



REGIONE
SICILIANA



LIBERO CONSORZIO
COMUNALE DI AGRIGENTO



COMUNE DI
FAVARA



COMUNE DI
NARO



COMUNE DI
CASTROLIBERO



COMUNE DI
CANICATTI'



COMUNE DI
AGRIGENTO



COMMITTENTE: 		RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. via A. Doria, 41/G - 00192 ROMA (RM) P.IVA/C.F. 06400370968 pec: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it					
Titolo del Progetto: <h2 style="text-align: center;">PARCO EOLICO CANICATTI'</h2>							
Documento: <h3 style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</h3>			N° Documento: <h3 style="text-align: center;">PECAN-A-0003</h3>				
ID PROGETTO:	PECAN	DISCIPLINA:	A	TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4
TITOLO: <h2 style="text-align: center;">Relazione geologica</h2>							
FOGLIO:		SCALA:	---	FILE:	PECAN-A-0003.pdf		
Progetto:  VAMIRGEOIND Via Tevere, 9 - 90144 - Palermo e-mail: vamirsas@yahoo.it		Gruppo di lavoro: Dott. Gualtiero Bellomo (coordinatore) Dott.ssa Maria Antonietta Marino (Direttore Tecnico) Ing. Mauro di Prete Dott. Sebastiano Muratore Dott. Fabio Interrante					
				 			
Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato		
00	maggio/2022	PRIMA EMISSIONE	VAMIRGEOIND	VAMIRGEOIND	RWE		

INDICE

<i>PREMESSE</i>	1
2. <i>CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE</i>	6
3. <i>CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE</i>	13
4. <i>INDAGINI ESEGUITE</i>	19
4.1 <i>INDAGINI GEOGNOSTICHE</i>	20
4.2 <i>INDAGINI SPT</i>	22
4.3 <i>PROVE DI LABORATORIO</i>	32
4.4 <i>INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (TROMOGRAFIA)</i>	35
5. <i>CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO</i>	57
6. <i>LIQUEFAZIONE DEI TERRENI</i>	60
7. <i>CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLE OPERE IN PROGETTO</i>	67
8. <i>CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA</i>	70
9. <i>CONCLUSIONI</i>	71

REGIONE SICILIA

***COMUNI DI AGRIGENTO (AG), FAVARA (AG), NARO (AG),
CASTROFILIPPO (AG) E CANICATTÌ (AG)***

PARCO EOLICO CANICATTÌ

Committente: RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.

RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSE

Su incarico di RWE Renewables Italia S.r.l. è stato eseguito il presente studio geologico-tecnico per il progetto definitivo indicato in epigrafe che, in ossequio a quanto descritto nelle normative vigenti in materia (D.M. 17/01/2018), prevede l'esecuzione di tutti i rilievi, le indagini e le prove tecniche necessarie per:

- determinare la costituzione geologica dell'area interessata dal progetto;
- studiarne le caratteristiche geomorfologiche con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- definire l'assetto idrogeologico con riguardo alla circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- individuare tutte le problematiche geologico-tecniche che possono interferire con le opere in progetto;

- indicare, in linea di prima approssimazione, eventuali opere di consolidamento o presidio per garantire la realizzazione ottimale delle opere in progetto;
- determinare, in linea di prima approssimazione, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni con maggiore interesse a quelle che più da vicino riguardano gli aspetti progettuali;
- verificare l’eventuale presenza di problematiche legate a fenomeni di liquefazione;
- indicare un programma di indagini geognostiche e geotecniche da eseguire nelle successive fasi di progettazione esecutiva.

Lo studio è stato, quindi, articolato come segue:

a) Studio geologico dell’area interessata comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, nonché l’indicazione di tutti i lineamenti tettonici.

b) Studio geomorfologico dell’area interessata comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.

c) Studio idrogeologico dell’area interessata comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione alla loro interferenza con le problematiche geotecniche ed all’individuazione delle aree soggette ad esondazione.

d) Studio delle pericolosità geologiche dell’area interessata comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da “pericolosità geologiche” quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, rappresentando, cioè, un’attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.

e) Studio della pericolosità sismica locale atto ad evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

Da quanto detto prima si evince che in una prima fase il nostro lavoro è stato organizzato eseguendo numerosi sopralluoghi finalizzati allo studio di una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando la nostra attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti, sullo stato degli agenti morfogenetici attivi e sulla presenza e profondità di eventuali falde freatiche.

Per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale, per l'individuazione delle profondità del livello piezometrico e per la definizione delle problematiche sismiche delle aree in studio, in questa prima fase di lavoro, sono stati realizzati/installati.

- ⇒ n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo denominato “S1” di profondità pari a 30 mt. in corrispondenza dell’aerogeneratore PECAN01;
- ⇒ n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo denominato “S2” di profondità pari a 30 mt. in corrispondenza dell’aerogeneratore PECAN04;
- ⇒ n. 1 piezometro a tubo aperto in corrispondenza dell’aerogeneratore PECAN01;
- ⇒ n. 1 piezometro a tubo aperto in corrispondenza dell’aerogeneratore PECAN04;

⇒ n. 8 sondaggi di sismica passiva (tomografia) per definire le velocità delle onde sismiche Vs nei primi 30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza degli aerogeneratori PECAN01, PECAN02, PECAN03, PECAN04, PECAN05, PECAN06, PECAN07 e della sottostazione.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sono state, inoltre, eseguite prove in laboratorio su n. 3 campioni indisturbati e n. 6 prove penetrometriche "SPT" in situ.

I risultati sono visibili negli allegati riportati nei capitoli successivi.

Il presente progetto prevede la realizzazione di:

- a. **Parco eolico** costituito da n. 7 aerogeneratori;
- b. **Cavidotto** di collegamento tra gli aerogeneratori ed alla sottostazione elettrica;
- c. **Sottostazione elettrica**.

Con i dati in nostro possesso, abbiamo redatto la presente relazione geologico-tecnica corredata dai seguenti elaborati:

- ✓ n. 2 carte geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche con l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite in scala 1/10.000 (fuori testo);
- ✓ n. 5 carte relative al P.A.I. piano di assetto idrogeologico e P.G.R.A. Piano Gestione Rischio Alluvioni (fuori testo);
- ✓ n. 1 carta relativa alla rete idrografica in scala 1/20.000;
- ✓ colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici S1 (PECAN01) ed S2 (PECAN04) con relativa documentazione fotografica;
- ✓ elaborati delle prove geotecniche eseguite;
- ✓ elaborati interpretativi delle prove S.P.T. eseguite;

- ✓ elaborati relativi ai sondaggi di sismica passiva a stazione singola (tromografia) denominati T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e TSOTT con la relativa documentazione fotografica.

I risultati e le ipotesi geologiche formulate in questa sede sono da confermare con l'esecuzione delle indagini indicate nell'apposito capitolo, nella successiva fase di progettazione esecutiva. Si ritiene, infatti, che in fase di progetto esecutivo e di calcolo delle strutture di fondazione si renderà necessario integrare le indagini con la realizzazione di un sondaggio e relative prove geotecniche in situ ed in laboratorio in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione nell'esatta posizione in cui, a valle dell'iter autorizzativo, saranno effettivamente realizzati ed alcuni pozzetti esplorativi in corrispondenza dei tracciati dei cavidotti.

2. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE

Lo studio geologico, di insieme e di dettaglio, è stato realizzato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili ed, infine, una campagna di rilievi effettuati direttamente nell'area strettamente interessata dallo studio.

L'insieme dei terreni presenti, delle relative aree di affioramento e dei rapporti stratigrafici e strutturali è riportato nella carta geologica allegata alla presente relazione.

I tipi litologici affioranti nell'area studiata sono riferibili ad un ampio periodo di tempo che va dall'Oligocene medio - superiore all'Olocene e che distinguiamo dal più recente al più antico:

- **ROSTICCI DI ZOLFO (Olocene):** si tratta di accumuli antropici di materiale sciolto, sabbioso e sabbio-limoso derivante l'attività mineraria.

Non interessano le opere in progetto.

- **DEPOSITI ALLUVIONALI (Olocene):** si tratta prevalentemente di rocce sciolte costituite da limi, silt, ghiaie, sabbie e sabbie limose con inclusi sporadici blocchi con giacitura sub-orizzontale. Le sabbie presentano granulometria variabile da fine a grossolana. Le ghiaie sono caratterizzate da sporadici clasti calcarei arrotondati di dimensioni da millimetriche a decimetriche.

Non interessano le opere in progetto.

- **DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (Pleistocene sup.):** Sono prevalentemente costituito da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con intercalazioni di strati e banchi calcarenitici.

Interessano la porzione superficiale di alcuni aerogeneratori e parte del cavidotto.

- **FORMAZIONE MONTE NARBONE (Pliocene medio):** Si tratta di una estesa sequenza pelitica, costituita da marne argillose di colore grigio-azzurro, ben stratificate, a luoghi ad elevato contenuto sabbioso, con abbondanti fossili di lamellibranchi e gasteropodi.

Non interessano le opere in progetto.

- **ARGILLE BRECCIATE (Tortoniano):** Si tratta di argille e breccie argillose brunastre a matrice argilloso-siltosa con presenza di clasti grossolani litoidi generalmente quarzarenitici.

Non interessano le opere in progetto.

- **TRUBI (Zancleano - Piacenziano inf.):** Sono rocce costituite prevalentemente da granuli carbonatici e minerali argillosi privi di componente clastica, con microfauna a Globigerine ed Orbuline, che nella parte superficiale, perdono il loro caratteristico colore bianco assumendone uno decisamente beige. Anche il silt è rappresentato da Foraminiferi con piccolissime quantità di quarzo. Si individuano frequenti livelli di ossidazione. La sedimentazione sta ad indicare un ritorno a condizioni di ambiente pelagico a salinità normale dopo il lungo periodo caratterizzato da ambienti altamente salini come quelli in cui si sono depositati i tipi litologici della sottostante Serie Gessoso-Solfifera.

Nello specifico i rilievi geologici eseguiti ci permettono di affermare che nell'area di progetto questi terreni interessano solo parte del cavidotto e si presentano coerenti, discretamente consistenti ed alterati nei primi metri di sottosuolo.

➤ **GESSE DEL II CICLO (Messiniano):** La formazione gessosa, in generale, si presenta in varie forme distinguibili sia da un punto di vista litologico che mineralogico in gessi macrocristallini, balatini, alabastrini e marmorigni. I primi sono formati da cristalli geminati fini e trasparenti, si dispongono in lamine sovrapposte e prendono la tipica forma a “ferro di lancia” con la punta rivolta verso il basso, sono massicci e stratificati in banchi che possono raggiungere anche i m. 20 senza intervalli pelitici. I gessi “balatini” sono costituiti da strati di modesto spessore ad elementi microcristallini alternati a livelli argillosi o argillo-gessosi. La loro consistenza è, quindi, estremamente variabile in relazione alla percentuale di argilla presente. I minerali di gesso, diversamente da quelli macrocristallini, non hanno un’orientazione definita ma si ritrovano caoticamente distribuiti. I gessi “alabastrini”, anch’essi molto rappresentati nella zona, sono simili ai balatini come struttura mineralogica e se ne differenziano per la scarsa percentuale di argilla. Sono, quindi, molto più tenaci e compatti tanto che localmente possono essere utilizzati anche per secondarie costruzioni edili. Infine, i gessi marmorigni si presentano bianchi, compatti, tenaci e con aspetto marmoreo. Sono anch’essi microcristallini stratificati in banchi di modesto spessore. Nell’area direttamente interessata dal progetto i gessi si presentano fratturati e formati da cristalli geminati fini e trasparenti.

Interessano la porzione superficiale di alcuni aerogeneratori e parte del cavidotto.

➤ **ARGILLE GESSOSE (Messiniano):** argille ed argille sabbiose, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi elementi lapidei di natura gessosa e sporadiche intercalazioni di livelli e strati gessosi.

Presentano un colore variabile dal grigio a beige. La struttura è omogenea ed intercalati si ritrovano frequenti livelli e/o banchi di gessi selenitici. L'origine di questi depositi non è ancora del tutto nota anche se molti indizi lasciano pensare a riaccumulo di materiali franati in condizioni subaeree o subacquee successivamente coinvolti da intensi fenomeni compressivi.

Non interessano le opere in progetto.

- **TORBIDITI GESSOSE (Messiniano):** Si tratta di depositi gessa-renitici e gessoruditici con livelli di argille e diatomiti bituminose, derivanti dallo smantellamento dei depositi evaporitici affioranti a seguito dell'orogenesi inframessiniana.

Non interessano le opere in progetto.

- **CALCARE DI BASE (Messiniano):** si tratta di calcari solfiferi e calcari dolomitici molto teneri, friabili, intensamente fratturati e stratificati, cariati, con intercalazioni di calcari marnosi e marne calcaree da poco a mediamente consistenti e livelli e strati di sabbie calcaree poco addensate.

Costituisce il terreno di sedime di alcuni aerogeneratori e parte del cavidotto.

- **TRIPOLI (Messiniano):** diatomiti bianche laminate, fissili, talora alternate a peliti fogliettate bituminose e marne diatomitiche laminate di colore biancastro con abbondanti foraminiferi planctonici. Non interessano le opere in progetto.

- **FM. TERRAVECCHIA (Tortoniano-Messiniano inf.):** Questa formazione è stata introdotta da Schmidt di Friedberg nel 1962 e prende il nome dalla località tipo: il fianco settentrionale di Cozzo Terravecchia, circa 2 km a nord di S. Caterina Villaerosa. I

depositi sono costituiti in basso da una sequenza conglomeratica più o meno potente, passante verso l'alto a sabbie, arenarie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille ed argille marnose, spesso siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile, talora anche con lenti conglomeratiche. Si distinguono due litofacies tipiche:

1. **Litofacies sabbioso-arenacea-conglomeratica:** comprende le sequenze prevalentemente sabbiose, arenacee e conglomeratiche presenti nella formazione. I conglomerati sono costituiti da conglomerati poligenici e ghiaie con elementi a spigoli arrotondati di natura arenacea e quarzarenitica. La sequenza continua con le sabbie e/o arenarie in cui si distinguono sabbie, sabbie limose ed arenarie, di colore da giallastro al tabacco, limi sabbiosi e sabbie limose. In particolare si rinvencono sabbie quarzose da bruno giallastre a rossastre, in genere incoerenti o debolmente cementate, cui si alternano banchi di arenarie quarzose e sottili livelli conglomeratici con ciottoli appiattiti.
2. **Litofacies argilloso-marnosa:** Si tratta di argille ed argille sabbiose, di colore grigio e tabacco, con intercalati sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione e da marne e marne argillose con tenori variabili di sabbie quarzose con foraminiferi planctonici passanti verso l'alto a marne e marne sabbiose brune a foraminiferi. Dal punto di vista mineralogico sono costituite da un abbondante scheletro sabbioso in cui prevalgono quarzo, gesso, calcite, tracce di dolomite, feldspati, pirite, ossidi di ferro, mentre la frazione argillosa è costituita da kaolinite, illite e scarsa clorite, cui si aggiungono in minori quantità interlaminazioni illitiche-

montmorillonitiche. La tessitura è brecciata e talora a scaglie; la stratificazione è marcata dai sottili livelli sabbiosi intercalati. Le argille spesso si presentano piuttosto tettonizzate con giunti variamente orientati con superfici lucide.

Costituisce il terreno di sedime di alcuni aerogeneratori e parte del cavidotto.

- **COMPLESSO ARGILLOSO PLIOCENICO (Pliocene):** sono rocce di deposizione marina riferibili ad ambienti profondi. Sono costituite prevalentemente da argille grigie con intercalati livelli e strati sabbiosi. La frazione alterata è costituita da limi di colore grigio-marrone con tracce di alterazione sabbiose ed argille grigie con venature limose di colore marrone. Il complesso argilloso si presenta normalconsolidato con struttura è omogenea. Si presentano alterate per i primi 8 m di profondità.

Non interessano le opere in progetto.

In questa fase di studio, sono stati eseguiti i sondaggi geognostici in corrispondenza dei punti S1 (PECAN01) ed S2 (PECAN04) che sono i più rappresentativi dell'intera area di progetto.

Dall'analisi della carta geologica e dai rilievi eseguiti in campagna, nonché dalle indagini sismiche eseguite in corrispondenza di ciascun aerogeneratore si evince che il modello geologico del sondaggio S1 è assimilabile a quello degli aerogeneratori PECAN01 e PECAN02 mentre il modello geologico del sondaggio S2 è assimilabile a quella degli aerogeneratori PECAN03, PECAN04, PECAN05 PECAN06, PECAN07.

Si mette in evidenza che in corrispondenza dell'aerogeneratore PECAN03 e PECAN06 è presente uno spessore variabile tra 2 e 4 m

rispettivamente di depositi alluvionali terrazzati e di gessi, che verranno asportati durante la realizzazione dello scavo delle fondazioni e che ricoprono i Calcari Solfiferi di Base.

Di seguito sono descritti i litotipi intercettati durante l'esecuzione dei sondaggi ritenuti rappresentativi.

L'area dove verrà realizzata l'aerogeneratore PECAN01 (Sondaggio S1) è caratterizzata dall'affioramento della frazione argillosa della Fm. Terravecchia.

Detta Formazione è costituita prevalentemente da argille ed argille limose, di colore dal nocciola al grigio. Si presentano alterate per una profondità pari a 11 m dal p.c.

L'area dove verrà realizzata l'aerogeneratore PECAN04 (Sondaggio S2) è caratterizzata dalla presenza dei Calcari di Base.

Detta Formazione è costituita prevalentemente da calcari solfiferi e calcari dolomitici molto teneri, friabili, intensamente fratturati e stratificati, cariati, con intercalazioni di calcari marnosi e marne calcaree da poco a mediamente consistenti e livelli e strati di sabbie calcaree poco addensate.

Tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 0.5 e 3.00 m di terreno vegetale poco consistente e scarsamente addensato.

Per maggiori dettagli si rimanda alle stratigrafie allegate.

3. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico, l'area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto può essere divisa in due settori: Un settore settentrionale ed un settore meridionale caratterizzati dall'affioramento di litotipi diversi.

Nel settore meridionale l'habitus geomorfologico è piuttosto irregolare e costituito da un paesaggio contraddistinto prevalentemente dalla presenza di terrazzi marini formatisi durante il Pleistocene e caratterizzati dall'affioramento dei terreni riferibili al complesso dei calcari di base, mentre il settore settentrionale risulta regolare e caratterizzato da rilievi dolci dove prevalgono i litotipi argillosi pliocenici.

Infatti, da un lato le litologie di tipo pseudocoerente, rappresentate dai termini argillosi, affiorano in corrispondenza di rilievi dall'andamento dolce e mammellone, dall'altro quelle coerenti, ovvero le litologie conglomeratiche, calcaree e gessose, danno luogo a rilievi molto più acclivi e dall'andamento accidentato.

È quindi, possibile effettuare una prima grande distinzione in quattro zone ad assetto morfologico generale differente:

- ❖ una zona nella quale affiorano i termini argillosi e argillo-marnosi, caratterizzata da rilievi collinari a morfologia arrotondata con versanti da poco a mediamente acclivi, con frequenti fenomeni geodinamici sia attivi che quiescenti anche di notevoli proporzioni;

- ❖ una zona in cui affiorano i termini calcarei e gessosi caratterizzata da rilievi acclivi a morfologia piuttosto accidentata, con frequenti rotture di pendenza e generalmente stabili;
- ❖ una zona di fondovalle stabile dove affiorano i termini alluvionali recenti caratterizzati dalla presenza di limi sabbiosi, sabbie e ghiaie;
- ❖ una zona sub-pianeggiante presente a varie quote, stabile dove affiorano i termini alluvionali terrazzati.

Questa marcata differenziazione di origine “strutturale” viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta “erosione selettiva”, ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici, che nel sistema morfoclimatico attuale sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica e da quelle di scorrimento superficiale.

Le litologie più coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono, quindi, a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudo-coerenti o incoerenti.

I processi morfodinamici prevalenti nel sistema morfoclimatico attuale vedono, infatti, come agente dominante l'acqua, sia per quanto riguarda i processi legati all'azione del ruscellamento ad opera delle acque selvagge, che per i processi di erosione e/o sedimentazione operati dalle acque incanalate.

Sono essenzialmente i processi fluviali quelli che hanno esplicito e tutt'ora esplicano un ruolo fondamentale nell'evoluzione geomorfologica dell'area.

Per quanto riguarda i processi fluviali, il reticolato idrografico risulta organizzato in maniera abbastanza indipendente da discontinuità iniziali, con un pattern molto articolato dove affiorano i materiali fini da poco

permeabili ad impermeabili, mentre diventa poco articolato in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di litologie calcaree, gessose, sabbiose e conglomeratiche permeabili, come desumibile dal rilievo aereo fotogeologico.

Per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio, si evince che ***le aree interessate dalle piazzole, dagli aerogeneratori, dal cavidotto e dalla sottostazione non sono interessate da fenomeni di instabilità.***

Si mette in evidenza che il P.A.I. individua due limitate aree lungo la SS122 interessate da dissesti.

In particolare:

- 1) la prima, localizzata in c/da Canalotto, è interessata da una frana complessa attiva con pericolosità P3 e rischio R3;
- 2) La seconda, localizzata in prossimità di Casa Sgomito, è interessata da un colamento lento attivo con pericolosità P2 e rischio R2.

Dai sopralluoghi effettuati si evince che in questi tratti la sede stradale, dove verrà realizzato il cavidotto in progetto, si presenta perfettamente stabile senza alcuna lesione, segno che i lavori eseguiti dall’Anas hanno portato al consolidamento dei fenomeni geodinamici.

Si mette in evidenza che anche l’area a valle dell’aerogeneratore PECAN01 è interessata da un soliflusso attivo di limitato spessore, ma pur non interferendo con le opere in progetto, verrà tenuto nella giusta considerazione prevedendo opere di drenaggio subito a valle della piazzola in modo da evitare la retrogressione del fronte del dissesto.

In generale, quelli che sono in prossimità del cavidotto sono fenomeni geodinamici che non ostano la realizzazione delle opere ma verranno studiati approfonditamente in fase di progettazione esecutiva a valle dell'autorizzazione per poter prevedere tutte eventuali opere di ingegneria naturalistica necessarie a mitigare ed annullare l'attività erosiva che ha innescato i suddetti fenomeni.

Dal punto di vista idrogeologico l'area in studio è caratterizzata dall'affioramento di terreni diversi che, da un punto di vista idrogeologico, abbiamo suddiviso in 3 tipi di permeabilità prevalente:

- ❖ **Rocce permeabili per porosità:** Si tratta di rocce incoerenti e coerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare del grado di cementazione e delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti. In particolare la permeabilità risulta essere media nella frazione sabbiosa fine mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi grossolani e ghiaiosi. Di conseguenza la circolazione idrica sotterranea è discontinua con livelli acquiferi sospesi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai depositi eluvio-colluviali ed ai depositi alluvionali.
- ❖ **Rocce impermeabili:** Questo complesso è costituito dalle argille che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili. Si mette in evidenza, però, che l'acqua, riuscendo a permeare la frazione alterata superficiale ed aumentare le pressioni neutre, tende a destrutturare la frazione alterata azzerando la coesione e rendendola soggetta a possibili movimenti gravitativi lungo i versanti. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti al Complesso argilloso della Fm. Terravecchia e del Complesso argilloso pliocenico.

❖ **Rocce permeabili per fratturazione e carsismo:** Questa categoria comprende quelle rocce caratterizzate da una bassa o nulla porosità primaria ma che acquistano una permeabilità notevole a causa della fratturazione secondaria piuttosto articolata e dei fenomeni carsici per dissoluzione. Appartengono a questa categoria i litotipi afferenti ai Calcari di Base ed ai Gessi.

Nello specifico dalle misure acquisite la settimana successiva alla loro realizzazione, all'interno dei piezometri installati in corrispondenza dei sondaggi S1 (PECAN01) ed S2 (PECAN04), la presenza della falda freatica è stata rinvenuta alla profondità di 11 m all'interno del sondaggio S1 (PECAN01) al contatto tra la frazione argillosa alterata e quella inalterata. Considerato che quest'ultime sono impermeabili, il livello di saturazione è ricompreso solo nell'ambito delle argille alterate con una probabile oscillazione intorno ad un paio di metri in relazione alle stagioni piovose.

Da evidenziare che nella misura piezometrica eseguita il 1/6/2022 la falda era assente, segno che si tratta di livelli idrici superficiali a carattere stagionale.

E', però, presumibile che nel periodo delle piogge invernali la parte alterata possa essere in condizioni di saturazione per il notevole potere di assorbimento che caratterizza le porzioni superficiali dei complessi argillosi.

In corrispondenza del sondaggio S2 (PECAN04) non è stato intercettata alcuna falda freatica nello spessore compreso tra 30 mt di profondità ed il piano campagna.

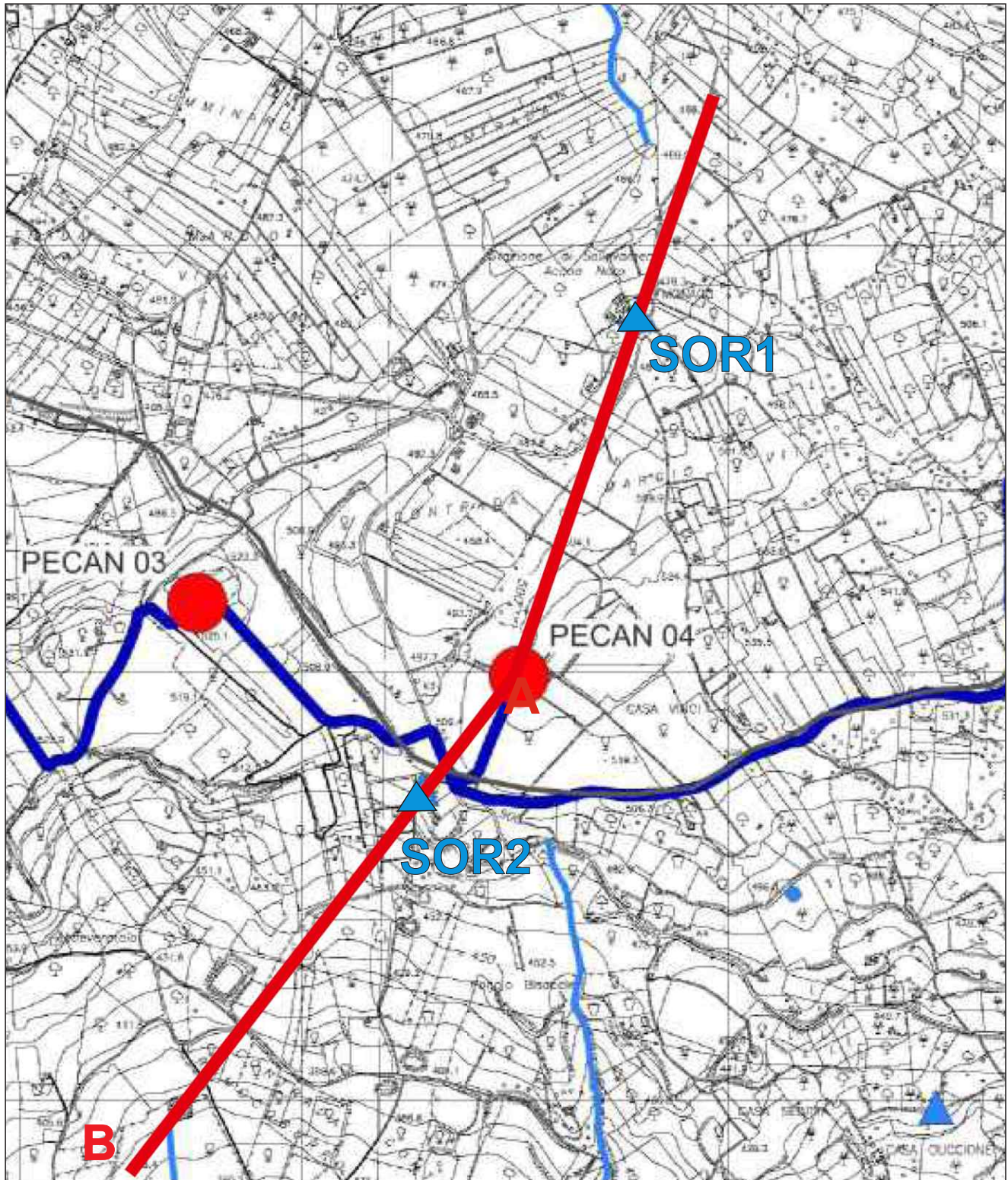
In realtà la presenza di alcune sorgenti ci evidenzia che una falda è presente nei calcari ma la profondità è superiore ai 30 mt ed in ogni caso al di fuori del volume geotecnicamente significativo.

