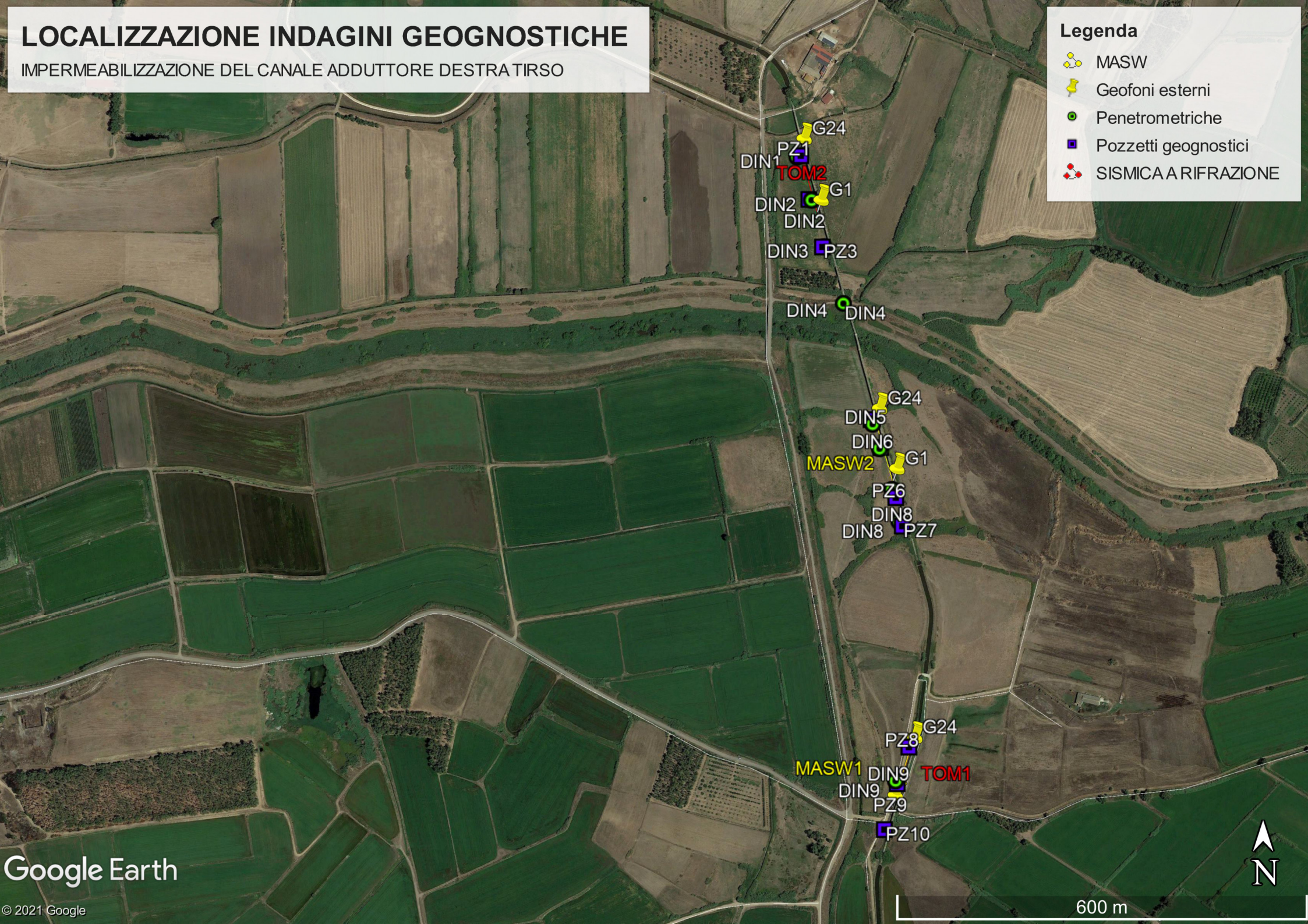
di terreni limo-argillosi, sabbie e sabbie ghiaiose e ciottolose. L'andamento della falda evidenzia profondità variabili, mentre nel settore meridionale dal PZ7 al PZ9 non è stata intercettata circolazione di falda freatica.
Le analisi di laboratorio sui campioni hanno determinato le caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni dell'area oggetto di intervento fornendo i valori della coesione e dell'angolo di attrito. In linea generale prevale, sebbene in una condizione di variabilità nei valori, la componente dell'angolo di attrito; i terreni di posa della condotta sono stati classificati granulometricamente fornendo classi variabili dall'A2-4 alla A7-6.
Le 8 prove penetrometriche eseguite evidenziano la forte variabilità in senso verticale e laterale dei terreni interessati dalle opere, variando da livelli sabbiosi e argillosi a scarsa resistenza dinamica a terreni più grossolani in cui la prova è andata a rifiuto. In linea generale le caratteristiche geotecniche migliorano da Nord verso Sud.

Nelle fasi operative di scavo, la presenza della falda o dei livelli più francamente sabbiosi/ghiaiosi, potrebbe dar luogo ad interferenze durante le stesse lavorazioni di posa delle tubazioni. In tal caso dovrà essere posta la massima attenzione in corso d'opera da parte della ditta esecutrice, adottando tutte le prescrizioni legate alla sicurezza previste dalla normativa vigente.

In relazione all'intervento progettuale previsto e sulla base di quanto esposto si ritiene che le analisi e le verifiche geotecniche non hanno evidenziato particolari criticità nel modello geotecnico, tali che possano influire sull'esecuzione delle opere in progetto.

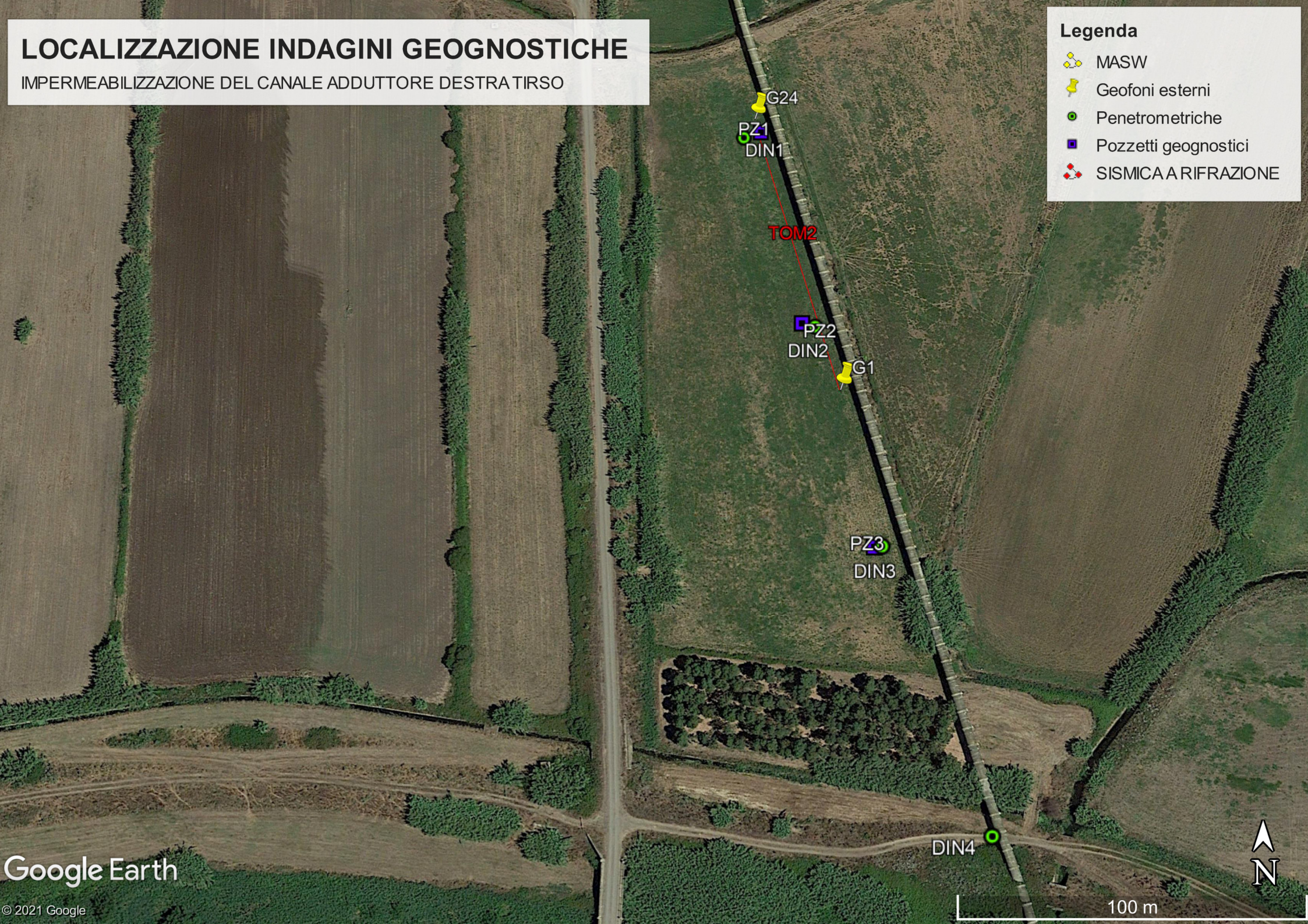
LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO



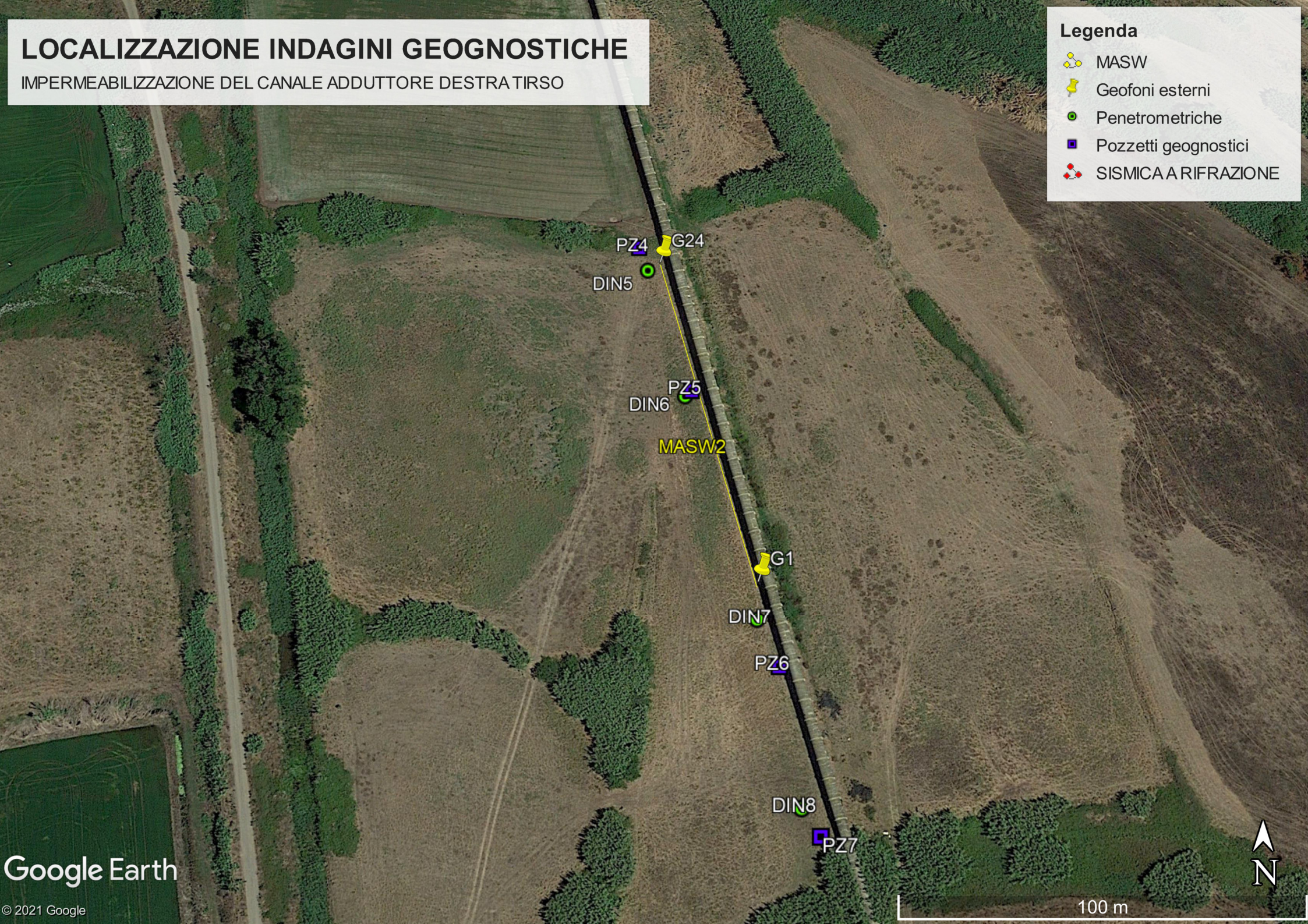
LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

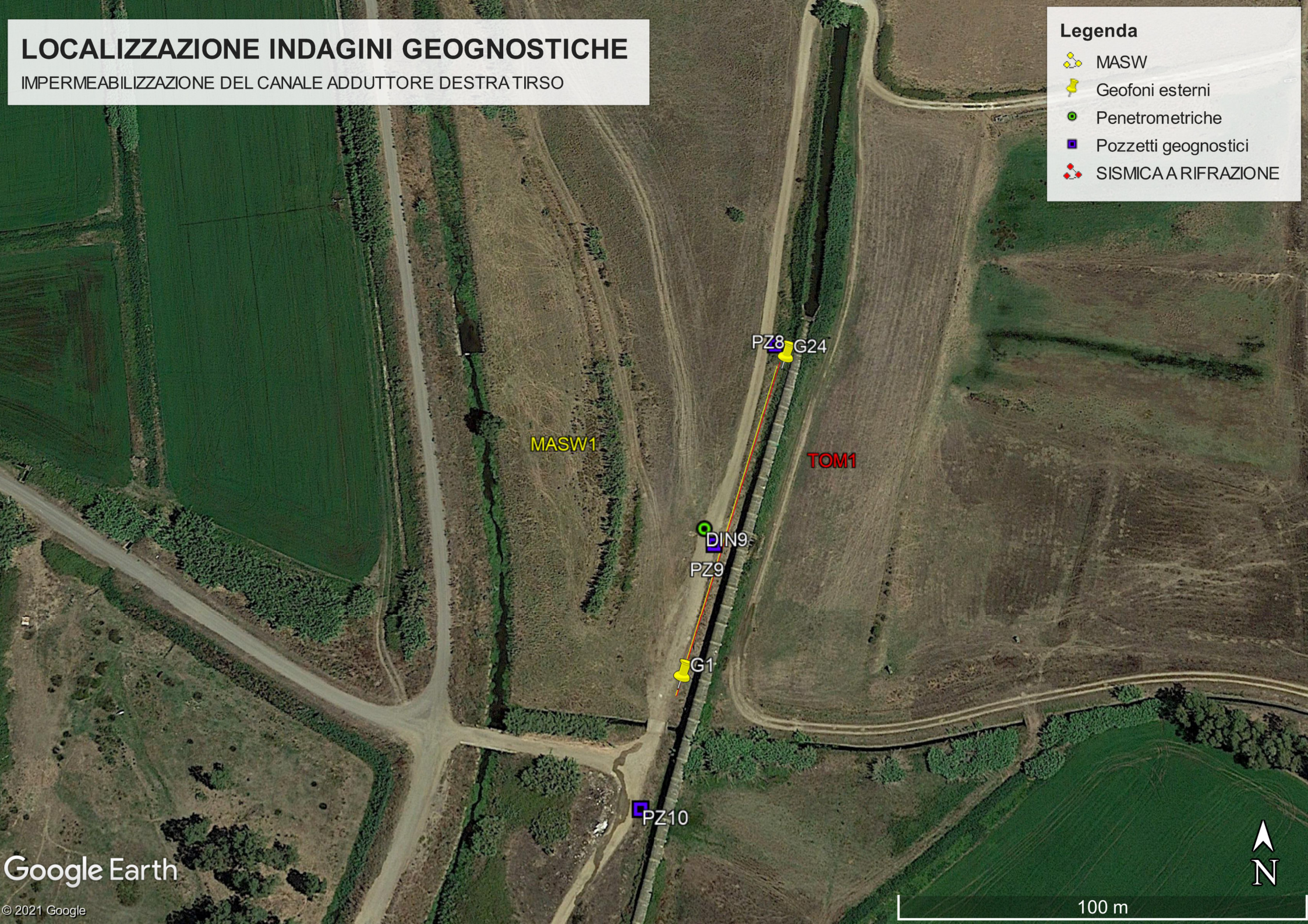
IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO



LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO




LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO
Legenda
MASW
Geofoni esterni
Penetrometriche
Pozzetti geognostici
SISMICA A RIFRAZIONE
PZ8
G24
MASW1
TOM1
DIN9
PZ9
G1
PZ10
Google Earth
© 2021 Google
N
100 m

CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO (D.M. 17.01.2018) – **MASW 1**

Località	TRAMATZA (OR)
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 4.0 m - sorgente a 4.0m da G24

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs_{,eq} = \frac{\dot{H}}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{s,1}}}$$

Sulla base del valore calcolato di V_S vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Categorie	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I dati evidenziano che i terreni indagati rispondano alle caratteristiche di **suolo di tipo C** con **VS** = 279 m/s.

Calcolo del V_S equivalente da NTC 2018

Identificazione della categoria di sottosuolo con l'approccio semplificato

Profondità del piano d'imposta delle fondazioni rispetto al p.c.: **3,00** [m]

Strato [N.]	**z** [m]	**hi** [m]	**V_S** [m/s]
1	1,70	1,70	282,00
2	3,80	2,10	261,00
3	6,30	2,50	190,00
4	9,20	2,90	245,00
5	12,50	3,30	260,00
6	16,20	3,70	296,00
7	20,40	4,20	315,00
8	25,00	4,60	311,00
9	33,00	8,00	308,00
10			

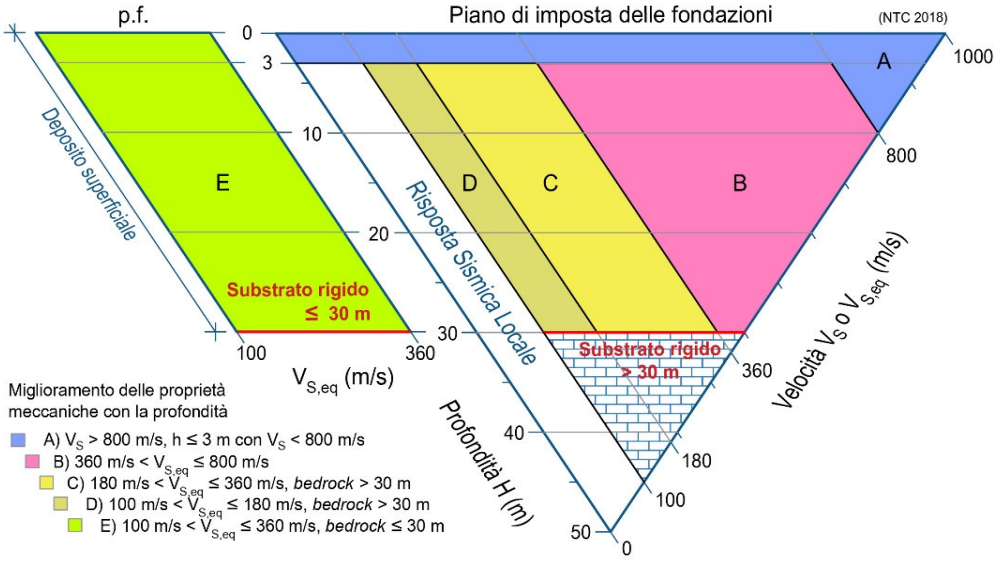
$z_{(cal)}$ [m]	$hi_{(cal)}$ [m]	**$hi_{(cal)}/V_S$** [sec]
0,00	0,00	0,00000
0,80	0,80	0,00307
3,30	2,50	0,01316
6,20	2,90	0,01184
9,50	3,30	0,01269
13,20	3,70	0,01250
17,40	4,20	0,01333
22,00	4,60	0,01479
30,00	8,00	0,02597

V_S,eq = **279,46** [m/s]

Categoria sottosuolo: **C**

Descrizione:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



z = profondità sismostrati

hi = spessori dei sismostrati

V_S = velocità onde di taglio

$z_{(calc)}$ = profondità calcolata rispetto al p.f.

$hi_{(calc)}$ = spessori calcolati

$V_{S,eq}$ = velocità equivalente da NTC 2018

CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO (D.M. 17.01.2018) – **MASW 2**

Località	TRAMATZA (OR)
Metodo indagine	MASW ZVF forza verticale
Strumentazione	Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.), 24 canali, 24 bits
Geometria stendimento	24 geofoni interasse 4.0 m - sorgente a 4.0m da G1

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs_{,eq} = \frac{\dot{H}}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{s,1}}}$$

Sulla base del valore calcolato di V_S vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Categorie	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I dati evidenziano che i terreni indagati rispondano alle caratteristiche di **suolo di tipo C** con **VS** = 309 m/s.

Calcolo del V_S equivalente da NTC 2018

Identificazione della categoria di sottosuolo con l'approccio semplificato

Profondità del piano d'imposta delle fondazioni rispetto al p.c.: **3,00** [m]

Strato [N.]	**z** [m]	**hi** [m]	**V_S** [m/s]
1	1,70	1,70	208,00
2	3,80	2,10	179,00
3	6,30	2,50	209,00
4	9,20	2,90	305,00
5	12,50	3,30	332,00
6	16,20	3,70	317,00
7	20,40	4,20	306,00
8	25,00	4,60	318,00
9	33,00	8,00	374,00
10			

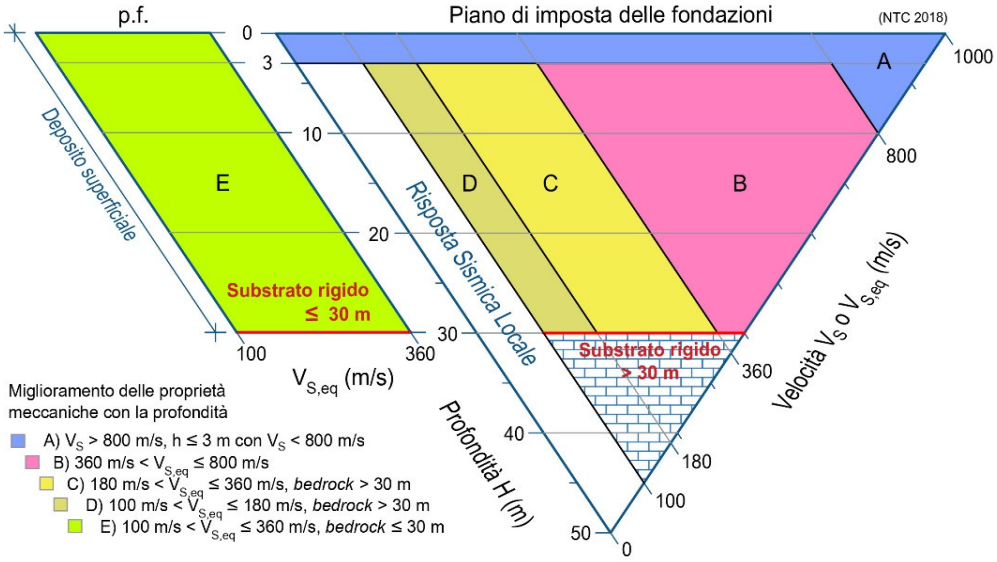
$z_{(cal)}$ [m]	$hi_{(cal)}$ [m]	**$hi_{(cal)}/V_S$** [sec]
0,00	0,00	0,00000
0,80	0,80	0,00447
3,30	2,50	0,01196
6,20	2,90	0,00951
9,50	3,30	0,00994
13,20	3,70	0,01167
17,40	4,20	0,01373
22,00	4,60	0,01447
30,00	8,00	0,02139

V_S,eq = **308,86** [m/s]

Categoria sottosuolo: **C**

Descrizione:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



z = profondità sismostrati

hi = spessori dei sismostrati

V_S = velocità onde di taglio

$z_{(calc)}$ = profondità calcolata rispetto al p.f.