Da un punto di vista idraulico, il P.A.I. ed il P.G.R.A. non inseriscono le opere in progetto all'interno di aree identificate con pericolosità e/o rischio.

Infine, si mette in evidenza che non sono presenti sorgenti all'interno dell'area di raggio pari a 200 m dagli aerogeneratori e dalla sottostazione, di conseguenza le opere in progetto non potranno interferire con il deflusso idrico sotterraneo, ma a vantaggio della sicurezza si ritiene di monitorare alcune sorgenti presenti nell'areale vasto, di seguito elencate e visibili nella “Carta con l'ubicazione dei punti di monitoraggio ambientale” allegata allo S.I.A.:

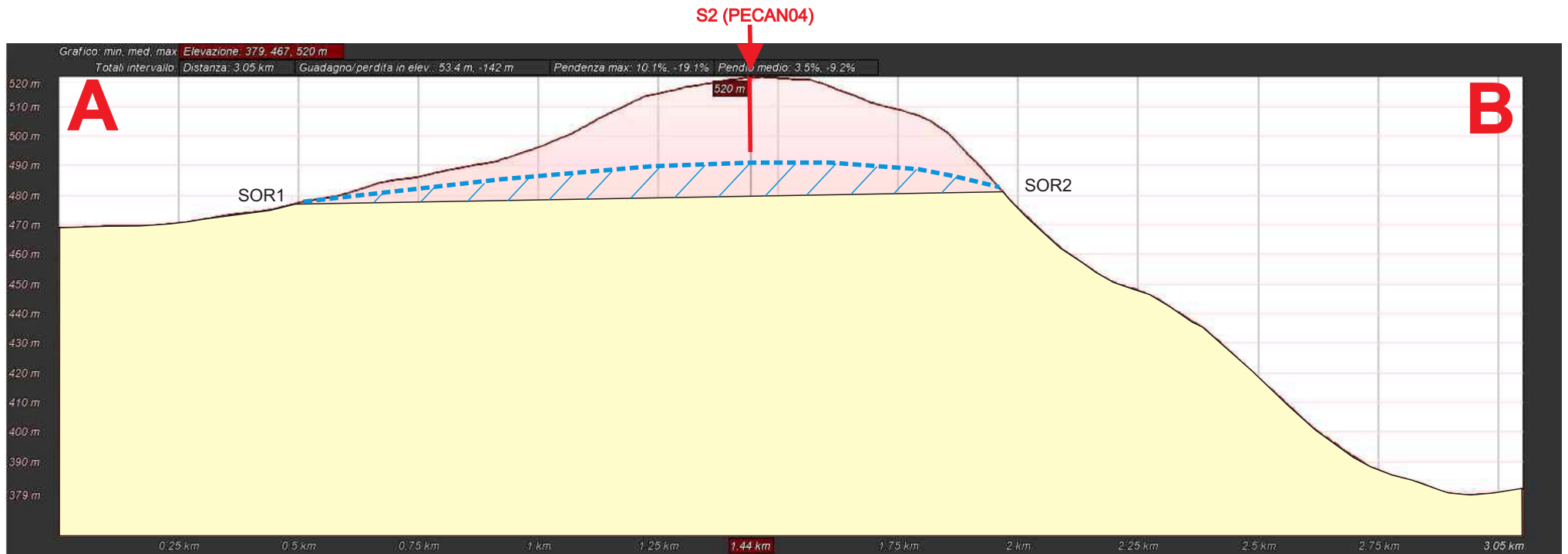
- 1) sorgente a valle della SS 410 a sud della PECAN04;
- 2) sorgente nei pressi di Casa Torricella a sud-ovest della PECAN05;
- 3) sorgente nei pressi di Casa Guccione a sud-ovest della PECAN05;
- 4) sorgente nei pressi della Stazione di Sollevamento Acqua Naro a Nord della PECAN04.





STRALCIO SCHEMATICO CON L'UBICAZIONE DELLA TRACCIA DELLA SEZIONE



- ▲ SOR2 Sorgente
- A B Traccia della sezione geologica

SEZIONE GEOLOGICA



-  Calcari di base
-  Argille della Fm. Terravecchia
-  Livello freatico
-  Porzione di sottosuolo interessata dalla falda freatica
- SOR1 Sorgente

4. INDAGINI ESEGUITE

Come accennato nelle premesse, per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale, per l'individuazione delle profondità del livello piezometrico e per la definizione delle problematiche sismiche delle aree in studio in questa prima fase di lavoro, sono stati realizzati/installati:

- ⇒ n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo denominato “S1” di profondità pari a 30 mt. in corrispondenza dell'aerogeneratore PECAN01;
- ⇒ n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo denominato “S2” di profondità pari a 30 mt. in corrispondenza dell'aerogeneratore PECAN04;
- ⇒ n. 1 piezometro a tubo aperto in corrispondenza dell'aerogeneratore PECAN01;
- ⇒ n. 1 piezometro a tubo aperto in corrispondenza dell'aerogeneratore PECAN04;
- ⇒ n. 8 sondaggi di sismica passiva (tomografia) per definire le velocità delle onde sismiche V_s nei primi 30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza degli aerogeneratori PECAN01, PECAN02, PECAN03, PECAN04, PECAN05, PECAN06, PECAN07 e in corrispondenza della sottostazione.

4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le campagne geognostiche indicate nel capitolo precedente si sono sviluppate nel modo seguente:

- ❖ n. 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo della profondità pari a mt. 30;
- ❖ n. 2 piezometri a tubo aperto;
- ❖ prelievo di 3 campioni indisturbati;
- ❖ n. 6 prove dinamiche discontinue (SPT) in foro.

Le carote estratte durante le perforazioni sono state alloggiare in apposite cassette catalogatrici e conservate presso la sottostazione di Santa Ninfa di proprietà del Committente.

Vengono di seguito riportati in dettaglio i dati emersi nel corso dei lavori e le caratteristiche dei mezzi impiegati.

Le campagne d'indagini geognostiche, sono finalizzate a:

- ricostruire la stratigrafia di dettaglio;
- definire l'assetto geologico profondo della zona di progetto;
- accertare l'eventuale presenza di falde freatiche nei terreni interessati;
- caratterizzare da un punto di vista geologico-tecnico il substrato interessato delle opere di progetto.

Le perforazioni sono state eseguite mediante macchine perforatrici munite di centralina integrata ed operanti a rotazione ed avanzamento oleodinamico, aventi le seguenti caratteristiche:

Perforatrice Idraulica EGT Mod. MD 710.3:

- 1) Coppia testa di rotazione 1500 Kgm;*
- 2) Giri testa di rotazione 0÷360 min.;*
- 3) Tiro – Spinta 6.000 Kg.*

Le perforazioni sono state eseguite adottando la tecnica della conservazione del nucleo per tutto lo spessore indagato, con l’ausilio di tubi carotieri semplici, doppi e con corone diamantate aventi diametro esterno pari 101,6 mm e diametro interno pari a 88,8 mm con lunghezza di 2,00 e 3,00 metri; tutte le manovre sono state eseguite con l’ausilio di aste di perforazione di diametro 76 mm, lunghezza 1,50 metri.

La stabilizzazione delle pareti del foro è stata ottenuta mediante l’uso di tubazione di rivestimento di acciaio di spessore standard.

Tutti i dati relativi a ciascuno dei sondaggi geognostici eseguiti sono riportati in dettaglio, in moduli stratigrafici, contenenti i seguenti dati:

- ❖ profondità;
- ❖ scala di rappresentazione;
- ❖ spessore degli strati;
- ❖ simbolo grafico;
- ❖ descrizione stratigrafica;
- ❖ profondità di prelievo dei campioni;
- ❖ profondità delle prove SPT;
- ❖ profondità del livello piezometrico;
- ❖ rappresentazione schematica del piezometro.

Sondaggio geognostico S1 - Postazione



Sondaggio geognostico S1 - Cassetta 1 – Prof. 0.00-5.00 m



Sondaggio geognostico S1 - Cassetta 2 – Prof. 5.00-10.00 m



Sondaggio geognostico S1 - Cassetta 3 – Prof. 10.00-15.00 m



Sondaggio geognostico S1 - Cassetta 4 – Prof. 15.00-20.00 m



Sondaggio geognostico S1 - Cassetta 5 – Prof. 20.00-25.00 m



Sondaggio geognostico S1 - Cassetta 6 – Prof. 25.00-30.00 m



Sondaggio N° S2		Rapporto di Prova n.		Oggetto: Sondaggi e installazione di strumentazione geotecnica.				Geo Gav srl Via dei Gelsomini, 1 - 92026 Favara (Ag) info@geogav.it - geogav@pec.it Tel/Fax 0922437359 PL/CF IT02380030847											
PECAN04		Cantiere: PARCO EOLICO Canicattì.		Località: Castrolfilippo (AG)				GEOGAV.it											
Pagina n° 1 di 1		da metri 0,00 a metri 30,00		Profondità del Sondaggio m 30,00		Coordinate WGS84 N=		E=		H=									
Allegati: Documentazione Fotografica n° 3 Pag.		Prelievo di Campioni n° /		Prove SPT n° 5		Prove permeabilità n° / /		Prove /		n° /									
Profondità m	Spessore m	Stratigrafica AGI-77	Descrizione e Classificazione del Terreno AGI 77 Cap. 4	Recupero Carota %			R.Q.D. %			Campioni	Cassette	Corona Metodo Tipo Carotiere	Rivestimento	Strumentazione in foro	Packet Pene. Torvane	Falda	Prove in Foro	Note	
				30	60	90	30	60	90	m	n°/m	mm	mm	m	daN/cm²	m			
0,50	0,50		Terreno Vegetale.									CCW A 101							
			<p>Calcari solfiferi e calcari dolomitici molto teneri, friabili, intensamente fratturati e stratificati, carciati, con intercalazioni di calcari marnosi e marne calcaree da poco a mediamente consistenti e livelli e strati di sabbie calcaree poco addensate.</p>							1	5,00							n° 1 5,70 SPTA 248550	
											2	10,00							n° 2 12,80 SPTA 246629
											3	15,00							n° 3 15,00 SPTA 318541
											4	20,00							n° 4 18,00 SPTA 15181
											5	25,00							n° 5 23,00 SPTA 252730
											6	30,00	30,00 CCW A 101	30,00	30,00				n° 6 26,00 SPTA 308340
			-Fine Sondaggio -																

Responsabile Sito: Dott. Ing. Alessandro Alba Il Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. Giuseppe Alba Data Inizio 23/03/2022 Data Fine 23/03/2022

Abbr.: Campionatore: F=Shelby; D=Denison; O=Ostemberg; C=Craps; A=Altri Carotiere: A=Semplice B=Doppio E= Ambientale C=Altri; Metodo di Perforazione: CC=Carotaggio Continuo DN=Distruzione di Nucleo Corona W=Widia D=Diamante S.P.T. Punta A=Aperta C=Chiusa" Tipo attrezzatura: EGT MD 500

Sondaggio geognostico S2 – Postazione



Sondaggio geognostico S2 - Cassetta 1 – Prof. 0.00-5.00 m



Sondaggio geognostico S2 - Cassetta 2 – Prof. 5.00-10.00 m



Sondaggio geognostico S2 - Cassetta 3 – Prof. 10.00-15.00 m



Sondaggio geognostico S2 - Cassetta 4 – Prof. 15.00-20.00 m



Sondaggio geognostico S2 - Cassetta 5 – Prof. 20.00-25.00 m



Sondaggio geognostico S2 - Cassetta 6 – Prof. 25.00-30.00 m



4.2 INDAGINI SPT

Nel corso dei sondaggi geognostici eseguiti ed utilizzati, sono state esperite, per la caratterizzazione geotecnica numerose prove dinamiche discontinue S.P.T. in foro, alle profondità indicate nei moduli stratigrafici.

Normativa di riferimento

Le prove sono state eseguite in avanzamento, facendo riferimento alla normativa ASTM n° D. 1586/68 (Standard Penetration and Split-Barrel Sampling of Soil).

Attrezzatura utilizzata

Le caratteristiche dell'attrezzatura utilizzata, in conformità alla normativa sopra richiamata, sono le seguenti:

- campionatore tipo Raymond, apribile longitudinalmente, diametro Φ est 50.0 mm e Φ int 35.0 mm, lunghezza utile 630 mm, munito di valvola a sfera alla sommità e con utensile di avanzamento costituito da scarpa o da punta conica, in funzione della composizione granulometrica dei livelli attraversati;
- massa battente di peso pari 63.5 Kg, con l'altezza di caduta uguale a 762 mm, munita di dispositivo automatico di sganciamento;
- aste collegate al campionatore aventi peso pari a 6.5 Kg/ml;
- centratore di guida e di irrigidimento installato tra la testa di battuta in sommità e il piano di campagna;
- differenza fra il diametro esterno delle aste e il diametro della tubazione di rivestimento non superiore a 60 mm.

Metodologia di esecuzione

Le prove SPT consistono nell’infliggere nel terreno alla base del preforo il campionatore per tre tratti consecutivi, ciascuno pari a 15 cm, rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto.

Il valore N, utile ai fini della parametrizzazione geotecnica, è dato dalla somma dei colpi impiegati per il 2° e il 3° tratto.

La prova può essere sospesa quando il numero dei colpi, per un tratto di 15 cm, superi il valore 50 (Rifiuto): in tale caso si annota la penetrazione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Prima di eseguire ciascuna prova è stata controllata la quota del fondo, confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione precedentemente effettuata.

Per evitare che l’attrito tra il terreno e le aste inserite all’interno del foro potesse influenzare il numero reale dei colpi utili per l’infissione, falsando l’interpretazione dei risultati, si è proceduto ad inserire progressivamente i tubi di rivestimento.

Negli appositi spazi dei moduli stratigrafici presentate di seguito sono riportati per esteso i risultati di tutte le prove S.P.T. eseguite.

Interpretazione dei risultati ottenuti

La prova penetrometrica dinamica consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di un apposito utensile di dimensioni e caratteristiche standard, fatto avanzare nei terreni per mezzo di un dispositivo a percussione.

Durante l’infissione viene registrato il numero di colpi N necessario per ottenere un determinato avanzamento del campionatore.

La prova consiste nell'infiggere nel terreno l'utensile per tratti consecutivi, rilevando il numero di colpi (N) necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm.

Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti per due tratti (N30).

La prova viene sospesa quando il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera 50. In tal caso si annota la penetrazione (in cm) ottenuta con i 50 colpi.

Per poter poi correlare opportunamente i valori forniti dalle prove ai parametri geotecnici dei terreni occorre tenere in debita considerazione fattori (quali granulometria del terreno, la presenza dell'acqua, le tensioni efficaci in sito) che influenzano i valori della resistenza della penetrazione.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alle tensioni efficaci in sito si è ritenuto fin dagli anni cinquanta (Terzaghi e Peck, 1948; Meyerhof, 1956) che le tensioni citostatiche fossero distrutte dalle azioni dinamiche create dalle prove e che pertanto i valori di NSPT non fossero influenzati dalla profondità della prova.

Successivamente evidenze sperimentali in sito (Lacroix e Horn, 1973) e in laboratorio (Gibbs e Holtz, 1957; Schultze, 1965; Bienagousky e Marcuson, 1976) hanno confermato che le tensioni efficaci hanno un'influenza fondamentale sul valore di NSPT.

Infatti, da prove penetrometriche SPT eseguite (Jamiolkowski e Pasqualini, 1974) dal piano di campagna sono stati ottenuti i valori di NSPT superiori a quelli ottenuti sullo stesso sito dopo aver eseguito uno scavo di circa 8 m; i valori inferiori di quest'ultimo sono dovuti all'effetto della diminuzione delle tensioni efficaci.

Peck e Bazaraa sulla base di correlazione dei risultati di un numero notevole di prove SPT e di prove di carico su piastra hanno suggerito di correggere i valori sperimentali NSPT mediante le seguenti espressioni:

$$N'SPT = 4 N SPT/1 + 4,097 \delta \text{ per } \delta \geq 0,732 \text{ kg/cmq}$$

$$N'SPT = 4 N SPT/3,25 + 1,024 \delta \text{ per } \delta < 0,732 \text{ Kg/cmq}$$

in seguito Peck (1974) ha apportato delle modifiche, suggerendo di tenere conto delle influenze delle tensioni efficaci attraverso il coefficiente di correzione C_n ; per cui si ha:

$$N' SPT = C_n N SPT$$

$$\text{con } C_n = 0,77 \log 20/\delta$$

δ = la tensione efficace agente alla profondità alla quale è eseguita la prova.

Nella figura sono riportate le correlazioni suggerite nel “Design Manual for soil Mechanics, Foundations and Earth Structures”, cui sono sovrapposti i risultati di correlazioni fatte da Houston (1960), Fletcher (1965), Shioi e Fukuni (1982).

I parametri di deformabilità possono ricavarsi da correlazioni suggerite da Mitchell e Gardner (1975) riportate nei grafici allegati ove sono confrontati i valori del modulo confinato (M_o) con i valori $N' SPT$.

Deuver (1982) osserva che il modulo di Young E e il valore di $N SPT$ sono legati da una relazione espressa dall'equazione:

$$E = S1 + N' SPT + S2$$

ove i valori $S1$ ed $S2$, costanti, sono riportati nella Tabella con riferimento a diversi tipi di terreno.

Per quanto riguarda il problema dell'influenza della presenza della falda d'acqua sui valori di NSPT, questo è stato affrontato da diversi autori (Schultze e Menzenbach, 1961; Schultze e Melzer, 1965; Gibbs e Holtz,

1957; Terzaghi e Peck, 1948; Peck e Bazaraa, 1969) con molta disparità di risultati e di giustificazione teoriche.

Prove eseguite in laboratorio (Gibbs e Holtz, 1957; Schultze e Melzer, 1965) conducono al risultato che la presenza dell'acqua fa diminuire i valori di NSPT (a parità di densità relativa, tensioni di confinamento e granulometria) e tale diminuzione è più risentita nelle sabbie grossolane che nelle sabbie fini. Tuttavia gli stessi Gibbs e Holtz sembrano molto perplessi sulla credibilità di questi risultati.

Conclusioni analoghe, anche se in misura molto meno pronunciata, sono ottenute da Schultze e Menzenbach, 1961, dall'analisi di prove condotte in situ.

Terzaghi e Peck ritengono che gli unici tipi di sabbie che risentono della presenza della falda d'acqua siano quelle fine e/o limose molto compatte e per esse quando il valore di NSPT misurato risulta superiore a 15, consigliano la seguente espressione correttiva:

$$N' = 15 + 0,5 (NSPT - 15) \text{ con } NSPT \geq 15,$$

il che equivale a prendere, come rappresentativi del terreno di fondazione, valori minimi di quelli misurati.

L'indagine “in situ” più sistematica per lo studio degli effetti dell'immersione delle sabbie molto fini (si intendono per sabbie molto fini quelli aventi diametro effettivo compreso tra 0,1 e 0,05 mm) e/o limose sui valori di NSPT è quella di Bazaraa (1967) e Peck e Bazaraa (1969) che hanno studiato i risultati ottenuti in fori di sondaggi situati in 11 differenti zone, mediando i valori di NSPT per una profondità di circa 1 metro sopra e sotto il livello della falda.

Risulta che, mediamente, il valore di NSPT sotto la falda è circa 1,7 volte superiore a quello ottenuto sopra di essa e che l'aumento è più

pronunciato nel caso di sabbie sciolte che nel caso di sabbie dense. Tali autori suggeriscono che la densità relativa di sabbie molto fini e/o limose immerse, in cui sia stato misurato il valore di NSPT, possa essere uguale a quella di una sabbia asciutta la cui resistenza alla penetrazione è data da:

$$N' = 0,6 \text{ NSPT per NSPT qualunque.}$$

In generale, la maggior parte degli autori sono concordi nel trascurare l'effetto sui valori di NSPT della presenza della falda d'acqua nelle sabbie fini, medie e grossolane e di tenerne invece conto tramite la (1) nelle sabbie molto fini e/o limose compatte.

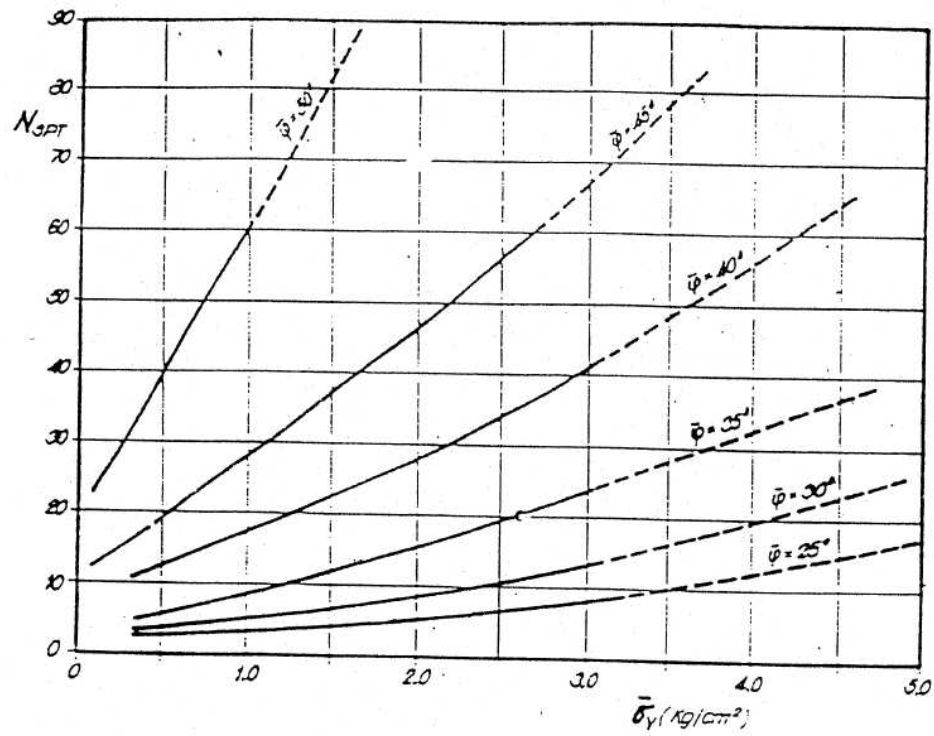
Per la valutazione della densità relativa “Dr” si può fare riferimento alle correlazioni empiriche di Terzaghi-Peck, riportate in grafico.

L'angolo d'attrito interno si può stimare tramite altre correlazioni empiriche come ad esempio quella di Peck-Hanson-Thorborn o di Meyerof riportate anche esse in grafico.

Una ulteriore correlazione tra i risultati delle prove penetrometriche dinamiche e le caratteristiche di resistenza meccanica dei terreni è stata proposta da De Mello (1973).

<i>Sondaggio</i>	<i>da mt. a mt.</i>	<i>N1</i>	<i>N2</i>	<i>N3</i>
S2 (PECAN04)	8.70-9.15	20	45	50
	12.80-13.25	24	26	29
	15.00-15.45	31	35	41
	18.00-18.45	15R		
	23.00-23.45	25	27	30
	26.00-26.45	30	33	40

Tabella n. 1 -Riepilogativa delle prove S.P.T.



- CORRELAZIONE $\bar{\varphi} = f(N_{SPT}, \bar{\sigma}_Y)$
SECONDO DE MELLO (1971)

Fig. 1 – Correlazione secondo De Mello

STANDARD PENETRATION TEST

CORRELAZIONI FRA N , DENSITA' RELATIVA E ANGOLO D'ATTRITO
 (TERRENI SABBIOSI)

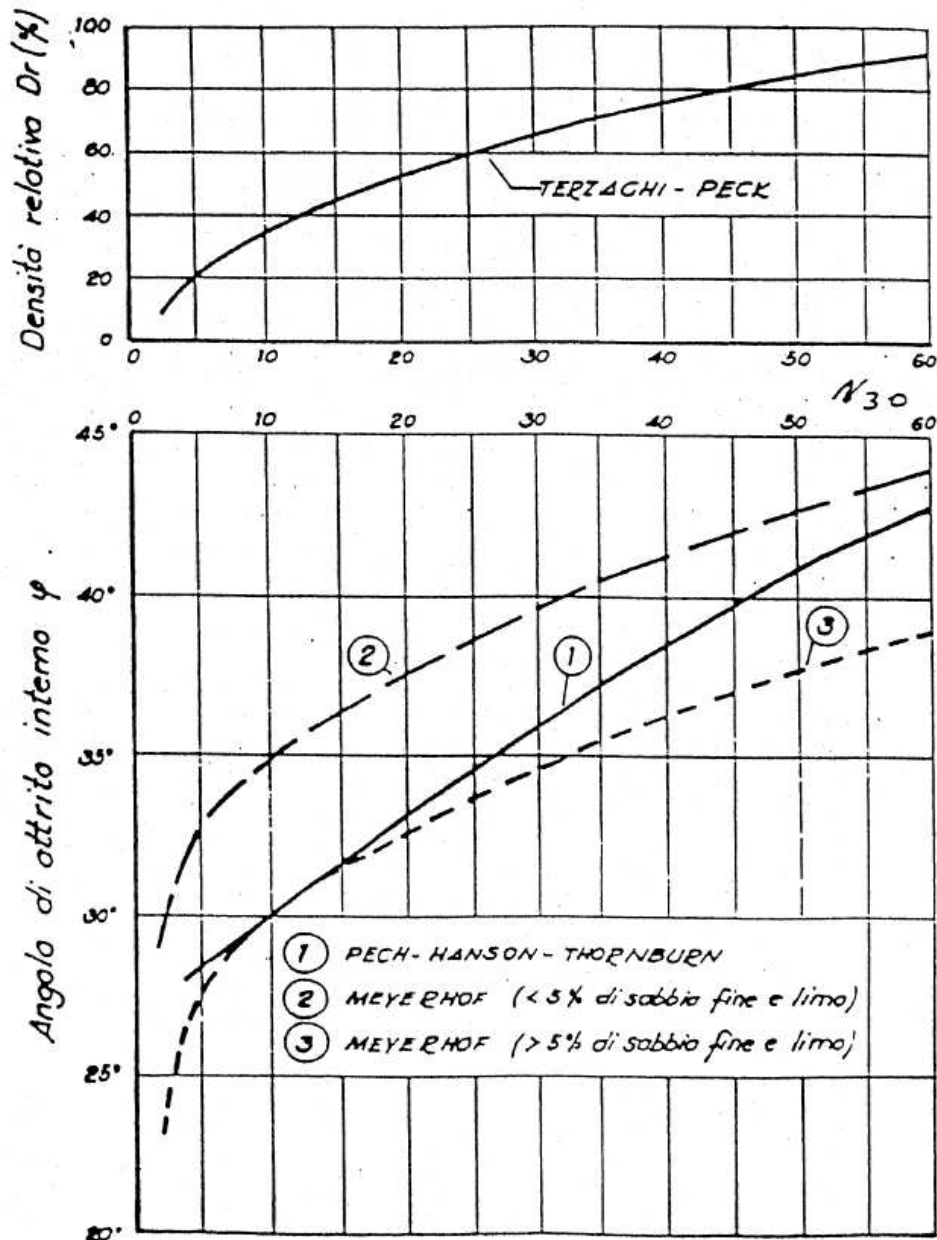
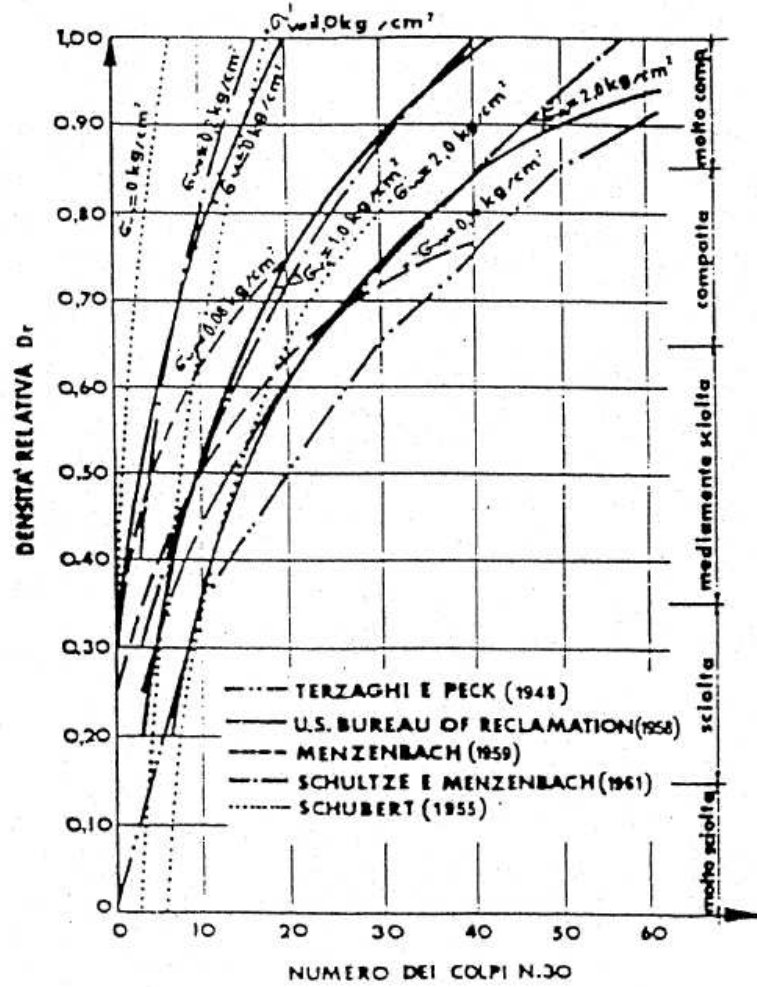


Fig. 2 – Correlazioni fra densità relativa e angolo d'attrito



G_v = Tensione naturale efficace

- Densità relativa in funzione del numero di colpi del S.P.T. (Schültze).