$hi_{(calc)}$ = spessori calcolati

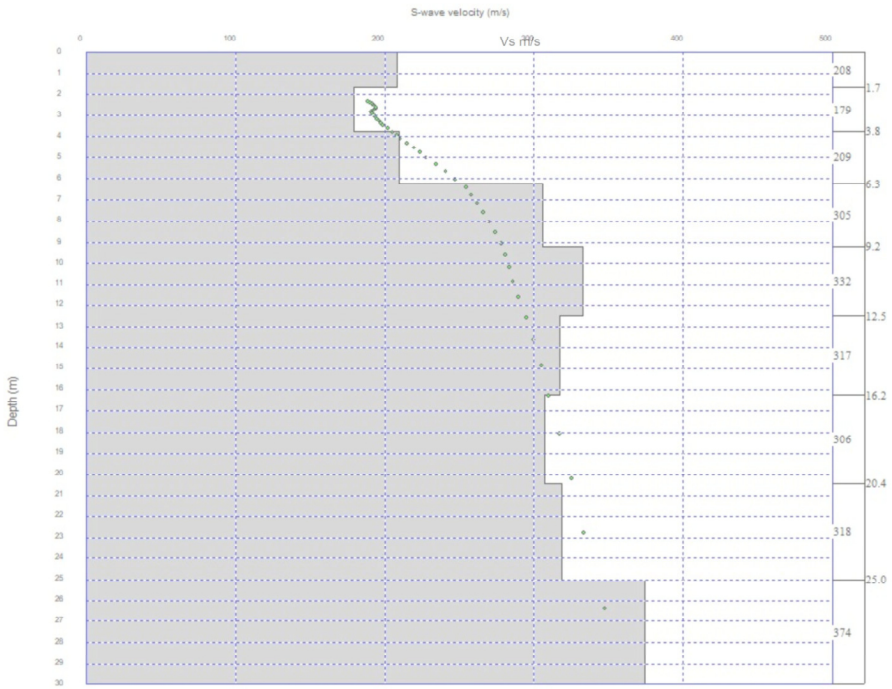
$V_{S,eq}$ = velocità equivalente da NTC 2018

SINTESI MODULI DINAMICI E PARAMETRI CORRELATI - **MASW 1**

	INTERPRETAZIONE SISMICA	P [m]	H [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kN/m³]	ν	G [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]	Fi [°]
1° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	1,7	1,7	905	282	17,6	0,45	143	413	1281	40,5
2° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	3,8	2,1	853	261	17,3	0,45	120	348	1121	38,9
3° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	6,3	2,5	675	190	16,0	0,46	59	171	663	33,0
4° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	9,2	2,9	813	245	17,0	0,45	104	302	1006	37,7
5° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	12,5	3,3	850	260	17,3	0,45	119	345	1113	38,8
6° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	16,2	3,7	940	296	17,8	0,44	159	461	1395	41,5
7° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	20,4	4,2	988	315	18,1	0,44	183	529	1557	42,8
8° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	25	4,6	978	311	18,1	0,44	178	514	1522	42,5
9° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	30	5	970	308	18,0	0,44	174	503	1496	42,3

P profondità sismostrato
H spessore sismostrato
Vp velocità onde P (correlata)
Vs velocità onde S
ρ densità
ν coefficiente di Poisson
G modulo di deformazione al taglio
E modulo di Young
Ev modulo di compressibilità volumetrica
Fi angolo d'attrito

SINTESI MODULI DINAMICI E PARAMETRI CORRELATI - **MASW 2**



	INTERPRETAZIONE SISMICA	P [m]	H [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kN/m³]	ν	G [MPa]	E [MPa]	Ev [MPa]	Fi [°]
1° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	1,7	1,7	720	208	16,3	0,45	72	210	767	34,6
2° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	3,8	2,1	648	179	15,7	0,46	51	150	604	32,0
3° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	6,3	2,5	723	209	16,3	0,45	73	212	773	34,7
4° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	9,2	2,9	963	305	18,0	0,44	170	492	1470	42,1
5° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	12,5	3,3	1030	332	18,4	0,44	206	595	1711	44,0
6° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	16,2	3,7	993	317	18,1	0,44	186	537	1575	43,0
7° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	20,4	4,2	965	306	18,0	0,44	172	496	1479	42,2
8° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	25	4,6	995	318	18,2	0,44	187	540	1583	43,0
9° SISMOSTRATO	Suolo sciolto e soffice	30	5	1135	374	18,9	0,44	270	776	2124	46,7

P profondità sismostrato
H spessore sismostrato
Vp velocità onde P
Vs velocità onde S
ρ densità
ν coefficiente di Poisson
G modulo di deformazione al taglio
E modulo di Young
Ev modulo di compressibilità volumetrica
Fi angolo d'attrito

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800	3,8	1,9 3,4 4,1	

Pozzetto Geognostico Pz 1

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 467884.51 m E
4427519.80 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

Suolo color bruno, argilloso, struttura poliedrica

Facile escavazione

Argille di color bruno, compatte, con subordinate sabbie fini

PZ1-C1 -3,30 m

Alluvioni ciottolose in matrice sabbiosa; elementi di natura paleozoica, dimensione massima 10 cm, molto elaborati, di forma ellittica

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

Pozzetto Geognostico Pz 2

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1 32T 467895.95 m E 4427455.12 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA	
TERNA	BENNA 800		1,8		*Suolo color bruno, argilloso, struttura poliedrica*
			2,2		*Argille di color bruno, compatte, con subordinate sabbie fini*
			3,3		*Sabbie medio fini ben classate con tendenza ad essere più grossolane nel livello basale*
		4,2	4,2		*Argille di color bruno, compatte, con subordinate sabbie fini*
			4,5		*Alluvioni ciottolose in matrice sabbiosa; elementi di natura paleozoica, dimensione massima 10 cm, molto elaborati, di forma ellittica*

PZ2-C1 -4,30 m

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

Pozzetto Geognostico Pz 3

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 467915.66 m E
4427384.79 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800	4,3	1,8	
			3,3	
			3,7	
			4,7	

Suolo color bruno, argilloso, struttura poliedrica

Facile escavazione

Argille di color bruno, compatte, con subordinate sabbie fini

Sabbie medio fini, limose, più grossolane alla base *PZ3-C1 -3,6 m*

Alluvioni ciottolose in matrice sabbiosa; elementi di natura paleozoica, dimensione massima 10 cm, molto elaborati, di forma ellittica

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

Pozzetto Geognostico Pz 4

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 467985.64 m E
4427129.65 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800				*Suolo color bruno, argilloso, struttura poliedrica* *Facile escavazione*
			1,9		*Argille di color bruno, compatte, con subordinate sabbie fini*
			3,4		*Sabbie medio fini con una importante componente limosa. Colore bruno*
		4,0	3,8		*Alluvioni ciottolose in matrice sabbiosa; elementi di natura paleozoica, dimensione massima 10 cm, molto elaborati, di forma ellittica* — *PZ4-C1 -4,00 m*
			4,2		

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 09/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800	3,6	1,4 1,6 3,1 4,5	

Pozzetto Geognostico Pz 5

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 467999.77 m E
4427088.52 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

Suolo color bruno, argilloso, struttura poliedrica

Livello archeologico con tegoli e ciottoli

Argille di color bruno, compatte, con subordinate sabbie fini

Sabbie fini e medie di color nocciola con subordinati limi grigiastri

PZ5-C1 -4,00 m

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 09/06/21
Fine 09/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

Pozzetto Geognostico Pz 6

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1 32T 468021.41 m E 4427014.99 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800		0,9		*Suolo color bruno, argilloso, struttura poliedrica*
			2,5		*Ciottolame alluvionale in matrice sabbiosa, subordinatamente limosa. I ciottoli sono costituiti prevalentemente da plutoniti paleozoiche con dimensione massima di 5 cm, molto elaborati e smussati, di forma ellittica*
		3,5	3,5		*Argille di colr bruno, compatte, con subordinate sabbie fini*
			4,0		*Sabbie fini limose addensate*

PZ6-C1 -4,00 m

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 09/06/21
Fine 09/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800		2,7 4,0	

Pozzetto Geognostico Pz 7

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 468030.46 m E
4426973.28 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

Sabbie limose e limi sabbiosi addensati con all'interno ciottoli elaborati centimetrici di natura paleozoica, granitoide e subordinatamente metamorfica

Livelli argillificati, compatti di origine vulcanica di color verdastro. Difficilmente penetrabili con la pressione del dito. Plastiche

PZ7-C1 -3,80 m

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800		0,9 4,0	

Pozzetto Geognostico Pz 8

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 468037.63 m E
4426649.50 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

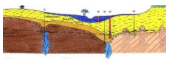
Sabbie limose e limi sabbiosi addensati con all'interno ciottoli elaborati centimetrici di natura paleozoica, granitoide e subordinatamente metamorfica

Alluvioni grossolane con ciottoli di natura prevalentemente paleozoica, subordinatamente di natura vulcanica
Terreni ben addensati, parzialmente cementati dalla presenza di crostoni decimetrici

Stillicidio attorno ai 2,0 m, verosimilmente a causa di infiltrazioni dal vicino canale di scolo

PZ8-C1 -3,60 m

→ ***Fondo scavo*** ←



DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

Pozzetto Geognostico Pz 9

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1 32T 468020.48 m E 4426595.77 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA	
TERNA	BENNA 800		1,8		*Riporti di materiale scavato dal canale di scolo vicino con prevalenza di sabbie*
			3,2		*Alluvioni grossolane con ciottoli di natura prevalentemente paleozoica, subordinatamente di natura vulcanica Terreni ben addensati, parzialmente cementati dalla presenza di crostoni decimetrici*
			4,0		*Livelli argillificati, compatti di origine vulcanica di color verdastro. Difficilmente penetrabili con la pressione del dito. Plastiche*

PZ9-C1 -3,40 m

→ ***Fondo scavo*** ←

DATA
Inizio 08/06/21
Fine 08/06/21

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Giambattista CADAU

Committente CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
Geologo responsabile Giambattista Cadau

G. I.
G. A.

METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO FORO	PROFONDITA' FALDA	PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA	COLONNA STRATIGRAFICA
TERNA	BENNA 800	3,8	3,2 4,1	

Pozzetto Geognostico Pz 10

PROGETTO : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso

COORDINATE UTM Pz 1
32T 468001.08 m E
4426529.18 m N

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

Alluvioni grossolane con ciottoli di natura prevalentemente paleozoica, subordinatamente di natura vulcanica
Terreni ben addensati, parzialmente cementati dalla presenza di crostoni decimetrici

Difficoltà di scavo

Alluvioni sabbiose ben adddensate con subordinati ciottoli prevalentemente paleozoica, subordinatamente di natura vulcanica
Piccolo passaggio idrico

Livelli argillificati, compatti di origine vulcanica di color verdastro. Difficilmente penetrabili con la pressione del dito. Plastiche *PZ10 – C1 -4,00 m*

→ ***Fondo scavo*** ←

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°367/21

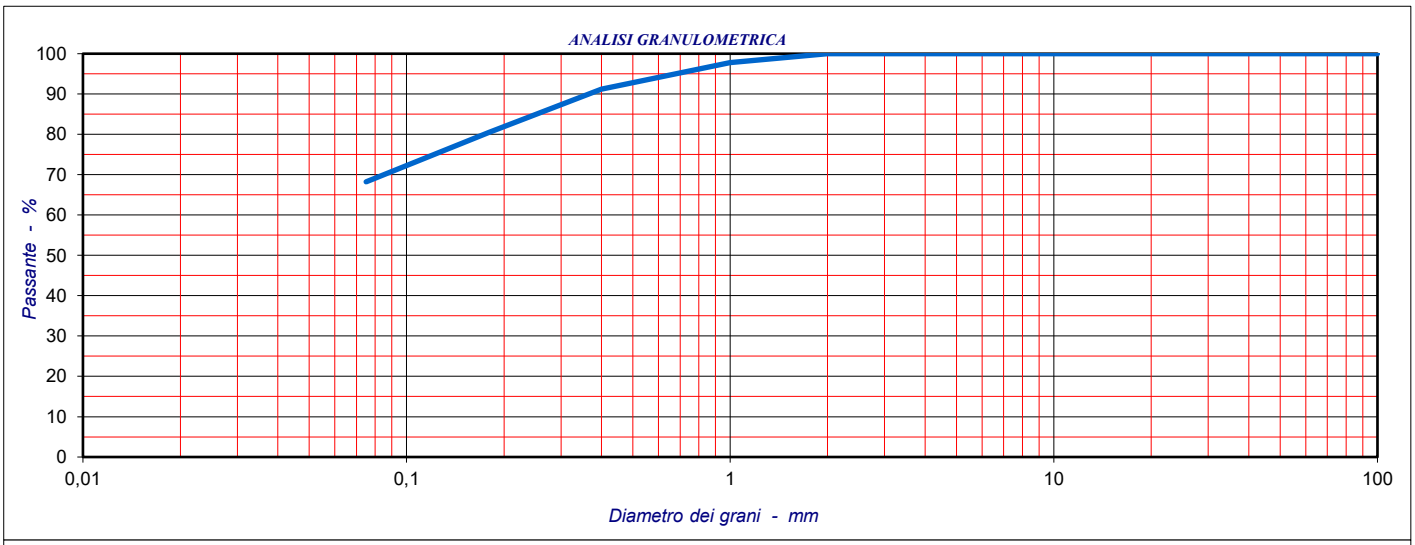
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ1 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°1*
Campionamento: A cura della committenza

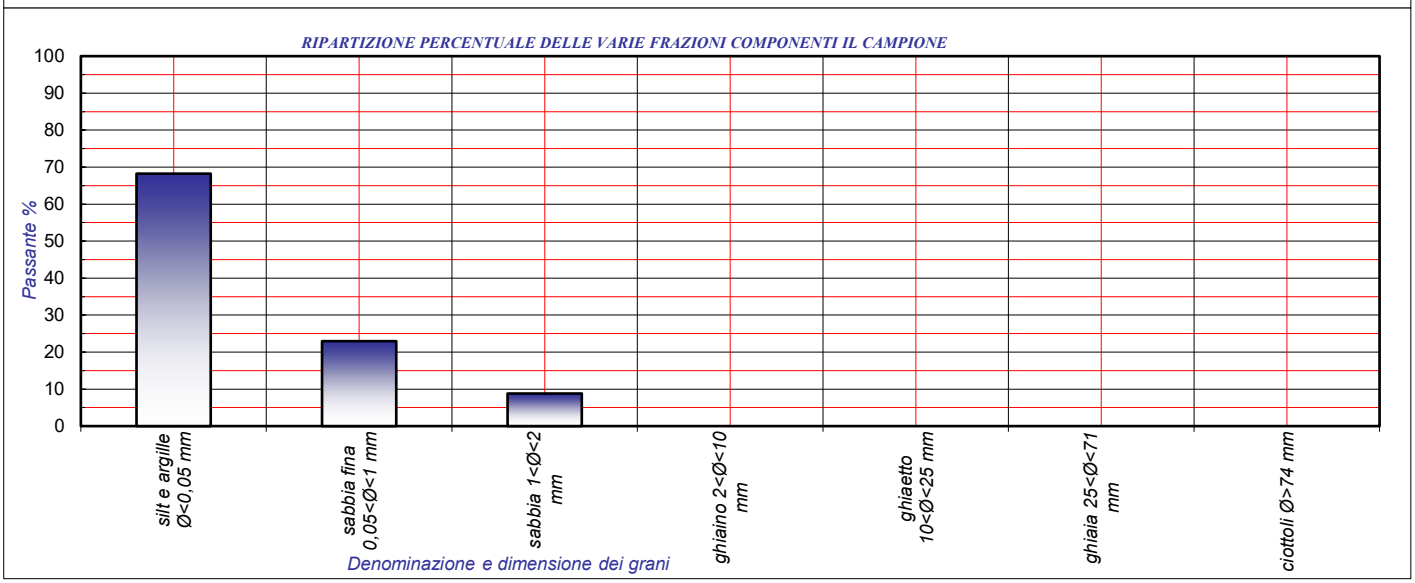
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,8	91,2	80,5	68,2

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	7
LIMITE LIQUIDO (%)	30	INDICE DI PLASTICITA	4	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 4
LIMITE PLASTICO (%)	27	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°368/21

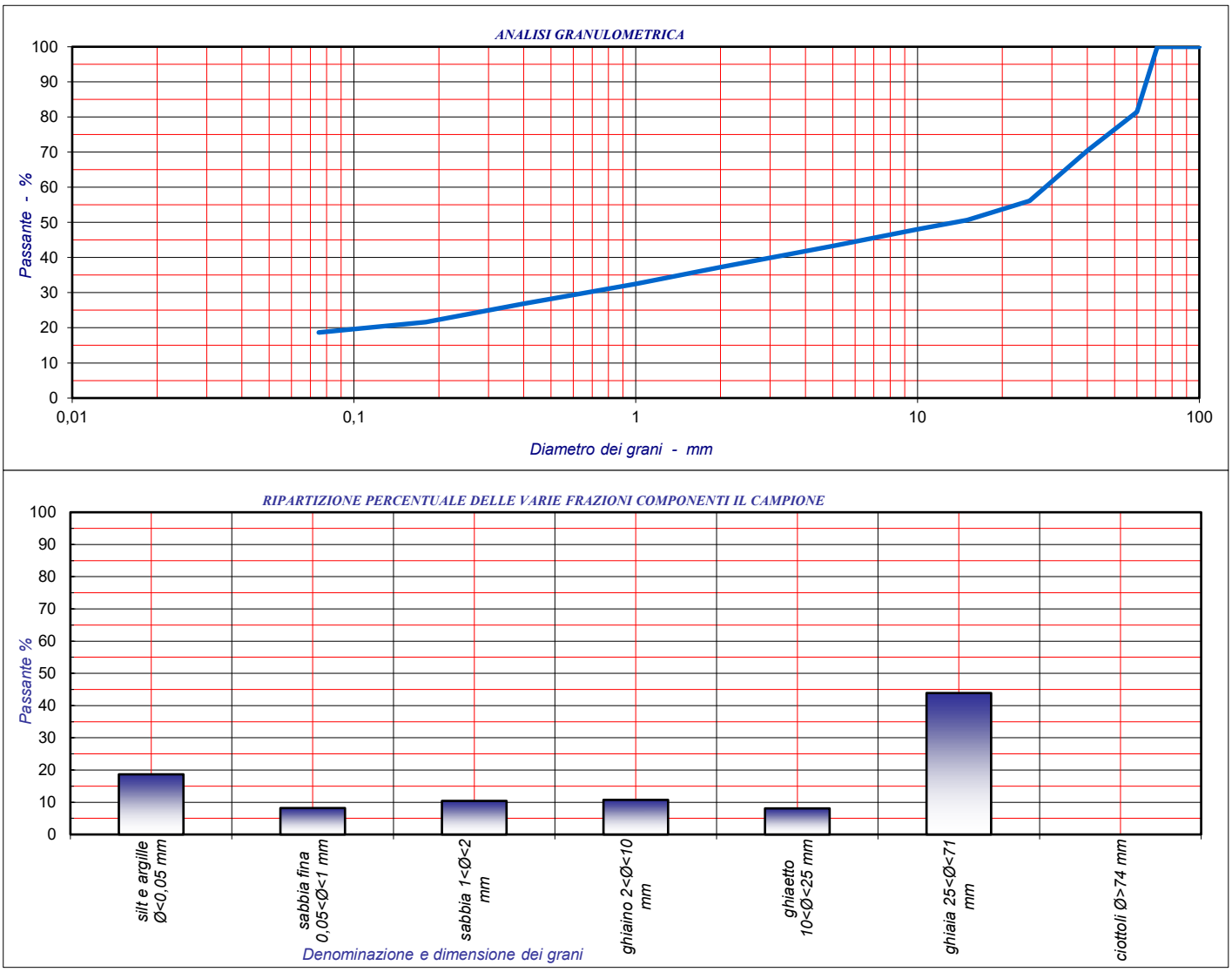
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ2 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°2*
Campionamento: A cura della committenza

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	81,5	70,4	56,1	50,7	48,0	43,3	37,3	32,5	26,9	21,6	18,7

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	0
LIMITE LIQUIDO (%)	37	INDICE DI PLASTICITA	8	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 2-4
LIMITE PLASTICO (%)	29	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°369/21

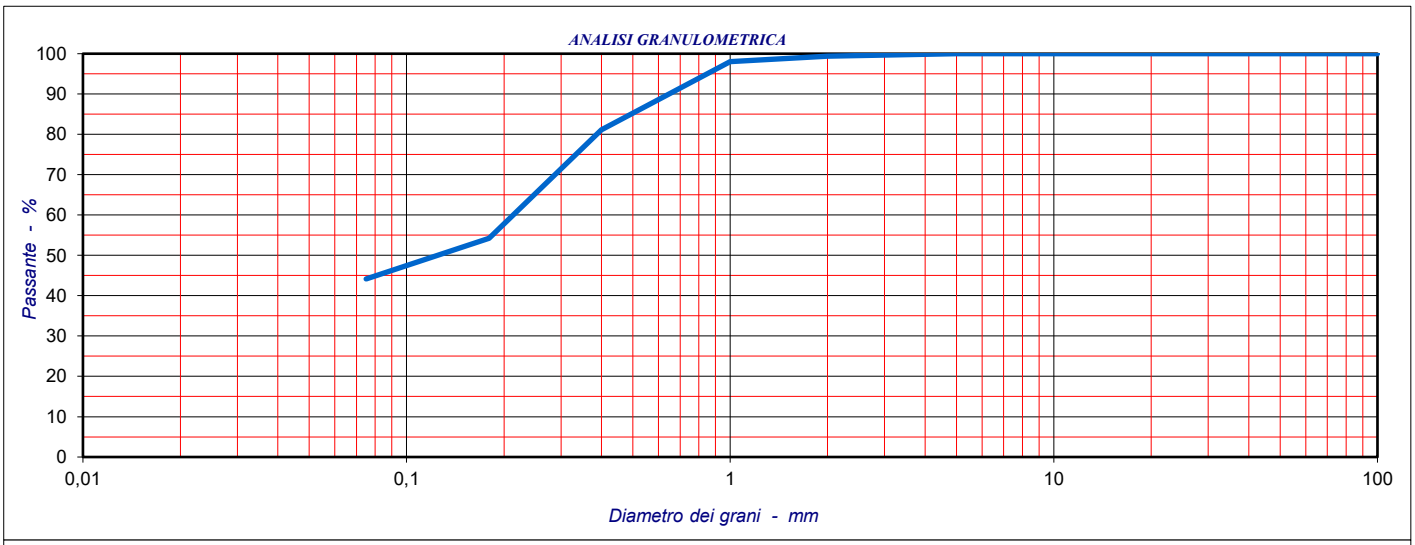
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ3 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°3*
Campionamento: A cura della committenza

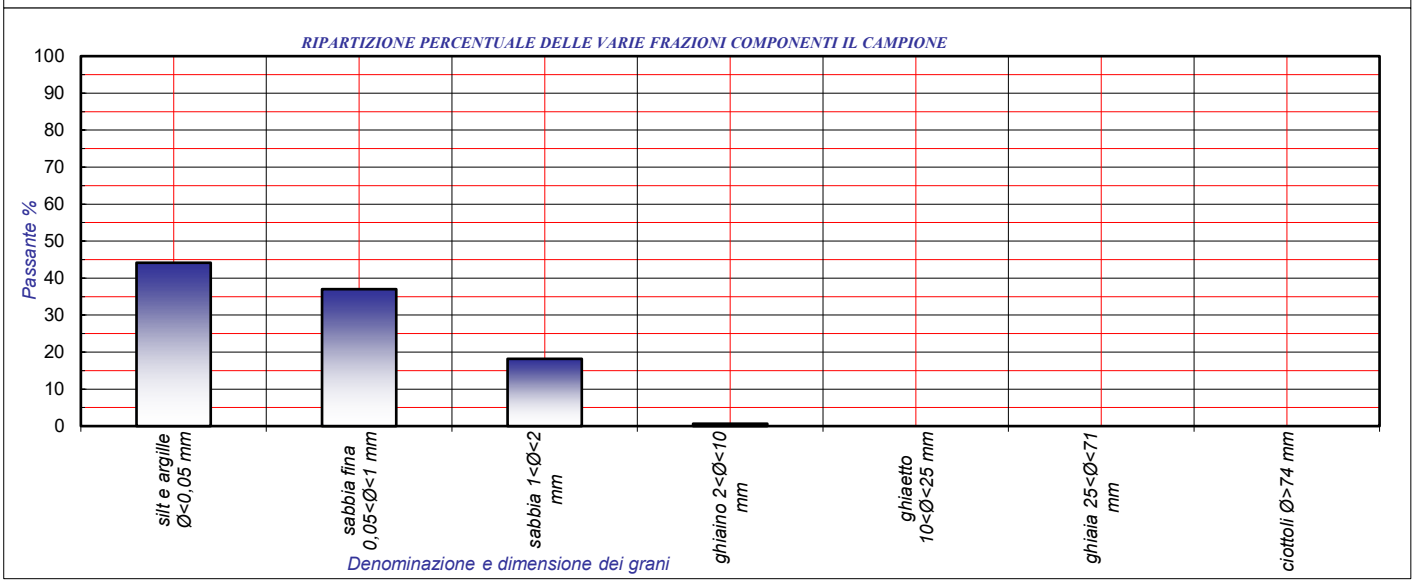
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4	98,1	81,2	54,2	44,2

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	2
LIMITE LIQUIDO (%)	n.d.	INDICE DI PLASTICITA	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 4
LIMITE PLASTICO (%)	n.d.	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°370/21

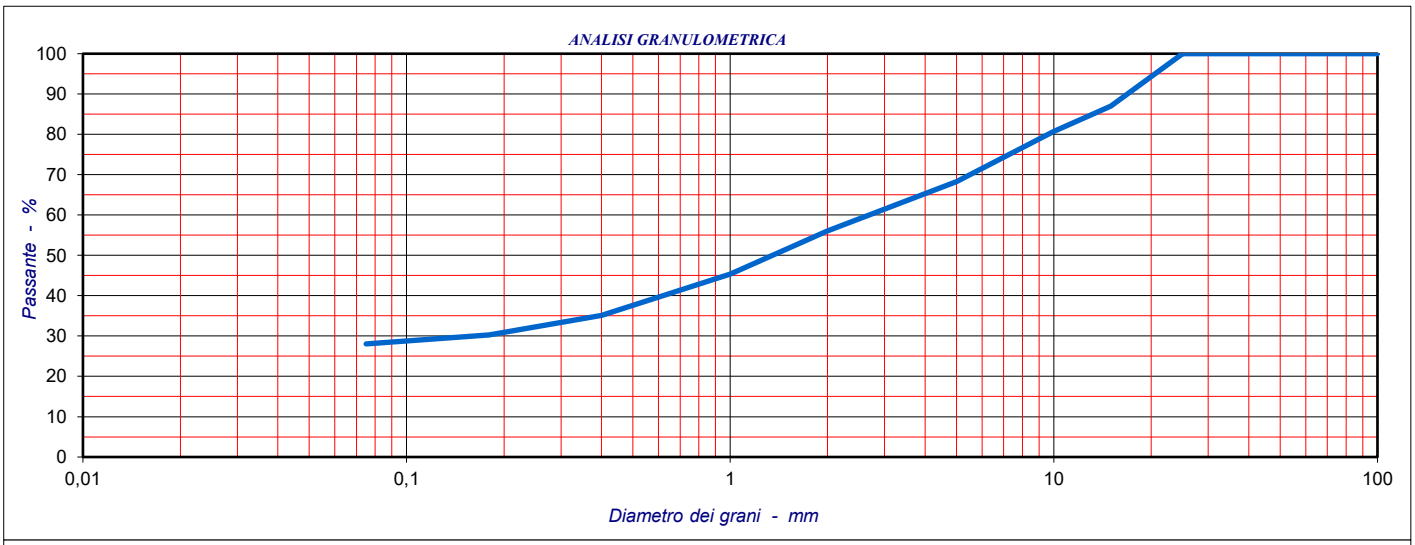
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ4 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°4*
Campionamento: A cura della committenza

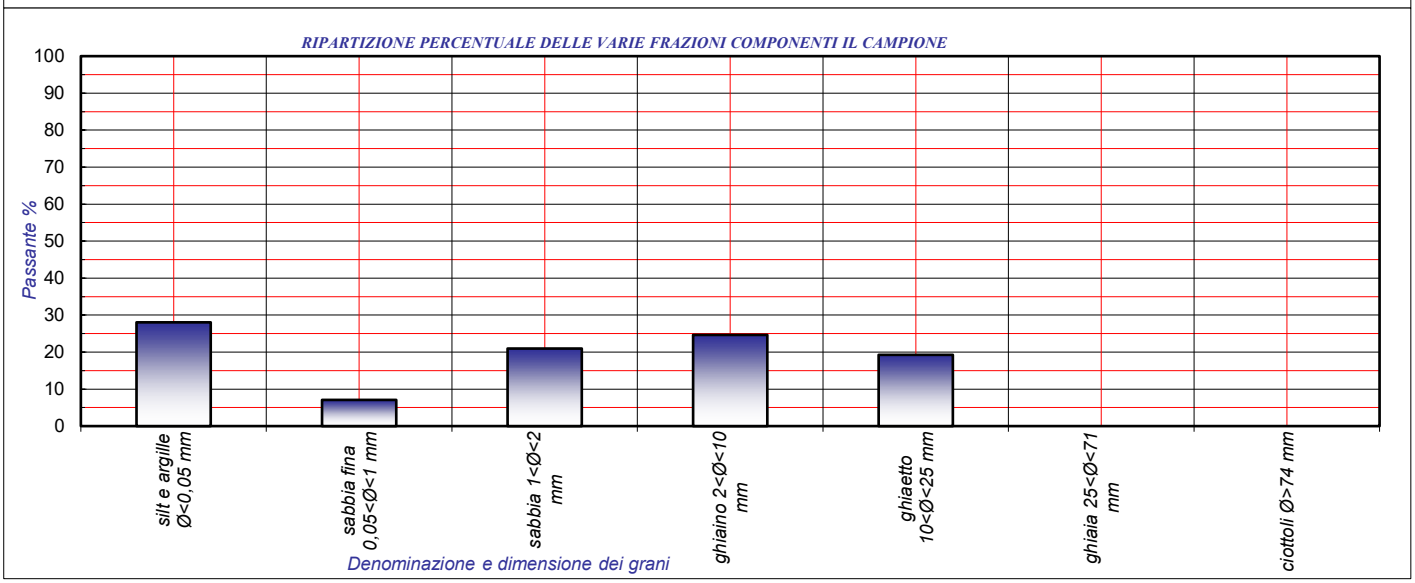
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA (CNR-B.U. n° 23)

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,0	80,7	68,3	56,1	45,3	35,1	30,3	28,0

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	2
LIMITE LIQUIDO (%)	52	INDICE DI PLASTICITA	22	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 2-7
LIMITE PLASTICO (%)	30	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°371/21