Fig. 3 – Densità relativa in funzione del numero di colpi di S.P.T.

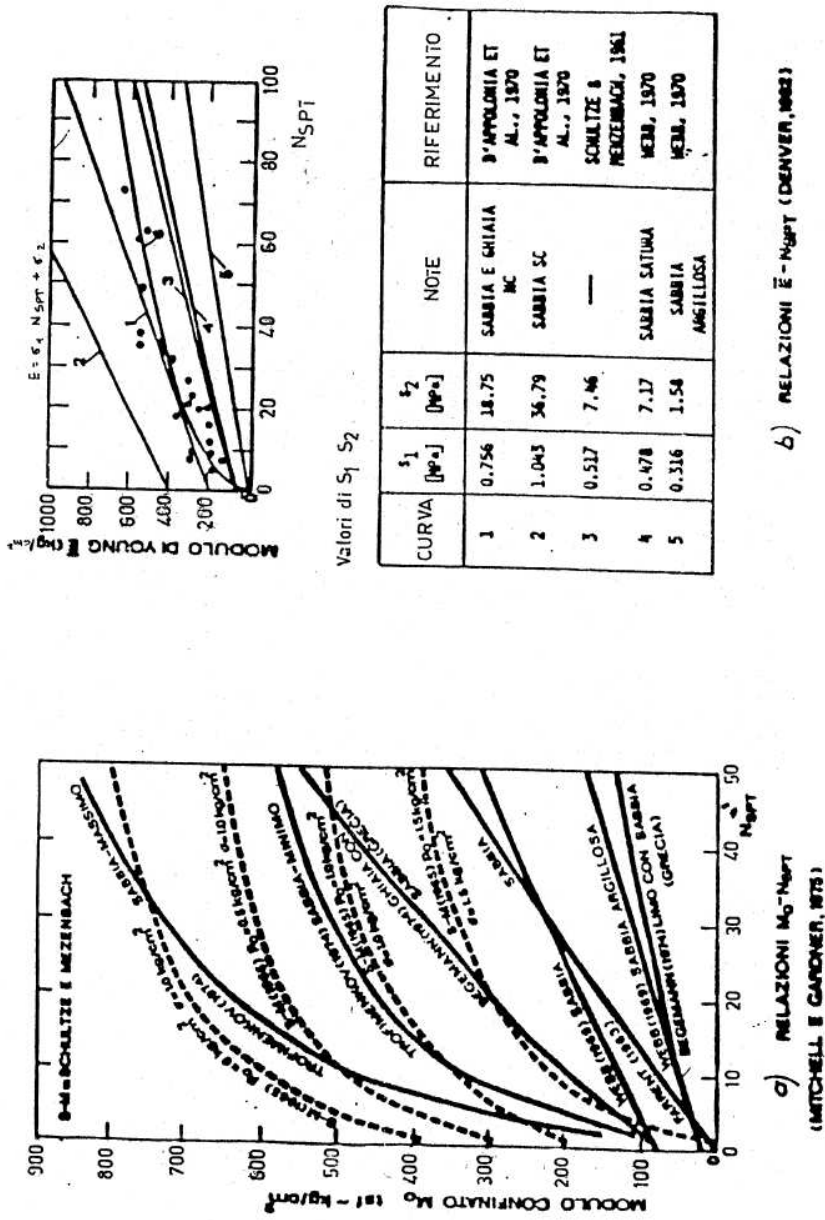


Fig. 4 – Correlazione fra N_{30} e il modulo confinato M_0 ed il modulo di Young

4.3 PROVE DI LABORATORIO

Nello specifico sono state svolte le seguenti prove:

- ❖ Descrizione macroscopica del campione;
- ❖ Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa;
- ❖ Determinazione del Peso dell'Unità di Volume mediante fustella tarata di diametro pari a 38 mm;
- ❖ Determinazione del peso specifico dei grani;
- ❖ Determinazione dei limiti di consistenza (di liquidità, plasticità e ritiro) sul passante allo staccio 40 della serie ASTM ($\varnothing=0.42$ mm);
- ❖ Determinazione della composizione granulometrica mediante stacciatura per via umida del materiale trattenuto allo staccio n° 200 della serie ASTM ($\varnothing=0,075$ mm); per il passante è stata eseguita la determinazione tramite il metodo del densimetro;
- ❖ Prova di taglio diretto del tipo consolidata drenata (CD).
- ❖ Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata (UU).

La determinazione del contenuto d'acqua (W_n) è stata realizzata secondo una media effettuata su tre prove, sottoponendo una quantità nota del campione ad essiccamento in stufa a 105° .

La normativa di riferimento è la ASTM D-2216 e CNR-UNI 10008.

Il Peso di Volume è stato calcolato mediante una fustella di acciaio a volume noto, secondo una media effettuata su tre prove. La normativa di riferimento è la BS 1377: 1990

Il peso specifico é stato calcolato sulla porzione di terra passante al setaccio ASTM N° 200 ($\varnothing=0.075$ mm), tramite la media su due valori ricavati per mezzo di un picnometro ad acqua da 100 cm^3 .

La normativa di riferimento é la ASTM D 854-06.

I limiti di consistenza (Atterberg) sono stati determinati in accordo alla normativa CNRUNI 10014 ed alla ASTM D 4318-84.

Il limite di liquidità è stato calcolato mediante la coppa di Casagrande sulla sola frazione di terra passante al setaccio ASTM N° 40 ($\varnothing=0.42$ mm); il metodo utilizzato é quello dell'interpolazione dei tre punti.

Il limite di plasticità è stato determinato tramite la manipolazione dello stesso materiale utilizzato per la determinazione del limite di liquidità, sino a quando, creando dei bastoncini aventi diametro di 3 mm, questi si screpolavano o rompevano.

Il limite di ritiro è stato determinato usando lo stesso materiale impiegato per la determinazione del limite di liquidità aggiungendo una quantità nota di acqua distillata ed usando del mercurio liquido (Hg) ($\rho_s=13.579\text{ g/cm}^3$) e contenitori tarati sia in peso che in volume.

L'analisi granulometrica é stata realizzata tramite vagliatura meccanica per la porzione di terra avente grana di dimensione superiore a 0.075 mm, invece per il materiale avente diametro inferiore viene riservata l'analisi per sedimentazione con il metodo del densimetro.

La serie di setacci utilizzata è ASTM D 422 ed UNI 8520.

Per il materiale fine è stata eseguita una procedura per via umida secondo la normativa ASTM D 2217 - Metodo A, seguendo le indicazioni di Bowles (1978).

La prova di taglio è stata realizzata con l'apparecchio di Casagrande su tre provini quadrati aventi altezza di 2 cm e diametro di 6 cm; la fase di consolidazione si è protratta per 24 h, sino al raggiungimento della consolidazione secondaria.

La velocità di rottura è stata scelta tenendo conto del tempo di consolidazione del materiale di prova; sono stati analizzati i tempi relativi al 50% ed al 100% della consolidazione, valori che hanno permesso di risalire alla velocità necessaria per raggiungere la rottura utilizzando le formule proposte da Bowles (1970), Ladd (1971) e Gibson ed Henkel (1954).

I carichi applicati durante la fase di consolidazione sono stati compresi tra circa 98 e circa 389 KN/m² (= tra circa 1 e 4 Kg/cm²).

La normativa di riferimento è la ASTM D 3080-72.

La prova di compressione triassiale UU è stata eseguita su provini cilindrici di diametro 3.8 cm ed altezza 7.6 cm. La velocità di deformazione è stata posta pari a 0.5 mm/min.

Durante la fase di compressione i provini sono stati sottoposti a pressioni di cella comprese 100 e 400 KPa.

I risultati delle prove sono stati diagrammati in grafici dove sono riportati i cerchi di Mohr in termini di pressioni totali.

La normativa di riferimento è la ASTM D-4767 – ASTM D 2850-87

Nel capitolo relativo alle caratteristiche litotecniche dei terreni, le sono state riportate le seguenti tabelle riassuntive:

- ⇒ tabella riepilogativa delle caratteristiche fisiche dei campioni;
- ⇒ tabella riepilogativa delle caratteristiche meccaniche dei campioni.

4.4 INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (TROMOGRAFIA)

Si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR (tomografia) allo scopo di determinare le velocità delle onde di taglio (V_s) dei terreni presenti, in corrispondenza delle opere progettate.

In particolare sono state eseguite n. 8 misure di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Di seguito vengono riportati alcuni cenni riguardo la metodologia utilizzata.

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza dove per strato si intende un'unità distinta in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

I primi studi su questa tecnica sono da attribuire a Kanai (1957) e da allora diversi metodi sono stati proposti per estrarre utili informazioni sul sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in sito.

Tra questi la tecnica che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Successivamente Nakamura (1989) ha applicato tale metodo come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

Considerando lo schema illustrato nella figura sotto riportata si osserva che sono presenti due strati (1 e 2) che si differenziano per le densità (ρ_1 e ρ_2) e le velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

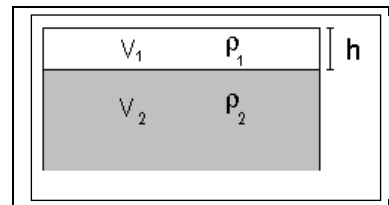


Fig. 5 - Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo caso un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dalla superficie di strato.

L'onda riflessa interferendo con quelle incidenti si somma e raggiunge le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

Ne consegue che la frequenza di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{P1}/(4 H) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = V_{S1}/(4 H). \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali

e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- ❖ il contenuto in frequenza;
- ❖ la risposta strumentale;
- ❖ l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Da evidenziare, inoltre, che i microtremori sono costituiti da onde di volume, P o S, ed in misura maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tale inconveniente è facilmente superabile sia perché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva, sia perché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

D'altro canto l'applicabilità pratica della formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati sperimentali, consiste in un tromografo digitale denominato “Tromino”, dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR che sono state ottenute col software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:

- ✓ larghezza delle finestre d’analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;
 - ✓ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 15% della frequenza centrale,
 - ✓ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2;
 - ✓ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l’analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula sotto riportata, in cui:

- ✓ V_0 è la velocità al tetto dello strato;
- ✓ ad un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.);
- ✓ ν la frequenza fondamentale di risonanza.

$$H = \left[\frac{V_0(1-\alpha)}{4V_1} + 1 \right]^{1/(1-\alpha)} - 1$$

Le ubicazioni dei sondaggi che sono stati eseguiti sono visibili nelle planimetrie allegate mentre di seguito sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

I dati sperimentali ricavate dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio V_s .

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove T_H è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e f_r è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{h}{T_H}$$

e

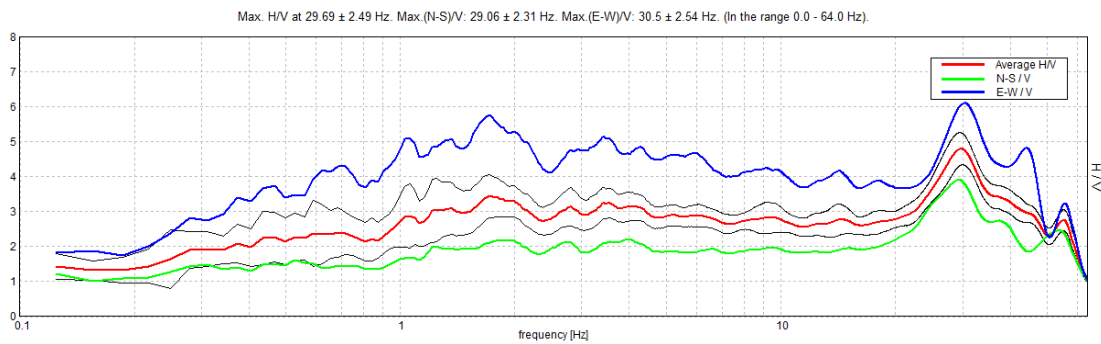
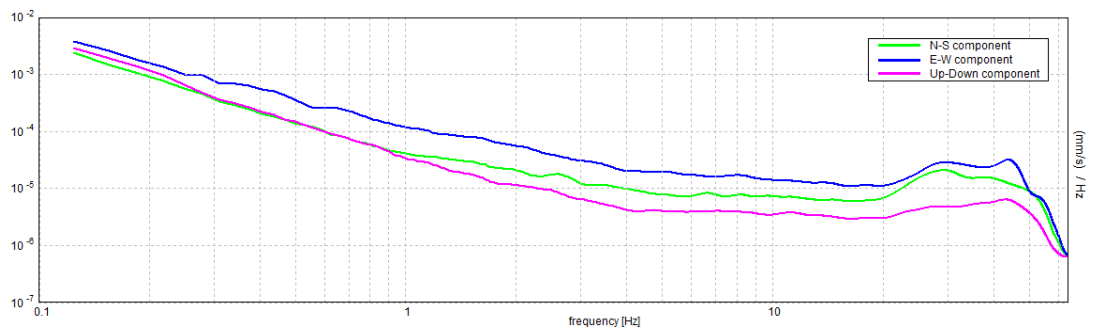
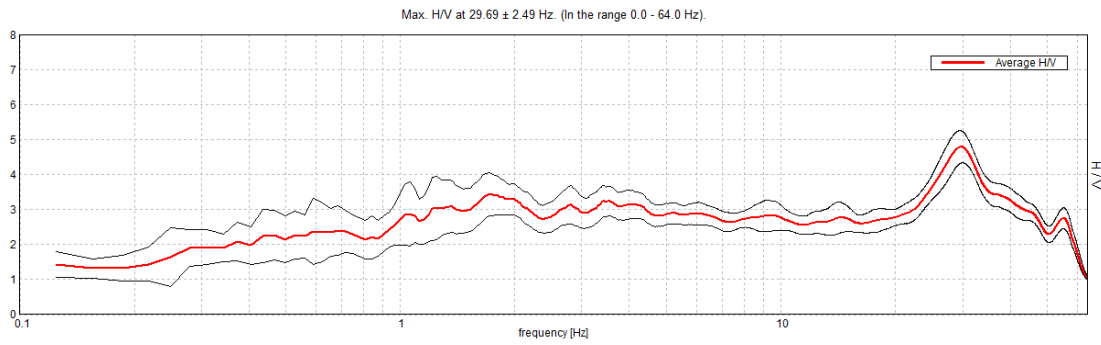
$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

da cui si ricava

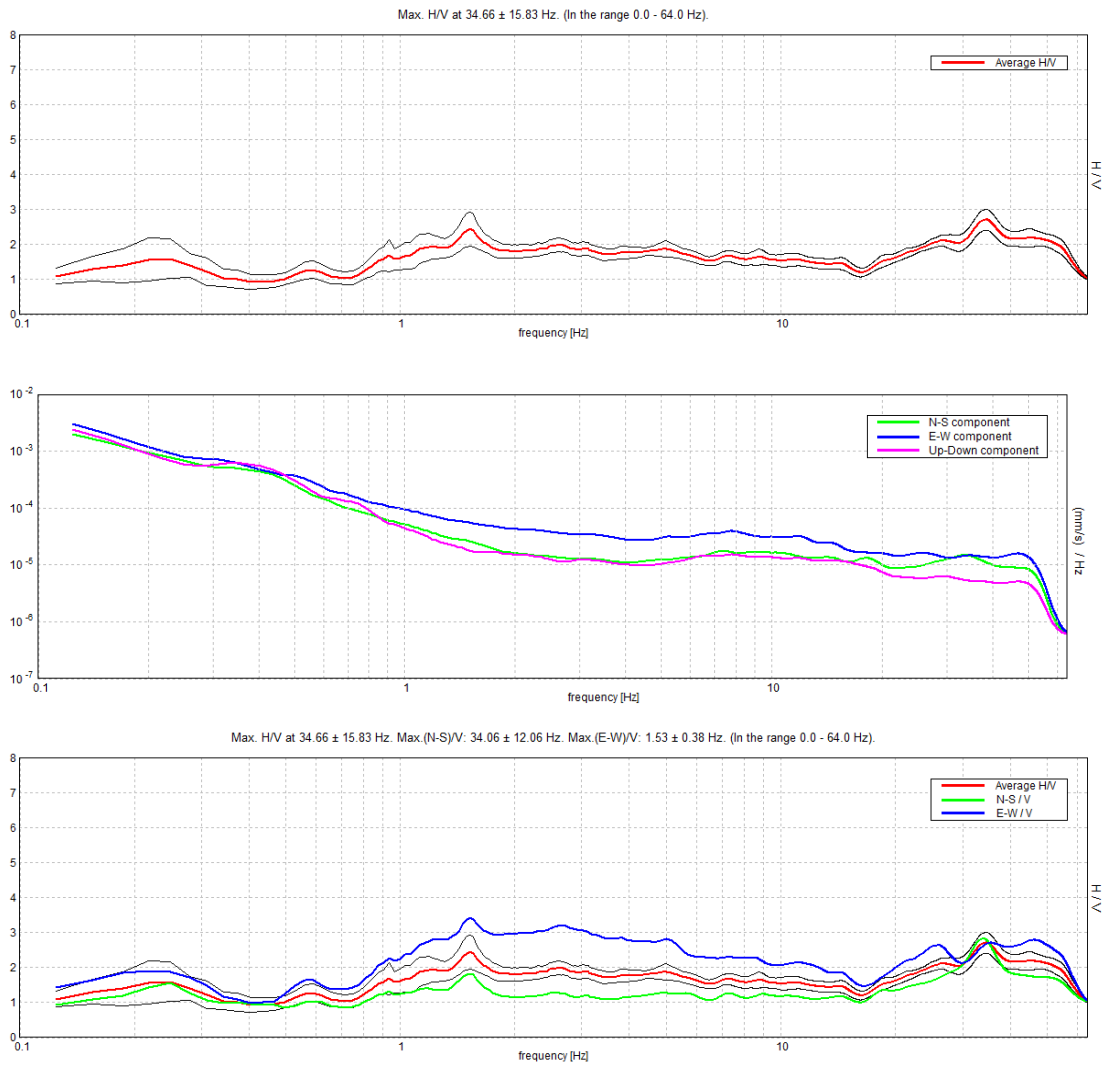
$$V = 4 f_r h$$

In allegato sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

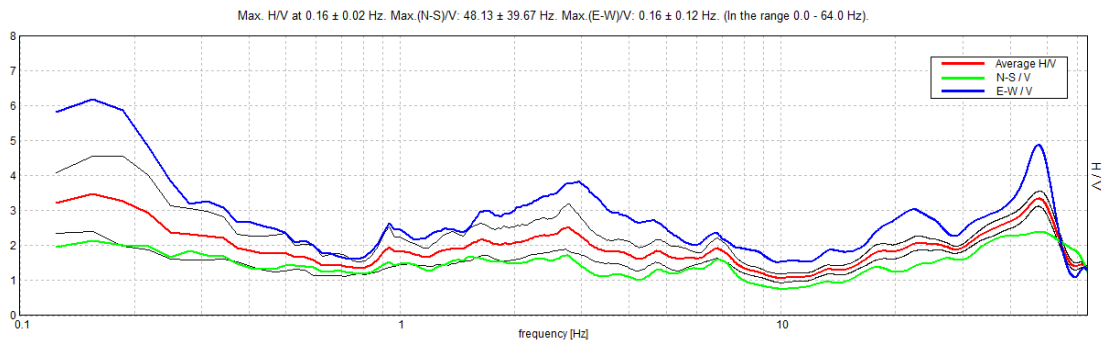
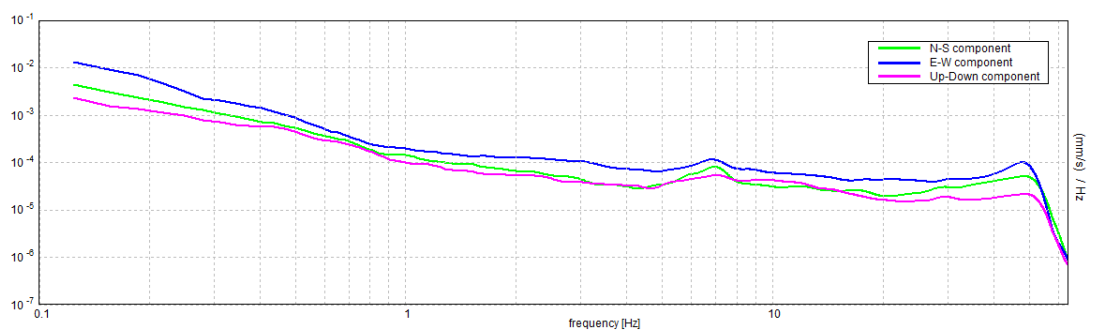
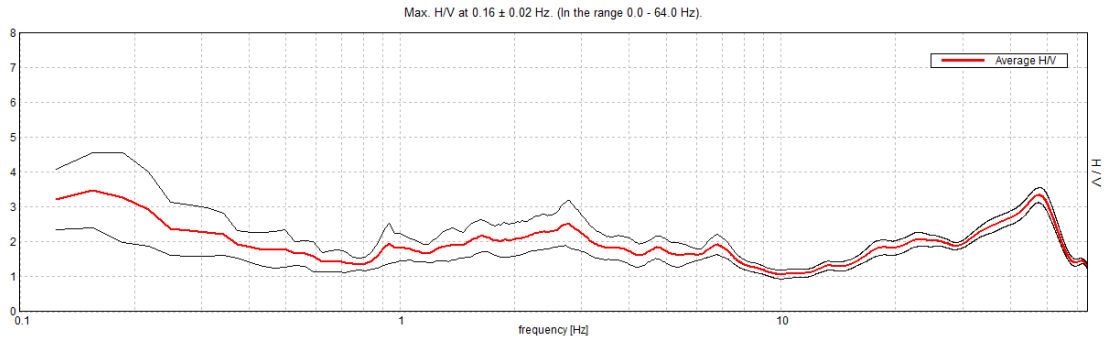
Sondaggio tromografico T1



Sondaggio tromografico T2

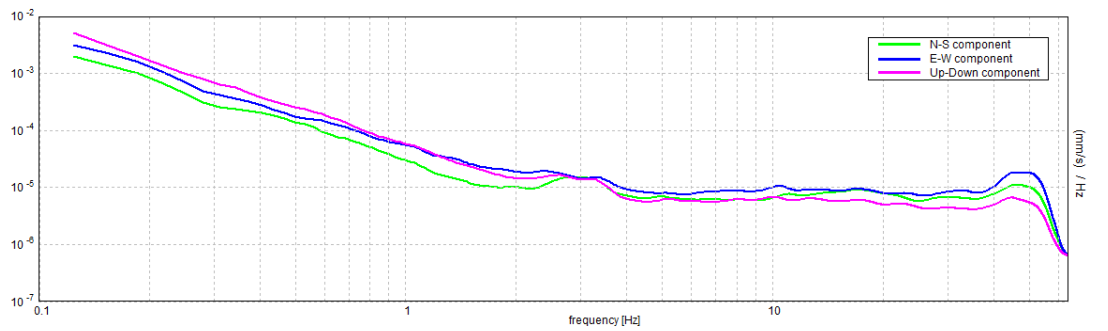
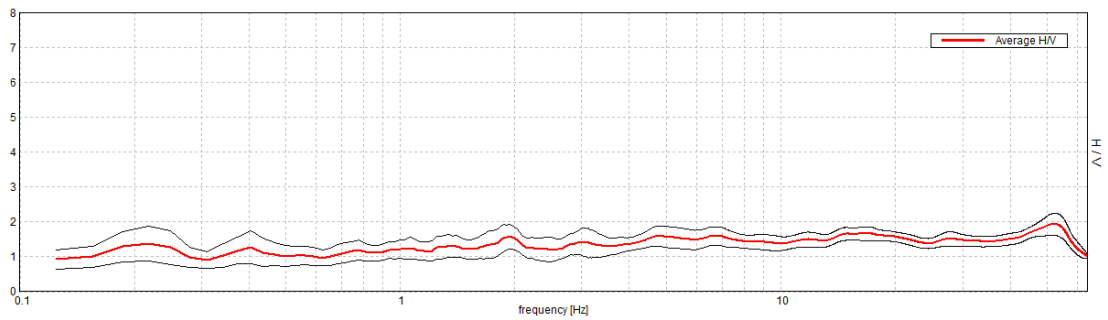


Sondaggio tomografico T3

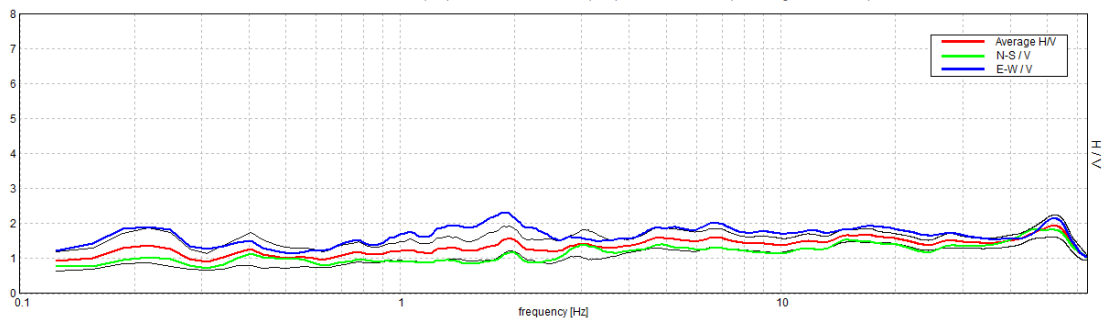


Sondaggio tomografico T4

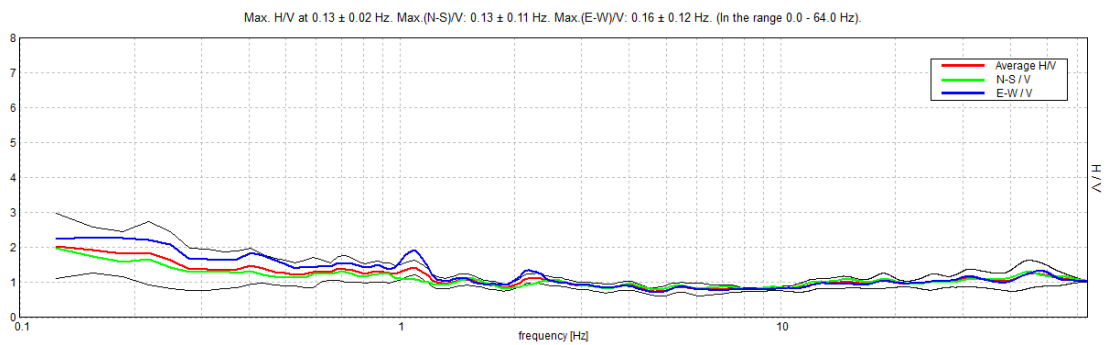
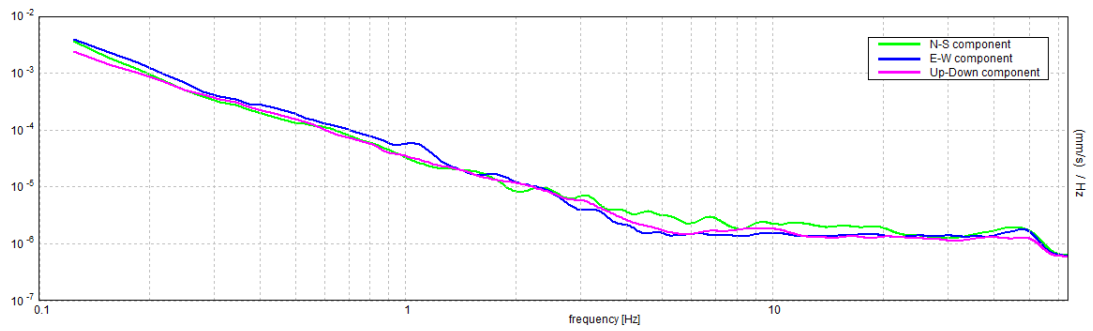
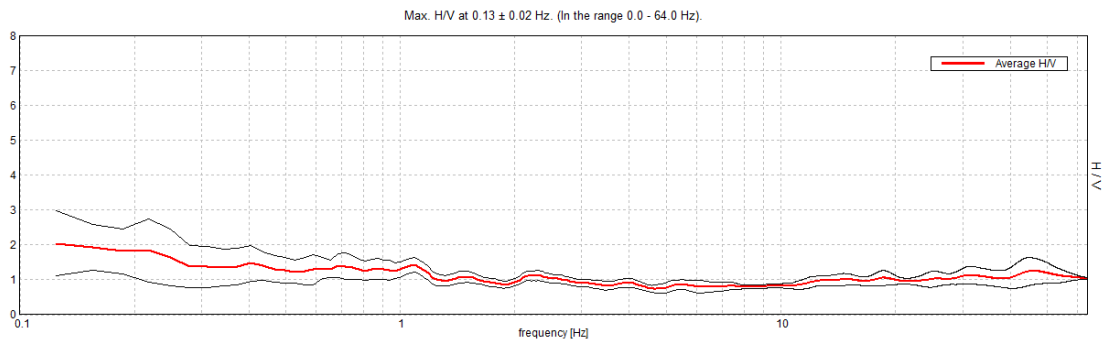
Max. H/V at 52.16 ± 13.11 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Max. H/V at 52.16 ± 13.11 Hz. Max.(N-S)/V: 46.44 ± 5.01 Hz. Max.(E-W)/V: 1.88 ± 10.25 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

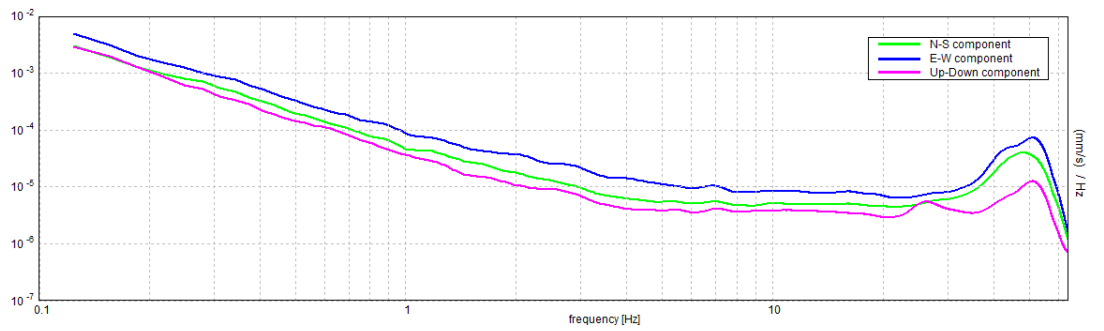
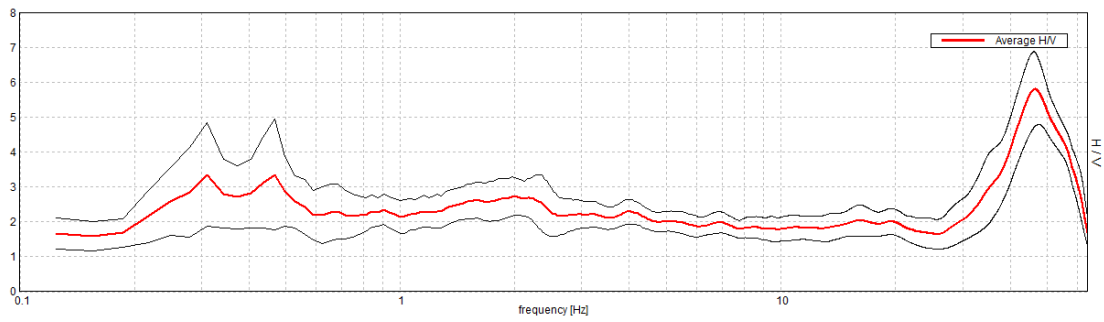


Sondaggio tromografico T5

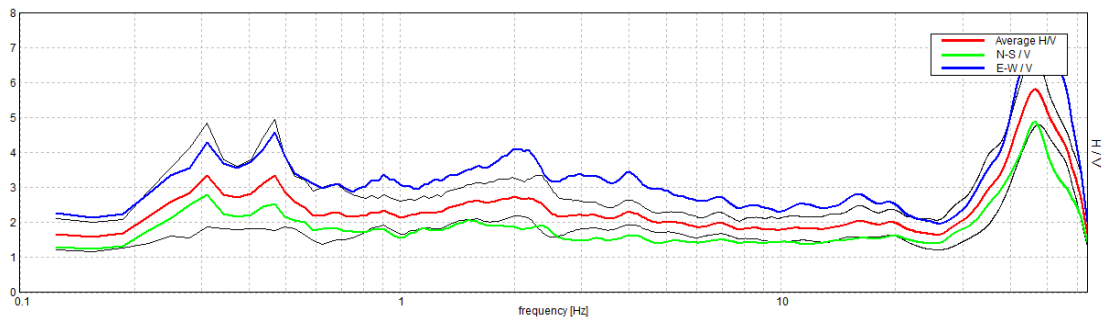


Sondaggio tomografico T6

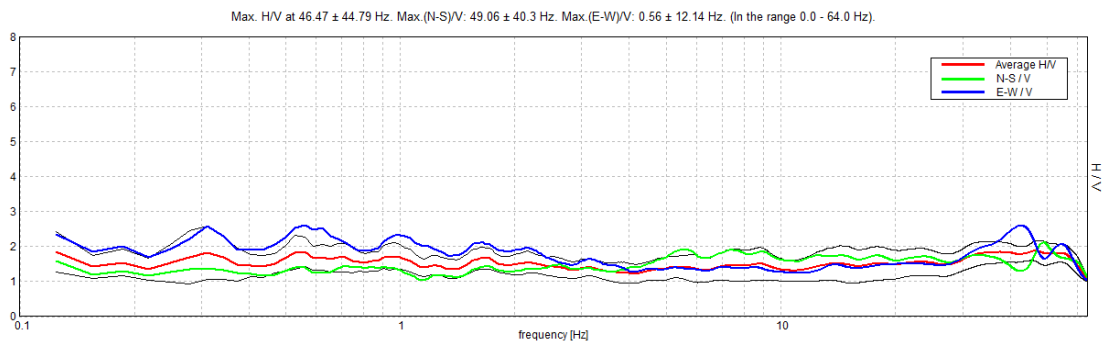
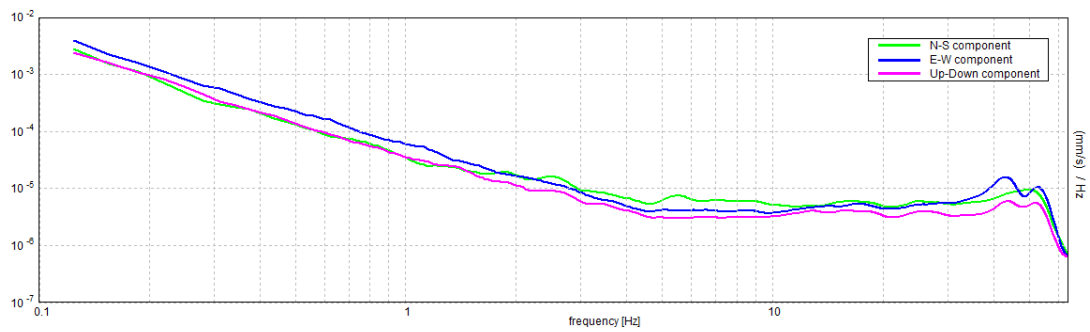
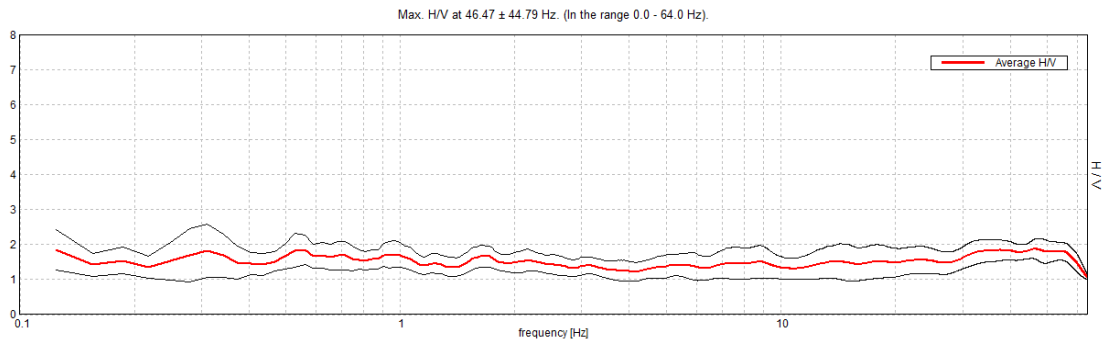
Max. H/V at 46.56 ± 0.61 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Max. H/V at 46.56 ± 0.61 Hz. Max. (N-S)/V: 46.5 ± 0.88 Hz. Max. (E-W)/V: 46.56 ± 2.28 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

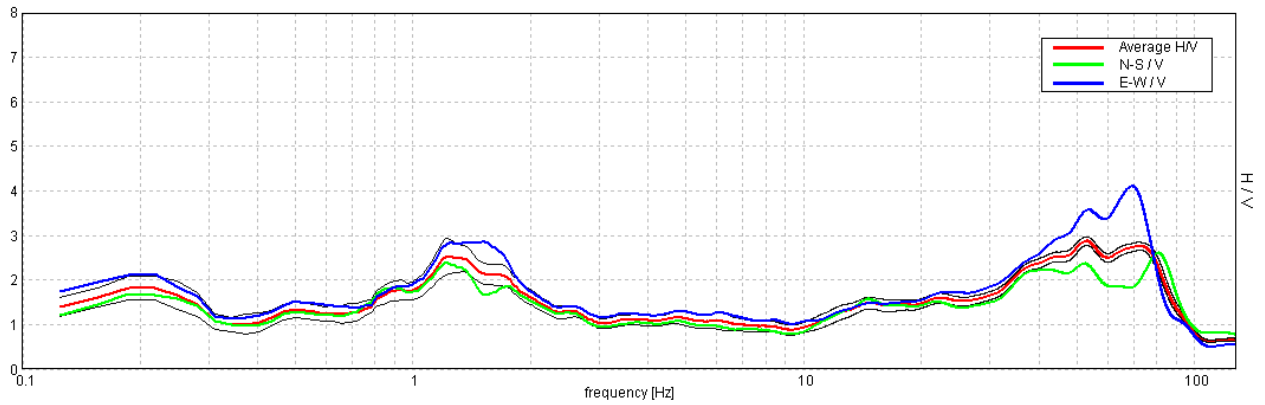


Sondaggio tomografico T7

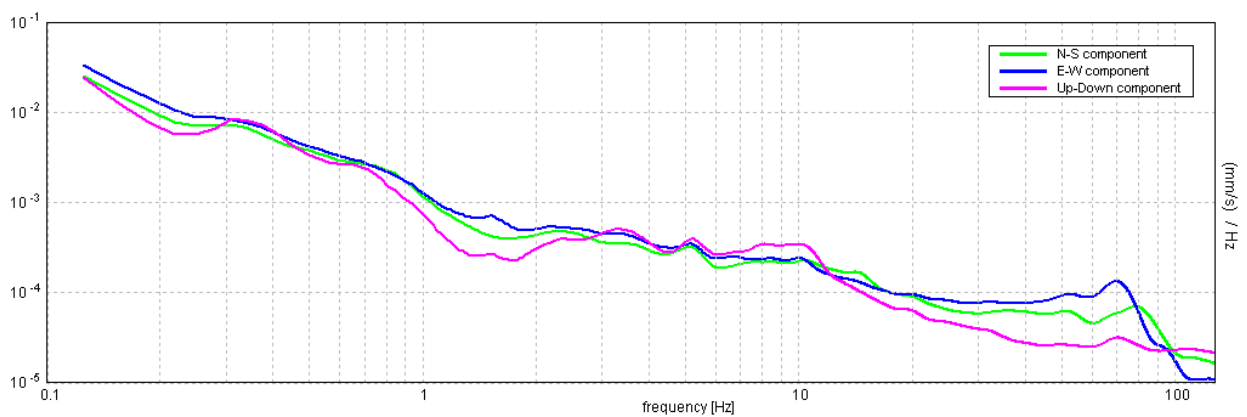
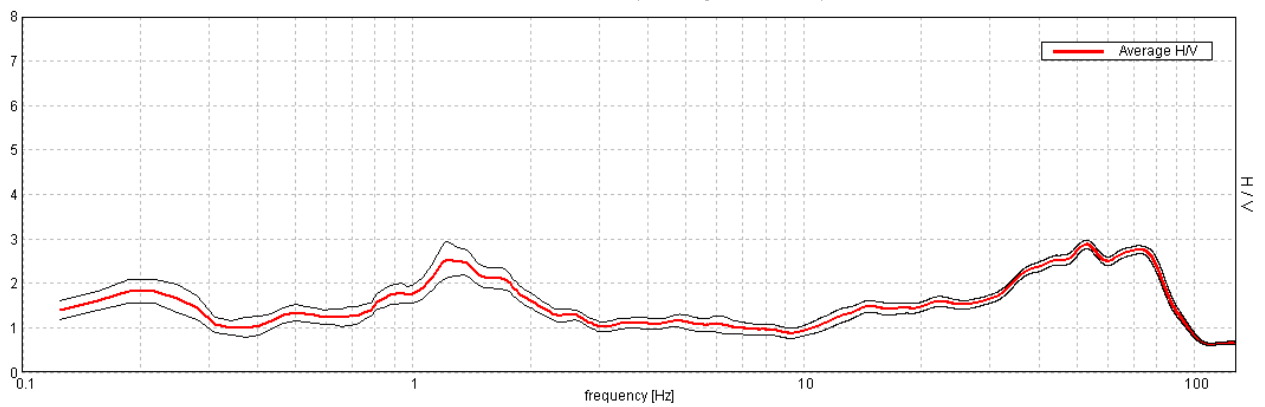


Sondaggio tromografico T8 (Sottostazione)

Max. HV at 53.09 ± 7.14 Hz. Max.(N-S)/V: 80.94 ± 14.44 Hz. Max.(E-W)/V: 69.38 ± 3.48 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



Max. HV at 53.09 ± 7.14 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



I dati sperimentali ricavate dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio Vs.

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove T_H è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e f_r è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H}$$

e

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

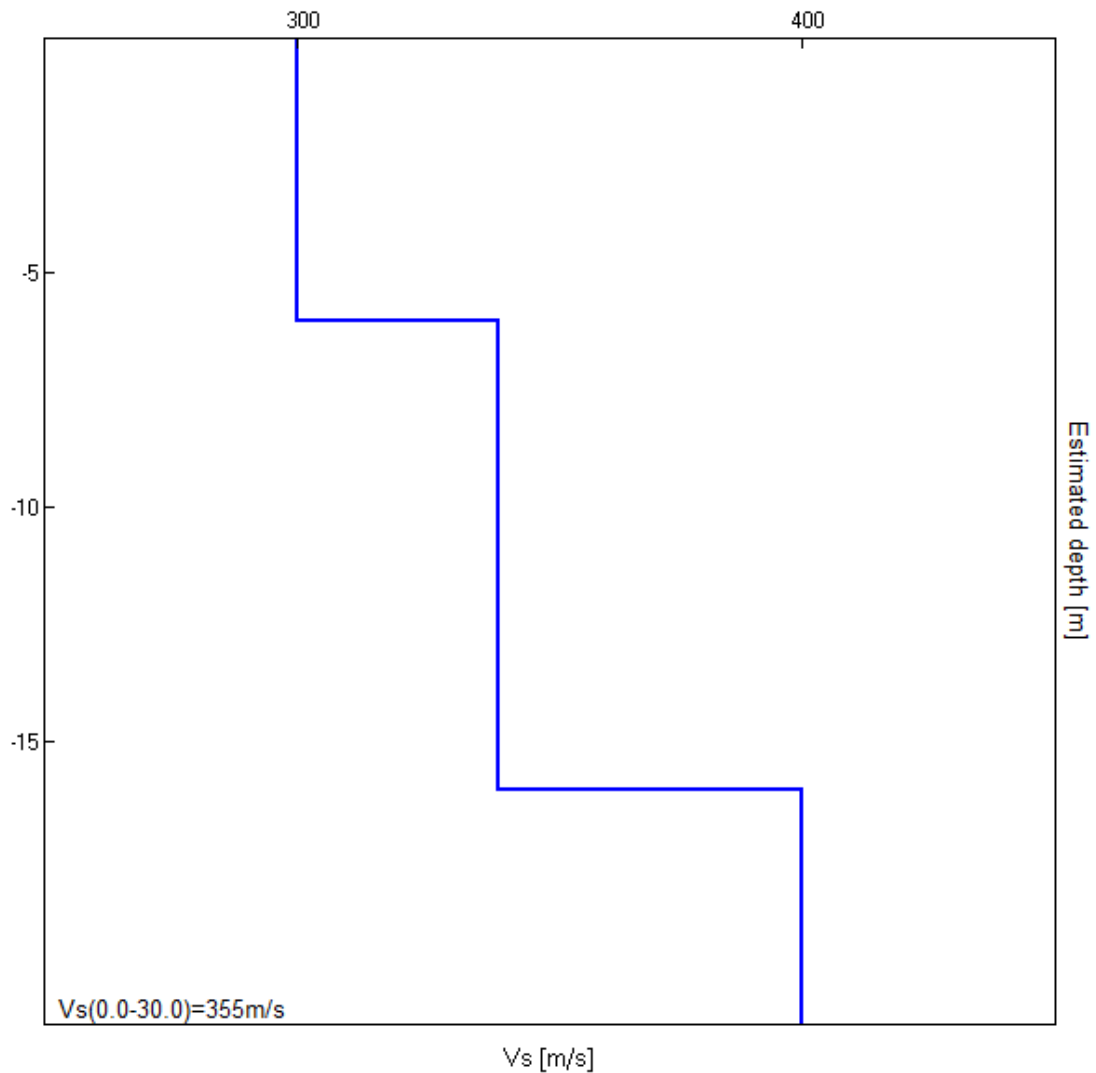
da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

In allegato sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
*Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG),
 Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)*

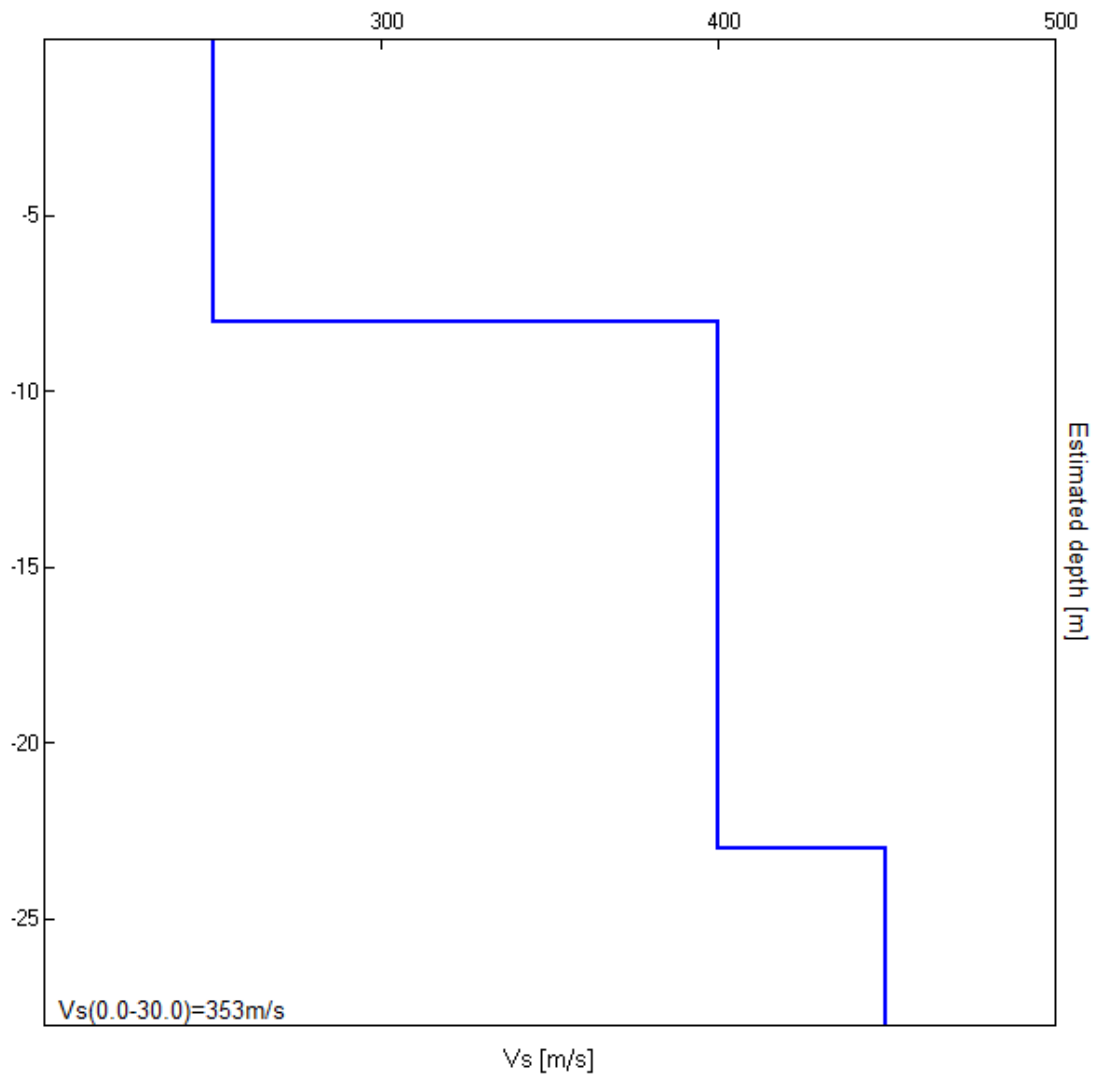
Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 6.00	300	C	C (Vs,eq =355 m/s)
6.00 – 16.00	340	C	
16.00 – 30.00	400	B	



Interpretazione sondaggio tomografico T1

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG), Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)

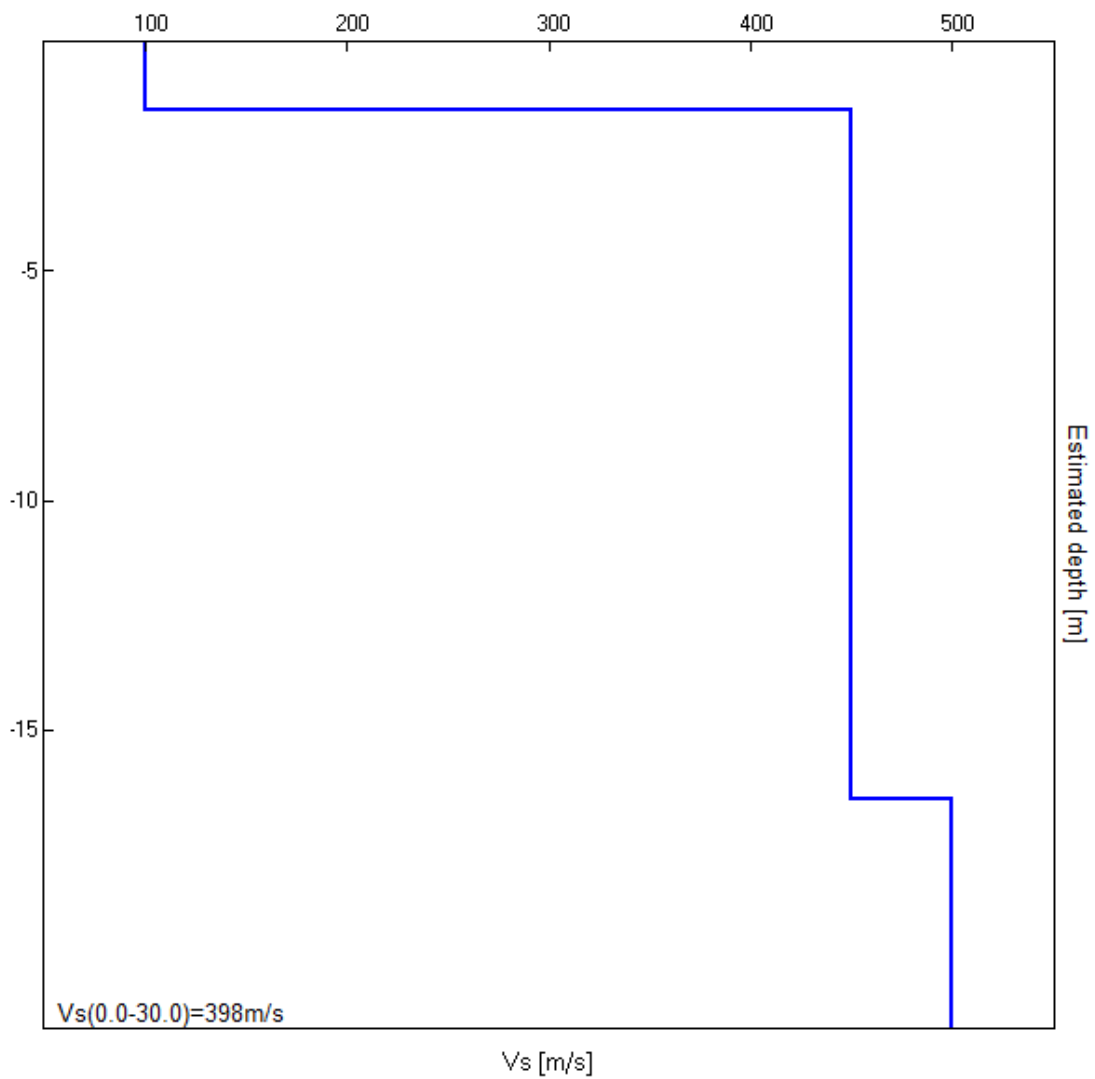
Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 8.00	250	C	C (Vs,eq =353 m/s)
8.00 – 23.00	400	B	
23.00 – 30.00	450	B	