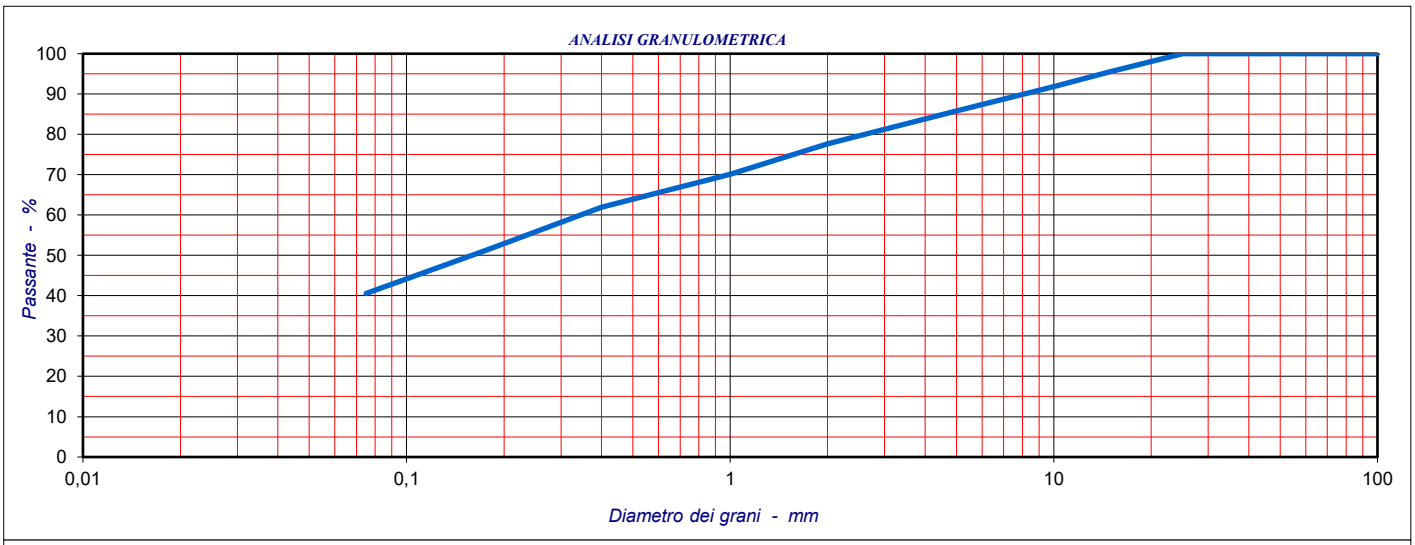
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ5 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°5*
Campionamento: A cura della committenza

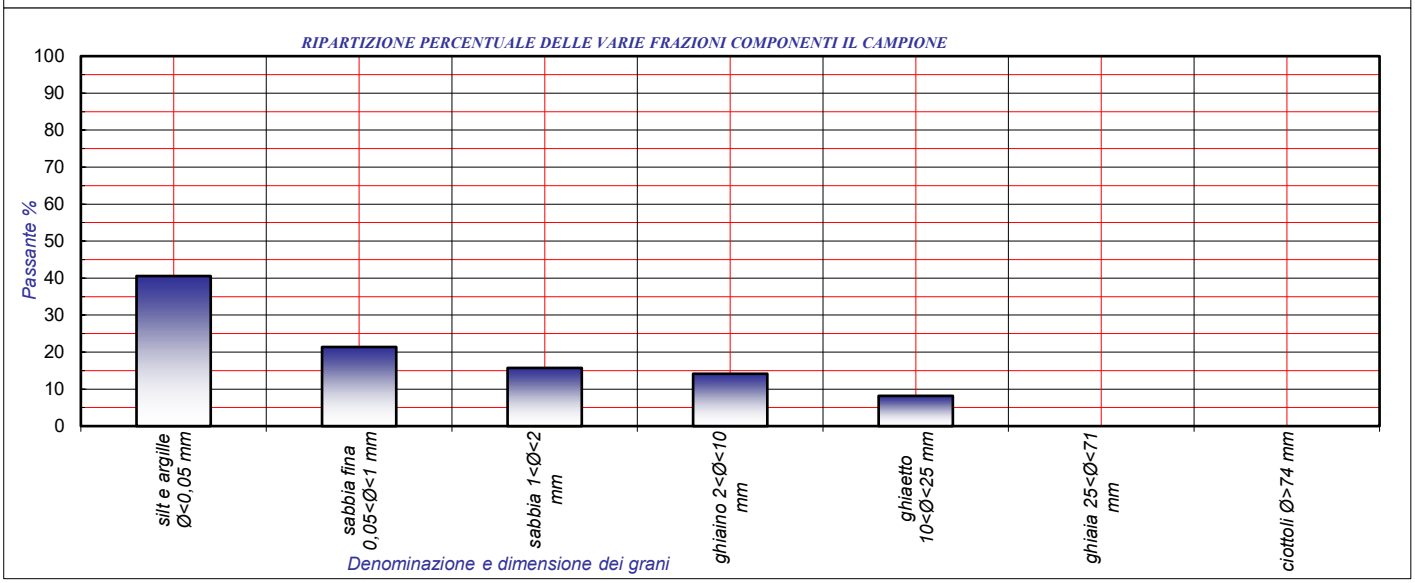
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,6	91,8	85,8	77,7	70,1	61,9	51,6	40,6

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	2
LIMITE LIQUIDO (%)	40	INDICE DI PLASTICITA	13	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 6
LIMITE PLASTICO (%)	27	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°372/21

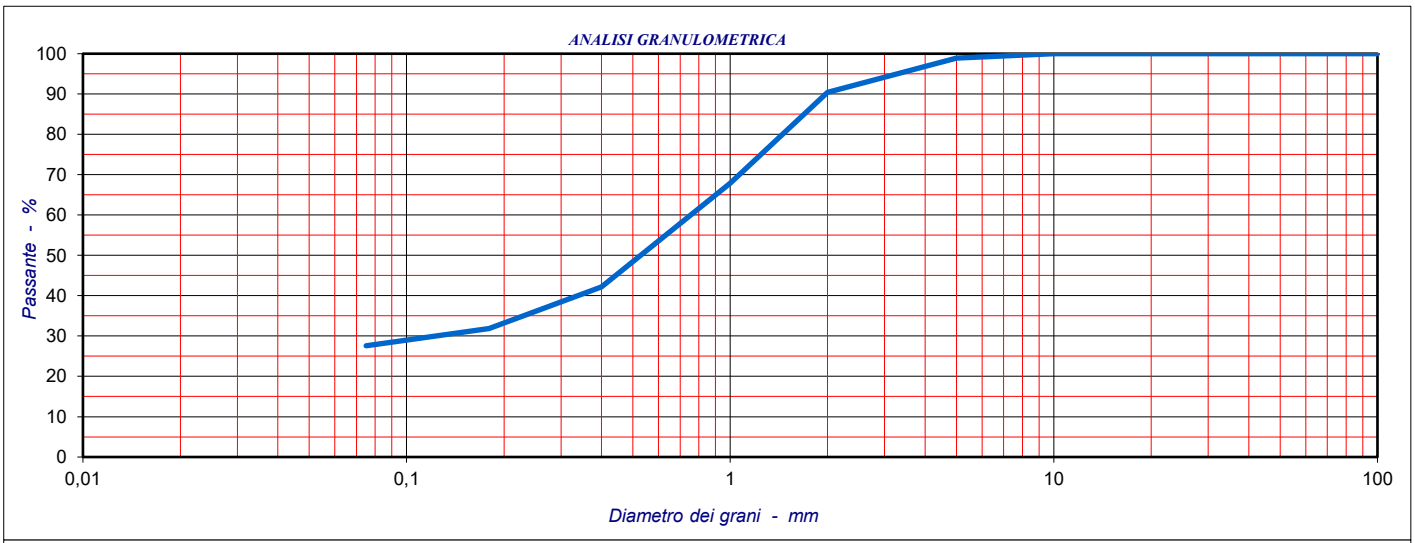
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ6 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°6*
Campionamento: A cura della committenza

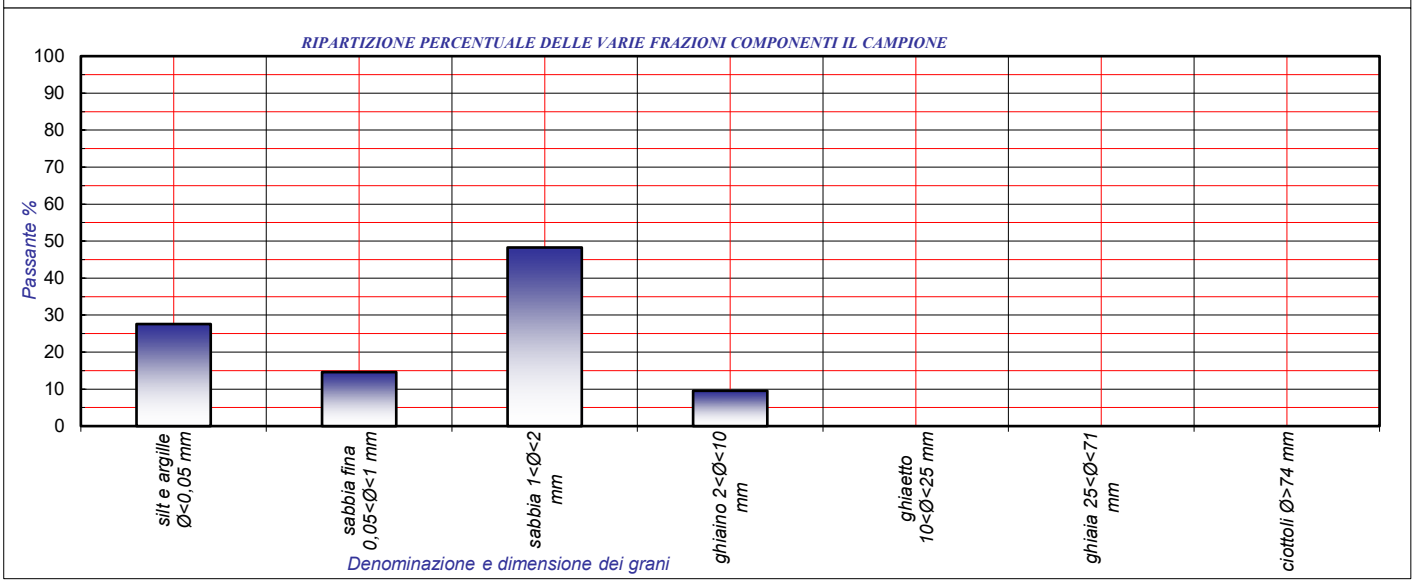
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,9	90,5	67,9	42,2	31,8	27,6

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	1
LIMITE LIQUIDO (%)	46	INDICE DI PLASTICITA	18	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 2-7
LIMITE PLASTICO (%)	28	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°373/21

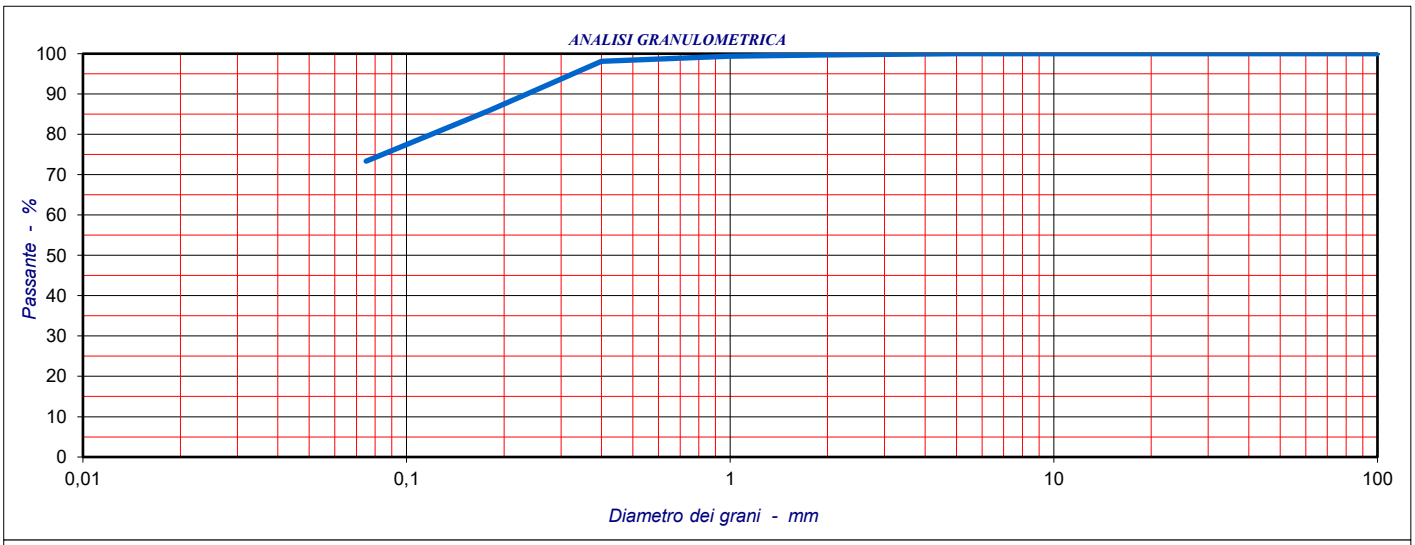
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ7 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°7*
Campionamento: A cura della committenza

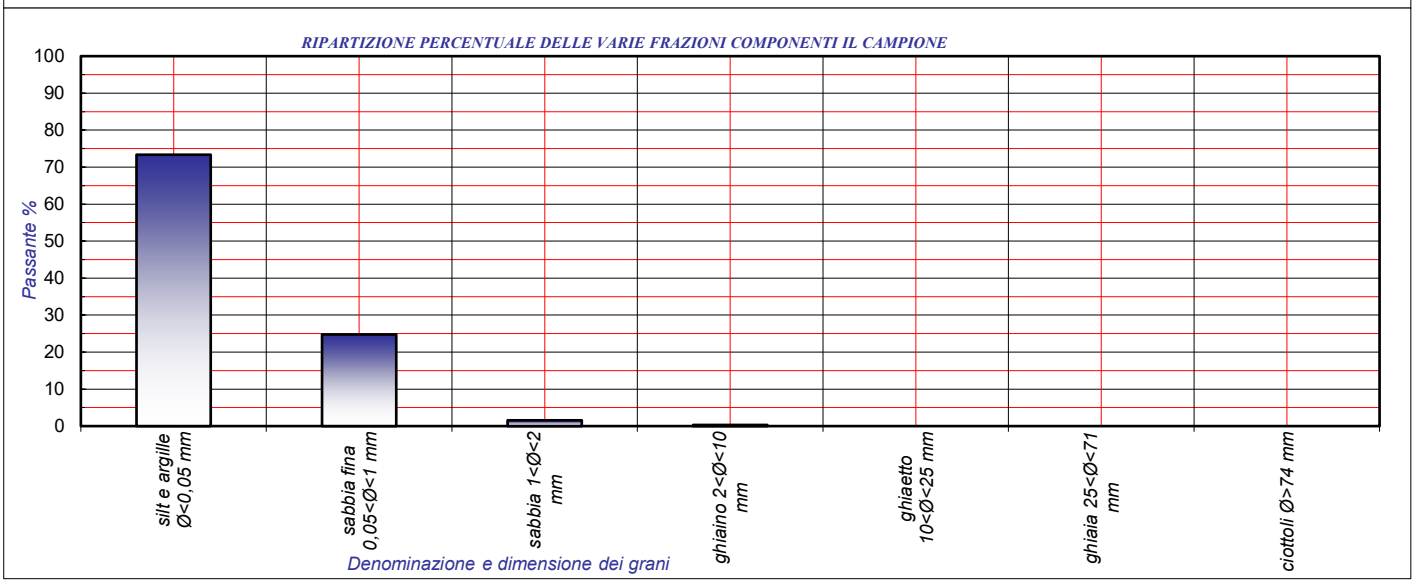
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	99,4	98,1	85,9	73,4

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	9
LIMITE LIQUIDO (%)	38	INDICE DI PLASTICITA	13	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 6
LIMITE PLASTICO (%)	25	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°374/21

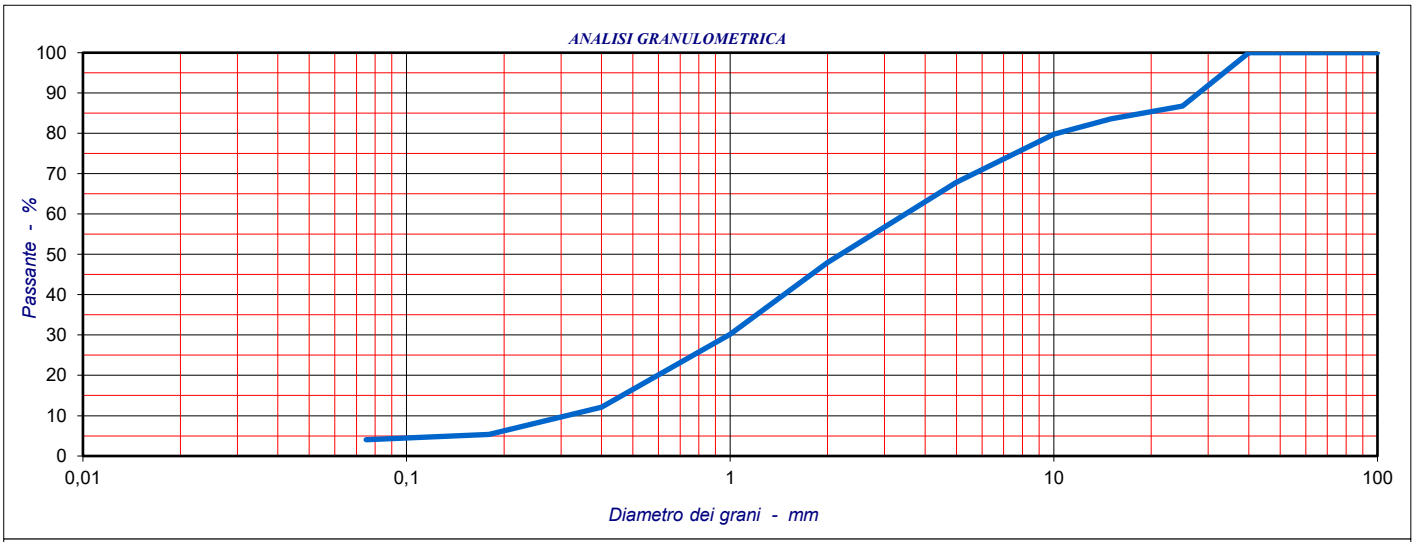
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ8 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°8*
Campionamento: A cura della committenza

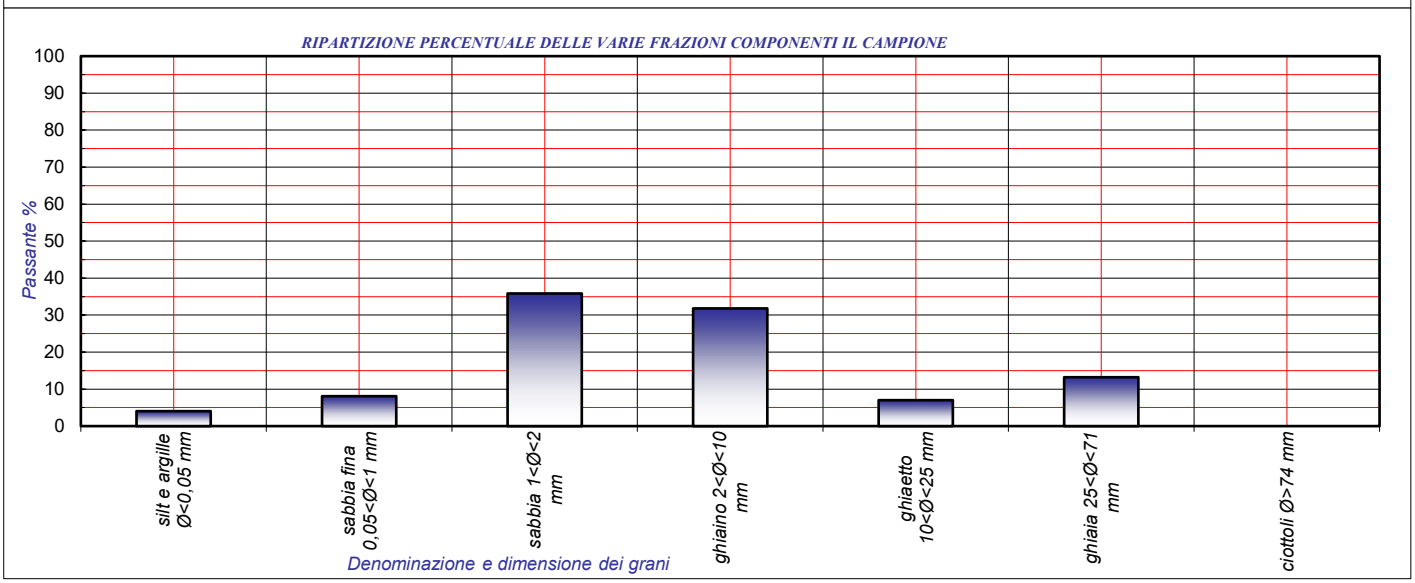
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	86,8	83,6	79,8	67,9	48,0	30,2	12,1	5,4	4,0

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	0
LIMITE LIQUIDO (%)	46	INDICE DI PLASTICITA	23	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 2-7
LIMITE PLASTICO (%)	23	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°375/21

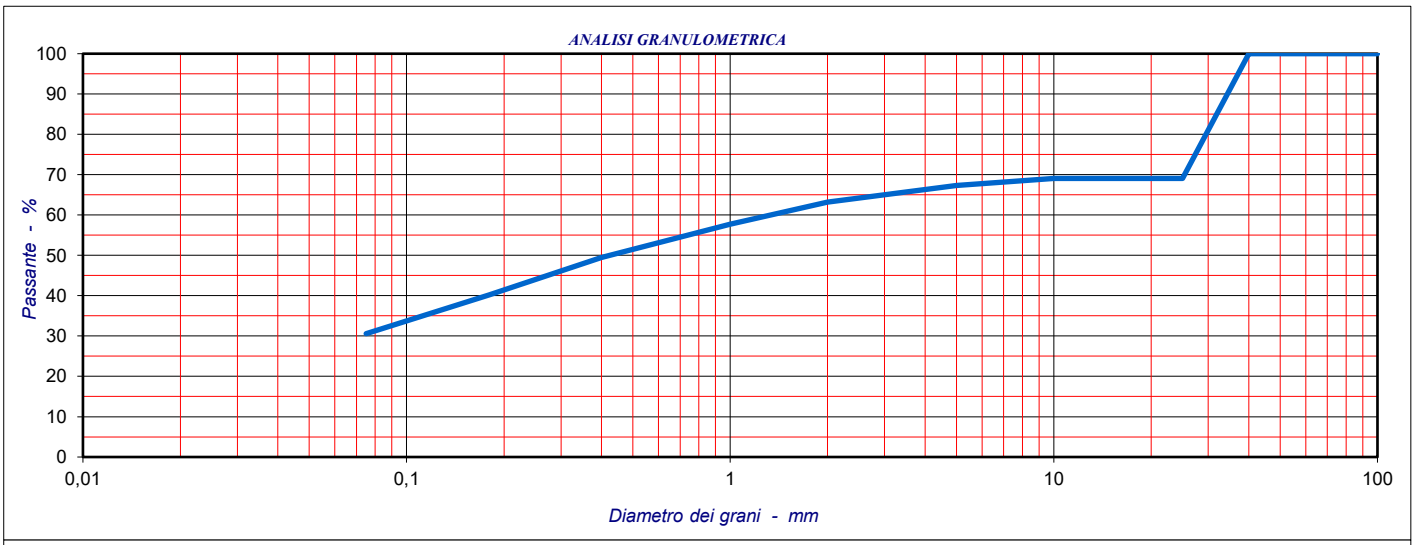
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ9 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°9*
Campionamento: A cura della committenza

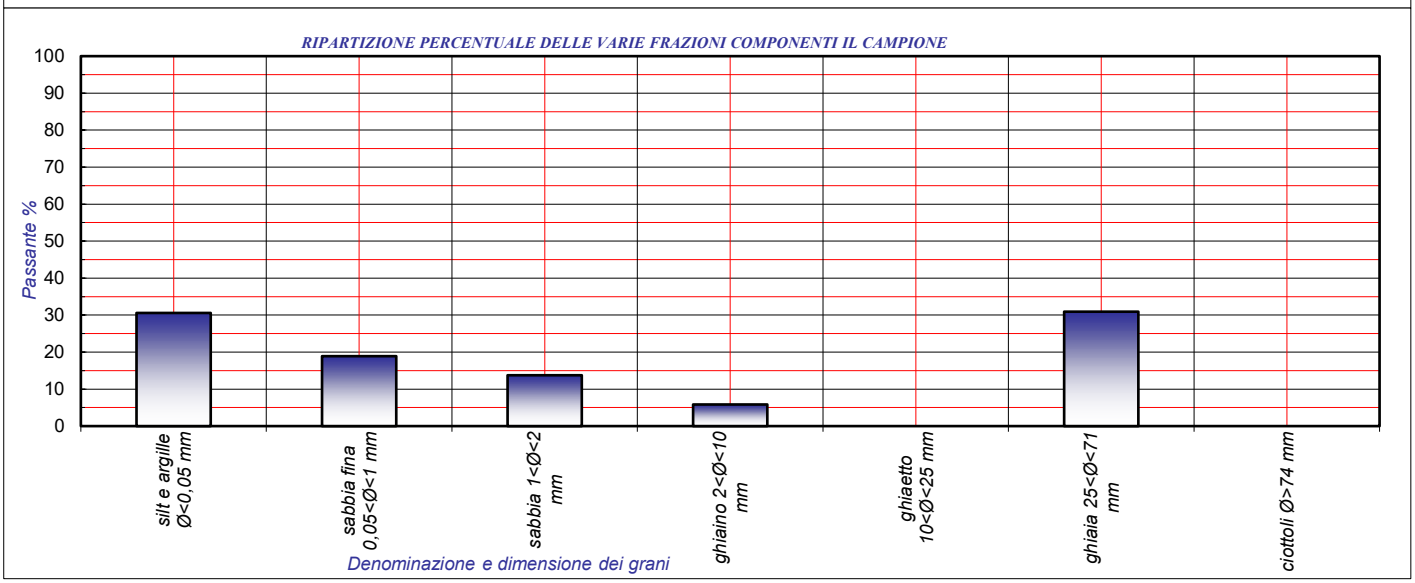
CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	69,1	69,1	69,1	67,4	63,2	57,7	49,5	40,2	30,6

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	1
LIMITE LIQUIDO (%)	40	INDICE DI PLASTICITA	19	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 2-7
LIMITE PLASTICO (%)	21	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.





Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it

Denominazione prova:
Analisi granulometrica
CNR UNI 10006

certificato n°376/21

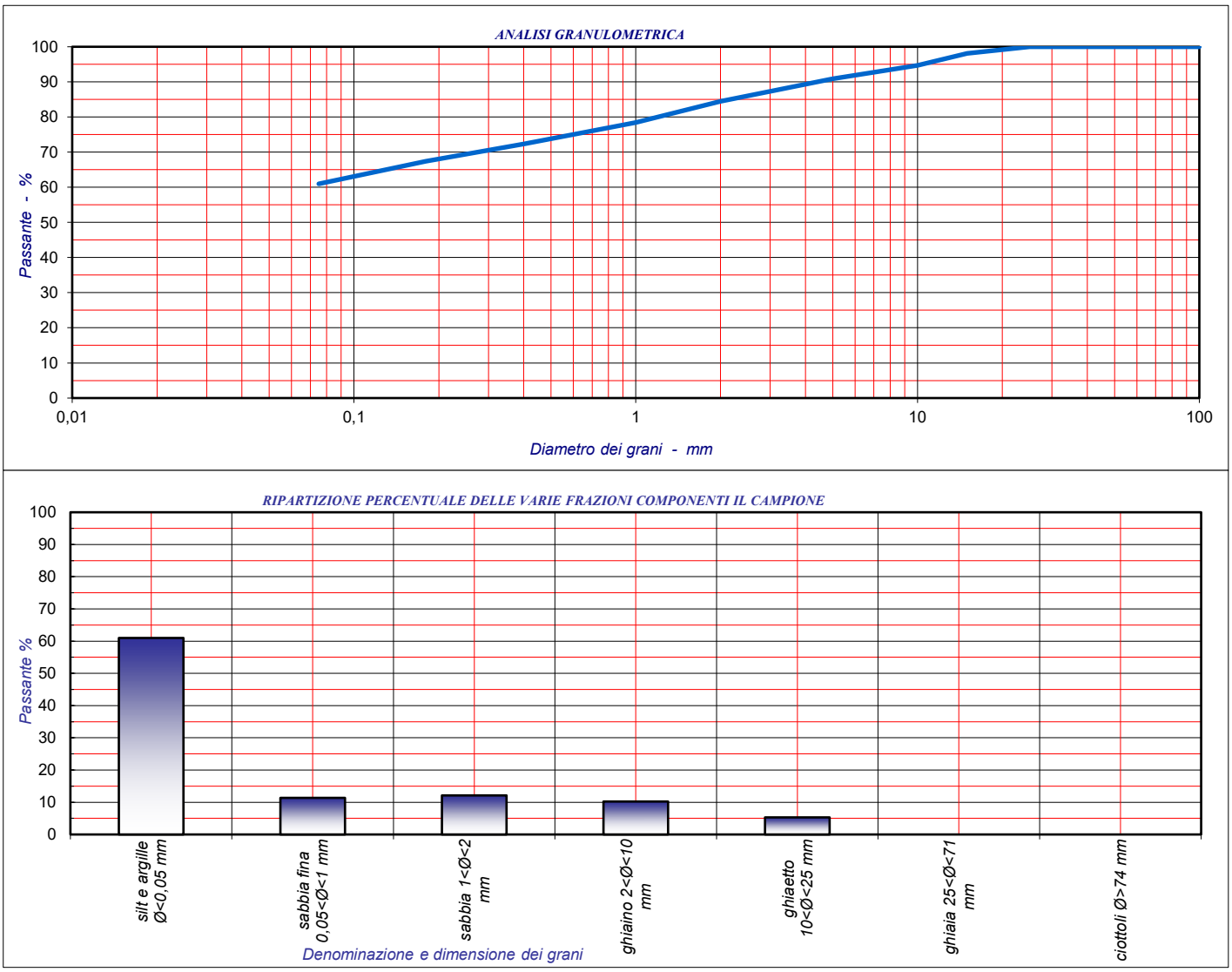
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ10 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°10*
Campionamento: A cura della committenza

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

ANALISI GRANULOMETRICA *(CNR-B.U. n° 23)*

Diametro dei grani	100	71	60	40	25	15	10	5	2	1	0,4	0,18	0,075
Passante (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	94,7	90,9	84,5	78,4	72,3	67,4	61,0

LIMITI ED INDICI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)				**INDICE DI GRUPPO** (CNR-UNI 10006)	11
LIMITE LIQUIDO (%)	43	INDICE DI PLASTICITA	25	**CLASSIFICAZIONE** (CNR-UNI 10006)	A 7-6
LIMITE PLASTICO (%)	18	LIMITE DI RITIRO (%)	n.d.	**CLASSIFICAZIONE** (U.S.C.S.)	n.d.



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 06 luglio 2021

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 381/21

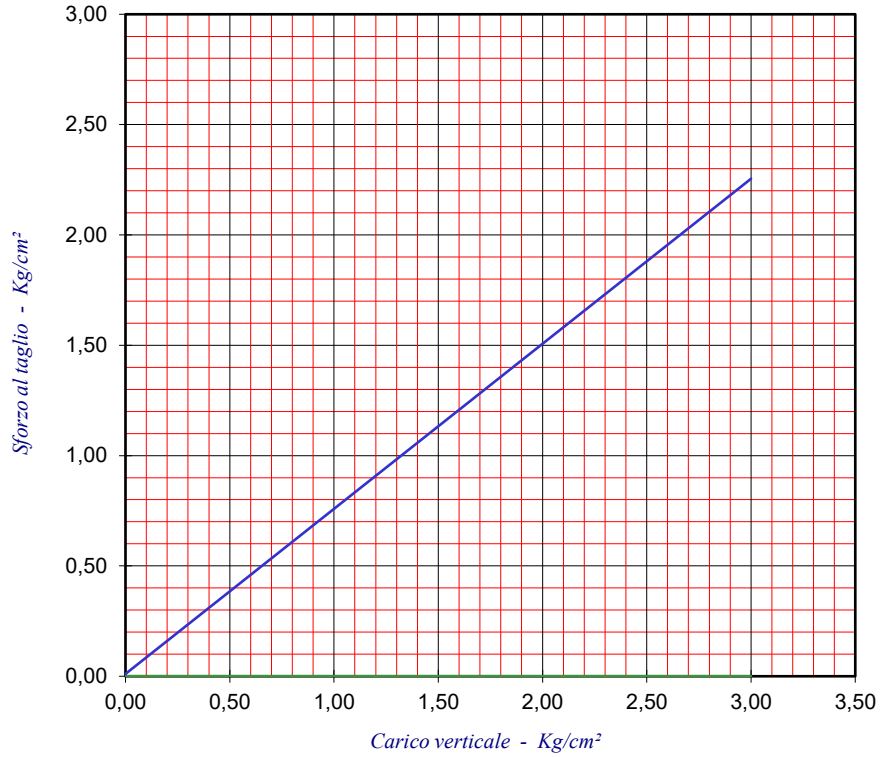
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
*Campione: Denominato "**PZ1 C1**" campionato dal pozzetto geognostico n°1*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*	*CONSOLIDAZIONE*		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*12,08*	*12,08*	*12,08*	*Carico verticale*	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,910*	*1,929*	*1,924*	*Variazione di volume*	*%*	*2,43*	*3,03*	*3,83*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,679*	*1,696*	*1,692*	*Peso di volume secco*	*g/cm³*	*1,721*	*1,749*	*1,759*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,655*	*2,655*	*2,655*	*Indice dei vuoti*	*e*	*0,542*	*0,518*	*0,509*
Grado di saturazione	*%*	*62,81*	*64,51*	*64,11*	*Peso di volume saturo*	*g/cm³*	*2,073*	*2,090*	*2,097*
Indice dei vuoti	*e*	*0,581*	*0,566*	*0,569*	*ROTTURA*		*1*	*2*	*3*
			MAX	*RES*	*Carico verticale*	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***36,80***	*n.d.*	*Scorrimento orizzontale*	*%*	*5,20*	*7,95*	*11,18*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,02***	*n.d.*	*Sforzo al taglio massimo*	*Kg/cm²*	*0,744*	*1,536*	*2,240*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 382/21

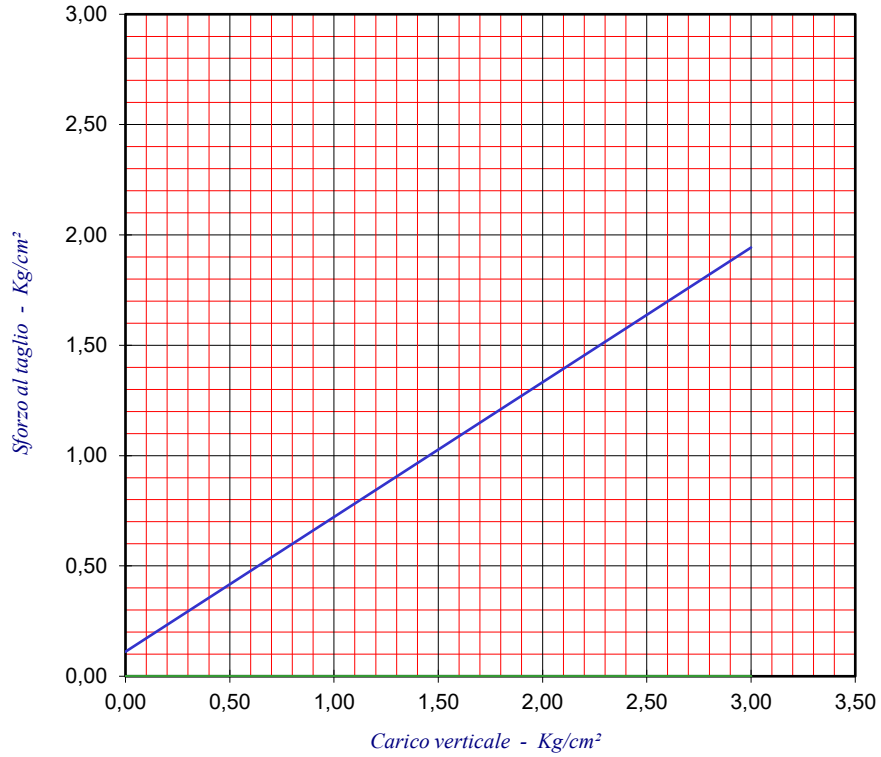
Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
*Campione: Denominato " **PZ2 C1** " campionato dal pozzetto geognostico n°2*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*	*CONSOLIDAZIONE*		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*16,00*	*16,00*	*16,00*	*Carico verticale*	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,893*	*1,876*	*1,881*	*Variazione di volume*	*%*	*1,43*	*1,70*	*2,40*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,590*	*1,576*	*1,580*	*Peso di volume secco*	*g/cm³*	*1,614*	*1,604*	*1,619*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,643*	*2,643*	*2,643*	*Indice dei vuoti*	*e*	*0,638*	*0,648*	*0,633*
Grado di saturazione	*%*	*76,05*	*74,37*	*74,82*	*Peso di volume saturo*	*g/cm³*	*2,003*	*1,997*	*2,006*
Indice dei vuoti	*e*	*0,662*	*0,677*	*0,673*	*ROTTURA*		*1*	*2*	*3*
			MAX	*RES*	*Carico verticale*	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***31,40***	*n.d.*	*Scorrimento orizzontale*	*%*	*8,08*	*8,97*	*11,87*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,11***	*n.d.*	*Sforzo al taglio massimo*	*Kg/cm²*	*0,730*	*1,316*	*1,951*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 383/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ3 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°3*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

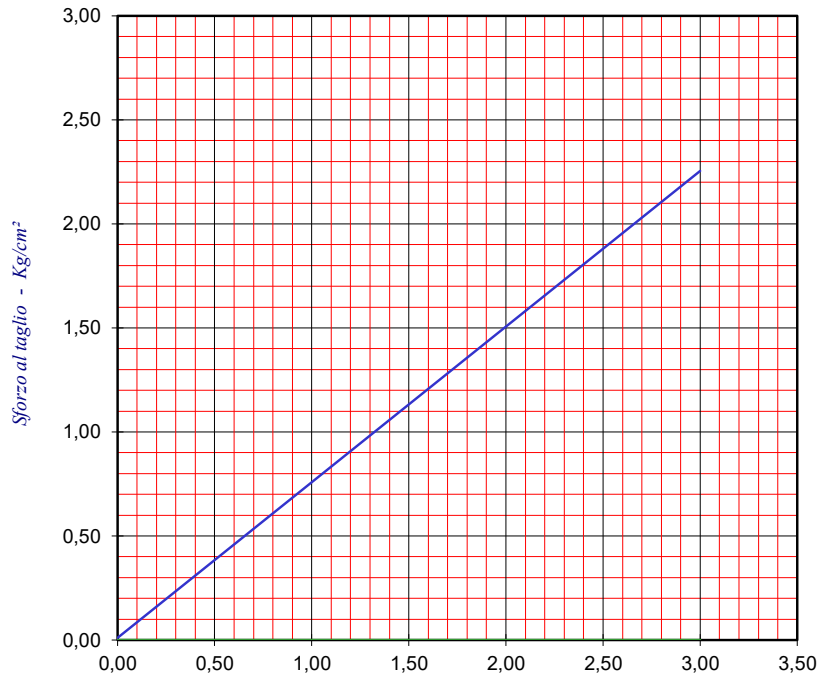
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*9,96*	*9,96*	*9,96*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,810*	*1,838*	*1,791*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,629*	*1,655*	*1,613*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,604*	*2,604*	*2,604*
Grado di saturazione	*%*	*48,17*	*50,21*	*46,89*
Indice dei vuoti	*e*	*0,598*	*0,574*	*0,614*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***36,80***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,02***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,07*	*1,80*	*2,70*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,647*	*1,685*	*1,658*
Indice dei vuoti	*e*	*0,581*	*0,545*	*0,571*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*2,015*	*2,038*	*2,021*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*3,40*	*6,57*	*7,02*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,744*	*1,536*	*2,240*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 384/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
*Campione: Denominato " **PZ4 C1** " campionato dal pozzetto geognostico n°4*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

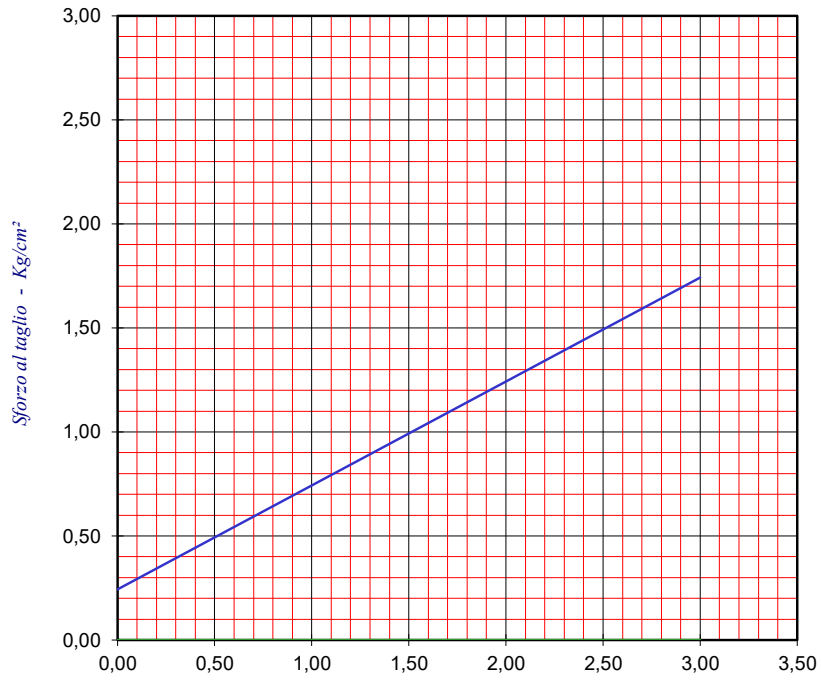
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*13,54*	*13,54*	*13,54*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,758*	*1,743*	*1,756*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,520*	*1,507*	*1,519*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,611*	*2,611*	*2,611*
Grado di saturazione	*%*	*56,99*	*55,85*	*56,85*
Indice dei vuoti	*e*	*0,718*	*0,732*	*0,719*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***26,54***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,24***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,83*	*2,93*	*3,73*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,549*	*1,553*	*1,577*
Indice dei vuoti	*e*	*0,686*	*0,681*	*0,655*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*1,955*	*1,958*	*1,973*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*16,67*	*16,67*	*16,67*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,740*	*1,249*	*1,739*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 385/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ5 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°5*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

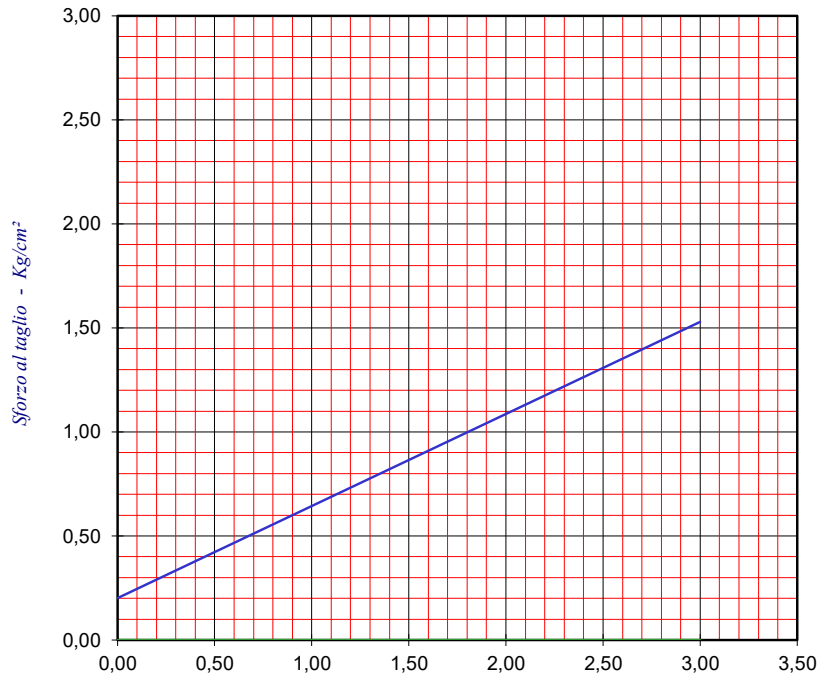
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*11,90*	*11,90*	*11,90*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,796*	*1,807*	*1,819*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,582*	*1,592*	*1,602*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,672*	*2,672*	*2,672*
Grado di saturazione	*%*	*52,43*	*53,22*	*54,08*
Indice dei vuoti	*e*	*0,689*	*0,678*	*0,668*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***23,87***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,20***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,53*	*3,20*	*4,80*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,607*	*1,645*	*1,683*
Indice dei vuoti	*e*	*0,663*	*0,625*	*0,588*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*2,006*	*2,029*	*2,053*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*6,38*	*6,87*	*9,80*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,608*	*1,159*	*1,493*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 386/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ6 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°6*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

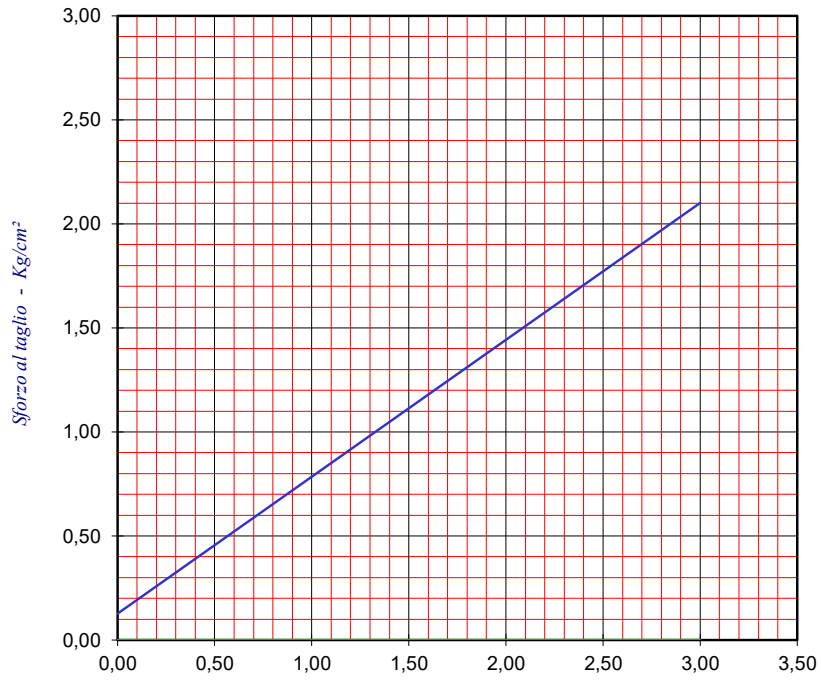
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*15,09*	*15,09*	*15,09*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,856*	*1,876*	*1,858*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,576*	*1,593*	*1,578*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,583*	*2,583*	*2,583*
Grado di saturazione	*%*	*71,81*	*73,87*	*72,08*
Indice dei vuoti	*e*	*0,639*	*0,621*	*0,637*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***33,34***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,13***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,57*	*2,37*	*3,13*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,601*	*1,632*	*1,629*
Indice dei vuoti	*e*	*0,614*	*0,583*	*0,586*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*1,981*	*2,000*	*1,998*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*9,80*	*12,02*	*16,53*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,816*	*1,381*	*2,132*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 387/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ7 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°7*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

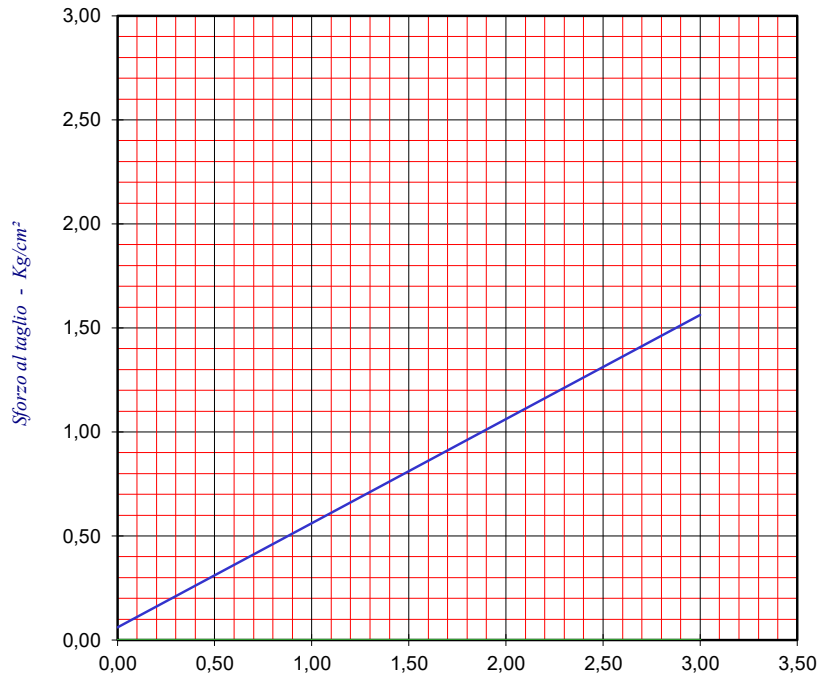
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*18,13*	*18,13*	*18,13*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,896*	*1,911*	*1,918*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,552*	*1,565*	*1,570*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,583*	*2,583*	*2,583*
Grado di saturazione	*%*	*86,16*	*87,88*	*88,67*
Indice dei vuoti	*e*	*0,664*	*0,651*	*0,645*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***26,59***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,06***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,83*	*2,97*	*3,70*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,581*	*1,612*	*1,630*
Indice dei vuoti	*e*	*0,633*	*0,602*	*0,584*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*1,969*	*1,988*	*1,999*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*3,87*	*8,08*	*10,20*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,545*	*1,095*	*1,546*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 388/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ8 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°8*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

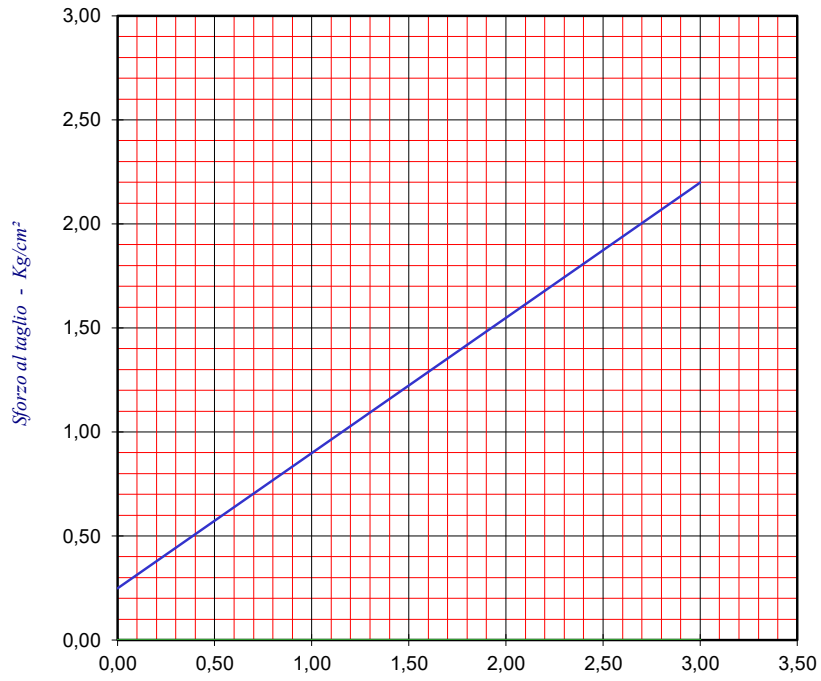
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*9,09*	*9,09*	*9,09*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,896*	*1,911*	*1,918*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,724*	*1,737*	*1,744*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,583*	*2,583*	*2,583*
Grado di saturazione	*%*	*51,80*	*53,04*	*53,62*
Indice dei vuoti	*e*	*0,498*	*0,487*	*0,481*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***33,02***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,25***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,07*	*2,03*	*4,03*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,742*	*1,773*	*1,817*
Indice dei vuoti	*e*	*0,482*	*0,456*	*0,422*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*2,068*	*2,087*	*2,113*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*7,95*	*8,68*	*13,05*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,857*	*1,632*	*2,157*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 389/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ9 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°9*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

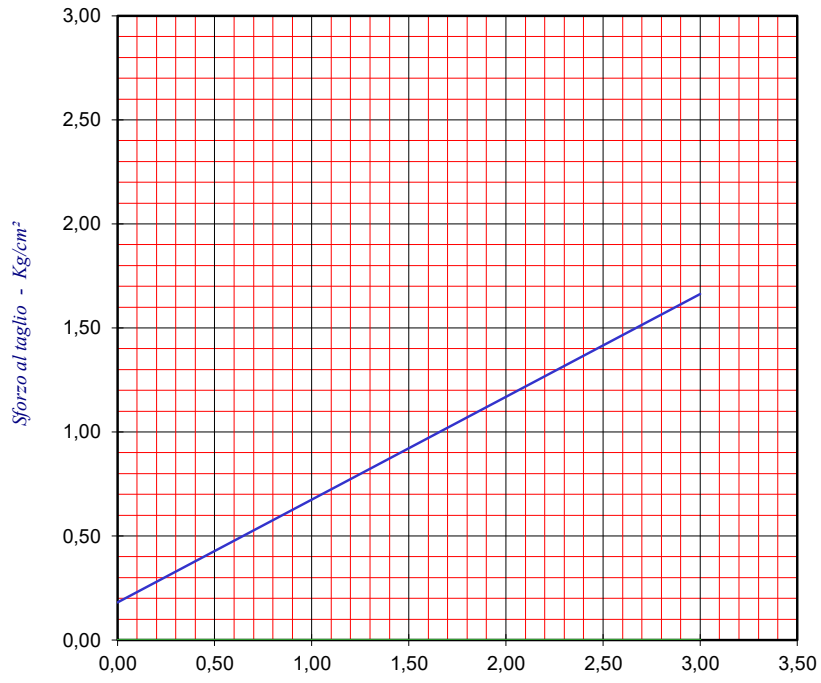
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*15,54*	*15,54*	*15,54*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,910*	*1,949*	*1,939*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,613*	*1,646*	*1,638*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,641*	*2,641*	*2,641*
Grado di saturazione	*%*	*76,29*	*80,43*	*79,34*
Indice dei vuoti	*e*	*0,637*	*0,604*	*0,613*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***26,29***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,18***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*1,87*	*2,23*	*2,70*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,644*	*1,684*	*1,683*
Indice dei vuoti	*e*	*0,607*	*0,569*	*0,569*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*2,021*	*2,046*	*2,046*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*4,70*	*6,25*	*8,68*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,673*	*1,173*	*1,661*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

ENGINEERING SERVICE
International promoter manager
NUORO - ITALY

ENGINEERING SERVICE
Divisione Laboratorio Geotecnico
Via Ballero 85 - 08100 Nuoro
tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscali.it

Denominazione prova:
Prova di taglio Diretto
ASTM D3080

certificato n° 390/21

Committente: Geol. Giambattista Cadau incaricato dal C.B.O.
Progetto: Impermeabilizzazione del canale adduttore Destra Tirso
Campione: Denominato " ***PZ10 C1*** *" campionato dal pozzetto geognostico n°10*
Campionamento: A cura della committenza
Note: Campione ricostruito sul passante al setaccio con maglia 2 mm e consolidato per 24 ore

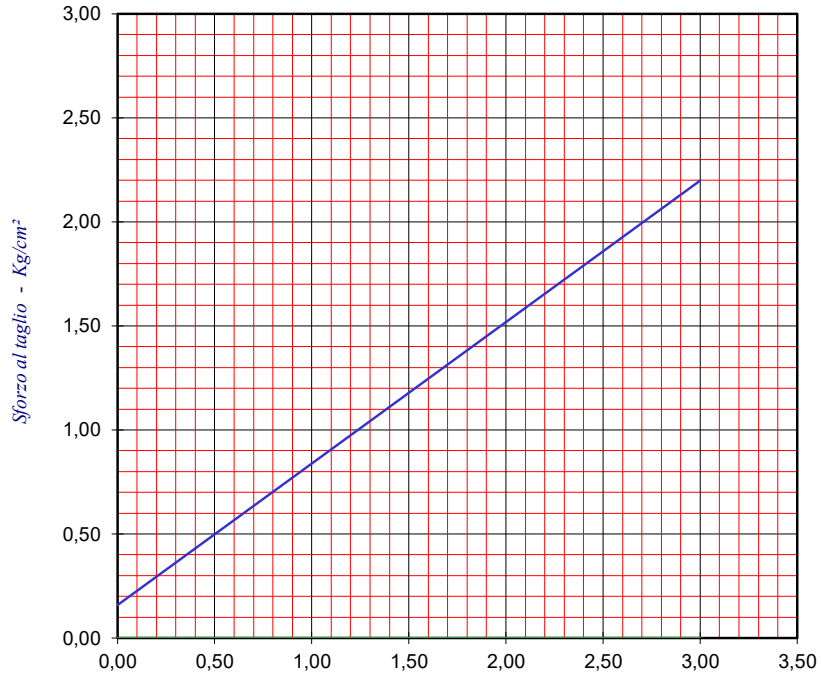
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Velocità 0,001 mm/min	*Superfice scatola cm² 36*

CARATTERISTICHE INIZIALI		*1*	*2*	*3*
Umidità naturale	*%*	*20,25*	*20,25*	*20,25*
Peso di volume iniziale	*g/cm³*	*1,871*	*1,862*	*1,881*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,492*	*1,485*	*1,500*
Peso specifico dei grani	*g/cm³*	*2,627*	*2,627*	*2,627*
Grado di saturazione	*%*	*87,65*	*86,74*	*88,80*
Indice dei vuoti	*e*	*0,761*	*0,769*	*0,751*
			MAX	*RES*
ANGOLO DI ATTRITO		*° sess.*	***34,22***	*n.d.*
COESIONE		*Kg/cm²*	***0,16***	*n.d.*

CONSOLIDAZIONE		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Variazione di volume	*%*	*2,43*	*3,74*	*5,17*
Peso di volume secco	*g/cm³*	*1,529*	*1,543*	*1,582*
Indice dei vuoti	*e*	*0,718*	*0,703*	*0,660*
Peso di volume saturo	*g/cm³*	*1,947*	*1,956*	*1,980*
ROTTURA		*1*	*2*	*3*
Carico verticale	*Kg/cm²*	*1,00*	*2,00*	*3,00*
Scorrimento orizzontale	*%*	*16,67*	*16,67*	*16,67*
Sforzo al taglio massimo	*Kg/cm²*	*0,821*	*1,554*	*2,181*

ANGOLO DI ATTRITO E COESIONE



Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro, 08/07/21

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 445 Dott. Geol. DAVIDE BONEDDU

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova solo se in possesso di formale autorizzazione del Direttore del Laboratorio. Sono comunque vietate le riproduzioni parziali.