Interpretazione sondaggio tomografico T2

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
*Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG),
 Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)*

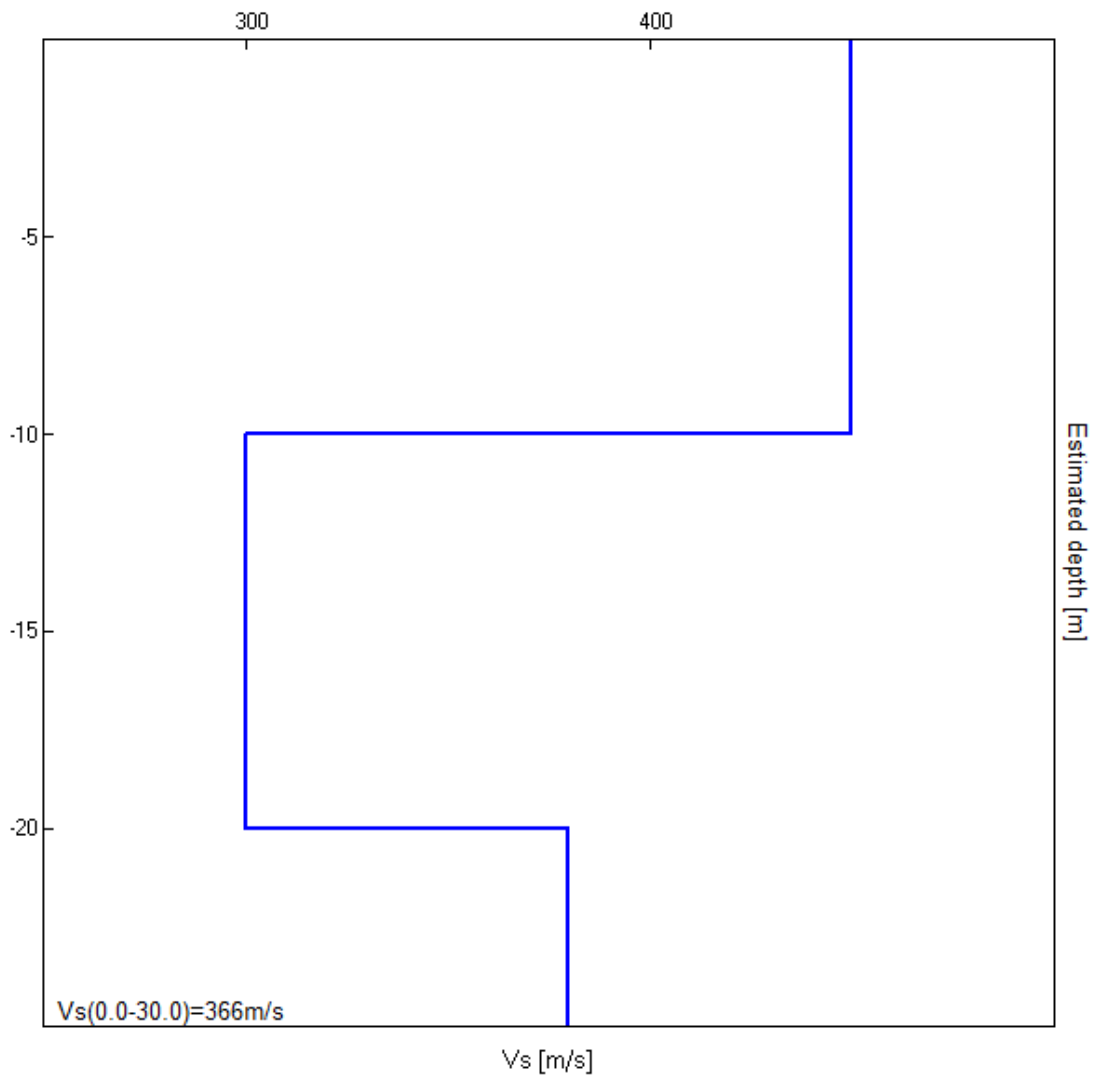
Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00-1.50	100	D	B (Vs,eq =398 m/s)
1.50-13.50	450	B	
13.50-30.00	500	B	



Interpretazione sondaggio tomografico T3

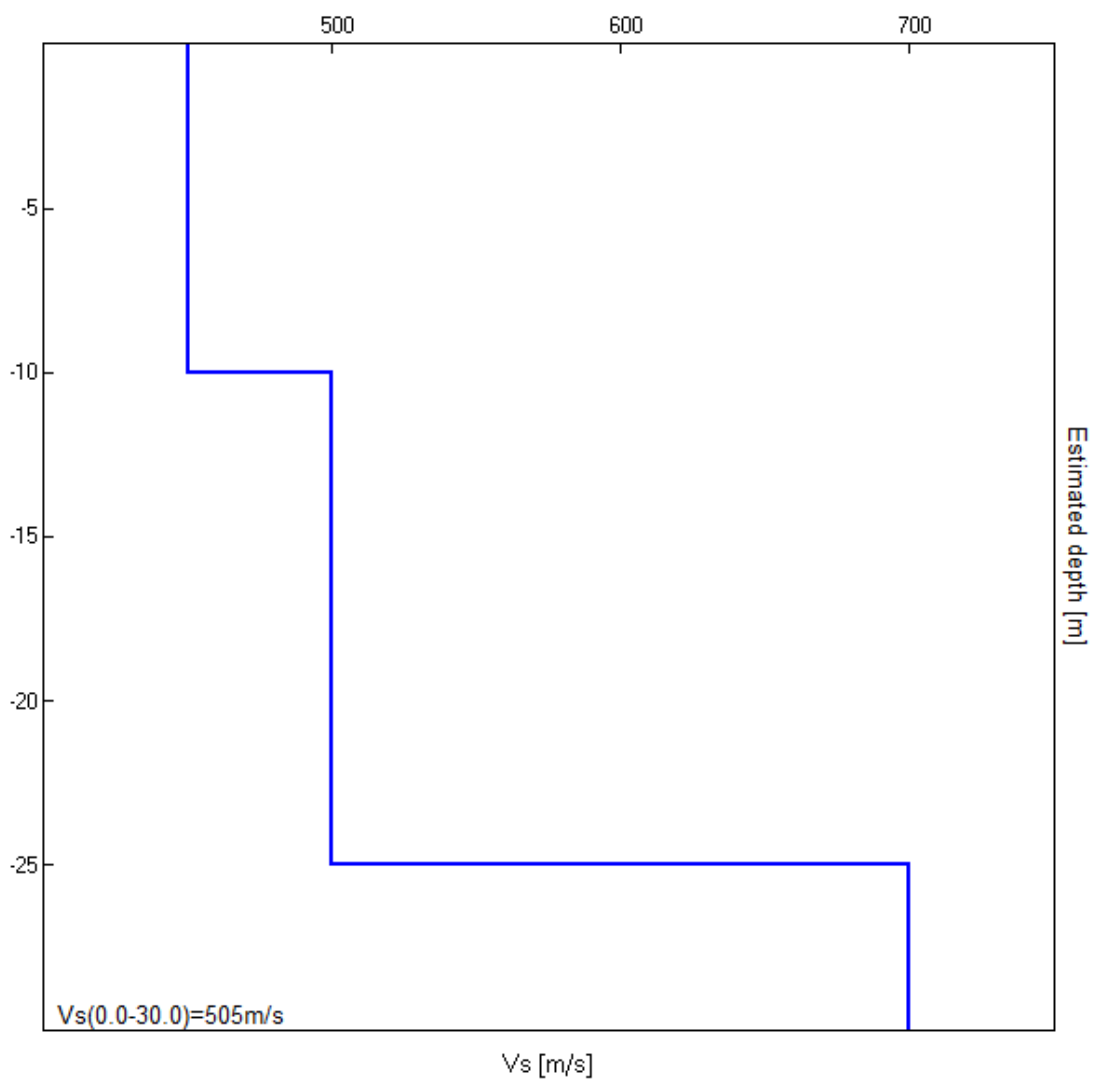
VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
*Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG),
 Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 10.00	450	B	B (Vs,eq =366 m/s)
10.00 – 20.00	300	C	
20.00 – 30.00	380	B	



Interpretazione sondaggio tromografico T4

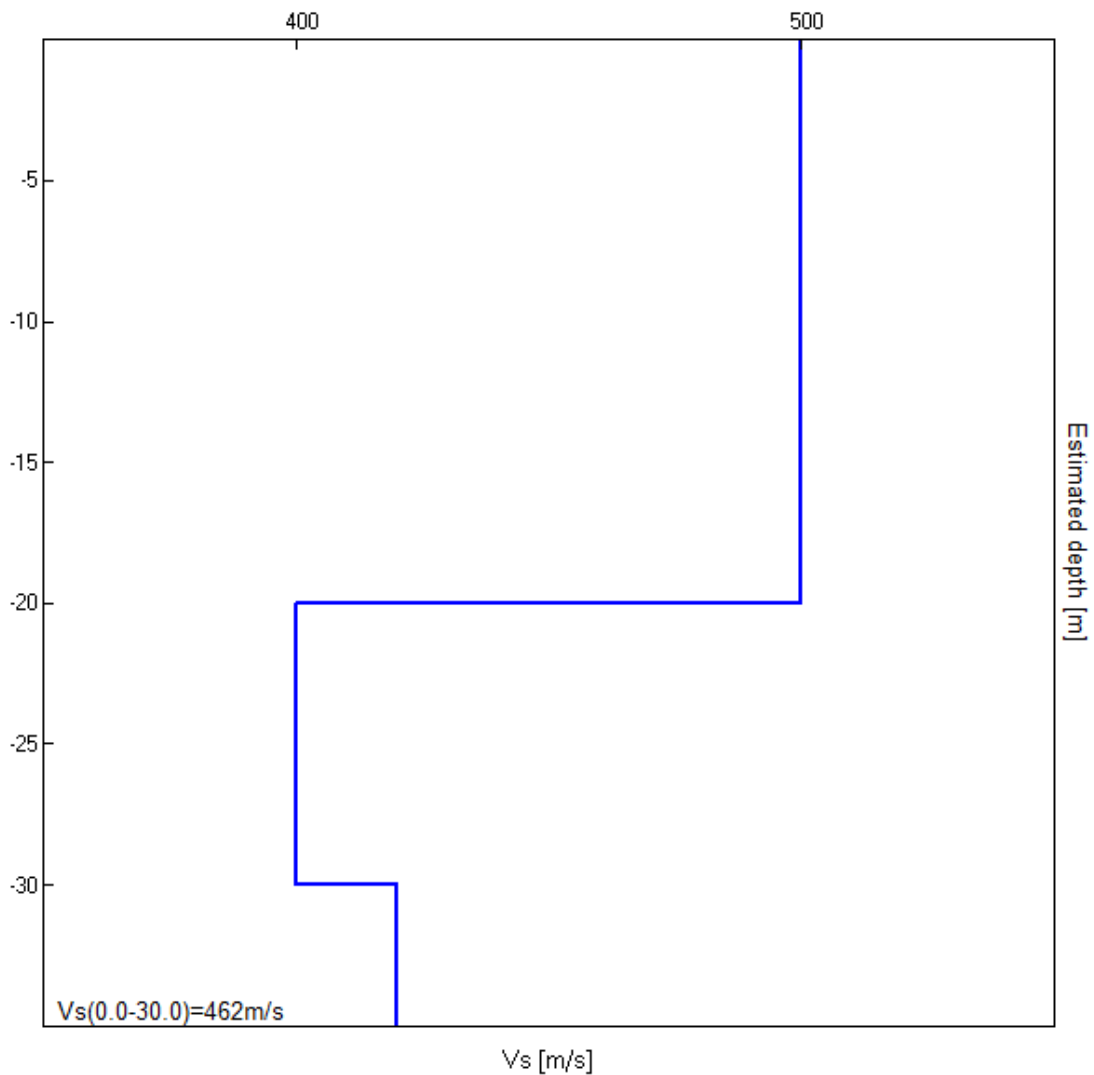
Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 10.00	450	B	B (Vs,eq =505 m/s)
10.00 – 25.00	500	B	
25.00 – 30.00	700	B	



Interpretazione sondaggio tomografico T5

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG), Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)

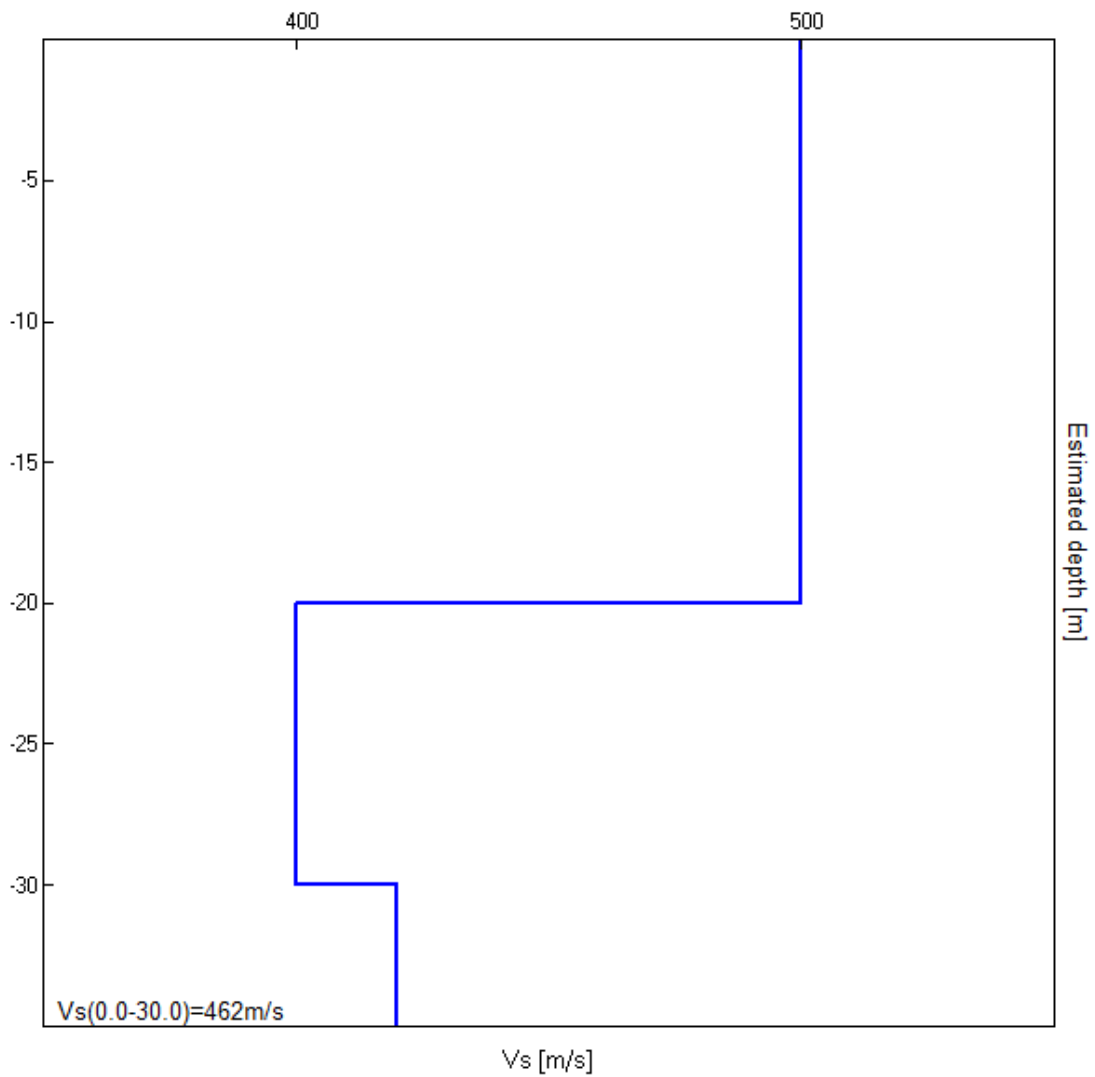
Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 20.00	500	B	B (Vs,eq =462 m/s)
20.00 – 30.00	400	B	
30.00 – 40.00	420	B	



Interpretazione sondaggio tromografico T6

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
*Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG),
 Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)*

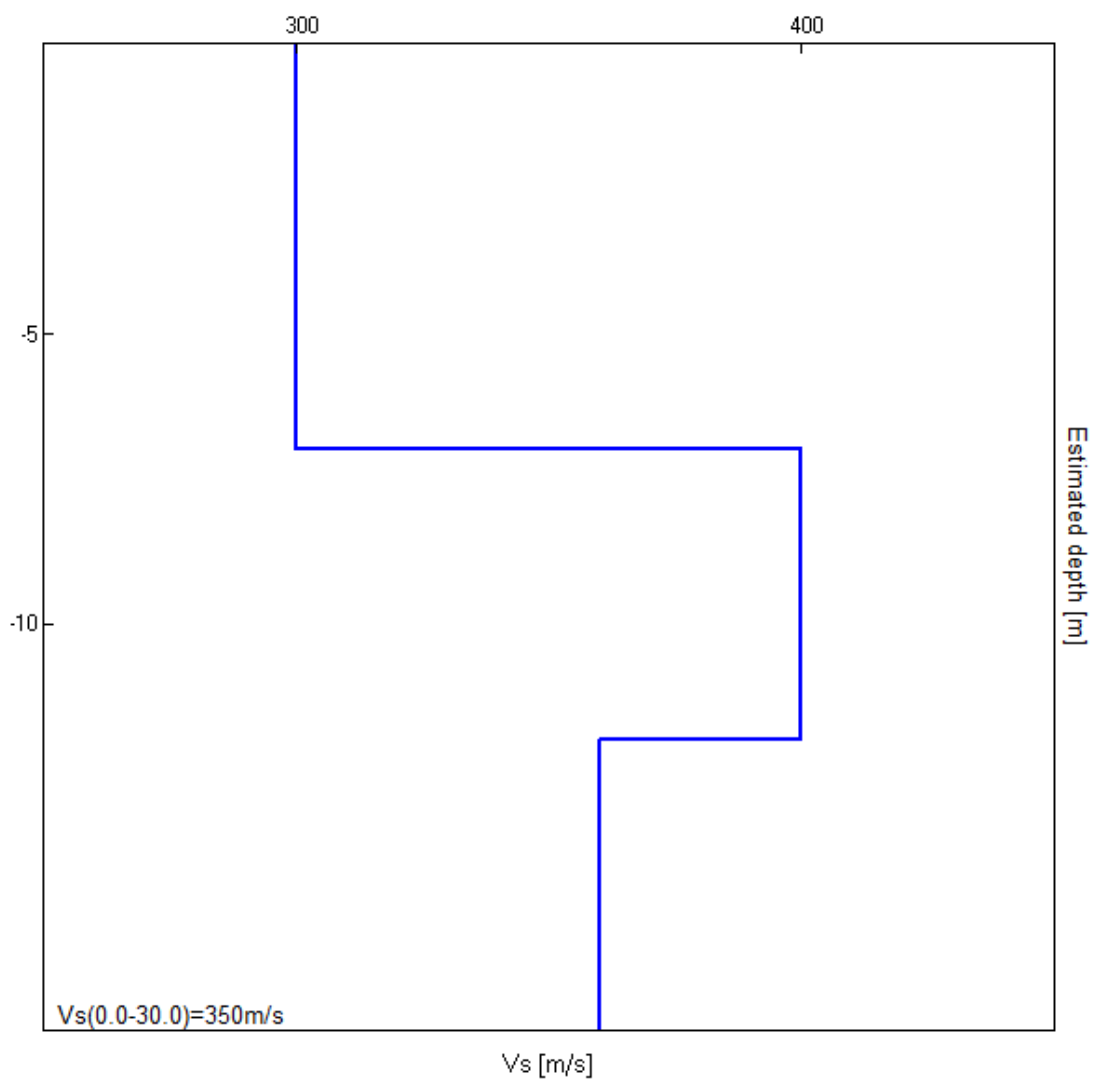
Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 20.00	500	B	B (Vs,eq=462 m/s)
20.00 – 30.00	400	B	
30.00 – 40.00	420	B	



Interpretazione sondaggio tomografico T7

VAMIRGEOIND Ambiente Geologia e Geofisica s.r.l.
*Relazione Geologica – “Parco Eolico Canicattì” sito nei comuni di Agrigento (AG),
 Favara (AG), Naro (AG), Castrofilippo (AG) e Canicattì (AG)*

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 7.00	300	C	C (Vs,eq =350 m/s)
7.00 – 12.00	400	B	
12.00 – 30.00	360	B	



Interpretazione sondaggio tomografico T8 (Sottostazione)

5. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO

Ai fini sismici il territorio interessato è incluso nell'elenco delle località sismiche con un livello di pericolosità 4. Tale classificazione è stata dettata dalla O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 e dall'OPCM 28 aprile 2006, n. 3519 e confermata dalla Regione Sicilia (DGR 408 del 19/12/2003).

In questo quadro trova conferma la classificazione sismica dell'area e la necessità di studiare le eventuali modificazioni che dovessero subire le sollecitazioni sismiche ad opera dei fattori morfologici, strutturali e litologici.

Tali studi, eseguiti anche in Italia nelle zone dell'Irpinia, del Friuli, dell'Umbria e più recentemente di Palermo e del Molise, hanno evidenziato notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi distanze, associate a differenti morfologie dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

In tal senso sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bedrock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

Di particolare importanza è, inoltre, lo studio dei contatti stratigrafici in affioramento soprattutto tra terreni a risposta sismica differenziata.

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, dai dati delle indagini sismiche eseguite i terreni presenti in corrispondenza degli aerogeneratori PECAN01, PECAN 02 e della sottostazione appartengono alla 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”, mentre in corrispondenza degli aerogeneratori PECAN03, PECAN04, PECAN05, PECAN06 E PECAN07 appartengono alla Categoria 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”.

6. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il problema della liquefazione dei terreni è di estrema importanza in aree a rischio sismico, come quella in cui si deve realizzare il progetto.

Si tratta di un fenomeno estremamente importante e pericoloso in particolari condizioni.

Il termine *liquefazione* viene usato, per definire un processo per cui una massa di terreno saturo, a seguito dell'intervento di forze esterne, statiche o dinamiche perde resistenza al taglio e si comporta come un fluido.

Ricordando la relazione di un terreno incoerente saturo:

$$\tau_f = (\sigma_f - u) \operatorname{tg} \varphi$$

se per effetto delle azioni esterne la pressione applicata si trasferisce integralmente alla fase liquida, ossia $\sigma = u$, viene $\tau_f = 0$ e quindi resistenza tangenziale nulla.

Sono soprattutto le azioni dinamiche a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido orientando le particelle di roccia, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

Le particelle di terreno sotto la vibrazione, si dispongono infatti facilmente in un nuovo assetto ed in questa fase di transizione perdono il contatto fra di loro e, quindi, sono «flottanti» temporaneamente nell'acqua perdendo ogni funzione portante.

La presenza dell'acqua pone le sabbie, sottoposte a rapide alternanze di carico, in situazione analoga a quella delle argille sature sottoposte rapidamente a carichi statici; infatti la velocità con la quale si producono le variazioni di volume è talmente elevata che, nonostante la forte permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a sfuggire

mentre avviene la riduzione di volume del tessuto e, quindi, le pressioni interstiziali annullano la resistenza di attrito.

Di qui la liquefazione del terreno e lo sprofondamento delle opere.

La predisposizione alla liquefazione dipende, quindi, dalla capacità del terreno ad aumentare la propria densità, il che è legato evidentemente alla percentuale di vuoti iniziale.

Il fenomeno della liquefazione si verifica per stratificazioni superficiali, a profondità di 15 m può dirsi che esso sia escluso a causa della compattezza prodotta dalla pressione geostatica.

Notevoli assestamenti possono verificarsi con terreni anche asciutti sottoposti a vibrazioni ma senza la presenza della falda non è possibile l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione.

I metodi con cui si calcola la tendenza alla liquefazione sono divisi in due categorie: a) Metodi semplificati; b) Metodi empirici ed il nostro studio utilizza quelli definiti dal programma Liqueiter della Geostru.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ ed indagini geofisiche per il calcolo delle Vs30.

La resistenza del deposito alla liquefazione viene, quindi, valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione.

Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove di misurazione delle onde di taglio Vs.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione adottati dal programma sono:

- 1) *Metodo di Seed e Idriss (1982);*
- 2) *Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);*
- 3) *Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1983);*
- 4) *Metodo di Finn (1985);*
- 5) *Metodo di Cortè (1985);*
- 6) *Metodo di Robertson e Wride modificato (1997);*
- 7) *Metodo di Andrus e Stokoe (1998);*
- 8) *Metodi basati sull'Eurocodice 8 (ENV 1998-5);*
- 9) *Metodo basato sull'NTC 2008.*

In base all'Eurocodice 8 (ENV 1998-5) si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $a_g < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- ❖ contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- ❖ contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$;

- ❖ frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$.

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 - S (M > 5,5)	Spettri di Tipo 2 - S (M < 5,5)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys.

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT, la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

(a)

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove $(N_{1,60})_{cs}$ viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato.

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7 – 1,2
Donut Hammer (USA)	0,5 – 1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1 – 1,4
Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8 – 1,4

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine (FC):

$$\alpha = 0 \quad \text{per } FC \leq 5\%$$

$$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)] \quad \text{per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\alpha = 5 \quad \text{per } FC > 35\%$$

$$\beta = 1,0 \quad \text{per } FC \leq 5\%$$

$$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)] \quad \text{per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1,2 \quad \text{per FC} > 35\%$$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (CPT), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati mediante la seguente formula

$$q_{e1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di particelle fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride.

Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{e1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

come proposto dall'EC8, derivato $(N_{1,60})_{cs}$, si utilizza la (a) per il calcolo di CRR.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la formula:

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe:

$$CRR = 0,03 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{s1})_{cs} - V_{s1}} - \frac{1}{(V_{s1})_{cs}} \right]$$

Rispetto alla normativa europea, la normativa italiana (NTC 2008) è meno accurata e non fornisce proposte di metodologie per valutare il potenziale di liquefazione.

La normativa richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse

di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Secondo le normative europea e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato liquefazione durante terremoti passati.

La probabilità di liquefazione P_L , invece, è data dall'espressione di Juang et al. (2001):

$$P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_s}{0,72}\right)^{3,1}}$$

Nello specifico del nostro lavoro e dai dati in nostro possesso, si evince che in corrispondenza delle opere in progetto sono presenti i litotipi gessosi, calcarei ed argillosi delle formazioni geologiche che non consentono la formazione di fenomeni di liquefazione.

7. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLE OPERE IN PROGETTO

Da quanto desumibile dalle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche in situ ed in laboratorio eseguite in questa prima fase, i terreni che costituiscono il volume geotecnicamente significativo delle opere in progetto sono riferibili alle seguenti litologie: **a) Depositi alluvionali terrazzati; b) Gessi; c) Calcari di Base; d) Fm Terravecchia (Frazione argillosa).**

Ne descriviamo singolarmente le caratteristiche litologiche e meccaniche così come desumibili dai dati ricavati durante le prove geognostiche, geofisiche e geotecniche in laboratorio ed in situ, nonché dalle pubblicazioni scientifiche e dall'esperienza maturata su questi terreni, tenendo conto che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture fondali sarà necessario integrare le indagini eseguite di questa fase come descritto in premessa.

a) Depositi alluvionali terrazzati: Si tratta di rocce "pseudo-coerenti" costituite da sabbie da scarsamente a mediamente addensate con intercalazioni calcarenitiche.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica, come è noto, non è possibile eseguire alcuna sperimentazione in laboratorio, può quindi farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche: $\varphi' = 30^\circ$; $c' = 0,0 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,9 \text{ kN/m}^3$.

b) Gessi: sono formati da cristalli geminati a “ferro di lancia” cristallini e fratturati, sono stratificati in banchi che possono raggiungere anche i m. 20 senza intervalli pelitici. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di questi terreni su cui, come è noto, non è possibile alcuna sperimentazione in laboratorio, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall’esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche: $\varphi' = 38^\circ$, $c' = 20 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$. I valori di resistenza a compressione sono compresi tra 10-40 N/mm².

c) Calcari di base: si tratta di calcari solfiferi e calcari dolomitici molto teneri, friabili, intensamente fratturati e stratificati, cariati, con intercalazioni di calcari marnosi e marne calcaree da poco a mediamente consistenti e livelli e strati di sabbie calcaree poco addensate.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica, come è noto, non è possibile eseguire alcuna sperimentazione in laboratorio, può quindi farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall’esperienza maturata su questi terreni, dalle sperimentazioni scientifiche e dalle prove S.P.T. eseguite per il presente studio:

Litofacies calcarea:

$$\varphi' = 38^\circ, C' = 20,0 \text{ kN/m}^2, \gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3.$$

Litofacies calcareo-marnosa:

$$\varphi' = 24^\circ, C' = 30,0 \text{ kN/m}^2, \gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3.$$

d) Fm Terravecchia: si tratta di "rocce pseudocoerenti" costituite da argille ed argille limose quando alterate, di colore dal nocciola al

grigio. Si presentano alterate per una profondità pari a 11 m dal p.c. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso, il progettista può fare riferimento ai risultati delle prove di laboratorio eseguite nell’ambito del presente studio (vedi tabella allegata).

RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE

CAMPIONE	PROF. (m)	γ KN/m ³	γ_s KN/m ³	γ_d KN/m ³	Wn %	Wl %	Wp %	S %	n %
S1C1	5.00	19.42	26.392	15.29	26.97			99.92	42.06
S1C2	14.00	19.82	26.503	16.30	21.63			93.31	38.51
S1C3	22.00	19.60	26.564	15.61	25.58			98.61	41.25

RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE

CAMPIONE	PROF. (m)	C'	ϕ'	C'(Res)	ϕ' (Res)	Q _{max}	C _u	ϕ_u	Ed
		KN/m ²	gradi	KN/m ²	gradi	KN/m ²	KN/m ²	gradi	KN/m ²
S1C1	5.00	18.0	21				99.0		
S1C2	14.00	20.0	26				297.0		
S1C3	22.00						181.0		

S1C1 prof. 5.00 m

Argilla limosa di colore marrone nociola poco consistente e plastica, destrutturata. Presenti patine di colore ruggine.

S1C2 prof. 14.00 m

Argilla limosa di colore grigio mediamente consistente e plastica, a struttura omogenea. Presenti patine interessate da sabbia.

S1C3 Prof. 22.00 m

Argilla di colore grigio consistente poco plastica, a struttura omogenea.

Riepilogo delle caratteristiche fisiche e meccaniche

8. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Fermo restando che il piano di indagini sotto indicato sarà individuato in modo definitivo prima della redazione della progettazione esecutiva utile per la realizzazione dell'impianto, sulla base di un'analisi preliminare si ritiene opportuno eseguire, nelle successive fasi di progettazione, le indagini di seguito elencate.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione:

- ✓ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità pari a 30 mt. dal p.c. eccetto che in corrispondenza della PECAN01 e PECAN04 in quanto già eseguiti;
- ✓ prelievo di n. 3 campioni indisturbati sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica;
- ✓ n. 5 S.P.T. in foro;
- ✓ installazione di un piezometro per l'individuazione della profondità del livello freatico.

9. CONCLUSIONI

Da quanto detto precedentemente in ordine alle caratteristiche geologico-tecniche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area vasta si evince che:

- l'area dove verrà realizzata l'aerogeneratore PECAN01 (Sondaggio S1) è caratterizzata dall'affioramento della frazione argillosa della Fm. Terravecchia. Detta Formazione è costituita prevalentemente da argille ed argille limose, di colore dal nocciola al grigio. Si presentano alterate per una profondità pari a 11 m dal p.c.;
- l'area dove verrà realizzata l'aerogeneratore PECAN04 (Sondaggio S2) è caratterizzata dalla presenza dei Calcari di Base. Detta Formazione è costituita prevalentemente da calcari solfiferi e calcari dolomitici molto teneri, friabili, intensamente fratturati e stratificati, cariati, con intercalazioni di calcari marnosi e marne calcaree da poco a mediamente consistenti e livelli e strati di sabbie calcaree poco addensate;
- tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 0.5 e 3.00 m di terreno vegetale poco consistente e scarsamente addensato;
- per maggiori dettagli si rimanda alle stratigrafie allegate;
- dall'analisi della carta geologica e dai rilievi eseguiti in campagna, nonché dalle indagini sismiche eseguite in corrispondenza di ciascun aerogeneratore si evince che il modello geologico del sondaggio S1 è assimilabile a quello degli aerogeneratori PECAN01 e PECAN02 (substrato argilloso) mentre il modello geologico del sondaggio S2 è

assimilabile a quella degli aerogeneratori PECAN03, PECAN04, PECAN05 PECAN06, PECAN07 (substrato calcareo);

- si mette in evidenza che in corrispondenza dell'aerogeneratore PECAN03 e PECAN06 al di sopra dei Calcari Solfiferi di Base è presente uno spessore variabile tra 2 e 4 m rispettivamente di depositi alluvionali terrazzati e di gessi, che verranno asportati durante la realizzazione dello scavo delle fondazioni;
- il P.A.I., non include le aree di progetto tra quelle a pericolosità/rischio di nessun tipo;
- dalle misure acquisite all'interno dei piezometri installati in corrispondenza dei sondaggi S1 (PECAN01) ed S2 (PECAN04) la presenza della falda freatica è stata rinvenuta alla profondità di 11 m solo all'interno del sondaggio S1 (PECAN01) al contatto tra la frazione alterata ed inalterata. Considerato che quest'ultime sono impermeabili il livello di saturazione è ricompreso solo nell'ambito delle argille alterate con una probabile oscillazione intorno ad un paio di metri in relazione alle stagioni piovose. Da evidenziare che nella misura eseguita nel piezometro a giugno la falda era assente a dimostrazione che si tratta di saturazione della fascia alterata e di un fenomeno a carattere stagionale;
- in corrispondenza del sondaggio S2 (PECAN04) non è stato intercettato alcuna falda freatica nello spessore compreso tra 30 mt di profondità ed il piano campagna. In realtà la falda è presente ma, come visibile dalla sezione allegata si trova a profondità di poco superiori a 30 mt dal p.c. e comunque al di fuori del volume geotecnicamente significativo;

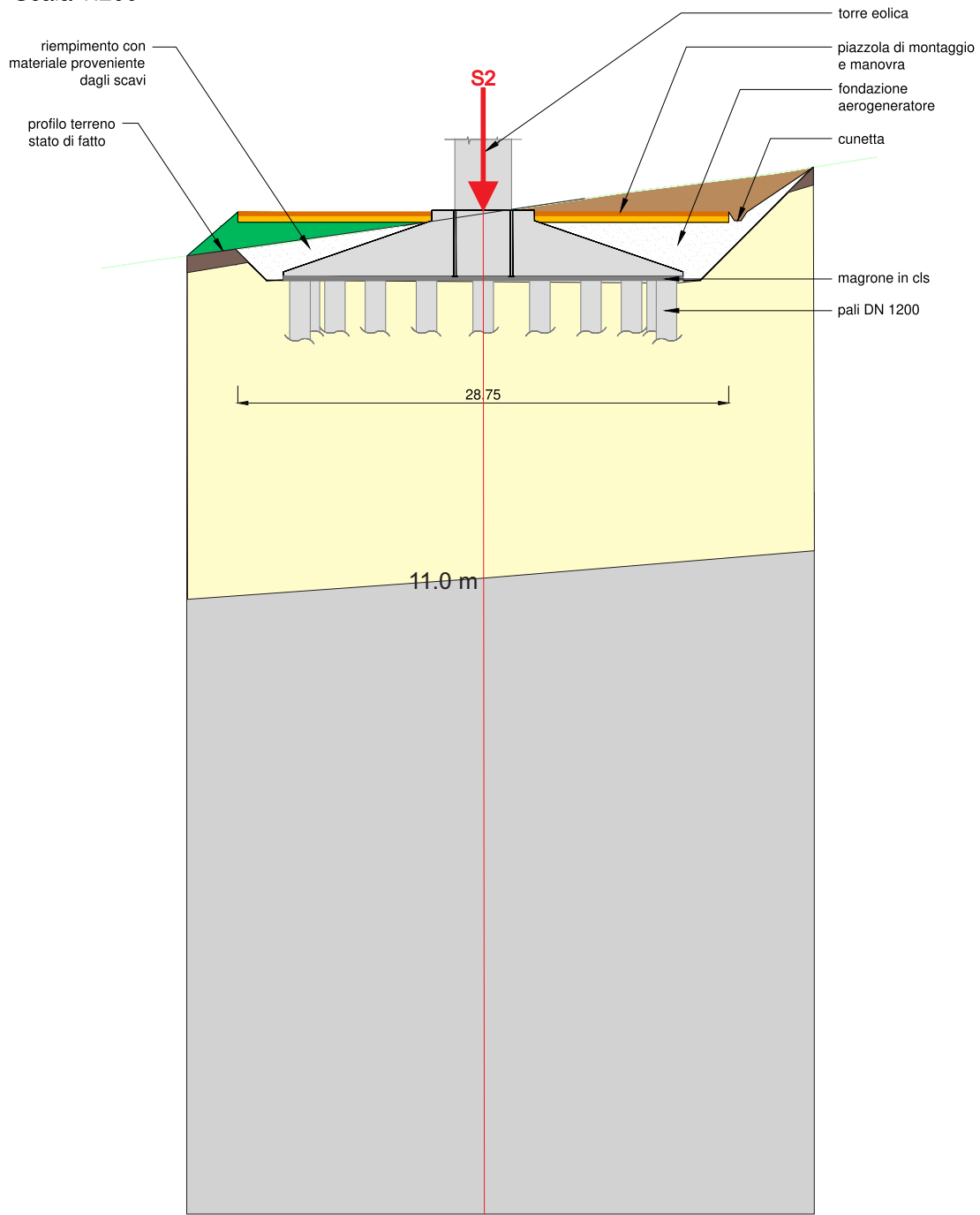
- nel periodo delle piogge invernali la parte alterata del complesso argilloso può essere in condizioni di saturazione;
- per quanto riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche di questi terreni la loro valutazione va fatta tramite prove geotecniche in situ (SPT), prove penetrometriche pesanti (DPSH) e prove di laboratorio. Per i risultati ottenuti si rimanda al capitolo specifico;
- ai sensi del DM 17/01/2018 la categoria di suolo in corrispondenza di tutti gli aerogeneratori e della sottostazione è la C ovvero “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”;
- i terreni presenti non sono soggetti a fenomeni di liquefazione;
- si ritiene, comunque, indispensabile che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture in c.a. si eseguano le indagini di verifica delle su esposte ipotesi geologiche.
- si ritiene indispensabile la presenza di un geologo in fase di esecuzione degli scavi e di realizzazione delle fondazioni.

Dott. Geol. Gualtiero Bellomo






SEZIONE GEOLOGICA PECAN01

SEZIONE TIPO PIAZZOLA E FONDAZIONE PECAN-01 Scala 1:200

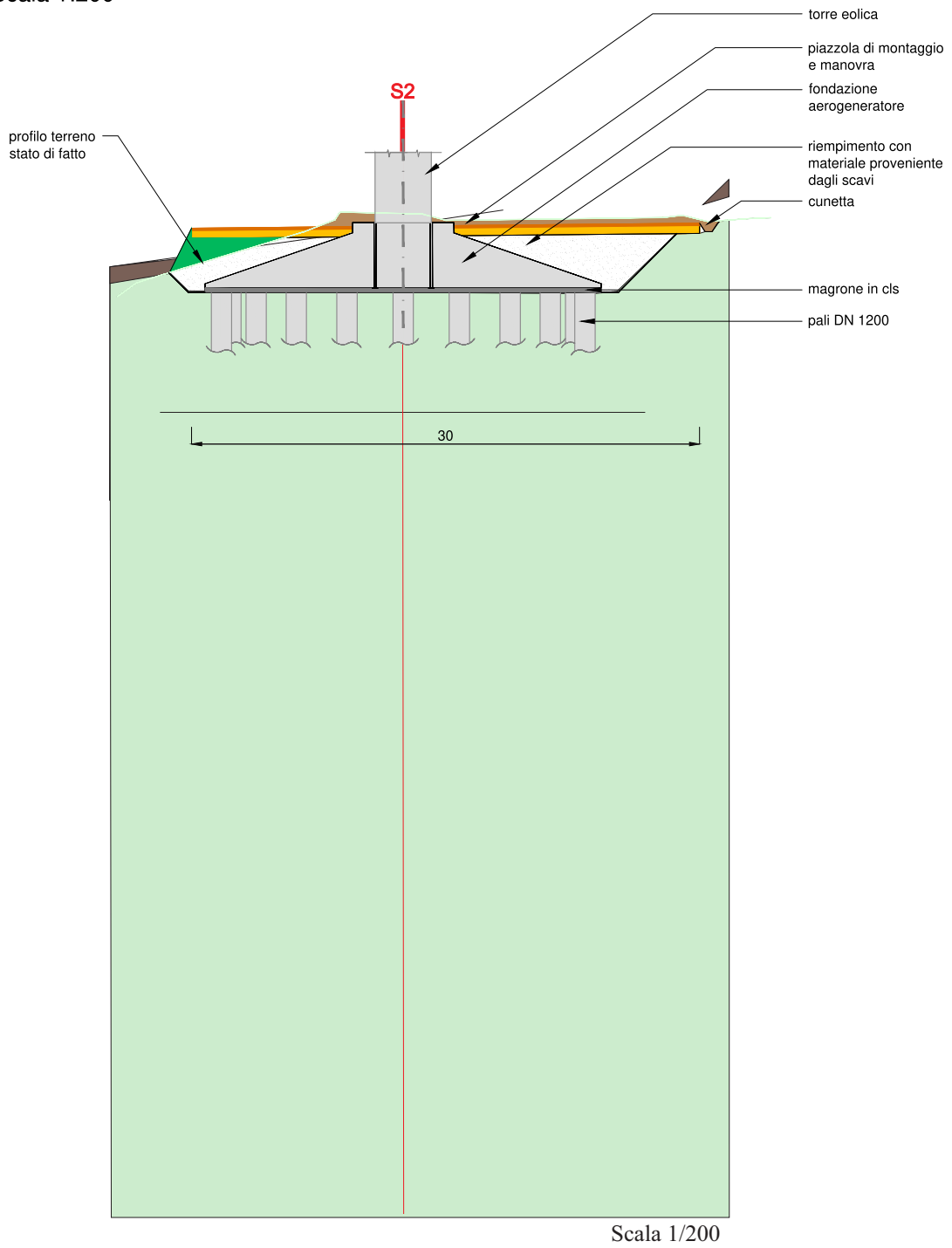




Scala 1/200

-  Terreno vegetale
-  Fm. Terravecchia (Argille alterate e saturate)
-  Fm. Terravecchia (Argille inalterate)

SEZIONE GEOLOGICA PECAN04

SEZIONE TIPO PIAZZOLA E FONDAZIONE
PECAN-04
Scala 1:200



-  Terreno vegetale
-  Calcari di Base (Calcari Solfiferi)



s.a.s. di Cibella Carlo e C.

Laboratorio di Geologia Tecnica

Prove di Laboratorio

COMUNI DI NARO E CASTROFILIPPO (AG)

Realizzazione P.E. Canicatti

COMMITTENTE: *Vamirgeoind s.r.l.*

20 Aprile 2022

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Aldo Domenico Caminiti

GEOCIMA s.a.s. - Laboratorio di Geologia Tecnica - Via Borremans, 36 - 90145 - Palermo
Tel/Fax 0916824940 – Email: geocimasnc@tiscali.it - P.I. 04405870827

Concessione n° 0005593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto del
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per prove sui terreni (settore A)

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2015 - QCB Italia n° Q-1485-13

Nel mese di Marzo dell'anno 2022 sono pervenuti al laboratorio complessivamente n° 3 campioni indisturbati contenuti in fustelle metalliche ermeticamente sigillate.

Dietro indicazione del committente sono state effettuate le seguenti analisi e le prove di laboratorio necessarie per definire sia i parametri fisici che meccanici:

- Descrizione macroscopica del campione;
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa;
- Determinazione del Peso dell'Unità di Volume mediante fustella tarata di diametro pari a 38 mm;
- Determinazione del peso specifico dei grani;
- Determinazione dei limiti di consistenza (di liquidità e plasticità e ritiro) sul passante allo staccio 40 della serie ASTM ($\varnothing=0.42$ mm);
- Determinazione della composizione granulometrica mediante stacciatura per via umida del materiale trattenuto allo staccio n° 200 della serie ASTM ($\varnothing=0,075$ mm); per il passante è stata eseguita la determinazione tramite il metodo del densimetro;
- Prova di taglio diretto del tipo consolidata drenata (CD);
- Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata (UU);

- La determinazione del contenuto d'acqua (**W_n**) è stata realizzata secondo una media effettuata su tre prove, sottoponendo una quantità nota del campione ad essiccamento in stufa a 110°.

La normativa di riferimento è la ASTM D-2216 e CNR-UNI 10008.

- Il Peso di Volume (γ) è stato calcolato mediante una fustella di acciaio a volume noto, secondo una media effettuata su tre prove. La normativa di riferimento è la BS 1377: 1990

- Il peso specifico è stato calcolato sulla porzione di terra passante al setaccio ASTM N° 200 ($\varnothing=0.075$ mm), tramite la media su due valori ricavati per mezzo di un picnometro ad acqua da 100 cm³.

La normativa di riferimento è la ASTM D 854-06.

- I limiti di consistenza (Atterberg) sono stati determinati in accordo alla normativa CNR-UNI 10014 ed alla ASTM D 4318-84.

Il limite di liquidità è stato calcolato mediante la coppa di Casagrande sulla sola frazione di terra passante al setaccio ASTM N° 40 ($\varnothing=0.42$ mm); il metodo utilizzato è quello dell'interpolazione dei tre punti.

Il limite di plasticità è stato determinato tramite la manipolazione dello stesso materiale utilizzato per la determinazione del limite di liquidità, sino a quando, creando dei bastoncini aventi diametro di 3 mm, questi si screpolavano o rompevano.

- L'analisi granulometrica è stata realizzata tramite vagliatura meccanica per la porzione di terra avente grana di dimensione superiore a 0.075 mm, invece per il materiale avente diametro inferiore viene riservata l'analisi per sedimentazione con il metodo del densimetro.

La serie di setacci utilizzata è ASTM D 422 ed UNI 8520.

Per il materiale fine è stata eseguita una procedura per via umida secondo la normativa ASTM D 2217 - Metodo A, seguendo le indicazioni di Bowles (1978).

- La prova di taglio è stata realizzata con l'apparecchio di Casagrande su tre provini quadrati e/o circolari aventi altezza di 2 cm e diametro/lato di 6 cm; la fase di consolidazione si è protratta per 24 h, sino al raggiungimento della consolidazione secondaria.

La velocità di rottura è stata scelta tenendo conto del tempo di consolidazione del materiale di prova; sono stati analizzati i tempi relativi al 50% ed al 100% della consolidazione, valori che hanno permesso di risalire alla velocità necessaria per raggiungere la rottura utilizzando le formule proposte da Bowles (1970), Ladd (1971) e Gibson ed Henkel (1954).

I carichi applicati durante la fase di consolidazione sono stati compresi tra circa 98 e circa 292 KN/m² (= tra circa 1 e 3 Kg/cm²).

La normativa di riferimento è la ASTM D 3080-72.

- La prova di compressione triassiale UU è stata eseguita su provini cilindrici di diametro 3.8 cm ed altezza 7.6 cm. La velocità di deformazione è stata posta pari a 0.5 mm/min.

Durante la fase di compressione i provini sono stati sottoposti a pressioni di cella comprese 100 e 200 KPa.

I risultati delle prove sono stati diagrammati in grafici $(\sigma_1 - \sigma_3)/\varepsilon$ e τ/σ . In quest'ultimo grafico sono riportati i cerchi di Mohr in termini di pressioni totali.

La normativa di riferimento è la ASTM D-4767 – ASTM D 2850-87

Nelle pagine seguenti sono stati riportati i seguenti elaborati:

- Elenco delle prove eseguite
- Tabella riassuntiva delle caratteristiche fisiche dei campioni
- Certificati delle singole prove ed analisi.

Palermo, 20 Aprile 2022

Il Direttore Tecnico del Laboratorio



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Dott. Geol. Domenico Aldo Caminiti', is written over a circular official stamp.



ELENCO DELLA SIMBOLOGIA UTILIZZATA

DESCRIZIONE	SIMBOLO	UNITA' di MISURA
Peso specifico	γ_s	KN/m^3
Peso dell'Unità di Volume	γ	KN/m^3
Peso dell'Unità di Volume all'inizio della prova	γ_i	KN/m^3
Peso dell'Unità di Volume alla fine della prova	γ_f	KN/m^3
Peso secco dell'unità di volume	γ_d	KN/m^3
Peso saturo dell'unità di volume	γ_{sat}	KN/m^3
Contenuto naturale d'acqua	W_n	%
Contenuto naturale d'acqua all'inizio della prova	W_i	%
Contenuto naturale d'acqua alla fine della prova	W_f	%
Limite di Liquidità	W_l	%
Limite di Plasticità	W_p	%
Indice di Plasticità	I_p	%
Indice di Consistenza	I_c	-
Indice dei vuoti	e	-
Indice dei vuoti all'inizio della prova	e_o	-
Porosità	n	%
Coefficiente di saturazione	S	%
Coazione drenata	c'	KN/m^2
Coazione non drenata	C_u	KN/m^2
Angolo di attrito interno in condizioni drenate	ϕ'	Gradi
Angolo di attrito interno in condizioni non drenate	ϕ_u	Gradi
Tensione tangenziale	τ	KN/m^2
Tensione normale	σ	KN/m^2
Deformazione orizzontale	$\epsilon - \delta$	% - mm
Resistenza a compressione non confinata	Q_{max}	KN/m^2
Indice di resistenza normalizzato	$I_s (50)$	KN/m^2
Modulo edometrico	E_d	KN/m^2
Indice di compressibilità	A_v	m^2/KN
Coefficiente di compressibilità di volume	M_v	m^2/KN
Coefficiente di consolidazione	C_v	m^2/KN
Coefficiente di permeabilità	K	cm/sec

GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.

Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N° 0005593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto

Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)

Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -

P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940

email: geocimasnc@tiscali.it sito web: www.geocima.it



Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2015 n.Q-1485-13

ELENCO DELLE PROVE ESEGUITE

COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)

PROGETTO: Realizzazione P.E. Canicatti

DATA COMMESSA: 29/03/22

DATA EMISS. CERTIF.: 20/04/22

N° PROT.: 38/22

CAMPIONE	PROF. (m)	Descrizione	γ	γ_s	W_n	Wl-Wp	Analisi granul.	Taglio CD	Prova di taglio Residuo	Compressione Edometrica	Compressione Triassiale	Prova di Rigonfiamento	E.L.L.	Classificazione funzionale	Prova di permeabilità
S1C1	5.00	*	*	*	*	*	*	*			UU				
S1C2	14.00	*	*	*	*	*	*	*			UU				
S17C1	22.00	*	*	*	*	*	*	*							

GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.



geocima

Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N°0005593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)
Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -
P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940
email: geocimasnc@tiscali.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2015 - QCB Italia n°Q-1485-13

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**
LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**
PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**

Data commessa: 29/3/22 Data emissione certificati: 20/4/22 N° verb. accett.: 38/22

RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE

CAMPIONE	PROF. (m)	γ KN/m ³	γ_s KN/m ³	γ_d KN/m ³	Wn %	Wl %	Wp %	S %	n %
S1C1	5.00	19.42	26.392	15.29	26.97	55.75	36.69	99.92	42.06
S1C2	14.00	19.82	26.503	16.30	21.63	57.17	35.34	93.31	38.51
S1C3	22.00	19.60	26.564	15.61	25.58	56.01	32.34	98.61	41.25

GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.



Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N°000 5593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)
Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -
P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940
email: geocimasnc@tiscali.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2015 - QCB Italia n°Q-1485-13

Certificato. n° 16513 del 20/04/22 Pag 1/2

COMMITTENTE : **Vamirgeoind s.r.l.**
LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**
PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**
SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22

Data apertura camp: 5/4/22

N° verb. accett.: 38/22

DATI DICHIARATI

Attrezzatura di prelievo	<input type="checkbox"/> Parete sottile con pistone	<input checked="" type="checkbox"/> Parete sottile senza pistone	<input type="checkbox"/> Continua
	<input type="checkbox"/> Parete spessa	<input type="checkbox"/> Carotiere rotativo	<input type="checkbox"/> Escavatore meccanico
Modalità di prelievo	<input type="checkbox"/> Percussione	<input checked="" type="checkbox"/> Pressione	<input type="checkbox"/> Rotopressione

VERIFICA CAMPIONI

Contenitore del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> Ferro
	<input type="checkbox"/> Sacchetto		
Forma del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Cilindrica	<input type="checkbox"/> Cubica	<input type="checkbox"/> Informe
Condizioni del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Cattive
Tipo di campione	<input checked="" type="checkbox"/> Indisturbato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato a disturbo limitato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato
	<input type="checkbox"/> Incoerente	<input checked="" type="checkbox"/> Pseudocoerente	<input type="checkbox"/> Lapideo

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16513 del 20/04/22 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data commessa: 29/3/22

Data esecuz. prova :

05/04/2022

N° verb. accett.: 38/22

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Normativa di riferimento: ASTM D 2487-06, ASTM D 2488-00; Raccomandazioni AGI 1977

		Pocket Penetrometer Test		Vane Test		DESCRIZIONE
		Kg/cm ²		Kg/cm ²		
ALTO		3.50				Argilla limosa di colore marrone nociola molto consistente e non plastica, destrutturata. Presenti patine di colore ruggine. Dall'analisi granulometrica effettuata il campione risulta costituito da argilla con limo.
		3.50				
		3.50				
		3.50				
		3.50				
BASSO		3.50				

Ident.: Identificazione del campione
Gran.: Analisi granulometrica
T1: Prova di taglio diretto CD
UU1: Prova di compressione triassiale

Lo Sperimentatore
Il Direttore del laboratorio



Certificato. n° 16514 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoind s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 6/4/22 N° verb. accett.: 38/22

DETERMINAZIONE DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Normativa di riferimento: BS 1377-90

	Tara (gr)	Volume fustella (cm ³)	Peso umido lordo (gr)
Campione 1	81.59	57.67	195.37
Campione 2	81.59	57.67	196.03
Campione 3	81.59	57.67	196.01

	KN/m³
γ₁	19.343
γ₂	19.455
γ₃	19.451

γ medio: 19.416 KN/m³**DETERMINAZ. DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA**

Normativa di riferimento: ASTM D 2216-05; CNR-UNI 10008:1963;
 UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005

Data esecuz. prova : 5/4/22

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	Wn (%)
Campione 1	7.10	458.55	362.92	26.876
Campione 2	5.86	536.91	422.58	27.436
Campione 3	6.36	352.25	279.58	26.598

Wn medio: 26.970 %

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16516 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrolibero (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Normativa di riferimento: ASTM D 4318-05; CNR UNI 10014:1964; ASTM D 427-04;
UNI CEN/TS 17892-12:2005

LIMITE DI LIQUIDITA'

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	n° colpi	Wl (%)
Campione 1	12.51	24.70	20.30	17	56.483
Campione 2	12.50	30.89	24.33	29	55.452
Campione 3	12.93	33.60	26.28	34	54.831

Wl = 55.747 %

LIMITE DI PLASTICITA'

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	Wp (%)
Campione 1	20.15	27.36	25.41	37.072
Campione 2	2.55	19.63	15.08	36.313

Wp medio = 36.693 %

Ic = 1.510

Ip = 19.055

LIMITE DI RITIRO

tara capsula (gr)	Volume capsula (cm ³)	P.U.L. (gr)	P.S.N. (gr)	Volume camp. Secco (cm ³)	Wn	Ws (%)

NOTE: _____

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16517 del 20/04/22 Pag 1/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

ANALISI GRANULOMETRICA
 Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNICEN ISO/TS 17892-4:2005;
 ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F

P.S.N. Totale	:	406.46	(gr)
P.S.N. passante 200	:	395.73	(gr)
% passante al 200	:	97.36	

ANALISI PER STACCIATURA

N° setaccio (serie ASTM)	peso trattenuto (gr)	diametro maglia (mm)	passante %
40	1.04	0.425	99.74
60	3.78	0.25	99.07
100	7.70	0.15	98.11
200	10.73	0.075	97.36

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Tempo (minuti)	lettura al densimetro	diametro (mm)	passante %
0.5	1.0306	0.0594	96.65
1	1.0301	0.0423	94.90
2	1.0295	0.0301	92.81
4	1.0287	0.0213	90.02
8	1.0284	0.0150	88.97
16	1.0282	0.0105	87.92
32	1.0274	0.0075	85.13
60	1.0255	0.0056	78.50
120	1.0235	0.0041	71.52
240	1.022	0.0029	66.28
480	1.02	0.0021	59.30
1440	1.017	0.0013	48.83

(1 gr = 9,8 mN)

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16517 del 20/04/22 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

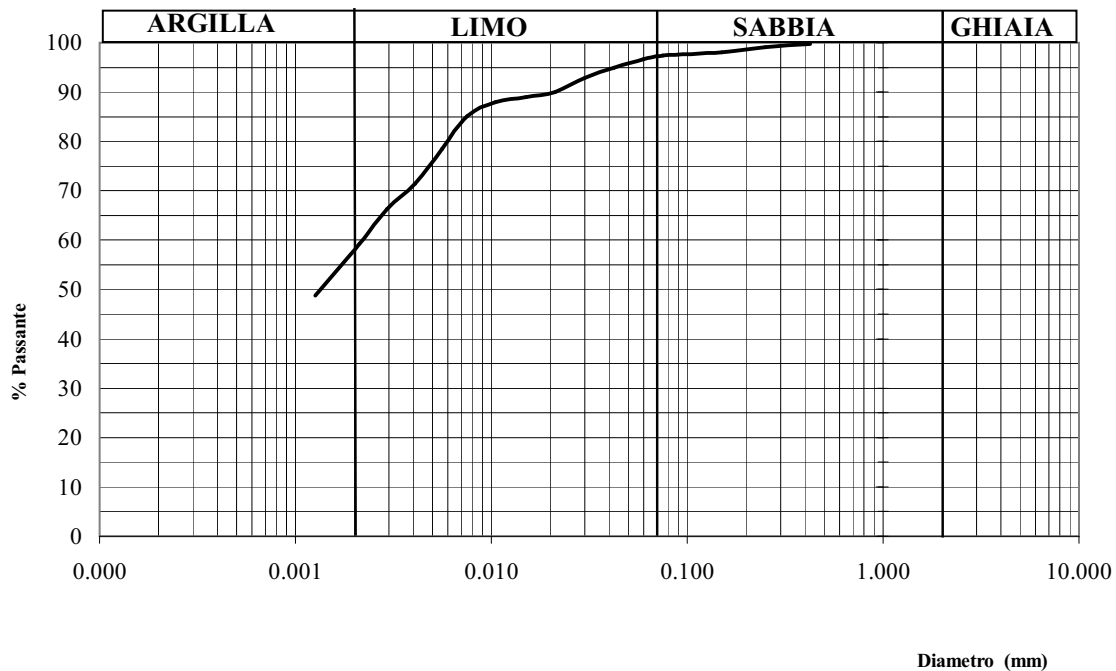
PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005;
ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F



Ghiaia:	0.00	%
Sabbia:	3.29	%
Limo:	38.88	%
Argilla:	57.83	%

Percentuale del passante al setaccio 200 (75 µ) = 97.36%

Classificazione ai sensi della norma AGI 1977: argilla con limo

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16518 del 20/04/22 Pag 1/4

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data eseguz. prova : 6/4/22 N° verb. accett.: 38/22

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

Caratteristiche iniziali dei provini

PROVINO		A	B	C
Forma		Cilindrica	Cilindrica	Cilindrica
Volume	cm ³	57.67	57.67	57.67
Sezione	cm ²	31.17	31.17	31.17
Dimensione	cm	6.3	6.3	6.3
Altezza	cm	1.85	1.85	1.85

PROVA DI CONSOLIDAZIONE

PROVINO	A	B	C
Carico verticale (KN/m ²)	99.41	199.02	292.35
Durata della consolidazione	24 h	24 h	24 h
Deformazione verticale (mm)	0.350	0.940	1.150

PROVA DI TAGLIO - CD -

PROVINO	A	B	C
Velocità di deformazione (mm/min)	0.002	0.002	0.002

CARATTERISTICHE FISICHE

Provino	γ KN/m ³	γ_d KN/m ³	S (%)	ni (%)	ei	Wi (%)	Wf (%)
A	19.34	15.17	100.06	42.51	0.74	27.48	33.05
B	19.45	15.44	98.61	41.48	0.71	25.97	30.17
C	19.45	15.30	100.73	42.02	0.72	27.12	30.69

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore

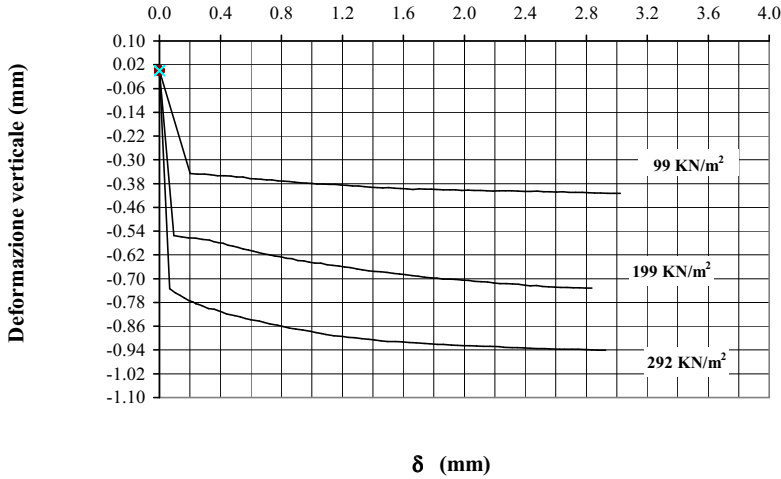
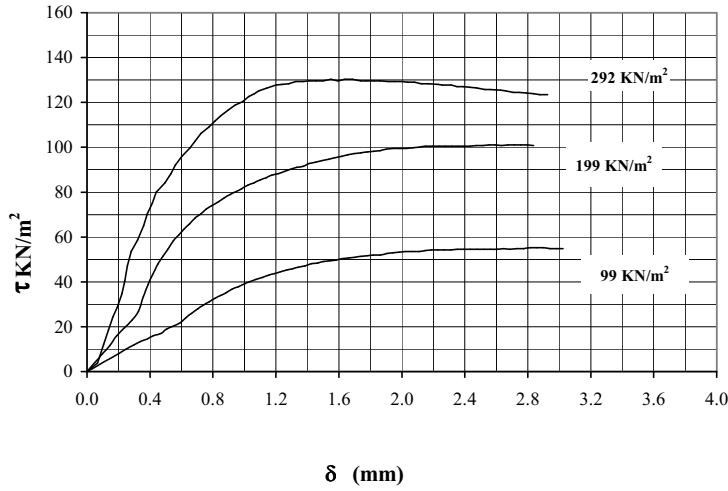


Certificato, n° 16518 del 20/04/22 Pag 2/4

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**
LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**
PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**
SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**
Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 6/4/22 N° verb. accett.: 38/22

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



NOTE: _____

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16518 del 20/04/22 Pag 3/4

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**
 LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrolibero (AG)**
 PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**
 SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C1** PROFONDITA' : **5.00 m**
 Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 6/4/22 N° verb. accett.: 38/22

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



Lo Sperimentatore



Il Direttore del laboratorio

PROVINO A			PROVINO B			PROVINO C		
Cedimento	Spostam.	Tens. Oriz.	Cedimento	Spostam.	Tens. Oriz.	Cedimento	Spostam.	Tens. Oriz.
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-0.346	0.202	8.021	-0.555	0.095	7.700	-0.734	0.068	3.850
-0.348	0.248	9.945	-0.559	0.145	11.550	-0.748	0.106	12.191
-0.348	0.297	11.870	-0.562	0.190	16.041	-0.756	0.136	18.608
-0.350	0.339	13.474	-0.564	0.237	19.570	-0.765	0.164	24.382
-0.353	0.380	14.437	-0.568	0.284	22.778	-0.774	0.194	28.874
-0.354	0.421	16.041	-0.570	0.327	26.949	-0.779	0.222	34.649
-0.355	0.469	17.004	-0.575	0.357	33.365	-0.784	0.239	40.423
-0.358	0.507	18.928	-0.579	0.386	38.499	-0.786	0.257	47.161
-0.358	0.549	20.212	-0.581	0.417	43.311	-0.791	0.280	53.577
-0.363	0.594	21.816	-0.587	0.449	47.802	-0.800	0.322	58.710
-0.364	0.631	24.062	-0.591	0.482	51.331	-0.803	0.359	65.127
-0.365	0.665	25.987	-0.595	0.516	54.860	-0.807	0.383	70.260
-0.367	0.703	27.911	-0.600	0.550	58.389	-0.814	0.415	75.072
-0.368	0.738	29.516	-0.603	0.584	60.956	-0.819	0.440	79.885
-0.371	0.776	31.120	-0.608	0.617	63.523	-0.824	0.494	84.055
-0.372	0.814	32.724	-0.612	0.651	65.768	-0.829	0.532	88.226
-0.373	0.850	34.007	-0.616	0.685	68.335	-0.834	0.562	92.076
-0.375	0.886	35.290	-0.620	0.722	70.260	-0.838	0.601	95.926
-0.377	0.924	36.894	-0.624	0.758	72.506	-0.843	0.655	99.775
-0.378	0.961	37.857	-0.626	0.795	74.110	-0.847	0.685	102.663
-0.379	1.000	39.140	-0.631	0.833	75.714	-0.852	0.724	106.192
-0.381	1.036	40.103	-0.632	0.870	77.318	-0.857	0.774	109.079
-0.381	1.074	41.065	-0.639	0.908	78.922	-0.861	0.811	111.646
-0.383	1.115	42.028	-0.640	0.946	80.205	-0.866	0.852	114.212
-0.383	1.153	42.990	-0.644	0.982	81.489	-0.869	0.894	116.458
-0.385	1.191	43.632	-0.648	1.020	83.093	-0.873	0.940	118.704
-0.386	1.230	44.594	-0.648	1.059	84.055	-0.877	0.989	120.308
-0.388	1.266	45.236	-0.653	1.098	85.338	-0.881	1.027	122.554
-0.388	1.305	45.877	-0.655	1.137	86.301	-0.885	1.063	123.837
-0.390	1.343	46.519	-0.657	1.176	87.584	-0.888	1.092	125.120
-0.392	1.385	47.161	-0.661	1.214	88.226	-0.892	1.145	126.404
-0.393	1.427	48.123	-0.663	1.253	89.188	-0.894	1.200	127.687
-0.394	1.466	48.444	-0.667	1.293	90.151	-0.897	1.238	128.008
-0.393	1.503	49.086	-0.670	1.332	91.113	-0.899	1.282	128.329
-0.396	1.542	49.406	-0.673	1.372	91.434	-0.902	1.326	129.291
-0.397	1.583	49.727	-0.676	1.412	92.717	-0.904	1.373	129.291
-0.398	1.624	50.369	-0.677	1.452	93.359	-0.906	1.411	129.612
-0.400	1.663	50.690	-0.679	1.492	94.001	-0.909	1.455	129.612
-0.398	1.702	51.011	-0.682	1.533	94.642	-0.911	1.498	129.612
-0.399	1.743	51.331	-0.684	1.574	95.284	-0.912	1.550	130.253
-0.399	1.782	51.652	-0.686	1.615	95.926	-0.913	1.594	129.612
-0.400	1.821	51.973	-0.690	1.656	96.567	-0.915	1.637	130.253
-0.401	1.862	51.973	-0.692	1.698	97.209	-0.916	1.685	130.253
-0.401	1.906	52.615	-0.695	1.739	97.530	-0.918	1.738	129.612

Il cedimento e lo spostamento sono espressi in millimetri; la tensione orizzontale è espressa in KN/m²

**COMMITTENTE:** Vamirgeoind s.r.l.**CANTIERE:** Realizzazione P.E. "Canicatti"**LOCALITA':** Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**VERBALE ACCETTAZIONE:** 38/22**CERTIFICATO PROVA:** 16519**SONDAGGIO:** S1**CAMPIONE:** C1**PROF., m:**5.00**TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU**

Provino		1	2	3
Contenuto in acqua	%	27.56	26.46	26.77
Peso di volume	kN/m ³	19.24	19.39	19.31
Densità secca	kN/m ³	15.08	15.34	15.23
Indice dei vuoti	-	0.76	0.73	0.74
Grado di saturazione	%	98.52	98.35	97.91
Peso specifico dei granuli	-	2.70*	2.70*	2.70*

* Valore del peso dei granuli assegnato

FASE DI COMPRESSIONE

Altezza	Diametro	Press. Cella	ControPress.	$\sigma_1 - \sigma_3$	def., rottura	pori, rottura	Dv/v0, rottura
cm	cm	kPa	kPa	kPa	%	kPa	%
7.60	3.80	100.00	-	224.09	8.25	-	-
7.60	3.80	200.00	-	193.20	5.96	-	-
7.60	3.80	300.00	-	190.44	1.83	-	-

TIPO DI CAMPIONE:

Velocità di avanzamento, mm/min= 0.500000

NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/2022

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio

**COMMITTENTE:** Vamirgeoind s.r.l.**CANTIERE:** Realizzazione P.E. "Canicatti"**LOCALITA':** Comuni di Naro e Castrolibero (AG)**VERBALE ACCETTAZIONE:** 38/22**SONDAGGIO:** S1**CAMPIONE:** C1**PROF., m:** 5.00**CERTIFICATO PROVA:** 16519**TRIASIALE U.U. Norma Triassiale UU**

PROVINO N. 1		PROVINO N. 2		PROVINO N. 3	
def.	F	def.	F		
				0.22	63.00
				0.44	112.00
				0.65	151.00
				0.88	184.00
				1.13	207.00
				1.39	220.00
0.20	99.00	0.22	49.00	0.31	63.00
0.45	140.00	0.31	63.00	0.42	86.00
0.71	166.00	0.42	86.00	0.59	110.00
0.96	185.00	0.59	110.00	0.76	130.00
1.22	200.00	0.76	130.00	0.99	151.00
1.48	213.00	0.99	151.00	1.24	169.00
1.72	222.00	1.24	169.00	1.51	184.00
1.96	231.00	1.51	184.00	1.77	195.00
2.21	237.00	1.77	195.00	2.05	201.00
2.45	242.00	2.05	201.00	2.31	206.00
2.69	248.00	2.31	206.00	2.57	209.00
2.94	253.00	2.57	209.00	2.81	213.00
3.20	257.00	2.81	213.00	3.04	216.00
3.47	262.00	3.04	216.00	3.28	219.00
3.76	264.00	3.28	219.00	3.51	224.00
4.03	266.00	3.51	224.00	3.76	228.00
4.30	265.00	3.76	228.00	4.00	231.00
4.56	266.00	4.00	231.00	4.26	232.00
4.81	267.00	4.26	232.00	4.53	233.00
5.05	269.00	4.53	233.00	4.80	233.00
5.28	270.00	4.80	233.00	5.06	232.00
5.52	271.00	5.06	232.00	5.33	230.00
5.77	272.00	5.33	230.00	5.59	229.00
6.01	275.00	5.59	229.00	5.85	227.00
6.27	277.00	5.85	227.00	6.09	224.00
6.54	278.00	6.09	224.00	6.33	224.00
6.81	279.00	6.33	224.00	6.56	223.00
7.08	278.00	6.56	223.00	6.81	223.00
7.34	277.00	6.81	223.00		
7.61	274.00				
7.86	270.00				
8.10	269.00				
8.34	266.00				
8.58	263.00				
8.82	261.00				
9.07	261.00				
9.33	259.00				
9.60	258.00				

NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/2022

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

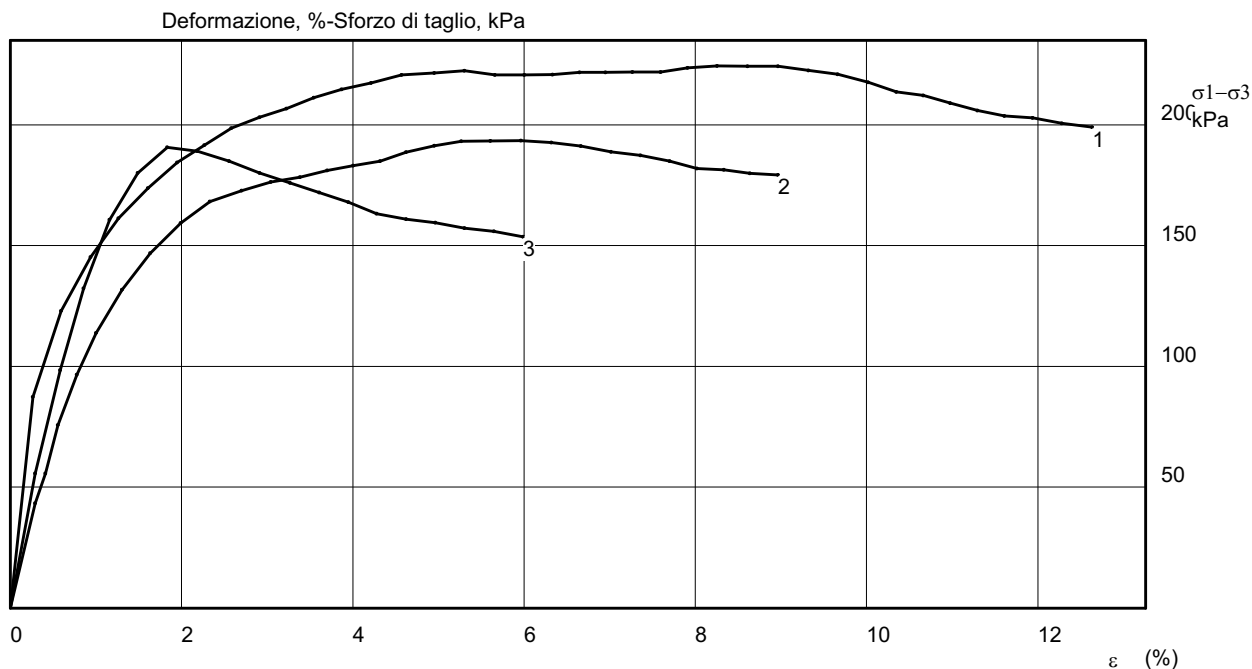
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROF., m: 5.00

CERTIFICATO PROVA: 16519

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU



NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/2022

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio

COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

SONDAGGIO: S1

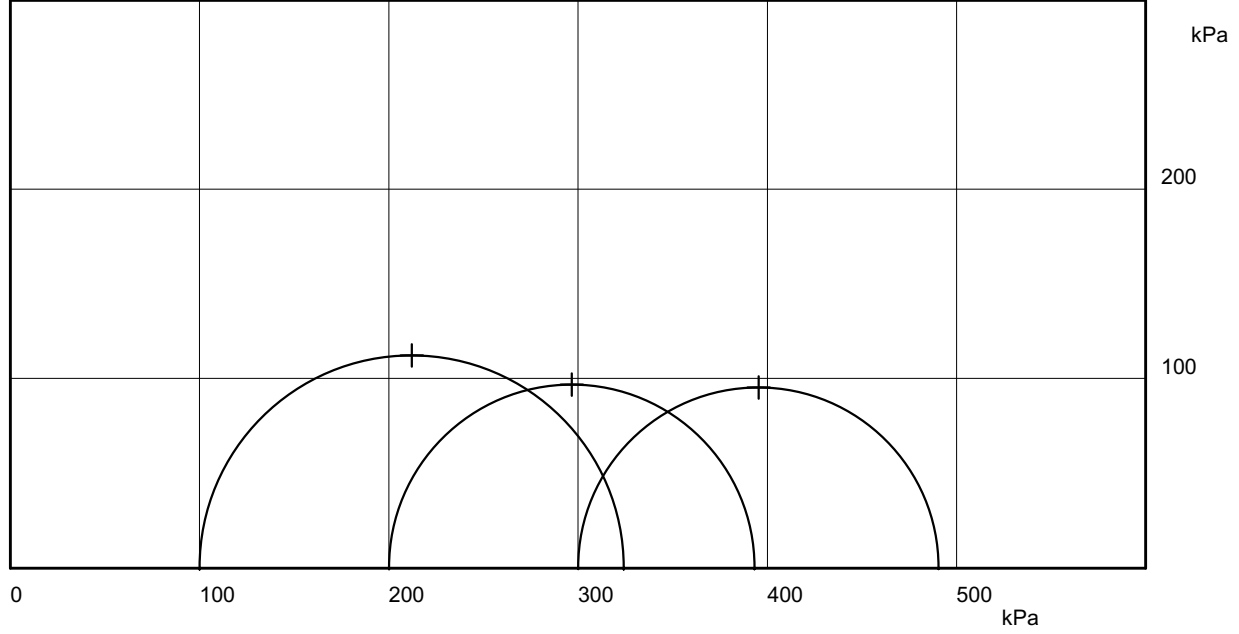
CAMPIONE: C1

PROF., m: 5.00

CERTIFICATO PROVA: 16519

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU

Diagramma di mohr-Pressioni, kPa



NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/2022

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.



Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N°000 5593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)
Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -
P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940
email: geocimasnc@tiscali.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2015 - QCB Italia n°Q-1485-13

Certificato. n° 16520 del 20/04/22 Pag 1/2

COMMITTENTE : **Vamirgeoind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**

SONDAGGIO : **S1** **CAMPIONE : C2** **PROFONDITA' : 14.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22

Data apertura camp: 5/4/22

N° verb. accett.: 38/22

DATI DICHIARATI

Attrezzatura di prelievo	<input type="checkbox"/> Parete sottile con pistone	<input checked="" type="checkbox"/> Parete sottile senza pistone	<input type="checkbox"/> Continua
	<input type="checkbox"/> Parete spessa	<input type="checkbox"/> Carotiere rotativo	<input type="checkbox"/> Escavatore meccanico
Modalità di prelievo	<input type="checkbox"/> Percussione	<input checked="" type="checkbox"/> Pressione	<input type="checkbox"/> Rotopressione

VERIFICA CAMPIONI

Contenitore del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> Ferro
	<input type="checkbox"/> Sacchetto		
Forma del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Cilindrica	<input type="checkbox"/> Cubica	<input type="checkbox"/> Informe
Condizioni del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Cattive
Tipo di campione	<input checked="" type="checkbox"/> Indisturbato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato a disturbo limitato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato
	<input type="checkbox"/> Incoerente	<input checked="" type="checkbox"/> Pseudocoerente	<input type="checkbox"/> Lapideo

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16520 del 20/04/22 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22

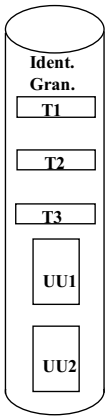
Data esecuz. prova :


05/04/2022


N° verb. accett.: 38/22

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Normativa di riferimento: ASTM D 2487-06, ASTM D 2488-00; Raccomandazioni AGI 1977

		DESCRIZIONE	
ALTO		Pocket Penetrometer Test Kg/cm² 2.50 2.50 3.00	Vane Test Kg/cm²
BASSO			
		<p>Argilla di colore grigio consistente poco plastica, a struttura omogenea. Dall'analisi granulometrica effettuata il campione risulta costituito da argilla sabbiosa con limo.</p> <p>Ident.: Identificazione del campione Gran.: Analisi granulometrica T1: Prova di taglio diretto CD UU1: Prova di compressione triassiale</p>	


Lo Sperimentatore


Il Direttore del laboratorio



Certificato. n° 16521 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoind s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 5/4/22 N° verb. accett.: 38/22

DETERMINAZIONE DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Normativa di riferimento: BS 1377-90

	Tara (gr)	Volume fustella (cm ³)	Peso umido lordo (gr)
Campione 1	91.78	67.88	229.23
Campione 2	91.78	67.88	230.62
Campione 3	91.78	67.88	227.25

	KN/m³
γ₁	19.852
γ₂	20.053
γ₃	19.566

γ medio: 19.824 KN/m³**DETERMINAZ. DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA**

Normativa di riferimento: ASTM D 2216-05; CNR-UNI 10008:1963;
 UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005

Data esecuz. prova : 5/4/22

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	Wn (%)
Campione 1	12.61	624.84	515.54	21.733
Campione 2	12.47	505.23	417.29	21.723
Campione 3	12.32	471.25	390.21	21.445

Wn medio: 21.634 %

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16523 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**SONDAGGIO : **S1**CAMPIONE : **C2**PROFONDITA' : **14.00 m**Data ricevimento camp: **29/3/22**Data esecuz. prova : **25/2/22**N° verb. accett.: **38/22****DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG**Normativa di riferimento: ASTM D 4318-05; CNR UNI 10014:1964; ASTM D 427-04;
UNI CEN/TS 17892-12:2005**LIMITE DI LIQUIDITA'**

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	n° colpi	WI (%)
Campione 1	2.09	24.09	15.93	15	58.966
Campione 2	2.29	25.74	17.15	22	57.816
Campione 3	2.41	26.14	17.69	35	55.280

WI = **57.169 %****LIMITE DI PLASTICITA'**

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	Wp (%)
Campione 1	2.31	18.85	14.45	36.248
Campione 2	2.29	18.18	14.11	34.434

Wp medio = **35.341 %**Ic = **1.628**Ip = **21.828****LIMITE DI RITIRO**

tara capsula (gr)	Volume capsula (cm ³)	P.U.L. (gr)	P.S.N. (gr)	Volume camp. Secco (cm ³)	Wn	Ws (%)

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16524 del 20/04/22 Pag 1/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005;
 ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F

P.S.N. Totale : 395.68 gr
P.S.N. passante 200 : 347.64 gr
% passante al 200 : 87.86

ANALISI PER STACCIATURA

N° setaccio (serie ASTM)	peso trattenuto (mmN)	diametro maglia (mm)	passante %
18	0.15	1	99.96
40	0.93	0.425	99.76
60	3.71	0.25	99.06
100	13.17	0.15	96.67
200	48.04	0.075	87.86