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM30IT SA**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DM30IT SA

PESO MASSA BATTENTE	M	= 30,00 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	= 0,20 m	
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	= 13,00 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	= 35,70 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A	= 10,00 cm²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	= 60 °	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1,00 m	
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 3,00 kg	
PROF. GIUNZIONE 1ª ASTA	P1	= 0,80 m	
AVANZAMENTO PUNTA	δ	= 0,10 m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	= N(10) $\Rightarrow$	Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO		
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	= (MH)/(Aδ) = 6,00 kg/cm²	(prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	βt	= Q/Qspt = 0,766	(teoricamente : Nspt = βt N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$\mathbf{Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm² = 0.098067 MPa 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm² 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	10	39,1	1	1,90 - 2,00	4	13,8	3
0,10 - 0,20	7	27,4	1	2,00 - 2,10	4	13,8	3
0,20 - 0,30	3	11,7	1	2,10 - 2,20	3	10,4	3
0,30 - 0,40	1	3,9	1	2,20 - 2,30	3	10,4	3
0,40 - 0,50	1	3,9	1	2,30 - 2,40	2	6,9	3
0,50 - 0,60	1	3,9	1	2,40 - 2,50	3	10,4	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,50 - 2,60	3	10,4	3
0,70 - 0,80	3	11,7	1	2,60 - 2,70	2	6,9	3
0,80 - 0,90	3	11,0	2	2,70 - 2,80	2	6,9	3
0,90 - 1,00	2	7,3	2	2,80 - 2,90	2	6,5	4
1,00 - 1,10	4	14,7	2	2,90 - 3,00	2	6,5	4
1,10 - 1,20	4	14,7	2	3,00 - 3,10	2	6,5	4
1,20 - 1,30	5	18,4	2	3,10 - 3,20	2	6,5	4
1,30 - 1,40	5	18,4	2	3,20 - 3,30	2	6,5	4
1,40 - 1,50	6	22,0	2	3,30 - 3,40	2	6,5	4
1,50 - 1,60	6	22,0	2	3,40 - 3,50	2	6,5	4
1,60 - 1,70	5	18,4	2	3,50 - 3,60	5	16,4	4
1,70 - 1,80	4	14,7	2	3,60 - 3,70	50	163,6	4
1,80 - 1,90	3	10,4	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 2
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	37	144,8	1	2,20 - 2,30	7	24,2	3
0,10 - 0,20	17	66,5	1	2,30 - 2,40	6	20,8	3
0,20 - 0,30	9	35,2	1	2,40 - 2,50	5	17,3	3
0,30 - 0,40	7	27,4	1	2,50 - 2,60	6	20,8	3
0,40 - 0,50	5	19,6	1	2,60 - 2,70	10	34,6	3
0,50 - 0,60	3	11,7	1	2,70 - 2,80	11	38,1	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,80 - 2,90	11	36,0	4
0,70 - 0,80	2	7,8	1	2,90 - 3,00	8	26,2	4
0,80 - 0,90	1	3,7	2	3,00 - 3,10	13	42,5	4
0,90 - 1,00	1	3,7	2	3,10 - 3,20	10	32,7	4
1,00 - 1,10	1	3,7	2	3,20 - 3,30	9	29,5	4
1,10 - 1,20	1	3,7	2	3,30 - 3,40	7	22,9	4
1,20 - 1,30	1	3,7	2	3,40 - 3,50	9	29,5	4
1,30 - 1,40	1	3,7	2	3,50 - 3,60	8	26,2	4
1,40 - 1,50	1	3,7	2	3,60 - 3,70	14	45,8	4
1,50 - 1,60	1	3,7	2	3,70 - 3,80	44	144,0	4
1,60 - 1,70	1	3,7	2	3,80 - 3,90	18	55,9	5
1,70 - 1,80	1	3,7	2	3,90 - 4,00	17	52,8	5
1,80 - 1,90	28	96,9	3	4,00 - 4,10	23	71,4	5
1,90 - 2,00	9	31,2	3	4,10 - 4,20	15	46,6	5
2,00 - 2,10	20	69,2	3	4,20 - 4,30	8	24,8	5
2,10 - 2,20	8	27,7	3	4,30 - 4,40	57	176,9	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 3
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	12	47,0	1
0,10 - 0,20	29	113,5	1
0,20 - 0,30	12	47,0	1
0,30 - 0,40	8	31,3	1
0,40 - 0,50	7	27,4	1
0,50 - 0,60	6	23,5	1
0,60 - 0,70	4	15,7	1
0,70 - 0,80	4	15,7	1
0,80 - 0,90	3	11,0	2
0,90 - 1,00	3	11,0	2
1,00 - 1,10	4	14,7	2
1,10 - 1,20	4	14,7	2
1,20 - 1,30	8	29,4	2
1,30 - 1,40	6	22,0	2
1,40 - 1,50	5	18,4	2
1,50 - 1,60	8	29,4	2
1,60 - 1,70	28	102,9	2
1,70 - 1,80	48	176,3	2
1,80 - 1,90	10	34,6	3
1,90 - 2,00	10	34,6	3
2,00 - 2,10	9	31,2	3
2,10 - 2,20	7	24,2	3
2,20 - 2,30	6	20,8	3
2,30 - 2,40	7	24,2	3
2,40 - 2,50	6	20,8	3
2,50 - 2,60	7	24,2	3
2,60 - 2,70	8	27,7	3
2,70 - 2,80	9	31,2	3
2,80 - 2,90	6	19,6	4
2,90 - 3,00	6	19,6	4
3,00 - 3,10	5	16,4	4
3,10 - 3,20	5	16,4	4
3,20 - 3,30	5	16,4	4
3,30 - 3,40	5	16,4	4
3,40 - 3,50	5	16,4	4
3,50 - 3,60	6	19,6	4
3,60 - 3,70	6	19,6	4
3,70 - 3,80	6	19,6	4
3,80 - 3,90	6	18,6	5
3,90 - 4,00	8	24,8	5
4,00 - 4,10	8	24,8	5
4,10 - 4,20	29	90,0	5
4,20 - 4,30	50	155,2	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 4
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,40 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	26	101,7	1
0,10 - 0,20	42	164,3	1
0,20 - 0,30	31	121,3	1
0,30 - 0,40	26	101,7	1
0,40 - 0,50	17	66,5	1
0,50 - 0,60	13	50,9	1
0,60 - 0,70	14	54,8	1
0,70 - 0,80	14	54,8	1
0,80 - 0,90	13	47,8	2
0,90 - 1,00	15	55,1	2
1,00 - 1,10	12	44,1	2
1,10 - 1,20	6	22,0	2
1,20 - 1,30	4	14,7	2
1,30 - 1,40	5	18,4	2
1,40 - 1,50	6	22,0	2
1,50 - 1,60	6	22,0	2
1,60 - 1,70	6	22,0	2
1,70 - 1,80	6	22,0	2
1,80 - 1,90	4	13,8	3
1,90 - 2,00	6	20,8	3
2,00 - 2,10	4	13,8	3
2,10 - 2,20	3	10,4	3
2,20 - 2,30	5	17,3	3
2,30 - 2,40	5	17,3	3
2,40 - 2,50	5	17,3	3
2,50 - 2,60	5	17,3	3
2,60 - 2,70	5	17,3	3
2,70 - 2,80	2	6,9	3
2,80 - 2,90	4	13,1	4
2,90 - 3,00	5	16,4	4
3,00 - 3,10	8	26,2	4
3,10 - 3,20	8	26,2	4
3,20 - 3,30	7	22,9	4
3,30 - 3,40	7	22,9	4
3,40 - 3,50	6	19,6	4
3,50 - 3,60	7	22,9	4
3,60 - 3,70	7	22,9	4
3,70 - 3,80	7	22,9	4
3,80 - 3,90	6	18,6	5
3,90 - 4,00	5	15,5	5
4,00 - 4,10	6	18,6	5
4,10 - 4,20	7	21,7	5
4,20 - 4,30	7	21,7	5
4,30 - 4,40	6	18,6	5
4,40 - 4,50	6	18,6	5
4,50 - 4,60	6	18,6	5
4,60 - 4,70	4	12,4	5
4,70 - 4,80	6	18,6	5
4,80 - 4,90	7	20,7	6
4,90 - 5,00	8	23,6	6
5,00 - 5,10	8	23,6	6
5,10 - 5,20	23	67,9	6
5,20 - 5,30	50	147,5	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 5
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	15	58,7	1	1,00 - 1,10	2	7,3	2
0,10 - 0,20	36	140,9	1	1,10 - 1,20	2	7,3	2
0,20 - 0,30	32	125,2	1	1,20 - 1,30	3	11,0	2
0,30 - 0,40	18	70,4	1	1,30 - 1,40	3	11,0	2
0,40 - 0,50	13	50,9	1	1,40 - 1,50	4	14,7	2
0,50 - 0,60	12	47,0	1	1,50 - 1,60	5	18,4	2
0,60 - 0,70	7	27,4	1	1,60 - 1,70	5	18,4	2
0,70 - 0,80	2	7,8	1	1,70 - 1,80	10	36,7	2
0,80 - 0,90	1	3,7	2	1,80 - 1,90	50	173,1	3
0,90 - 1,00	1	3,7	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 6
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :

- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	56	219,1	1	2,30 - 2,40	41	141,9	3
0,10 - 0,20	65	254,3	1	2,40 - 2,50	16	55,4	3
0,20 - 0,30	60	234,8	1	2,50 - 2,60	18	62,3	3
0,30 - 0,40	29	113,5	1	2,60 - 2,70	5	17,3	3
0,40 - 0,50	15	58,7	1	2,70 - 2,80	4	13,8	3
0,50 - 0,60	13	50,9	1	2,80 - 2,90	6	19,6	4
0,60 - 0,70	12	47,0	1	2,90 - 3,00	5	16,4	4
0,70 - 0,80	11	43,0	1	3,00 - 3,10	4	13,1	4
0,80 - 0,90	9	33,1	2	3,10 - 3,20	8	26,2	4
0,90 - 1,00	15	55,1	2	3,20 - 3,30	12	39,3	4
1,00 - 1,10	26	95,5	2	3,30 - 3,40	8	26,2	4
1,10 - 1,20	22	80,8	2	3,40 - 3,50	7	22,9	4
1,20 - 1,30	13	47,8	2	3,50 - 3,60	9	29,5	4
1,30 - 1,40	8	29,4	2	3,60 - 3,70	10	32,7	4
1,40 - 1,50	5	18,4	2	3,70 - 3,80	13	42,5	4
1,50 - 1,60	5	18,4	2	3,80 - 3,90	15	46,6	5
1,60 - 1,70	6	22,0	2	3,90 - 4,00	16	49,7	5
1,70 - 1,80	7	25,7	2	4,00 - 4,10	21	65,2	5
1,80 - 1,90	16	55,4	3	4,10 - 4,20	26	80,7	5
1,90 - 2,00	6	20,8	3	4,20 - 4,30	28	86,9	5
2,00 - 2,10	8	27,7	3	4,30 - 4,40	41	127,2	5
2,10 - 2,20	10	34,6	3	4,40 - 4,50	60	186,2	5
2,20 - 2,30	30	103,8	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 7
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	23	90,0	1	0,70 - 0,80	7	27,4	1
0,10 - 0,20	21	82,2	1	0,80 - 0,90	6	22,0	2
0,20 - 0,30	21	82,2	1	0,90 - 1,00	11	40,4	2
0,30 - 0,40	13	50,9	1	1,00 - 1,10	13	47,8	2
0,40 - 0,50	10	39,1	1	1,10 - 1,20	9	33,1	2
0,50 - 0,60	9	35,2	1	1,20 - 1,30	8	29,4	2
0,60 - 0,70	6	23,5	1	1,30 - 1,40	50	183,7	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 8
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	37	144,8	1	1,20 - 1,30	10	36,7	2
0,10 - 0,20	68	266,1	1	1,30 - 1,40	12	44,1	2
0,20 - 0,30	71	277,8	1	1,40 - 1,50	22	80,8	2
0,30 - 0,40	77	301,3	1	1,50 - 1,60	21	77,1	2
0,40 - 0,50	70	273,9	1	1,60 - 1,70	42	154,3	2
0,50 - 0,60	51	199,6	1	1,70 - 1,80	36	132,2	2
0,60 - 0,70	39	152,6	1	1,80 - 1,90	34	117,7	3
0,70 - 0,80	39	152,6	1	1,90 - 2,00	35	121,2	3
0,80 - 0,90	21	77,1	2	2,00 - 2,10	18	62,3	3
0,90 - 1,00	14	51,4	2	2,10 - 2,20	17	58,8	3
1,00 - 1,10	12	44,1	2	2,20 - 2,30	45	155,8	3
1,10 - 1,20	12	44,1	2	2,30 - 2,40	50	173,1	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,30	N	6,7	3	10	4,8	----	----	----	7	0,77	**5**
			Rpd	26,1	12	39	18,9	----	----	----	27		
2	0,30	0,60	N	1,0	1	1	1,0	----	----	----	1	0,77	**1**
			Rpd	3,9	4	4	3,9	----	----	----	4		
3	0,60	2,60	N	3,7	2	6	2,9	1,2	2,5	4,9	4	0,77	**3**
			Rpd	13,4	7	22	10,2	4,5	8,8	17,9	15		
4	2,60	3,50	N	2,0	2	2	2,0	----	2,0	2,0	2	0,77	**2**
			Rpd	6,6	7	7	6,6	----	6,5	6,8	7		
5	3,50	3,60	N	5,0	5	5	5,0	----	----	----	5	0,77	**4**
			Rpd	16,4	16	16	16,4	----	----	----	16		
6	3,60	3,70	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	0,77	**38**
			Rpd	163,6	164	164	163,6	----	----	----	164		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.30	Argilla	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	0.30	0.60	Argilla	1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
3	0.60	2.60	Argilla	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
4	2.60	3.50	Argilla	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
5	3.50	3.60	Argilla	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
6	3.60	3.70	Ciottoli e Sabbia medio grossa	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,40	N	17,5	7	37	12,3	----	----	----	18	0,77	**14**
			Rpd	68,5	27	145	47,9	----	----	----	71		
2	0,40	0,80	N	3,0	2	5	2,5	----	----	----	3	0,77	**2**
			Rpd	11,7	8	20	9,8	----	----	----	12		
3	0,80	1,80	N	1,0	1	1	1,0	----	1,0	1,0	1	0,77	**1**
			Rpd	3,7	4	4	3,7	----	3,7	3,7	4		
4	1,80	2,20	N	16,3	8	28	12,1	----	----	----	16	0,77	**12**
			Rpd	56,3	28	97	42,0	----	----	----	55		
5	2,20	3,60	N	8,6	5	13	6,8	2,3	6,3	10,8	9	0,77	**7**
			Rpd	28,7	17	43	23,0	7,4	21,3	36,0	30		
6	3,60	4,20	N	21,8	14	44	17,9	11,3	10,5	33,1	22	0,77	**17**
			Rpd	69,4	46	144	57,6	37,7	31,7	107,1	70		
7	4,20	4,30	N	8,0	8	8	8,0	----	----	----	8	0,77	**6**
			Rpd	24,8	25	25	24,8	----	----	----	25		
8	4,30	4,40	N	57,0	57	57	57,0	----	----	----	57	0,77	**44**
			Rpd	176,9	177	177	176,9	----	----	----	177		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.30	Argilla	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	0.30	0.60	Argilla	1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
3	0.60	2.60	Argilla	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
4	2.60	3.50	Argilla	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
5	3.50	3.60	Argilla	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
6	3.60	3.70	Ciottoli e Sabbia medio grossa	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373
7	4.20	4.30	Sabbia	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
8	4.30	4.40	Ciottoli e Sabbia medio grossa	44	79.0	39.5	531	2.12	1.80	2.75	2.31	11	0.297

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,40	N	15,3	8	29	11,6	----	----	----	15	0,77	**11**
			Rpd	59,7	31	114	45,5	----	----	----	59		
2	0,40	1,60	N	5,2	3	8	4,1	1,8	3,4	7,0	5	0,77	**4**
			Rpd	19,4	11	29	15,2	6,7	12,7	26,1	19		
3	1,60	1,90	N	28,7	10	48	19,3	----	----	----	29	0,77	**22**
			Rpd	104,6	35	176	69,6	----	----	----	106		
4	1,90	4,10	N	6,6	5	10	5,8	1,5	5,2	8,1	7	0,77	**5**
			Rpd	22,1	16	35	19,3	5,3	16,8	27,4	23		
5	4,10	4,30	N	39,5	29	50	34,3	----	----	----	40	0,77	**31**
			Rpd	122,6	90	155	106,3	----	----	----	124		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	Argilla	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
2	0.40	1.60	Argilla	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
3	1.60	1.90	Ciottoli e Sabbia medio grossa	22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628
4	1.90	4.10	Argilla debolmente Limosa	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
5	4.10	4.30	Ciottoli e Sabbia medio grossa	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,40 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,40	N	31,3	26	42	28,6	----	----	----	31	0,77	**24**
			Rpd	122,3	102	164	112,0	----	----	----	121		
2	0,40	1,20	N	13,0	6	17	9,5	3,2	9,8	16,2	13	0,77	**10**
			Rpd	49,5	22	67	35,8	12,9	36,6	62,4	50		
3	1,20	3,00	N	4,8	2	6	3,4	1,1	3,7	5,9	5	0,77	**4**
			Rpd	16,8	7	22	11,9	4,2	12,6	21,1	18		
4	3,00	5,10	N	6,6	4	8	5,3	1,0	5,6	7,6	7	0,77	**5**
			Rpd	20,8	12	26	16,6	3,4	17,5	24,2	22		
5	5,10	5,30	N	36,5	23	50	29,8	----	----	----	36	0,77	**28**
			Rpd	107,7	68	148	87,8	----	----	----	106		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,40 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	Argilla	24	56.0	34.2	376	2.01	1.63	1.50	2.07	22	0.591
2	0.40	1.20	Argilla	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
3	1.20	3.00	Argilla	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
4	3.00	5.10	Sabbia	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
5	5.10	5.30	Ciottoli e Sabbia medio grossa	28	62.0	35.4	407	2.04	1.67	1.75	2.12	19	0.522

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,70	N	19,0	7	36	13,0	10,8	8,2	29,8	19	0,77	**15**
			Rpd	74,3	27	141	50,9	42,4	32,0	116,7	74		
2	0,70	1,50	N	2,3	1	4	1,6	1,0	1,2	3,3	2	0,77	**2**
			Rpd	8,3	4	15	6,0	3,8	4,5	12,1	7		
3	1,50	1,80	N	6,7	5	10	5,8	----	----	----	7	0,77	**5**
			Rpd	24,5	18	37	21,4	----	----	----	26		
4	1,80	1,90	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	0,77	**38**
			Rpd	173,1	173	173	173,1	----	----	----	173		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 5

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.70	Argilla	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
2	0.70	1.50	Argilla	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
3	1.50	1.80	Argilla	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
4	1.80	1.90	Rifiuto	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,50	N	45,0	15	65	30,0	----	----	----	45	0,77	**34**
			Rpd	176,1	59	254	117,4	----	----	----	176		
2	0,50	1,00	N	12,0	9	15	10,5	----	----	----	12	0,77	**9**
			Rpd	45,8	33	55	39,4	----	----	----	46		
3	1,00	1,30	N	20,3	13	26	16,7	----	----	----	20	0,77	**15**
			Rpd	74,7	48	96	61,2	----	----	----	74		
4	1,30	2,20	N	7,9	5	16	6,4	3,4	4,4	11,3	8	0,77	**6**
			Rpd	28,0	18	55	23,2	11,6	16,4	39,6	28		
5	2,20	2,60	N	26,3	16	41	21,1	----	----	----	26	0,77	**20**
			Rpd	90,9	55	142	73,1	----	----	----	90		
6	2,60	3,80	N	7,6	4	13	5,8	3,0	4,6	10,6	8	0,77	**6**
			Rpd	25,0	13	43	19,0	9,7	15,3	34,6	26		
7	3,80	4,50	N	29,6	15	60	22,3	16,0	13,5	45,6	30	0,77	**23**
			Rpd	91,8	47	186	69,2	49,7	42,0	141,5	93		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 6

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.50	Argilla	34	69.0	37.0	453	2.07	1.72	2.13	2.19	16	0.429
2	0.50	1.00	Ghiaia media e Sabbia fine	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	1.00	1.30	Ghiaia media e Sabbia fine	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
4	1.30	2.20	Ghiaia media e Sabbia fine	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
5	2.20	2.60	Ghiaia media e Sabbia fine	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
6	2.60	3.80	Argilla	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
7	3.80	4.50	Sabbia fine addensata	23	54.5	33.9	369	2.01	1.62	1.44	2.06	23	0.610

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,50	N	17,6	10	23	13,8	----	----	----	18	0,77	**14**
			Rpd	68,9	39	90	54,0	----	----	----	71		
2	0,50	1,30	N	8,6	6	13	7,3	2,4	6,2	11,1	9	0,77	**7**
			Rpd	32,3	22	48	27,2	8,7	23,6	41,0	34		
3	1,30	1,40	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	0,77	**38**
			Rpd	183,7	184	184	183,7	----	----	----	184		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 7

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.50	Ciottoli e Sabbia medio grossa	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
2	0.50	1.30	Ciottoli e Sabbia medio grossa	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
3	1.30	1.40	Rifiuto	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 8

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	56,5	37	77	46,8	16,8	39,7	73,3	56	0,77	**43**
			Rpd	221,1	145	301	182,9	65,6	155,5	286,7	219		
2	0,80	1,50	N	14,7	10	22	12,4	4,8	9,9	19,5	15	0,77	**11**
			Rpd	54,1	37	81	45,4	17,6	36,5	71,6	55		
3	1,50	2,00	N	33,6	21	42	27,3	----	----	----	34	0,77	**26**
			Rpd	120,5	77	154	98,8	----	----	----	122		
4	2,00	2,20	N	17,5	17	18	17,3	----	----	----	18	0,77	**14**
			Rpd	60,6	59	62	59,7	----	----	----	62		
5	2,20	2,40	N	47,5	45	50	46,3	----	----	----	48	0,77	**37**
			Rpd	164,4	156	173	160,1	----	----	----	166		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 8

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Ciottoli e Sabbia medio grossa	43	78.0	39.3	523	2.11	1.79	2.69	2.30	12	0.309
2	0.80	1.50	Sabbia	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
3	1.50	2.00	Ciottoli e Sabbia medio grossa	26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
4	2.00	2.20	Sabbia	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
5	2.20	2.40	Ciottoli e Sabbia medio grossa	37	72.0	37.8	477	2.09	1.74	2.31	2.23	14	0.387

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	10	39,1	1	1,90 - 2,00	4	13,8	3
0,10 - 0,20	7	27,4	1	2,00 - 2,10	4	13,8	3
0,20 - 0,30	3	11,7	1	2,10 - 2,20	3	10,4	3
0,30 - 0,40	1	3,9	1	2,20 - 2,30	3	10,4	3
0,40 - 0,50	1	3,9	1	2,30 - 2,40	2	6,9	3
0,50 - 0,60	1	3,9	1	2,40 - 2,50	3	10,4	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,50 - 2,60	3	10,4	3
0,70 - 0,80	3	11,7	1	2,60 - 2,70	2	6,9	3
0,80 - 0,90	3	11,0	2	2,70 - 2,80	2	6,9	3
0,90 - 1,00	2	7,3	2	2,80 - 2,90	2	6,5	4
1,00 - 1,10	4	14,7	2	2,90 - 3,00	2	6,5	4
1,10 - 1,20	4	14,7	2	3,00 - 3,10	2	6,5	4
1,20 - 1,30	5	18,4	2	3,10 - 3,20	2	6,5	4
1,30 - 1,40	5	18,4	2	3,20 - 3,30	2	6,5	4
1,40 - 1,50	6	22,0	2	3,30 - 3,40	2	6,5	4
1,50 - 1,60	6	22,0	2	3,40 - 3,50	2	6,5	4
1,60 - 1,70	5	18,4	2	3,50 - 3,60	5	16,4	4
1,70 - 1,80	4	14,7	2	3,60 - 3,70	50	163,6	4
1,80 - 1,90	3	10,4	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 2
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	37	144,8	1	2,20 - 2,30	7	24,2	3
0,10 - 0,20	17	66,5	1	2,30 - 2,40	6	20,8	3
0,20 - 0,30	9	35,2	1	2,40 - 2,50	5	17,3	3
0,30 - 0,40	7	27,4	1	2,50 - 2,60	6	20,8	3
0,40 - 0,50	5	19,6	1	2,60 - 2,70	10	34,6	3
0,50 - 0,60	3	11,7	1	2,70 - 2,80	11	38,1	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,80 - 2,90	11	36,0	4
0,70 - 0,80	2	7,8	1	2,90 - 3,00	8	26,2	4
0,80 - 0,90	1	3,7	2	3,00 - 3,10	13	42,5	4
0,90 - 1,00	1	3,7	2	3,10 - 3,20	10	32,7	4
1,00 - 1,10	1	3,7	2	3,20 - 3,30	9	29,5	4
1,10 - 1,20	1	3,7	2	3,30 - 3,40	7	22,9	4
1,20 - 1,30	1	3,7	2	3,40 - 3,50	9	29,5	4
1,30 - 1,40	1	3,7	2	3,50 - 3,60	8	26,2	4
1,40 - 1,50	1	3,7	2	3,60 - 3,70	14	45,8	4
1,50 - 1,60	1	3,7	2	3,70 - 3,80	44	144,0	4
1,60 - 1,70	1	3,7	2	3,80 - 3,90	18	55,9	5
1,70 - 1,80	1	3,7	2	3,90 - 4,00	17	52,8	5
1,80 - 1,90	28	96,9	3	4,00 - 4,10	23	71,4	5
1,90 - 2,00	9	31,2	3	4,10 - 4,20	15	46,6	5
2,00 - 2,10	20	69,2	3	4,20 - 4,30	8	24,8	5
2,10 - 2,20	8	27,7	3	4,30 - 4,40	57	176,9	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 3
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 4,20 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	12	47,0	1
0,10 - 0,20	29	113,5	1
0,20 - 0,30	12	47,0	1
0,30 - 0,40	8	31,3	1
0,40 - 0,50	7	27,4	1
0,50 - 0,60	6	23,5	1
0,60 - 0,70	4	15,7	1
0,70 - 0,80	4	15,7	1
0,80 - 0,90	3	11,0	2
0,90 - 1,00	3	11,0	2
1,00 - 1,10	4	14,7	2
1,10 - 1,20	4	14,7	2
1,20 - 1,30	8	29,4	2
1,30 - 1,40	6	22,0	2
1,40 - 1,50	5	18,4	2
1,50 - 1,60	8	29,4	2
1,60 - 1,70	28	102,9	2
1,70 - 1,80	48	176,3	2
1,80 - 1,90	10	34,6	3
1,90 - 2,00	10	34,6	3
2,00 - 2,10	9	31,2	3
2,10 - 2,20	7	24,2	3
2,20 - 2,30	6	20,8	3
2,30 - 2,40	7	24,2	3
2,40 - 2,50	6	20,8	3
2,50 - 2,60	7	24,2	3
2,60 - 2,70	8	27,7	3
2,70 - 2,80	9	31,2	3
2,80 - 2,90	6	19,6	4
2,90 - 3,00	6	19,6	4
3,00 - 3,10	5	16,4	4
3,10 - 3,20	5	16,4	4
3,20 - 3,30	5	16,4	4
3,30 - 3,40	5	16,4	4
3,40 - 3,50	5	16,4	4
3,50 - 3,60	6	19,6	4
3,60 - 3,70	6	19,6	4
3,70 - 3,80	6	19,6	4
3,80 - 3,90	6	18,6	5
3,90 - 4,00	8	24,8	5
4,00 - 4,10	8	24,8	5
4,10 - 4,20	29	90,0	5
4,20 - 4,30	50	155,2	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 4
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,40 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	26	101,7	1
0,10 - 0,20	42	164,3	1
0,20 - 0,30	31	121,3	1
0,30 - 0,40	26	101,7	1
0,40 - 0,50	17	66,5	1
0,50 - 0,60	13	50,9	1
0,60 - 0,70	14	54,8	1
0,70 - 0,80	14	54,8	1
0,80 - 0,90	13	47,8	2
0,90 - 1,00	15	55,1	2
1,00 - 1,10	12	44,1	2
1,10 - 1,20	6	22,0	2
1,20 - 1,30	4	14,7	2
1,30 - 1,40	5	18,4	2
1,40 - 1,50	6	22,0	2
1,50 - 1,60	6	22,0	2
1,60 - 1,70	6	22,0	2
1,70 - 1,80	6	22,0	2
1,80 - 1,90	4	13,8	3
1,90 - 2,00	6	20,8	3
2,00 - 2,10	4	13,8	3
2,10 - 2,20	3	10,4	3
2,20 - 2,30	5	17,3	3
2,30 - 2,40	5	17,3	3
2,40 - 2,50	5	17,3	3
2,50 - 2,60	5	17,3	3
2,60 - 2,70	5	17,3	3
2,70 - 2,80	2	6,9	3
2,80 - 2,90	4	13,1	4
2,90 - 3,00	5	16,4	4
3,00 - 3,10	8	26,2	4
3,10 - 3,20	8	26,2	4
3,20 - 3,30	7	22,9	4
3,30 - 3,40	7	22,9	4
3,40 - 3,50	6	19,6	4
3,50 - 3,60	7	22,9	4
3,60 - 3,70	7	22,9	4
3,70 - 3,80	7	22,9	4
3,80 - 3,90	6	18,6	5
3,90 - 4,00	5	15,5	5
4,00 - 4,10	6	18,6	5
4,10 - 4,20	7	21,7	5
4,20 - 4,30	7	21,7	5
4,30 - 4,40	6	18,6	5
4,40 - 4,50	6	18,6	5
4,50 - 4,60	6	18,6	5
4,60 - 4,70	4	12,4	5
4,70 - 4,80	6	18,6	5
4,80 - 4,90	7	20,7	6
4,90 - 5,00	8	23,6	6
5,00 - 5,10	8	23,6	6
5,10 - 5,20	23	67,9	6
5,20 - 5,30	50	147,5	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 5
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	15	58,7	1	1,00 - 1,10	2	7,3	2
0,10 - 0,20	36	140,9	1	1,10 - 1,20	2	7,3	2
0,20 - 0,30	32	125,2	1	1,20 - 1,30	3	11,0	2
0,30 - 0,40	18	70,4	1	1,30 - 1,40	3	11,0	2
0,40 - 0,50	13	50,9	1	1,40 - 1,50	4	14,7	2
0,50 - 0,60	12	47,0	1	1,50 - 1,60	5	18,4	2
0,60 - 0,70	7	27,4	1	1,60 - 1,70	5	18,4	2
0,70 - 0,80	2	7,8	1	1,70 - 1,80	10	36,7	2
0,80 - 0,90	1	3,7	2	1,80 - 1,90	50	173,1	3
0,90 - 1,00	1	3,7	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 6
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :

- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	56	219,1	1	2,30 - 2,40	41	141,9	3
0,10 - 0,20	65	254,3	1	2,40 - 2,50	16	55,4	3
0,20 - 0,30	60	234,8	1	2,50 - 2,60	18	62,3	3
0,30 - 0,40	29	113,5	1	2,60 - 2,70	5	17,3	3
0,40 - 0,50	15	58,7	1	2,70 - 2,80	4	13,8	3
0,50 - 0,60	13	50,9	1	2,80 - 2,90	6	19,6	4
0,60 - 0,70	12	47,0	1	2,90 - 3,00	5	16,4	4
0,70 - 0,80	11	43,0	1	3,00 - 3,10	4	13,1	4
0,80 - 0,90	9	33,1	2	3,10 - 3,20	8	26,2	4
0,90 - 1,00	15	55,1	2	3,20 - 3,30	12	39,3	4
1,00 - 1,10	26	95,5	2	3,30 - 3,40	8	26,2	4
1,10 - 1,20	22	80,8	2	3,40 - 3,50	7	22,9	4
1,20 - 1,30	13	47,8	2	3,50 - 3,60	9	29,5	4
1,30 - 1,40	8	29,4	2	3,60 - 3,70	10	32,7	4
1,40 - 1,50	5	18,4	2	3,70 - 3,80	13	42,5	4
1,50 - 1,60	5	18,4	2	3,80 - 3,90	15	46,6	5
1,60 - 1,70	6	22,0	2	3,90 - 4,00	16	49,7	5
1,70 - 1,80	7	25,7	2	4,00 - 4,10	21	65,2	5
1,80 - 1,90	16	55,4	3	4,10 - 4,20	26	80,7	5
1,90 - 2,00	6	20,8	3	4,20 - 4,30	28	86,9	5
2,00 - 2,10	8	27,7	3	4,30 - 4,40	41	127,2	5
2,10 - 2,20	10	34,6	3	4,40 - 4,50	60	186,2	5
2,20 - 2,30	30	103,8	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 7
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	23	90,0	1	0,70 - 0,80	7	27,4	1
0,10 - 0,20	21	82,2	1	0,80 - 0,90	6	22,0	2
0,20 - 0,30	21	82,2	1	0,90 - 1,00	11	40,4	2
0,30 - 0,40	13	50,9	1	1,00 - 1,10	13	47,8	2
0,40 - 0,50	10	39,1	1	1,10 - 1,20	9	33,1	2
0,50 - 0,60	9	35,2	1	1,20 - 1,30	8	29,4	2
0,60 - 0,70	6	23,5	1	1,30 - 1,40	50	183,7	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 8
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Consorzio Bonifica dell'Oristanese
- lavoro : Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso
- località : Tramatza
- note :
- data : 03/07/2021
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	37	144,8	1	1,20 - 1,30	10	36,7	2
0,10 - 0,20	68	266,1	1	1,30 - 1,40	12	44,1	2
0,20 - 0,30	71	277,8	1	1,40 - 1,50	22	80,8	2
0,30 - 0,40	77	301,3	1	1,50 - 1,60	21	77,1	2
0,40 - 0,50	70	273,9	1	1,60 - 1,70	42	154,3	2
0,50 - 0,60	51	199,6	1	1,70 - 1,80	36	132,2	2
0,60 - 0,70	39	152,6	1	1,80 - 1,90	34	117,7	3
0,70 - 0,80	39	152,6	1	1,90 - 2,00	35	121,2	3
0,80 - 0,90	21	77,1	2	2,00 - 2,10	18	62,3	3
0,90 - 1,00	14	51,4	2	2,10 - 2,20	17	58,8	3
1,00 - 1,10	12	44,1	2	2,20 - 2,30	45	155,8	3
1,10 - 1,20	12	44,1	2	2,30 - 2,40	50	173,1	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM30IT SA**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

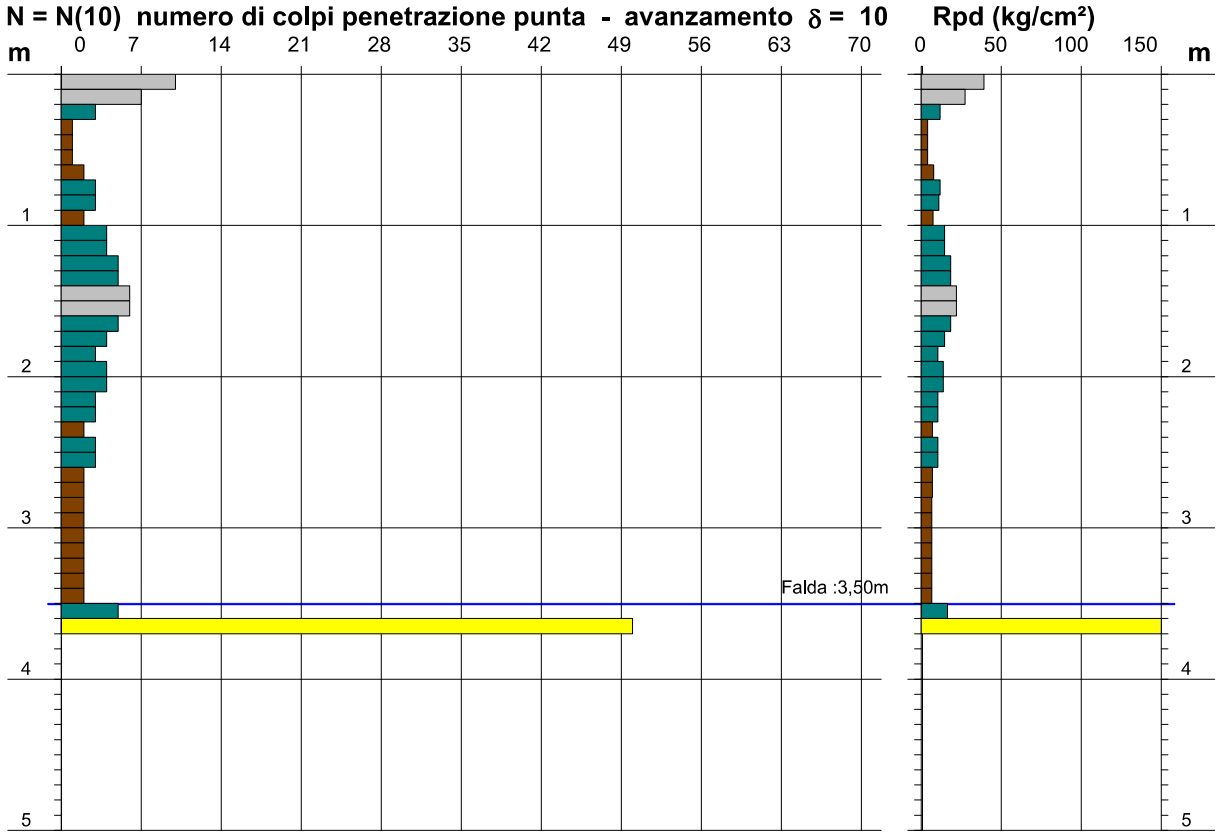
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 1
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	3,50 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1



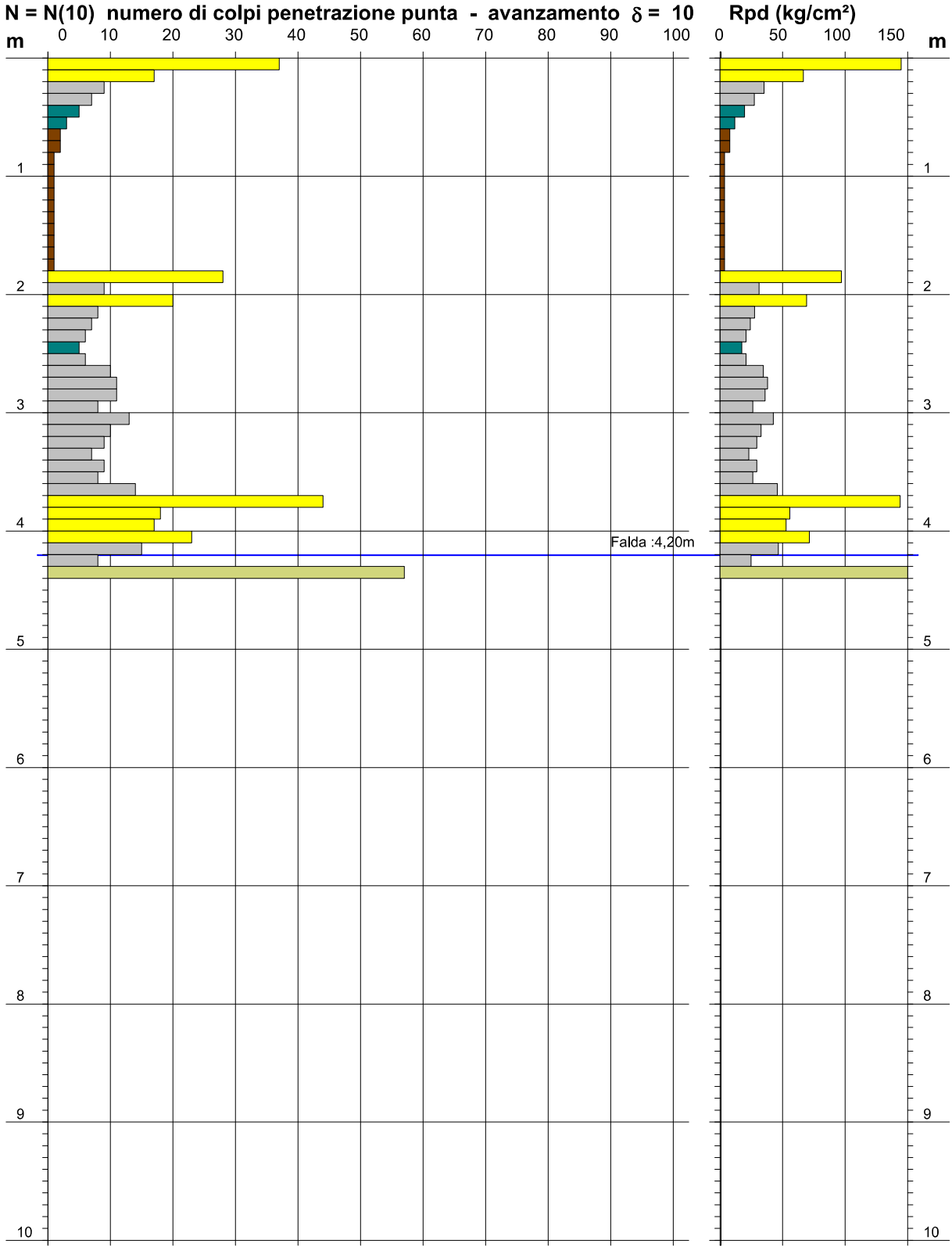
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 2
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	4,20 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1



Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

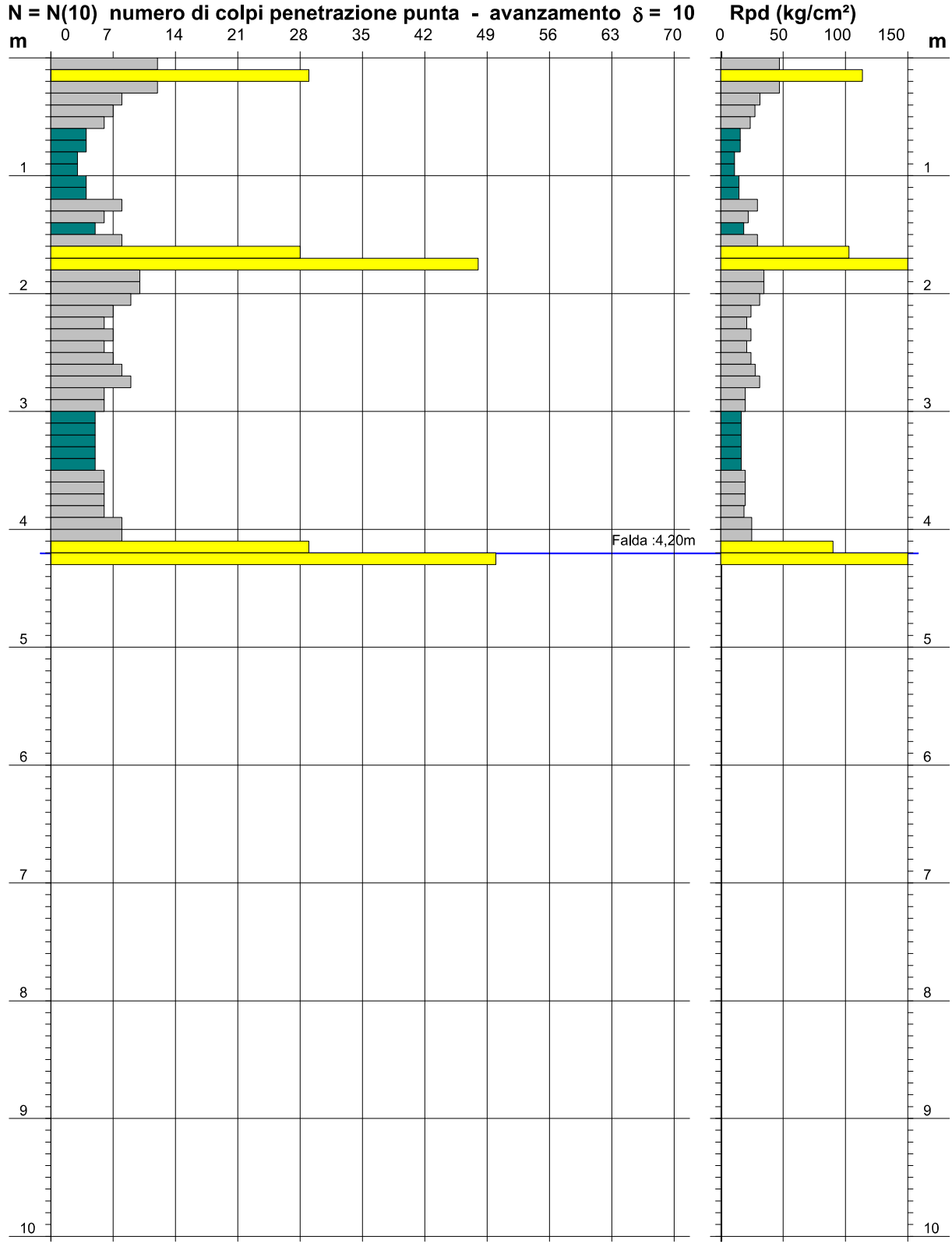
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 3
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	4,20 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1



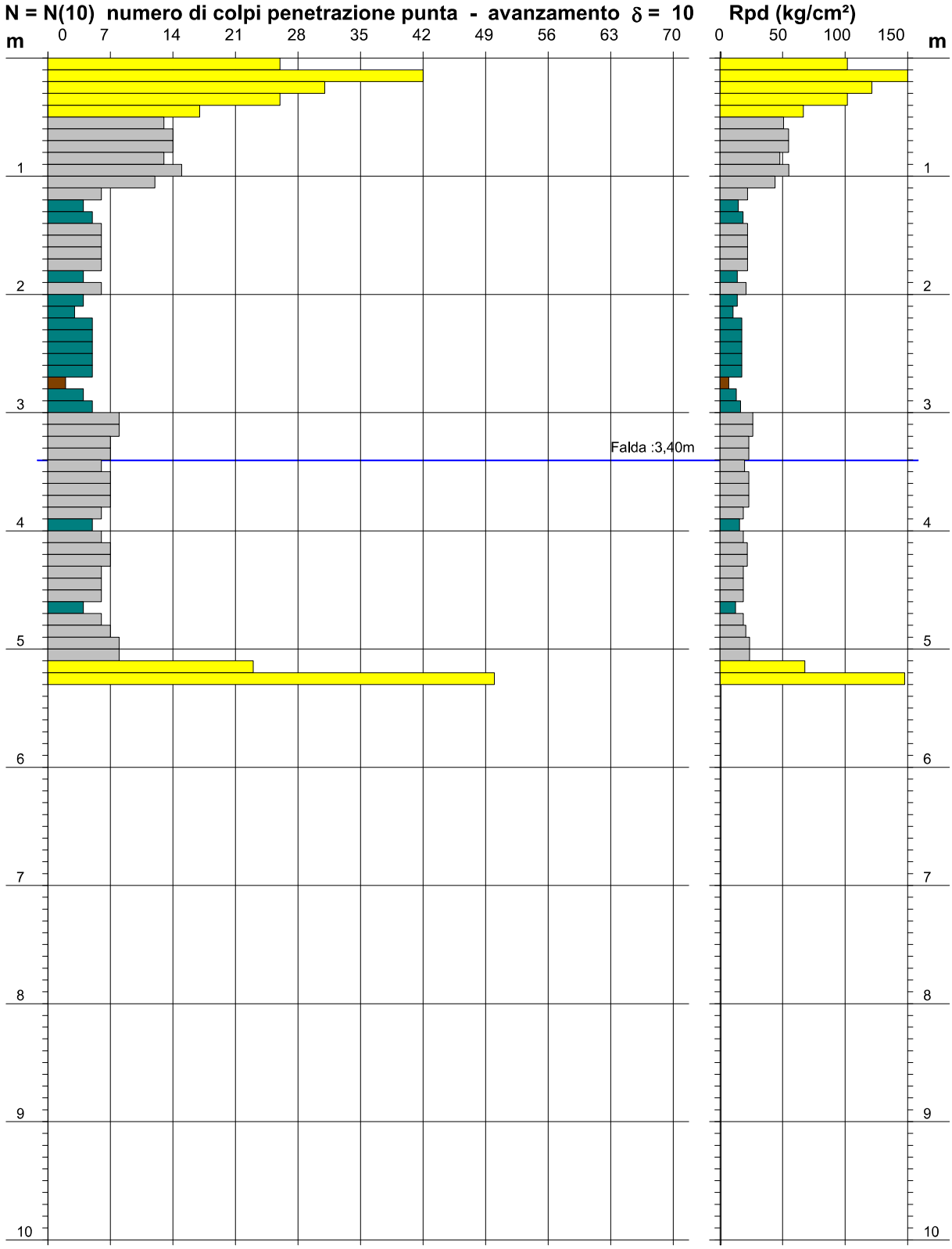
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 4
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	3,40 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1



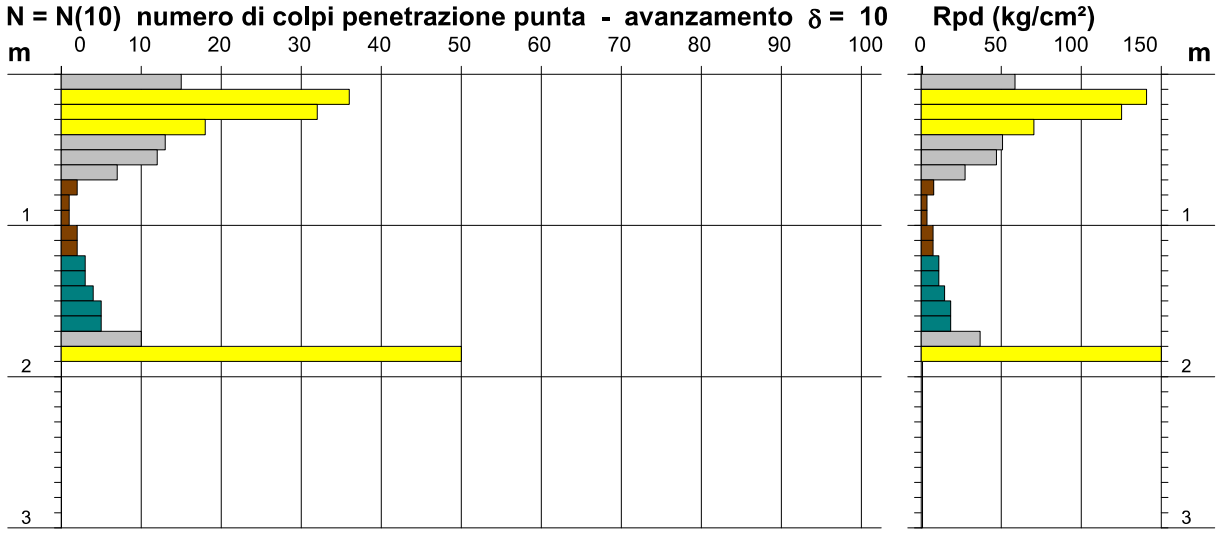
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 5
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



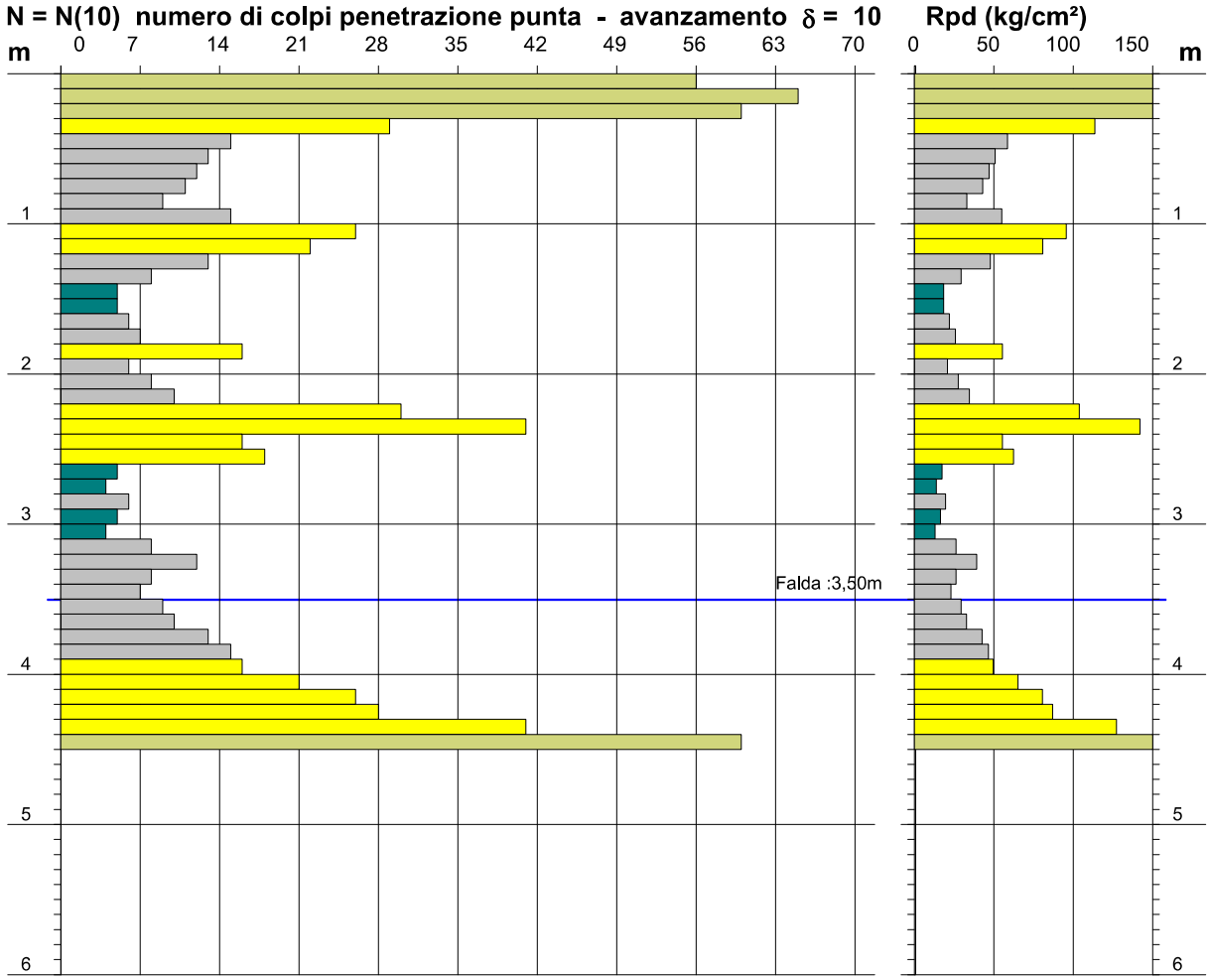
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 6
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	3,50 m da quota inizio
- note :		- pagina :	1



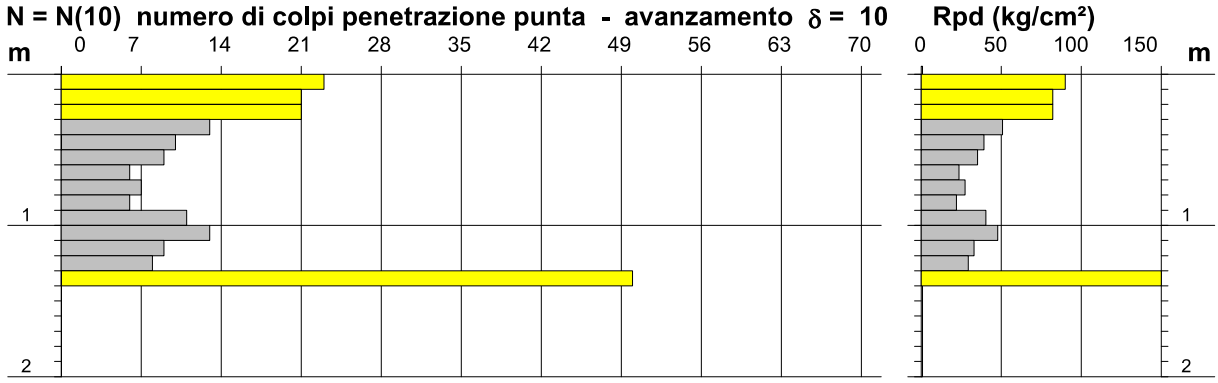
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 7
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



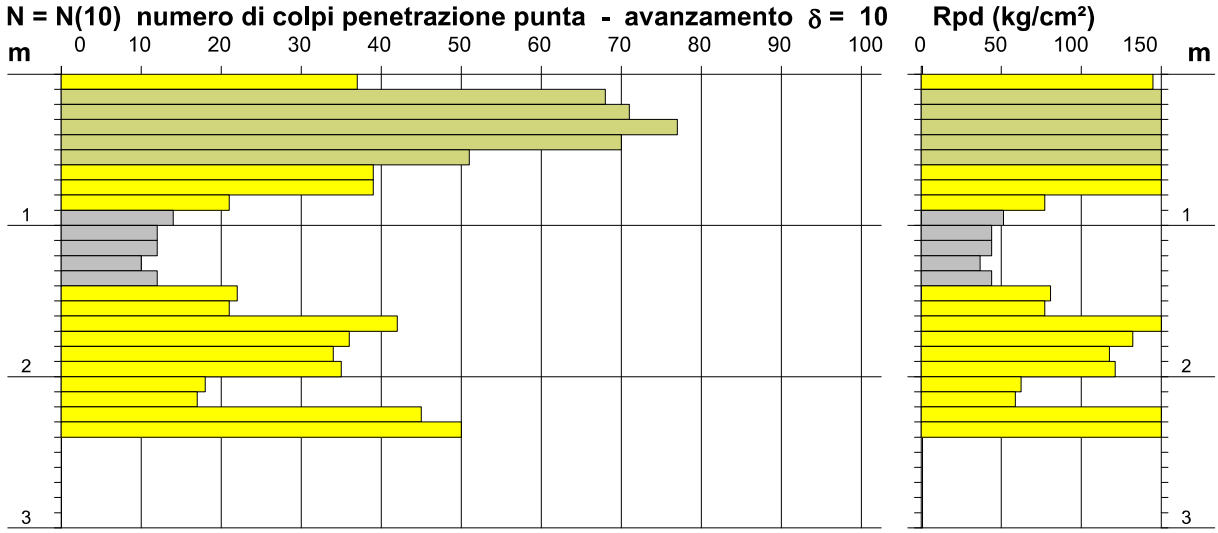
GEOLOGIA TECNICA G.I.G.A.
Dott. Gianbattista CADAU
Via Capo d'Orso, 16 - 09042 Monserrato (CA)

Riferimento: 005-21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 8
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Consorzio Bonifica dell'Oristanese	- data :	03/07/2021
- lavoro :	Impermeabilizzazione canale adduttore destra Tirso	- quota inizio :	
- località :	Tramatza	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE ADDUTTORE DESTRA TIRSO

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Foto 1 *Sistema di registrazione dei segnali sismici*

Foto 2 *Veduta dello stendimento sismico a rifrazione n°1*

Foto 3 *Masw n°2*

Foto 4 *Sismica a rifrazione n°2*

Foto 5 *DIN1*

Foto 6 *DIN5*

CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI

DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Gli **stati limite ultimi** per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni (**GEO**) riguardano:

- collasso per **carico limite** nei terreni di fondazione;
- **scorrimento** sul piano di posa.

In tali verifiche, tutte le azioni su un elemento di fondazione possono essere ricondotte a una forza risultante applicata al piano di posa.

Per le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico (**GEO**) per carico limite e per scorrimento si deve fare riferimento all'**approccio 2**.

L'analisi deve essere condotta con la Combinazione (**A1+M1+R3**), nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (**M1**) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (**A1**) sono indicati dalla tabella 6.2.I e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti γ_R del gruppo **R3** riportati in tab. 6.4.I.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	**Coefficiente Parziale** γ_F ($o\gamma_E$)	**EQU**	**(A1)**	**(A2)**
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0

Carichi permanenti G_2 (1)	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(1) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti $\cdot\gamma_{G1}$

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali $\cdot\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	**Coefficiente parziale**
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.1$

Stati Limite di Esercizio (SLE)

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (Cd), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (Ed), attraverso la seguente espressione formale:

$$Ed < Cd$$

Dove:

- Ed, valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione;
- Cd, valore limite dell'effetto delle azioni (spostamenti e deformazioni che possano compromettere la funzionalità di una struttura).

I valori degli spostamenti e delle distorsioni andranno calcolati considerando le combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3:

- Combinazione frequente;
- Combinazione quasi permanente s l.t.

Le verifiche relative alle deformazioni (cedimenti) e agli spostamenti si effettuano adoperando i valori caratteristici dei parametri (f_k).

Nelle analisi, devono essere impiegati i valori caratteristici delle proprietà meccaniche e pertanto i relativi coefficienti parziali di sicurezza devono sempre essere assunti unitari ($f_k = f_d$): si adottano i valori caratteristici dei moduli di deformazione dei terreni (E'_k, Eed_k).

Sotto l'effetto **dell'azione sismica** di progetto le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio già definiti in precedenza (§ 3.2.1 NTC), con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo **pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici** e impiegando **le resistenze di progetto**, con i coefficienti parziali γ_R indicati nel presente Capitolo 7 oppure con i γ_R indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato

Stato Limite Ultimo (SLV) per carico limite (§ 7.11.5.3.1)

Le azioni derivano dall'analisi della struttura in elevazione come specificato al § 7.2.5. Le resistenze sono i corrispondenti valori limite che producono il collasso del complesso fondazione-terreno; esse sono valutabili mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica, tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione e dell'eccentricità delle azioni in fondazione. Il corrispondente valore di progetto si ottiene applicando il coefficiente γ_R di Tabella 7.11.II. **Se, nel calcolo del carico limite,** si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo (e.g. Richards et al., Paolucci e Pecker), il coefficiente γ_R può essere ridotto a 1.8.

Stato Limite Ultimo (SLV) per scorrimento sul piano di posa (§ 7.11.5.3.1)

Per azione si intende il valore della forza agente parallelamente al piano di scorrimento, per resistenza si intende la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

Specificamente, ***si può tener conto della resistenza lungo le superfici laterali nel caso di contatto diretto fondazione-terreno in scavi a sezione obbligata o di contatto diretto fondazione-calcestruzzo o fondazione-acciaio in scavi sostenuti da paratie o palancole.***

In tali casi, il progettista deve indicare l'aliquota della resistenza lungo le superfici laterali che intende portare in conto, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e ai criteri costruttivi dell'opera.

Ai fini della verifica allo scorrimento, si può considerare la resistenza passiva solo nel caso di effettiva permanenza di tale contributo, portando in conto un'aliquota non superiore al 50%.

Stato limite di esercizio (SLE)

A meno dell'impiego di specifiche analisi dinamiche, in grado di fornire la risposta deformativa del sistema fondazione-terreno, la verifica nei confronti dello stato limite di danno può essere ritenuta soddisfatta impiegando le azioni corrispondenti allo SLD e determinando il carico limite di progetto con il coefficiente γ_R riportato nella Tabella 7.11.II.

Tab. 7.11.II - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche

Verfica	Coefficiente parziale
Carico limite	2.3
Scorrimento	1.1
Resistenza sulle superfici laterali	1.3

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

Prandtl ha studiato il problema della rottura di un semispazio elastico per effetto di un carico

applicato sulla sua superficie con riferimento all'acciaio, caratterizzando la resistenza a rottura con una legge del tipo:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan\varphi$$ *valida anche per i terreni.*

Le ipotesi e le condizioni introdotte dal Prandtl sono le seguenti:

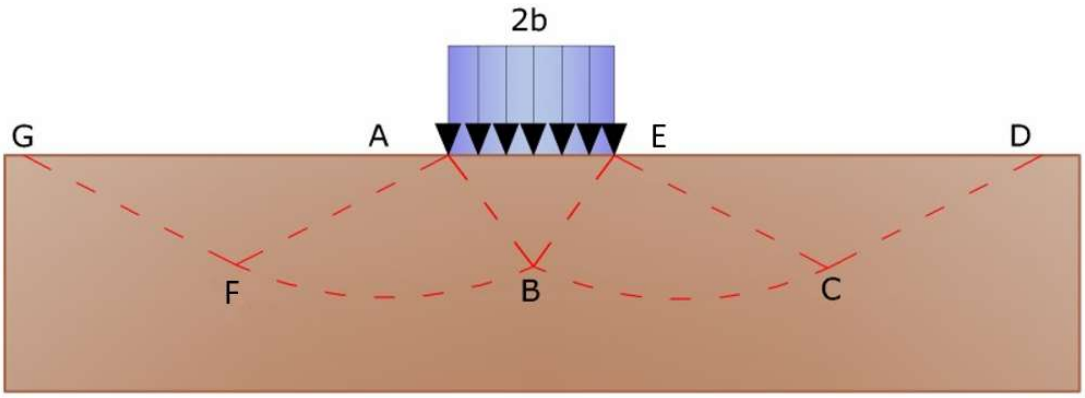
- Materiale privo di peso e quindi $\gamma=0$
- Comportamento rigido - plastico
- Resistenza a rottura del materiale esprimibile con la relazione $\tau = c + \sigma \cdot \tan\varphi$
- Carico uniforme, verticale ed applicato su una striscia di lunghezza infinita e di larghezza 2b (stato di deformazione piana)
- Tensioni tangenziali nulle al contatto fra la striscia di carico e la superficie limite del semispazio.

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie *GFBCD.*

Nel triangolo *AEB* la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di $45°+\varphi/2$ rispetto all'orizzontale.

Nelle zone *ABF e EBC* la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti *A* ed *E* e l'altra da archi di de famiglie di spirali logaritmiche.

I poli di queste sono i punti *A* ed *E*. Nei triangoli *AFG e ECD* la rottura avviene su segmenti inclinati di $\pm (45°+ \varphi/2)$ rispetto alla verticale.



Meccanismo di rottura di Prandtl

Individuato così il volume di terreno portato a rottura dal carico limite, questo può essere calcolato scrivendo la condizione di equilibrio fra le forze agenti su qualsiasi volume di terreno delimitato in basso da una qualunque delle superfici di scorrimento.

Si arriva quindi ad una equazione q =B·c, dove il coefficiente B dipende soltanto dall'angolo di attrito φ del terreno.

$$B = \cot g\varphi\left[e^{\pi tg\varphi}tg^2(45°+\varphi/2)-1\right]$$

Per φ=0 il coefficiente B risulta pari a 5.14, quindi q=5.14·c.

Nell'altro caso particolare di terreno privo di coesione (c=0, γ≠0) risulta q=0, secondo la teoria di **Prandtl**, non sarebbe dunque possibile applicare nessun carico sulla superficie limite di un terreno incoerente.

Questa teoria, anche se non applicabile praticamente, ha dato inizio a tutte le ricerche ed i metodi di calcolo successivi.

Infatti ***Caquot*** si pose nelle stesse condizioni di Prandtl ad eccezione del fatto che la striscia di carico non è più applicata sulla superficie limite del semispazio, ma a una profondità h, con h ≤ 2b; il terreno compreso tra la superficie e la profondità h ha le seguenti caratteristiche*: γ≠0, φ=0, c=0, rappresenta* un mezzo dotato di peso ma privo di resistenza.

Risolvendo le equazioni di equilibrio si arriva all'espressione:

$$q = A \cdot \gamma_1 + B \cdot c$$

che è sicuramente è un passo avanti rispetto a Prandtl, ma che ancora non rispecchia la realtà.

Metodo di Terzaghi (1955)

Terzaghi, proseguendo lo studio di Caquot, ha apportato alcune modifiche per tenere conto delle effettive caratteristiche dell'insieme opera di fondazione-terreno.

Sotto l'azione del carico trasmesso dalla fondazione il terreno che si trova a contatto con la fondazione stessa tende a sfuggire lateralmente, ma ne è impedito dalle resistenze tangenziali che si sviluppano fra la fondazione ed il terreno. Ciò comporta una modifica dello stato tensionale nel terreno posto direttamente al di sotto della fondazione; per tenerne conto ***Terzaghi*** assegna ai lati AB ed EB del cuneo di Prandtl una inclinazione ψ rispetto all'orizzontale, scegliendo il valore di ψ in funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno al contatto terreno-opera di fondazione.

L'ipotesi $\gamma_2 = 0$ per il terreno sotto la fondazione viene così superata ammettendo che le superfici di rottura restino inalterate, l'espressione del carico limite è quindi:

$$q = A \cdot \gamma_1 \cdot h + B \cdot c + C \cdot \gamma \cdot b$$

in cui C è un coefficiente che risulta funzione dell'angolo di attrito φ del terreno posto al di sotto del piano di posa e dell'angolo φ prima definito; b è la semilarghezza della striscia.

Inoltre, basandosi su dati sperimentali, *Terzaghi* passa dal problema piano al problema spaziale introducendo dei fattori di forma.

Un ulteriore contributo è stato apportato da *Terzaghi* sull' effettivo comportamento del terreno.

Nel metodo di Prandtl si ipotizza un comportamento del terreno rigido-plastico, *Terzaghi* invece ammette questo comportamento nei terreni molto compatti.

In essi, infatti, la curva carichi-cedimenti presenta un primo tratto rettilineo, seguito da un breve tratto curvilineo (comportamento elasto-plastico); la rottura è istantanea ed il valore del carico limite risulta chiaramente individuato (rottura generale).

In un terreno molto sciolto invece la relazione carichi-cedimenti presenta un tratto curvilineo accentuato fin dai carichi più bassi per effetto di una rottura progressiva del terreno (rottura

locale); di conseguenza l'individuazione del carico limite non è così chiara ed evidente come nel caso dei terreni compatti.

Per i terreni molto sciolti, Terzaghi consiglia di prendere in considerazione il carico limite il valore che si calcola con la formula precedente introducendo però dei valori ridotti delle caratteristiche meccaniche del terreno e precisamente:

$$\tan\varphi_{rid} = \frac{2}{3}\tan\varphi \quad e \quad c_{rid} = \frac{2}{3}c$$

Esplicitando i coefficienti della formula precedente, la formula di Terzaghi può essere scritta:

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2\cdot\cos^2(45+\varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi-\varphi/2)\tan\varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\varphi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\varphi} - 1\right)$$

Formula di Meyerhof (1963)

Meyerhof propose una formula per il calcolo del carico limite simile a quella di *Terzaghi*; le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma.

Egli introdusse un coefficiente s_q che moltiplica il fattore N_q, fattori di profondità d_i e di pendenza i_i per il caso in cui il carico trasmesso alla fondazione è inclinato sulla verticale.

I valori dei coefficienti N furono ottenuti da Meyerhof ipotizzando vari archi di prova BD (v. meccanismo Prandtl), considerando valori approssimati del taglio che si sviluppa nel terreno al di sopra del piano di posa. I fattori di forma tratti da Meyerhof sono di seguito riportati, insieme all'espressione della formula.

Carico verticale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

Carico inclinato

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$N_q = e^{(0.75\pi - \varphi/2)} \cdot \tan^2(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.4 \cdot \varphi)$$

fattore di forma:

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot k_p \cdot \frac{B}{L} \qquad \text{per } \varphi > 0$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot k_p \cdot \frac{B}{L} \qquad \text{per } \varphi = 0$$

fattore di profondità:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p} \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{k_p} \cdot \frac{D}{B} \qquad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad \text{per } \varphi > 10$$

inclinazione:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \quad \text{per } \varphi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \qquad \text{per } \varphi = 0$$

dove:

- $k_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$
- θ = *Inclinazione della risultante sulla verticale.*

Formula di Hansen (1970)

È una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*; le estensioni consistono nell'introduzione di b_i che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore g_i per terreno in pendenza.

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto *D/B*, quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di D/B <1:

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(1 - \sin\varphi)^2 \cdot \frac{D}{B}$$

Per valori D/B >1:

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(1 - \sin\varphi)^2 \cdot \tan^{-1}\frac{D}{B}$$

Nel caso φ=0

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando φ=0.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \text{ per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Fattori di inclinazione del carico:

$$i'_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}.$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_q = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450) \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata):

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q \exp(-2\eta \cdot \tan \varphi)$$

Formula di Vesic (1975)

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen, con Nq ed Nc come per la formula di Meyerhof ed Nγ come sotto riportato:

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi$$

I fattori di forma e di profondità che compaiono nelle formule del calcolo della capacità portante sono uguali a quelli proposti da Hansen; alcune differenze sono invece riportate nei fattori di inclinazione del carico, del terreno (fondazione su pendio) e del piano di fondazione (base inclinata).

Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa sostenere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo):

$$Vd \leq Rd$$

Dove Vd è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto Rd, nei terreni a grana fine, si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} = (2+\pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

Dove:

- A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico;
- c_u= coesione non drenata;
- q= pressione litostatica totale sul piano di posa
- s_c = fattore di forma;
- $s_c = 1 + 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$, per fondazioni rettangolari
- $s_c = 1.2$, per fondazioni quadrate o circolari
- i_c= Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 0.5 + 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A'_f \cdot c_a}}.$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue:

$$\frac{R}{A'} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2 (45 + \varphi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \varphi'$$

Fattori di forma:

$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \text{sen}\varphi'$	per forma rettangolare
$s_q = 1 + \text{sen}\varphi'$	per forma quadrata o circolare
$s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B'}{L'}$	per forma rettangolare
$s_\gamma = 0.7$	per forma quadrata o circolare
$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$	per forma rettangolare, quadrata o circolare

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H:

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}.$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi'}\right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi'}\right)^{m+1}$$

$$i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

Dove:

$$m = m_B = \frac{\left[2+\left(\frac{B'}{L'}\right)\right]}{\left[1+\left(\frac{B'}{L'}\right)\right]} \qquad \text{con} \quad H \,//\, .B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[2+\left(\frac{L'}{B'}\right)\right]}{\left[1+\left(\frac{L'}{B'}\right)\right]}. \qquad \text{con} \quad H \,//\, .L'$$

Se H forma un angolo θ con la direzione di L', l'esponente "m" viene calcolato con la seguente espressione:

$$m = m_\theta = m_L \cdot \cos^2 \theta + m_B \cdot \sin^2 \theta$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Meyerhof e Hanna (1978)

Tutta l'analisi teorica sviluppata per la determinazione del carico limite è stata basata sull'ipotesi che il terreno sia isotropico ed omogeneo fino a notevole profondità.

Tale ipotesi però non rispecchia la realtà perché, in natura, il terreno presenta disomogeneità litologica per cui può essere costituito da diverse percentuali delle componenti granulometriche come ghiaia, sabbia, limo e argilla.

Le relazioni per la stima del carico limite, ricavate dall'ipotesi di terreno omogeneo risultano essere molto approssimative se il terreno è stratificato, soprattutto se le superfici di rottura interferiscono con i limiti degli strati del terreno.

Si consideri un sistema costituito da due strati di terreno distinti ed una fondazione posizionata sullo strato superiore a una profondità D dal piano campagna, le superfici di rottura a carico limite possono svilupparsi completamente sullo strato superiore oppure coinvolgere anche il secondo strato. Può accadere che lo strato superiore sia più resistente rispetto allo strato inferiore o viceversa.

In entrambi i casi verrà presentata un'analisi generale per c = 0 e si dimostrerà che sarà valida anche nel caso di terreni sabbiosi o argillosi.

Lo studio della capacità portante di un sistema a strati è stato affrontato da diversi autori: Button (1953), Vesic (1975), Meyerhof (1974), Meyerhof e Hanna (1978)

Meyerhof (1974) ha analizzato un sistema a due strati composto da sabbia densa su argilla morbida e sabbia sciolta su argilla rigida e ha supportato il suo studio con alcuni test su modello. Successivamente Meyerhof e Hanna (1978) hanno integrato lo studio di Meyerhof (1974) includendo nelle analisi il terreno privo di coesione.

Si riporta la trattazione di Meyerhof (1974) e Meyerhof e Hanna (1978).

Nella figura 12.16 (a) è rappresentata una fondazione di larghezza B e profondità D in uno strato di terreno resistente (strato 1). Lo strato debole si trova a distanza H dal piano di posa della fondazione.

Se si verificano le condizioni per cui la distanza H non è sufficientemente ampia, oppure, si ha un carico eccezionale, una parte dello stesso carico verrà trasferito oltre il livello mn. Questa condizione indurrà il formarsi di superfici di rottura anche nello strato più debole (strato 2). Se la distanza H è relativamente grande, le superfici di rottura si svilupperanno completamente nello strato 1 come evidenziato in Figura 12.16b.

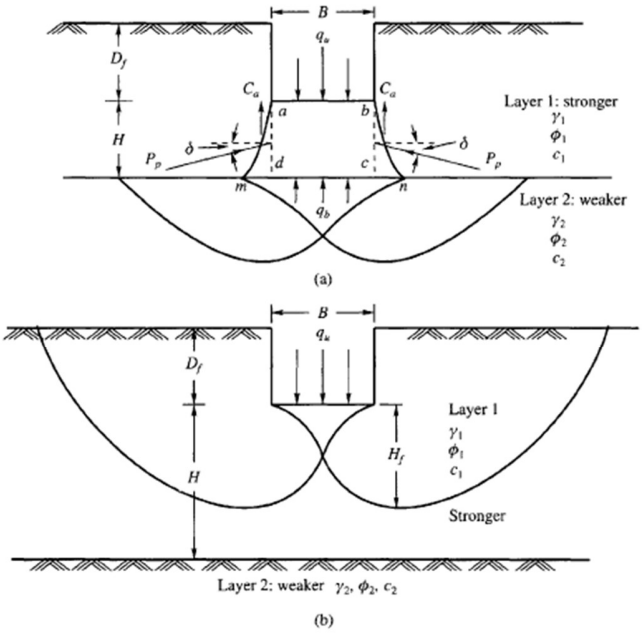


Figure 12.16 Failure of soil below strip footing under vertical load on strong layer overlying weak deposit (after Meyerhof and Hanna, 1978)

Il carico limite negli strati 1 e 2 può essere espresso dalle seguenti relazioni:

Strato 1

$$q_1 = c_1 \cdot N_{c1} + \frac{1}{2}\gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma 1}$$

Strato 2

$$q_2 = c_2 \cdot N_{c2} + \frac{1}{2}\gamma_2 \cdot B \cdot N_{\gamma 2}$$

Dove:

- N_{c1}, $N_{\gamma 1}$ = fattori di capacità portante dello strato 1 con angolo di resistenza a taglio φ_1
- N_{c2}, $N_{\gamma 2}$ = fattori di capacità portante dello strato 2 con angolo di resistenza a taglio φ_2

Se il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza D_f rispetto al piano campagna e la distanza H è relativamente grande l'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_u = q_t = c_1 \cdot N_{c1} + q'_0 \cdot N_{q1} + \frac{1}{2}\gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma 1}$$

Se q_1 è maggiore di q_2 e se la distanza H non è sufficiente a formare una condizione di plasticizzazione completa nello strato 1, allora la rottura è legata alla spinta del terreno che si sviluppa dallo strato più debole allo strato più resistente. La formulazione per la stima del carico limite diventa:

$$q_u = q_b + \frac{2 \cdot \left(c_a + P_p \sin\delta\right)}{B} - \gamma_1 \cdot H$$

Dove:

- q_b= carico limite nello strato 2;
- Pp= spinta passiva;
- C_a= adesione;
- δ= inclinazione della spinta passiva rispetto all'orizzontale

Con:

$$P_p = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2\cos\delta}\left(1 + \frac{2D_f}{H}\right) \cdot K_p$$

Metodo di Richards et al.

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio che segue il metodo di Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Gli autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite nel seguente modo:

$$q_L = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2\cos\delta}\left(1+\frac{2D_f}{H}\right)\cdot K_p$$

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

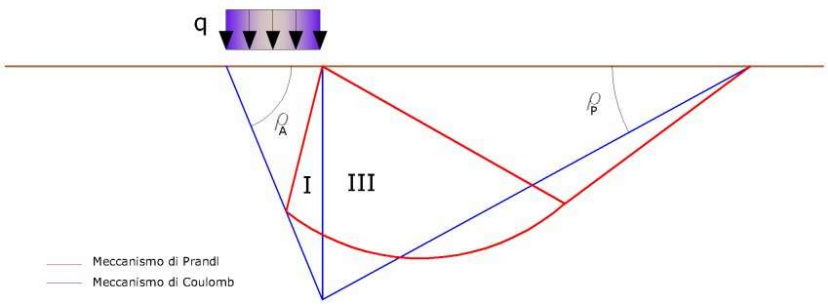
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = \left(N_q - 1\right)\cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1\right)\cdot \tan(\rho_{AE})$$

Gli autori hanno, inoltre, esaminato un meccanismo di tipo Coulomb, con un approccio che segue quello dell'equilibrio limite, considerando anche le forze di inerzia agenti sul volume di terreno sottoposto a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene considerata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite (qL).

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli ρ_A e ρ_P che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva K_A e K_P in funzione dell'angolo di attrito interno φ del terreno e dell'angolo di attrito δ terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1}\cdot\left\{\frac{\sqrt{\tan\varphi\cdot(\tan\varphi\cdot\cot\varphi)\cdot(1+\tan\delta\cdot\cot\varphi)}-\tan\varphi}{1+\tan\delta\cdot(\tan\varphi+\cot\varphi)}\right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1}\cdot\left\{\frac{\sqrt{\tan\varphi\cdot(\tan\varphi\cdot\cot\varphi)\cdot(1+\tan\delta\cdot\cot\varphi)}+\tan\varphi}{1+\tan\delta\cdot(\tan\varphi+\cot\varphi)}\right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta)\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi)}{\cos(\delta)}}\right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta)\left\{1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi)}{\cos(\delta)}}\right\}^2}$$

È comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo $\phi=0.5\delta$, conduce a valori dei coefficienti di carico limite prossimi a quelli basati su un'analisi di tipo Prandtl. Richards et al. hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni k_h g e k_V g, agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a $k_h\,\gamma$ e $k_V\,\gamma$. Sono state così ottenute le estensioni delle espressioni di ρa e ρp, nonché di K_A e K_P, rispettivamente indicate come ρ_{AE} e ρ_{PE} e come K_{AE} e K_{PE} per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi-\theta) + \tan^{-1}\cdot\left\{\frac{\sqrt{(1+\tan^2(\varphi-\theta))\cdot[1+\tan(\delta+\theta)\cdot\cot(\varphi-\theta)]}-\tan(\varphi-\theta)}{1+\tan(\delta+\theta)\cdot(\tan(\varphi-\theta)+\cot(\varphi-\theta))}\right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi-\theta) + \tan^{-1}\cdot\left\{\frac{\sqrt{(1+\tan^2(\varphi-\theta))\cdot[1+\tan(\delta+\theta)\cdot\cot(\varphi-\theta)]}-\tan(\varphi-\theta)}{1+\tan(\delta+\theta)\cdot(\tan(\varphi-\theta)+\cot(\varphi-\theta))}\right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi-\theta)}{\cos(\theta)\cdot\cos(\delta+\theta)\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\cdot\sin(\varphi-\theta)}{\cos(\delta+\theta)}}\right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos(\theta)\cdot\cos(\delta + \theta)\left\{1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta)\cdot\sin(\varphi - \theta)}{\cos(\delta + \theta)}}\right\}^2}$$

I valori di Nq e Nγ sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli ρ_{AE} e ρ_{PE} e dei coefficienti K_{AE} e K_{PE} relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo θ definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

Nella tabella sottostante sono mostrati i fattori di capacità portante calcolati per i seguenti valori dei parametri:

$$\varphi = 30° \quad \delta = 15°$$

Per diversi valori dei coefficienti di spinta sismica:

Tabella dei fattori di capacità portante per φ=30°

$k_h/(1-k_v)$	N_q	N_γ	N_c
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLE FONDAZIONE (SLU)

La verifica a carico limite delle fondazioni secondo l'approccio SLU si esegue con la seguente diseguaglianza:

$$E_d \leq \frac{R_d}{\gamma_{RV}}$$

Dove:

- E_d= pressioni agenti alla base della fondazione;
- Rd= capacità portante di calcolo;
- γ_{RV}= coefficiente riduttivo della capacità portante verticale

Le pressioni agenti alla base della fondazione si calcolano con dalla seguente espressione:

$$E_d = \frac{N_d}{A_{ef}}$$

Dove:

- N_d= azione normale di progetto;
- A_{ef} $B_R \cdot L'$= area ridotta;

Fondazioni quadrate o rettangolari

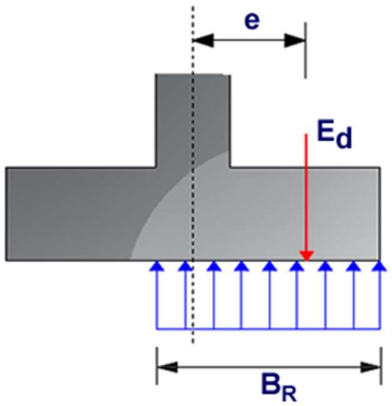
L'area ridotta risulta essere:

$$A_{ef}=B' \cdot L'$$

$$L' = L - 2e_x ; B' = B - e_y ; e_x = \frac{M_x}{N} ; e_y = \frac{M_y}{N}$$

Per le verifiche a carico limite allo SLU è lecito considerare la "plasticizzazione" del terreno, in tal caso si può assumere una distribuzione uniforme delle pressioni agenti sul piano di posa.

Come evidenziato nella seguente immagine, la distribuzione delle pressioni si considera estesa sulla base "ridotta" B_R=B-2e.



Dove:

- $e=N_d/M_d$- eccentricità dei carichi

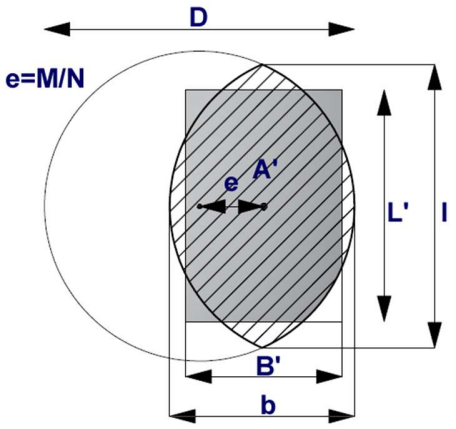
Fondazioni circolari

Una fondazione circolare sottoposta ad un carico verticale applicato con un'eccentricità e = Md / Nd può essere considerata equivalente ad una fondazione fittizia con un carico applicato centralmente (Figura seguente), come suggerito da Meyerhof (1953) e Vesic (1973). In questo caso, l'area della fondazione fittizia, A', può essere calcolata con questa espressione:

$$A' = \frac{D^2}{2}\left(\arccos\frac{2e}{D} - \frac{2e}{D}\sqrt{1-\left(\frac{2e}{D}\right)^2}\right)$$

Il rapporto delle lunghezze dei lati della fondazione rettangolare equivalente può essere approssimato al rapporto tra le lunghezze b ed l, si ricava da:

$$\frac{B}{L'} = \frac{b}{l} =' \sqrt{\frac{D-2e}{D+2e}}$$



Metodo di calcolo delle dimensioni equivalenti di una fondazione circolare soggetta a carico non baricentrico.

VERIFICA A SLITTAMENTO

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità di un plinto di fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di componenti: una delle componenti è dovuta all'adesione, l'altra è dovuta all'attrito fondazione-terreno. La resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dall'utente.

La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

$$F_{Rd} = N_{sd} \cdot \tan\delta + c_a \cdot A'$$

Nella quale N_{sd} è il valore di calcolo della forza verticale,δ è l'angolo di resistenza a taglio alla base del plinto, c_a è l'adesione plinto-terreno e A' è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU ROCCIA

Per la valutazione della capacità portante ammissibile delle rocce si deve tener conto di di alcuni parametri significativi quali le caratteristiche geologiche, il tipo di roccia e la sua qualità, misurata con l'RQD. Nella capacità portante delle rocce si utilizzano normalmente fattori di sicurezza molto alti e legati in qualche modo al valore del coefficiente RQD: ad esempio, per una roccia con RQD pari al massimo a 0.75 il fattore di sicurezza varia tra 6 e 10. Per la determinazione della capacità portante di una roccia si possono usare le formule di Terzaghi, usando angolo d'attrito e coesione della roccia, o quelle proposte da **Stagg** e **Zienkiewicz** (1968) in cui i coefficienti della formula della capacità portante valgono:

$$N_q = \tan^6(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = 5\tan^4(45 + \varphi/2)$$

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Con tali coefficienti vanno usati i fattori di forma impiegati nella formula di Terzaghi.La capacità portante ultima calcolata è comunque funzione del coefficiente RQD secondo la seguente espressione:

$$q' = q_{ult}(RQD)^2$$

Se il carotaggio in roccia non fornisce pezzi intatti (RQD tende a 0), la roccia viene trattata come un terreno stimando al meglio i parametri c e φ.

FATTORI CORRETTIVI SISMICI (PAOLUCCI E PECKER)

Quando si determina q_{lim}, per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del vengono introdotti i fattori correttivi z:

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{tg\varphi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0{,}32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove k_h è il coefficiente sismico orizzontale.

CEDIMENTI ELASTICI

I cedimenti di una fondazione rettangolare di dimensioni B×L posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base aduna equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier, 1951):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) \cdot I_F \qquad (1)$$

dove:

q_0 Intensità della pressione di contatto

B' Minima dimensione dell'area reagente,

E e μ Parametri elastici del terreno.

I_i Coefficienti di influenza dipendenti da: L'/B', spessore dello strato H, coefficiente di Poisson μ, profondità del piano di posa D;

I coefficienti *I_1 e I_2* si possono calcolare utilizzando le equazioni fornite da *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), in funzione del rapporto *L'/B'* ed H/B, utilizzando *B'=B/2* e *L'=L/2* per i coefficienti relativi al centro e *B'=B* e *L'=L* per i coefficienti relativi al bordo.

Il coefficiente di influenza I_F deriva dalle equazioni di *Fox* (1948), che indicano il cedimento si riduce con la profondità in funzione del coefficiente di *Poisson* e del rapporto *L/B*.

In modo da semplificare l'equazione (1) si introduce il coefficiente I_S:

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} \cdot I_2$$

Il cedimento dello strato di spessore H vale:

$$\Delta H = q_0 \cdot B' \frac{1-\mu^2}{E_S} \cdot I_S \cdot I_F$$

Per meglio approssimare i cedimenti si suddivide la base di appoggio in modo che il punto si trovi in corrispondenza di uno spigolo esterno comune a più rettangoli. In pratica si moltiplica per un fattore pari a 4 per il calcolo dei cedimenti al centro e per un fattore pari a 1 per i cedimenti al bordo. Nel calcolo dei cedimenti si considera una profondità del bulbo delle tensioni pari a 5B, se il substrato roccioso si trova ad una profondità maggiore. A tal proposito viene considerato substrato roccioso lo strato che ha un valore di E pari a 10 volte dello strato soprastante. Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.

CEDIMENTI EDOMETRICI

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica.

Tuttavia la semplicità d'uso e la facilità di controllare l'influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.

L'approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi:

a) Il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l'applicazione della teoria dell'elasticità;
b) la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

se si tratta di un terreno sovraconsolidato (OCR>1), ossia l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione σ'_p ($\sigma'_p + \Delta\sigma_V < \sigma'_p$).

Se invece il terreno è normalconsolidato ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) le deformazioni avvengono nel tratto di compressione ed il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

- *RR*: Rapporto di ricompressione;
- *CR*: Rapporto di compressione;
- H_0: Spessore iniziale dello strato;
- σ'_{v0}: Tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico;
- $\Delta\sigma_V$: Incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico.

In alternativa ai parametri *RR* e *CR* si fa riferimento al modulo edometrico M; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell'intervallo tensionale ($\sigma'_0 + \Delta\sigma_V$) significativo per il problema in esame.

L'applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

- la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore (< 2.00 m);
- la stima del modulo edometrico nell'ambito di ciascuno strato;
- il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione vengono utilizzate sia per le argille che per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove di consolidazione. Tuttavia, per terreni a grana più grossa le dimensioni dei provini edometrici sono poco significative del comportamento globale dello strato e, per le sabbie, risulta preferibile impiegare prove penetrometriche statiche e dinamiche.

Cedimento secondario

Il cedimento secondario è calcolato facendo riferimento alla relazione:

$$\Delta H_S = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

in cui:

- H_c: altezza dello strato in fase di consolidazione;
- C_α: coefficiente di consolidazione secondaria come pendenza nel tratto secondario della curva *cedimento-logaritmo tempo*;
- T: tempo in cui si vuole il cedimento secondario;
- T_{100}: tempo necessario all'esaurimento del processo di consolidazione primaria.

CEDIMENTI DI SCHMERTMANN

Un metodo alternativo per il calcolo dei cedimenti è quello proposto da Schmertmann (1970) il quale ha correlato la variazione del bulbo delle tensioni alla deformazione. L'autore ha considerato nel suo modello un diagramma delle deformazioni di forma triangolare in cui la profondità alla quale si hanno deformazioni significative è assunta pari a 4B, nel caso di fondazioni nastriformi, e pari a 2B per fondazioni quadrate o circolari.

Secondo tale approccio il cedimento si esprime attraverso la seguente espressione:

$$w = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta q \cdot \sum \frac{I_Z \cdot \Delta z}{E}$$

nella quale:

- Δq: rappresenta il carico netto applicato alla fondazione;
- I_Z: è un fattore di deformazione il cui valore è nullo a profondità di **2B,** per fondazione circolare o quadrata, e a profondità **4B,** per fondazione nastriforme.

Il valore massimo di I_Z si verifica a una profondità rispettivamente pari a:

- B/2, per fondazione circolare o quadrata
- B, per fondazioni nastriformi

e vale

$$I_{z\max} = 0.5 + 0.1 \cdot \left(\frac{\Delta q}{\sigma'_{vi}} \right)^{0.5}$$

Dove:

- σ'_{vi}: rappresenta la tensione verticale efficace a profondità B/2 per fondazioni quadrate o circolari, e a profondità B per fondazioni nastriformi.
- $E_{\mathbf{i}}$: rappresenta il modulo di deformabilità del terreno in corrispondenza dello strato i-esimo considerato nel calcolo;
- Δ_{Zi}: rappresenta lo spessore dello strato i-esimo;
- $C_{\mathbf{1}}$ e $C_{\mathbf{2}}$ sono due coefficienti correttivi.

Il modulo E viene assunto pari a 2.5 q_c per fondazioni circolari o quadrate e a 3.5 q_c per fondazioni nastriformi. Nei casi intermedi, si interpola in funzione del valore di L/B.

Il termine $\mathbf{q_c}$ che interviene nella determinazione di E rappresenta la resistenza alla punta fornita dalla prova CPT.

Le espressioni dei due coefficienti C_1 e $C_{\mathbf{2}}$ sono:

$$C_1 = 1 - 0.5 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\Delta q} > 0.5$$

che tiene conto della profondità del piano di posa.

$$C_2 = 1 + 0.2 \cdot \log \frac{t}{0.1}$$

che tiene conto delle deformazioni differite nel tempo per effetto secondario.

Nell'espressione **t** rappresenta il tempo, espresso in anni dopo il termine della costruzione, in corrispondenza del quale si calcola il cedimento.

CEDIMENTI DI BURLAND e BURBIDGE

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità *Ic* al risultato N della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + \left(q' - \sigma'_{v0}\right) \cdot B^{0.7} \cdot I_C\right]$$

nella quale:

- q': pressione efficace lorda;
- σ'_{VO}: tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;
- B: larghezza della fondazione;
- Ic: Indice di compressibilità;
- f_S, f_H, f_t: fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità Ic è legato al valore medio Nav di Nspt all'interno di una profondità significativa z:

$$I_C = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di Nspt da utilizzare nel calcolo del valore medio N_{AV} va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e Nspt>15, secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948):

$$N_c = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

dove N_c è il valore coretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 \cdot Nspt$$

Le espressioni dei fattori correttivi f_S, f_H e f_t sono rispettivamente:

$$f_S = \left(\frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con:

- t tempo in anni > 3;
- R_3 costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;
- R 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici.

DATI GENERALI – TRATTO B

AREA PZ3/DIN 4 – ARGINE DESTRO RIO MARE FOGHE – SEZIONE N. 71

==========

Normativa	NTC 2018
Zona	Tramatza
Lat./ Long. [WGS84]	39.9942245483398/8.62540054321289
Larghezza fondazione	3.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	9.4 m
Profondità falda	7.2

==========

SISMA

==========

Accelerazione massima (amax/g) 0.075

Effetto sismico secondo Paolucci, Pecker (1997)

Coefficiente sismico orizzontale 0.015

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe II

Vita nominale: 50.0 [anni]

Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.186	2.61	0.273
S.L.D.	50.0	0.235	2.67	0.296
S.L.V.	475.0	0.49	2.88	0.34
S.L.C.	975.0	0.588	2.98	0.372

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.279	0.2	0.0057	0.0028
S.L.D.	0.3525	0.2	0.0072	0.0036
S.L.V.	0.735	0.2	0.015	0.0075
S.L.C.	0.882	0.2	0.018	0.009

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
3.0	1950.0	2100.0	36.0	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Riporto argine
3.0	1800.0	1930.0	0.0	0.63	0.63	45.89	50.0	0.0	0.005	0.004	Argille
5.0	1800.0	1900.0	28.0	0.0	0.0	200.0	200.0	0.0	0.0	0.0	Sabbie Ghiaie

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	2.3	1
4	No	1	1	1	1	1	2.3	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult] 27.14 Kg/cm²

Resistenza di progetto[Rd] 15.08 Kg/cm²

Tensione [Ed] 1.9 Kg/cm²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 14.28

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10.85 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	10.94
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.5
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.16
Fattore profondità [Dq]	1.38
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0

Fattore forma [Sg]	0.88
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	37.49 Kg/cm²
Resistenza di progetto	16.3 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	17.81
Fattore [Nc]	31.61
Fattore [Ng]	15.15
Fattore forma [Sc]	1.0

Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	29.45 Kg/cm²
Resistenza di progetto	12.81 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	11.19
Fattore forma [Sc]	1.17
Fattore profondità [Dc]	2.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.08
Fattore profondità [Dq]	1.52

Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.08
Fattore profondità [Dg]	1.52
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	39.82 Kg/cm²
Resistenza di progetto	17.31 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	16.72
Fattore forma [Sc]	1.17
Fattore profondità [Dc]	1.41

Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.16
Fattore profondità [Dq]	1.38
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.88
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	38.17 Kg/cm²
Resistenza di progetto	16.6 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	14.59
Fattore forma [Sc]	1.15
Fattore profondità [Dc]	1.41
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.14
Fattore profondità [Dq]	1.38
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.91
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

==========

Carico limite 37.4 Kg/cm²

Resistenza di progetto 16.26 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume 1800.0 Kg/m³

Peso unità di volume saturo 1900.0 Kg/m³

Angolo di attrito 28.0 °

Coesione 0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq] 14.72

Fattore [Nc] 25.8

Fattore [Ng] 10.94

Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore profondità [Dc] 1.5

Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.16
Fattore profondità [Dq]	1.38
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.88
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	34.56 Kg/cm²
Resistenza di progetto	19.2 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °

Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	17.81
Fattore [Nc]	31.61
Fattore [Ng]	15.15
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	27.14 Kg/cm²
Resistenza di progetto	15.08 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8

Fattore [Ng]	11.19
Fattore forma [Sc]	1.17
Fattore profondità [Dc]	2.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.08
Fattore profondità [Dq]	1.52
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.08
Fattore profondità [Dg]	1.52
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	36.69 Kg/cm²
Resistenza di progetto	20.39 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	16.72
Fattore forma [Sc]	1.17
Fattore profondità [Dc]	1.41
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.16
Fattore profondità [Dq]	1.38
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.88
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.92
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

Carico limite	35.18 Kg/cm²
Resistenza di progetto	19.55 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	14.59
Fattore forma [Sc]	1.15
Fattore profondità [Dc]	1.41
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.14
Fattore profondità [Dq]	1.38
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.91
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.92

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.91

Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.96

==========

Carico limite 34.47 Kg/cm²

Resistenza di progetto 19.15 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo logaritmico di Terzaghi**

Pressione normale di progetto 1.9 Kg/cm²

Cedimento dopo T anni 7.0

Distanza 2.50 m

Angolo 88.48 °

Cedimento totale 0.301 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws:Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm²)	Dp (Kg/cm²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
3	10.2	1.611	0.342	Edometrico	0.3007	--	0.3007

==========

DATI GENERALI - TRATTO B

AREA PZ4/DIN 5 – SPONDA SINISTRA RIO MARE FOGHE – SEZIONE N. 59

Normativa	NTC 2018
Zona	Tramatza
Lat./ Long. [WGS84]	39.9942245483398/8.62540054321289
Larghezza fondazione	1.8 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	6.32 m
Profondità falda	4.0

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.075
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.015

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.186	2.61	0.273
S.L.D.	50.0	0.235	2.67	0.296
S.L.V.	475.0	0.49	2.88	0.34
S.L.C.	975.0	0.588	2.98	0.372

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.279	0.2	0.0057	0.0028
S.L.D.	0.3525	0.2	0.0072	0.0036
S.L.V.	0.735	0.2	0.015	0.0075
S.L.C.	0.882	0.2	0.018	0.009

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
3.0	1800.0	1930.0	0.0	0.63	0.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Argille
5.0	1800.0	1900.0	28.0	0.0	0.0	200.0	200.0	0.0	0.005	0.004	Sabbie e ghiaie

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	2.3	1
4	No	1	1	1	1	1	2.3	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA
Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	17.75 Kg/cm²
Resistenza di progetto[Rd]	9.86 Kg/cm²
Tensione [Ed]	1.2 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	14.79
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	7.1 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	10.94
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.52
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.1
Fattore profondità [Dq]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	21.6 Kg/cm²
Resistenza di progetto	9.39 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Fattore [Nq]	17.81
Fattore [Nc]	31.61
Fattore [Ng]	15.15
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	17.77 Kg/cm²
Resistenza di progetto	7.72 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	11.19
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	2.17
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05

Fattore profondità [Dq]	1.58
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.05
Fattore profondità [Dg]	1.58
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	24.25 Kg/cm²
Resistenza di progetto	10.54 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	16.72
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.42
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.1
Fattore profondità [Dq]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	22.04 Kg/cm²
Resistenza di progetto	9.58 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	14.59
Fattore forma [Sc]	1.09
Fattore profondità [Dc]	1.42
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.08
Fattore profondità [Dq]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.95
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	21.68 Kg/cm²
Resistenza di progetto	9.43 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	10.94
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.52
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.1
Fattore profondità [Dq]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	21.59 Kg/cm²
Resistenza di progetto	12.0 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³

Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

Fattore [Nq]	17.81
Fattore [Nc]	31.61
Fattore [Ng]	15.15
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	17.75 Kg/cm²
Resistenza di progetto	9.86 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	11.19
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	2.17
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.58
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.05
Fattore profondità [Dg]	1.58
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	24.23 Kg/cm²
Resistenza di progetto	13.46 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	16.72
Fattore forma [Sc]	1.1
Fattore profondità [Dc]	1.42
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.1
Fattore profondità [Dq]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.93
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	22.02 Kg/cm²
Resistenza di progetto	12.23 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1800.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	1900.0 Kg/m³
Angolo di attrito	28.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

Fattore [Nq]	14.72
Fattore [Nc]	25.8
Fattore [Ng]	14.59
Fattore forma [Sc]	1.09
Fattore profondità [Dc]	1.42
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.08
Fattore profondità [Dq]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.95
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	21.67 Kg/cm²
Resistenza di progetto	12.04 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO
***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	1.2 Kg/cm²
Cedimento dopo T anni	7.0
Distanza	2.60 m
Angolo	0.00 °
Cedimento totale	0.755 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws:Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm²)	Dp (Kg/cm²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	6.9	0.981	0.01	Edometrico	0.0109	0.7436	0.7545

DATI GENERALI – TRATTO A - AREA PZ8/PZ10

==========

Normativa	NTC 2018
Zona	Tramatza
Lat./ Long. [WGS84]	39.9942245483398/8.62540054321289
Larghezza fondazione	2.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	3.2 m
Profondità falda	3.4

==========

SISMA

==========

Accelerazione massima (amax/g)	0.075
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.015

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 1 - Opere provvisorie

Classe d'uso: Classe I

Vita nominale: 30.0 [anni]

Vita di riferimento: 21.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.186	2.61	0.273
S.L.D.	30.0	0.235	2.67	0.296
S.L.V.	199.0	0.49	2.88	0.34
S.L.C.	409.0	0.588	2.98	0.372

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.279	0.2	0.0057	0.0028
S.L.D.	0.3525	0.2	0.0072	0.0036
S.L.V.	0.735	0.2	0.015	0.0075
S.L.C.	0.882	0.2	0.018	0.009

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
3.2	2000.0	2100.0	36.0	0.2	0.0	500.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Limi, argille, sabbie
0.5	1700.0	2100.0	40.0	0.0	0.0	300.0	200.0	0.0	0.0	0.0	Rinterro
2.0	2100.0	2200.0	26.29	0.18	0.0	70.36	100.0	0.0	0.006	0.002	Argille verdastre

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA

Autore: VESIC (1975)

Carico limite [Qult]	50.1 Kg/cm²
Resistenza di progetto[Rd]	27.83 Kg/cm²
Tensione [Ed]	0.66 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	75.91
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	20.04 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	79.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.17
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.92
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	67.21 Kg/cm²
Resistenza di progetto	29.22 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	81.27
Fattore [Nc]	95.66
Fattore [Ng]	100.39
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	64.13 Kg/cm²
Resistenza di progetto	27.88 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	93.69
Fattore forma [Sc]	1.18
Fattore profondità [Dc]	1.69
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.34
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.09
Fattore profondità [Dg]	1.34
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	76.84 Kg/cm²
Resistenza di progetto	33.41 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	109.41
Fattore forma [Sc]	1.17
Fattore profondità [Dc]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.17

Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.92
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	52.7 Kg/cm²
Resistenza di progetto	22.91 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	106.05
Fattore forma [Sc]	1.13
Fattore profondità [Dc]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.13
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

==========

Carico limite	68.45 Kg/cm²
Resistenza di progetto	29.76 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	79.54
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.17
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.92
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0

Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	63.92 Kg/cm²
Resistenza di progetto	35.51 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	81.27
Fattore [Nc]	95.66
Fattore [Ng]	100.39
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

Carico limite	60.96 Kg/cm²
Resistenza di progetto	33.87 Kg/cm²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²
Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	93.69
Fattore forma [Sc]	1.18
Fattore profondità [Dc]	1.69
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.34
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.09
Fattore profondità [Dg]	1.34
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	73.03 Kg/cm²
Resistenza di progetto	40.57 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	109.41
Fattore forma [Sc]	1.17
Fattore profondità [Dc]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.17

Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.92
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	50.1 Kg/cm²
Resistenza di progetto	27.83 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========

Peso unità di volume	1700.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo	2100.0 Kg/m³
Angolo di attrito	40.0 °
Coesione	0.0 Kg/cm²

==========

Fattore [Nq]	64.2
Fattore [Nc]	75.31
Fattore [Ng]	106.05
Fattore forma [Sc]	1.13
Fattore profondità [Dc]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.13
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.96

==========

Carico limite	65.07 Kg/cm²
Resistenza di progetto	36.15 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

==========