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Tempo (minuti)	lettura al densimetro	diametro (mm)	passante %
0.5	1.0287	0.0610	85.01
1	1.027	0.0441	79.41
2	1.026	0.0315	76.11
4	1.0253	0.0223	73.80
8	1.0245	0.0157	71.17
16	1.023	0.0112	65.89
32	1.0221	0.0080	62.93
60	1.0216	0.0059	61.28
120	1.0194	0.0043	54.03
240	1.018	0.0031	49.41
480	1.0165	0.0022	44.47
1440	1.0148	0.0013	38.86

NOTE: _____

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16524 del 20/04/22 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

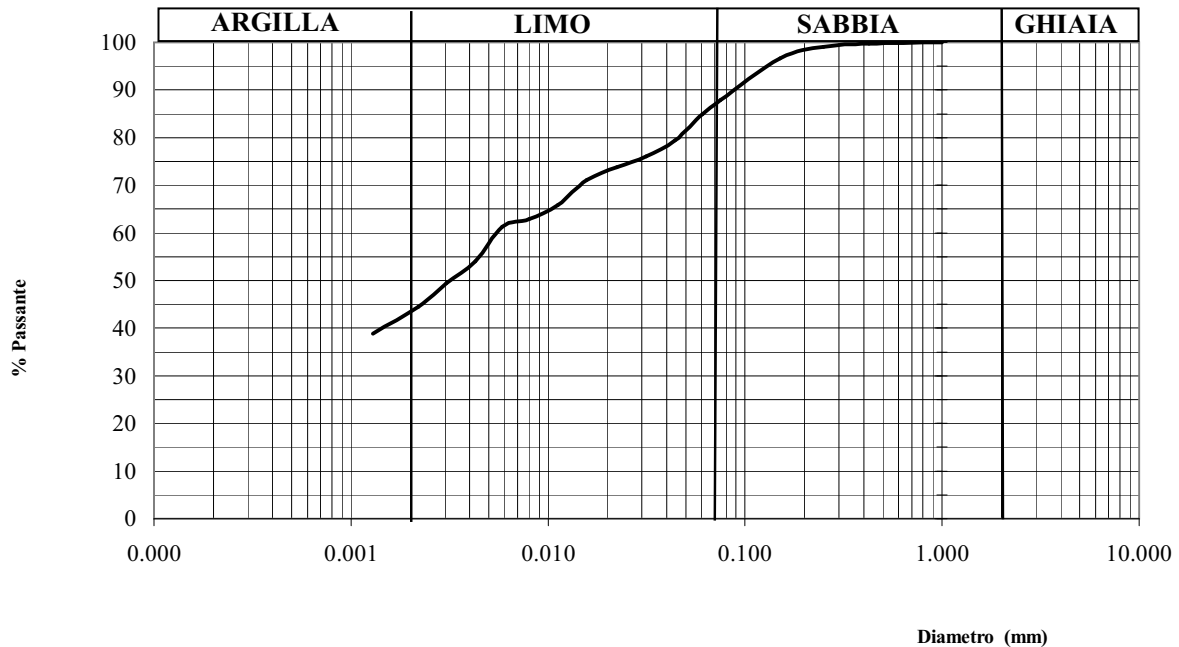
PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005;
ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F



Ghiaia:	0.00	%
Sabbia:	15.33	%
Limo:	41.45	%
Argilla:	43.22	%

Percentuale del passante al setaccio 200 (75 μ) = 87.86%

Classificazione ai sensi della norma AGI 1977: **argilla sabbiosa con limo**

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16525 del 20/04/22 Pag 1/4

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrolfilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 7/4/22 N° verb. accett.: 38/22

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

Caratteristiche iniziali dei provini

PROVINO		A	B	C
Forma		Quadrata	Quadrata	Quadrata
Volume	cm ³	68.4	68.4	68.4
Sezione	cm ²	36	36	36
Dimensione	cm	6	6	6
Altezza	cm	1.9	1.9	1.9

PROVA DI CONSOLIDAZIONE

PROVINO	A	B	C
Carico verticale (KN/m ²)	195.59	292.65	389.71
Durata della consolidazione	24 h	24h	24 h
Deformazione verticale (mm)	1.780	0.865	1.840

PROVA DI TAGLIO - CD -

PROVINO	A	B	C
Velocità di deformazione (mm/min)	0.002	0.002	0.002

CARATTERISTICHE FISICHE

Provino	γ KN/m ³	γ_d KN/m ³	S (%)	ni (%)	ei	Wi (%)	Wf (%)
A	19.85	16.40	92.37	38.12	0.62	21.05	25.96
B	20.05	16.50	96.07	37.75	0.61	21.55	25.73
C	19.57	16.18	88.69	38.95	0.64	20.93	23.62

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore

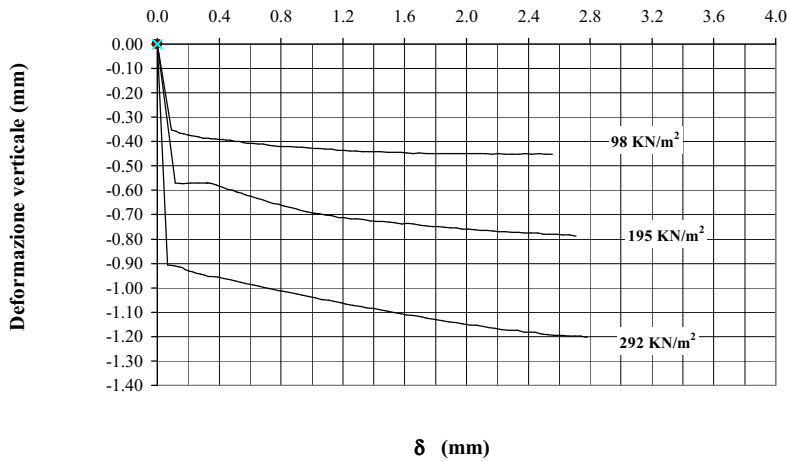
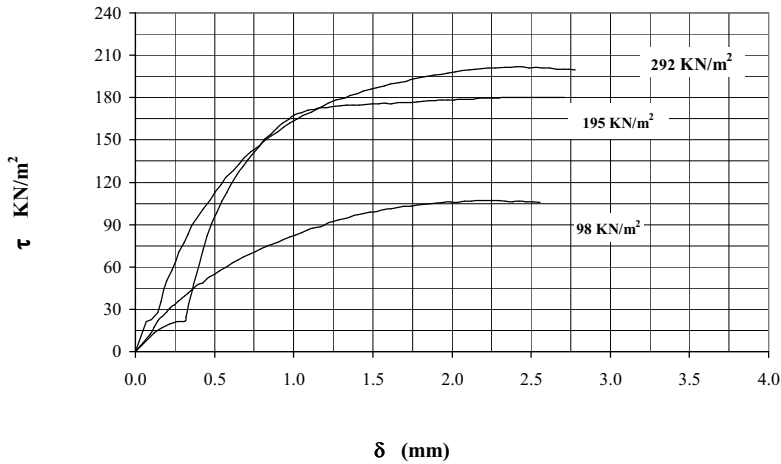


Certificato, n° 16525 del 20/04/22 Pag 2/4

COMMITTENTE : **Vamirgeoind s.r.l.**
LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**
PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**
SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**
Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 7/4/22 N° verb. accett.: 38/22

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005



NOTE: _____

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore





Certificato. n° 16525 del 20/04/22 Pag 3/4

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**
 LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrolibero (AG)**
 PROGETTO : **Realizzazione P.E. "Canicatti"**
 SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C2** PROFONDITA' : **14.00 m**
 Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 7/4/22 N° verb. accett.: 38/22

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - CD -

Normativa di riferimento: ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005

PROVINO A			PROVINO B			PROVINO C		
Cedimento	Spostam.	Tens. Oriz.	Cedimento	Spostam.	Tens. Oriz.	Cedimento	Spostam.	Tens. Oriz.
0	0	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
-0.353	0.092	12.222	-0.569	0.118	13.333	-0.905	0.068	21.389
-0.358	0.119	17.222	-0.572	0.164	16.944	-0.909	0.103	22.778
-0.365	0.143	21.667	-0.571	0.214	19.444	-0.914	0.142	27.500
-0.368	0.171	25.000	-0.571	0.264	21.111	-0.918	0.161	35.556
-0.372	0.199	28.056	-0.571	0.317	21.944	-0.924	0.179	43.333
-0.375	0.219	30.833	-0.57	0.32	24.722	-0.930	0.197	50.556
-0.379	0.246	33.333	-0.569	0.335	33.611	-0.936	0.230	57.500
-0.381	0.271	35.833	-0.573	0.358	43.611	-0.940	0.254	64.167
-0.385	0.292	37.778	-0.579	0.38	52.500	-0.944	0.277	70.556
-0.386	0.311	39.444	-0.582	0.403	62.222	-0.948	0.307	76.944
-0.387	0.33	41.111	-0.588	0.428	72.500	-0.953	0.333	83.056
-0.388	0.348	43.056	-0.595	0.455	81.944	-0.953	0.357	89.167
-0.389	0.374	45.278	-0.6	0.483	90.833	-0.956	0.392	95.278
-0.391	0.398	47.500	-0.606	0.512	98.611	-0.961	0.427	101.389
-0.392	0.424	48.611	-0.612	0.545	106.667	-0.967	0.474	107.500
-0.394	0.448	51.111	-0.619	0.577	113.056	-0.973	0.504	113.333
-0.395	0.471	53.056	-0.626	0.61	119.722	-0.978	0.540	118.611
-0.398	0.5	55.000	-0.633	0.644	125.556	-0.982	0.570	123.611
-0.4	0.528	56.944	-0.639	0.678	131.111	-0.988	0.617	128.611
-0.404	0.558	58.889	-0.647	0.713	136.111	-0.993	0.656	133.056
-0.407	0.585	60.833	-0.654	0.748	141.111	-0.997	0.689	137.500
-0.407	0.616	63.056	-0.657	0.784	145.833	-1.004	0.730	141.389
-0.41	0.649	65.000	-0.665	0.819	150.556	-1.010	0.781	145.556
-0.411	0.685	66.944	-0.67	0.856	154.444	-1.014	0.811	149.167
-0.415	0.72	68.889	-0.676	0.893	158.333	-1.019	0.856	152.778
-0.417	0.755	70.833	-0.682	0.931	161.944	-1.025	0.897	155.833
-0.419	0.79	72.778	-0.687	0.97	164.722	-1.030	0.937	159.167
-0.421	0.825	74.444	-0.693	1.009	167.778	-1.035	0.975	161.944
-0.419	0.859	75.833	-0.697	1.048	169.444	-1.041	1.020	164.722
-0.424	0.901	77.778	-0.702	1.088	170.833	-1.047	1.061	167.222
-0.423	0.936	79.444	-0.705	1.129	171.667	-1.051	1.111	169.722
-0.426	0.974	81.111	-0.711	1.17	172.778	-1.056	1.148	171.944
-0.427	1.012	82.500	-0.713	1.211	173.056	-1.062	1.189	174.167
-0.428	1.05	84.167	-0.717	1.252	173.889	-1.067	1.216	176.111
-0.43	1.089	86.111	-0.718	1.293	174.167	-1.072	1.264	178.333
-0.432	1.125	87.778	-0.721	1.335	174.444	-1.077	1.321	179.722
-0.435	1.167	88.611	-0.724	1.376	174.444	-1.081	1.356	181.389
-0.437	1.208	90.556	-0.727	1.417	174.722	-1.086	1.403	183.056
-0.438	1.246	91.944	-0.727	1.457	175.278	-1.091	1.440	184.444
-0.439	1.285	93.333	-0.73	1.498	175.556	-1.096	1.487	185.833
-0.441	1.326	94.167	-0.733	1.538	175.556	-1.101	1.522	186.944
-0.441	1.365	95.833	-0.737	1.58	175.833	-1.107	1.573	188.333
-0.441	1.407	96.944	-0.736	1.619	175.556	-1.111	1.610	189.444
-0.441	1.446	97.778	-0.739	1.66	176.389	-1.115	1.662	190.556

Lo Sperimentatore

 Il Direttore del laboratorio


Il cedimento e lo spostamento sono espressi in millimetri; la tensione orizzontale è espressa in KN/m²

**COMMITTENTE:** Vamirgeoind s.r.l.**CANTIERE:** Realizzazione P.E. "Canicatti"**LOCALITA':** Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**VERBALE ACCETTAZIONE:** 38/22**CERTIFICATO PROVA:** 16526**SONDAGGIO:** S1**CAMPIONE:** C2**PROF., m:**14.00**TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU**

Provino		1	2
Contenuto in acqua	%	21.55	21.49
Peso di volume	kN/m ³	20.17	20.32
Densità secca	kN/m ³	16.59	16.72
Indice dei vuoti	-	0.60	0.58
Grado di saturazione	%	97.68	99.48
Peso specifico dei granuli	-	2.70*	2.70*

* Valore del peso dei granuli assegnato

FASE DI COMPRESSIONE

Altezza	Diametro	Press. Cella	ControPress.	$\sigma_1 - \sigma_3$	def., rottura	pori, rottura	Dv/v0, rottura
cm	cm	kPa	kPa	kPa	%	kPa	%
7.60	3.80	200.00	-	599.19	13.76	-	-
7.60	3.80	300.00	-	588.13	11.07	-	-

TIPO DI CAMPIONE:

Velocità di avanzamento, mm/min= 0.500000

NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio

**COMMITTENTE:** Vamirgeoind s.r.l.**CANTIERE:** Realizzazione P.E. "Canicatti"**LOCALITA':** Comuni di Naro e Castrolibero (AG)**VERBALE ACCETTAZIONE:** 38/22**SONDAGGIO:** S1**CAMPIONE:** C2**PROF., m:** 14.00**CERTIFICATO PROVA:** 16526**TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU**

PROVINO N. 1		PROVINO N. 2	
def.	F	def.	F
mm	N	mm	N
0.22	29.00	0.25	14.00
0.44	82.00	0.48	15.00
0.68	157.00	0.72	33.00
0.93	222.00	0.90	131.00
1.18	276.00	1.10	203.00
1.45	322.00	1.33	264.00
1.72	363.00	1.57	319.00
1.99	398.00	1.81	367.00
2.26	431.00	2.06	408.00
2.52	461.00	2.31	446.00
2.79	488.00	2.56	478.00
3.05	512.00	2.82	506.00
3.29	535.00	3.07	531.00
3.53	557.00	3.31	556.00
3.79	579.00	3.55	579.00
4.04	600.00	3.79	598.00
4.29	619.00	4.03	617.00
4.55	637.00	4.28	634.00
4.82	652.00	4.54	649.00
5.09	666.00	4.81	664.00
5.36	678.00	5.07	676.00
5.63	689.00	5.36	687.00
5.90	699.00	5.63	696.00
6.15	708.00	5.89	702.00
6.40	715.00	6.14	707.00
6.65	723.00	6.38	712.00
6.89	729.00	6.62	716.00
7.13	737.00	6.85	720.00
7.37	744.00	7.09	726.00
7.63	749.00	7.34	731.00
7.89	754.00	7.60	737.00
8.16	758.00	7.87	742.00
8.44	760.00	8.14	746.00
8.72	764.00	8.41	750.00
8.98	767.00	8.68	752.00
9.24	769.00	8.94	750.00
9.49	772.00	9.20	750.00
9.73	775.00	9.45	749.00
9.97	779.00	9.69	749.00
10.21	784.00	9.93	750.00
10.46	788.00	10.18	751.00
10.71	790.00	10.43	750.00
10.98	792.00	10.69	748.00
11.26	794.00	10.96	746.00
11.55	795.00	11.24	744.00
11.83	796.00	11.53	746.00
12.11	797.00		
12.37	798.00		
12.62	800.00		
12.89	803.00		
13.15	806.00		
13.40	811.00		
13.66	815.00		
13.94	819.00		
14.22	823.00		
14.50	826.00		
14.78	828.00		
15.05	831.00		
15.34	833.00		
15.60	834.00		
15.86	837.00		
16.12	839.00		

NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

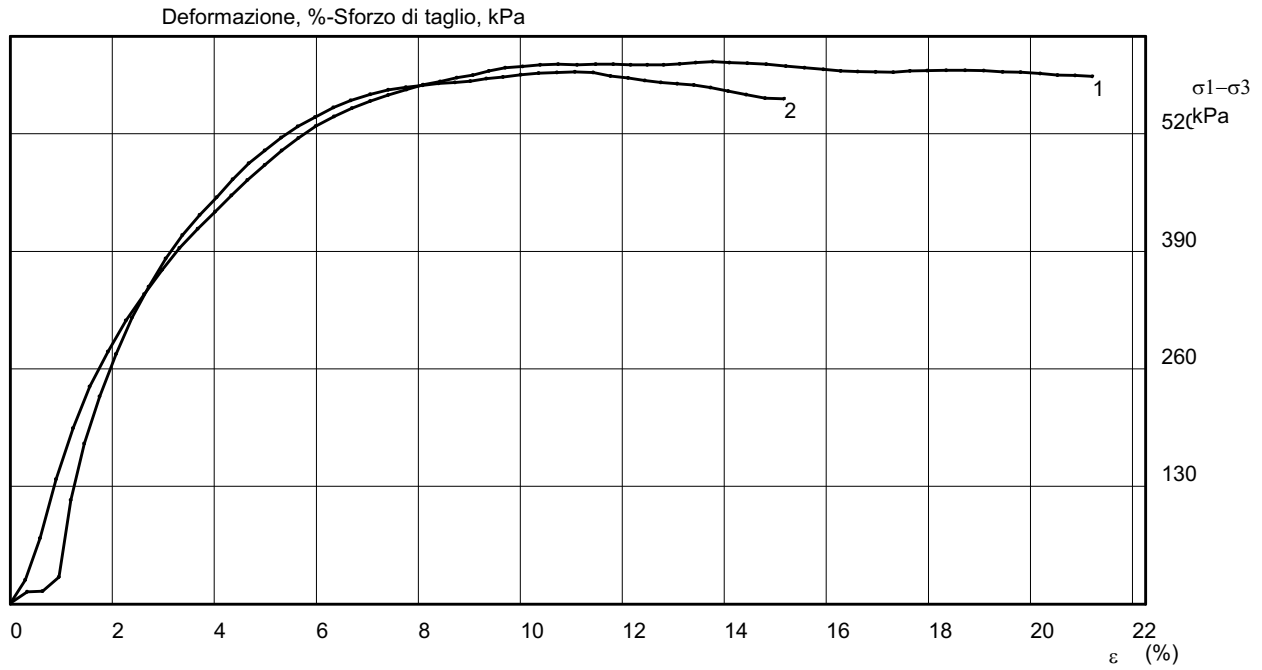
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C2

PROF., m: 14.00

CERTIFICATO PROVA: 16526

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU



NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

SONDAGGIO: S1

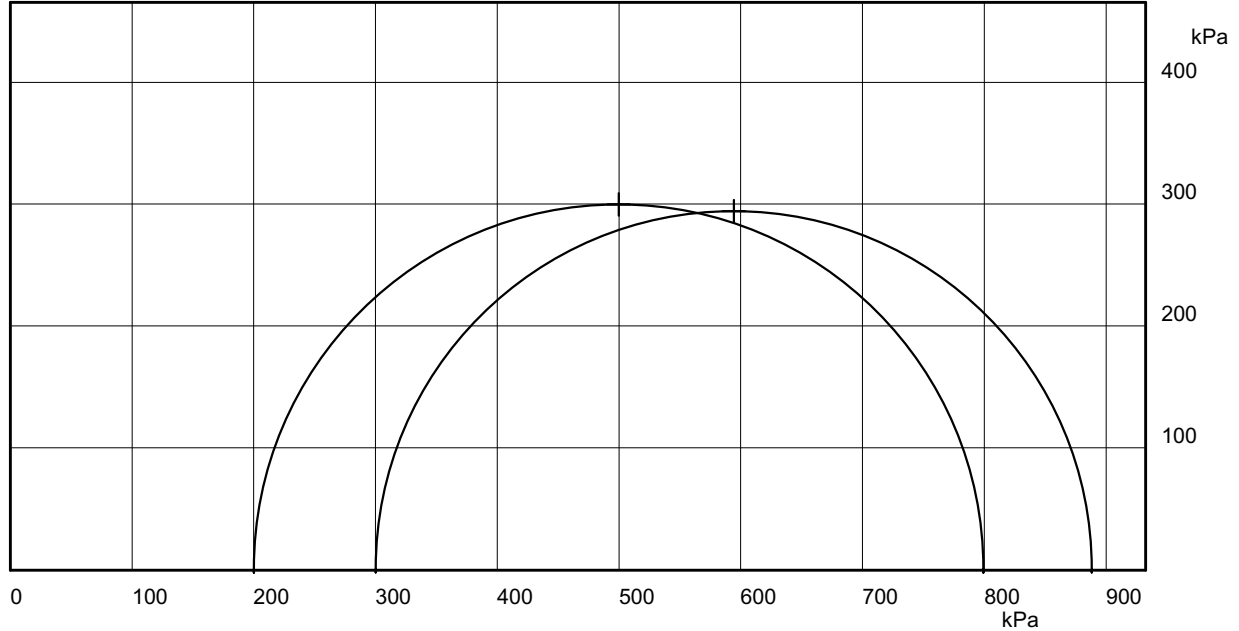
CAMPIONE: C2

PROF., m: 14.00

CERTIFICATO PROVA: 16526

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU

Diagramma di mohr-Pressioni, kPa



NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio

GEOCIMA s.a.s. di Cibella Carlo e C.



Laboratorio di analisi geotecniche

Concessione N°000 5593 del 25/06/2010 ai sensi del Decreto
Ministero Infrastrutture e Trasporti per prove sui terreni (settore A)
Sede legale ed operativa: Via Borremans 36 - 90145 Palermo -
P.IVA 04405870827 - Tel/Fax: 0916824940
email: geocimasnc@tiscali.it sito web: www.geocima.it

Azienda con Sistema di Qualità certificato secondo la Norma ISO 9001:2015 - QCB Italia n°Q-1485-13

Certificato. n° 16527 del 20/04/22 Pag 1/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**
LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**
PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**
SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22

Data apertura camp: 5/4/22

N° verb. accett.: 38/22

DATI DICHIARATI

Attrezzatura di prelievo	<input type="checkbox"/> Parete sottile con pistone	<input checked="" type="checkbox"/> Parete sottile senza pistone	<input type="checkbox"/> Continua
	<input type="checkbox"/> Parete spessa	<input type="checkbox"/> Carotiere rotativo	<input type="checkbox"/> Escavatore meccanico
Modalità di prelievo	<input type="checkbox"/> Percussione	<input checked="" type="checkbox"/> Pressione	<input type="checkbox"/> Rotopressione

VERIFICA CAMPIONI

Contenitore del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Inox	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> Ferro
	<input type="checkbox"/> Sacchetto		
Forma del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Cilindrica	<input type="checkbox"/> Cubica	<input type="checkbox"/> Informe
Condizioni del campione	<input checked="" type="checkbox"/> Buone	<input type="checkbox"/> Mediocri	<input type="checkbox"/> Cattive
Tipo di campione	<input checked="" type="checkbox"/> Indisturbato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato a disturbo limitato	<input type="checkbox"/> Rimaneggiato
	<input type="checkbox"/> Incoerente	<input checked="" type="checkbox"/> Pseudocoerente	<input type="checkbox"/> Lapideo

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16527 del 20/04/22 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

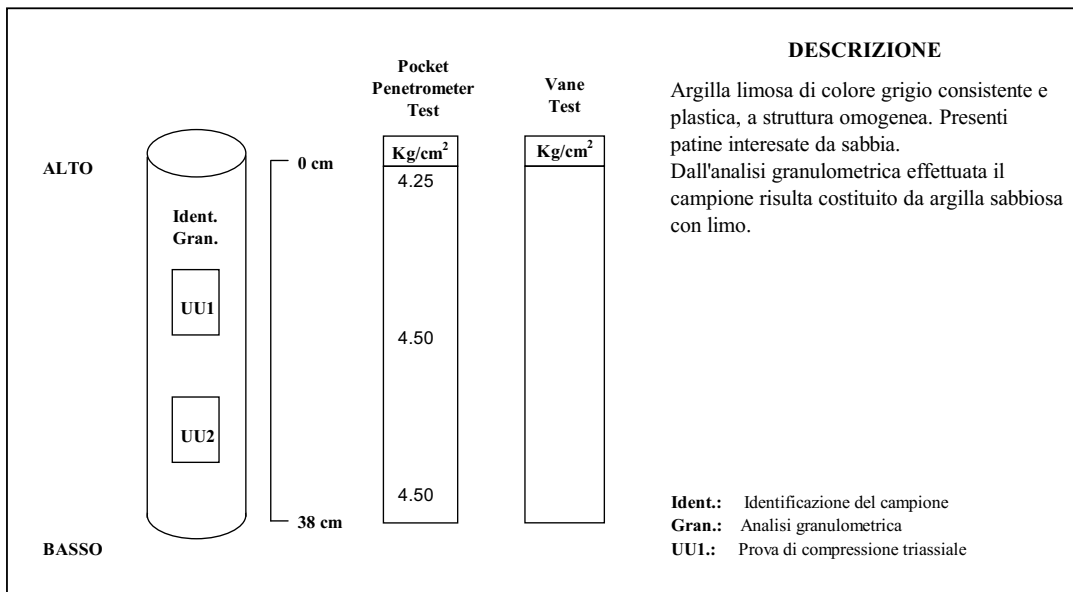
Data commessa: 29/3/22

Data esecuz. prova : 05/04/2022

N° verb. accett.: 38/22

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Normativa di riferimento: ASTM D 2487-06, ASTM D 2488-00; Raccomandazioni AGI 1977





Certificato. n° 16528 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoind s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 7/4/22 N° verb. accett.: 38/22

DETERMINAZIONE DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME

Normativa di riferimento: BS 1377-90

	Tara (gr)	Volume fustella (cm ³)	Peso umido lordo (gr)
Campione 1	81.59	57.67	196.36
Campione 2	81.59	57.67	197.14
Campione 3	81.59	57.67	197.11

	KN/m³
γ₁	19.511
γ₂	19.644
γ₃	19.638

γ medio: 19.598 KN/m³**DETERMINAZ. DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA**

Normativa di riferimento: ASTM D 2216-05; CNR-UNI 10008:1963;
 UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005

Data esecuz. prova : 7/4/22

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	Wn (%)
Campione 1	12.34	462.79	367.80	26.723
Campione 2	12.35	637.76	513.74	24.735
Campione 3	12.02	452.22	363.36	25.292

Wn medio: 25.583 %

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato, n° 16529 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 11/4/22 N° verb. accett.: 38/22

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI

Normativa di riferimento: ASTM D 854-06

	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	P4 (gr)	T (°C)	γ_s KN/m ³
Campione 1	119.32	158.89	264.09	289.11	20	26.655
Campione 2	115.29	160.74	251.22	279.84	20	26.473

 γ_s medio: 26.564 KN/m³

- P1 = Peso picnometro
P2 = Peso picnometro contenente il campione da analizzare
P3 = Peso picnometro pieno d'acqua deareata
P4 = Peso picnometro pieno d'acqua deareata e campione

NOTE: _____

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16530 del 20/04/22 Pag 1/1

COMMITTENTE : **Vamirgeoid s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrolibero (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Normativa di riferimento: ASTM D 4318-05; CNR UNI 10014:1964; ASTM D 427-04;
 UNI CEN/TS 17892-12:2005

LIMITE DI LIQUIDITA'

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	n° colpi	Wl (%)
Campione 1	12.84	32.93	25.54	15	58.189
Campione 2	12.85	26.83	21.85	27	55.333
Campione 3	12.73	27.84	22.60	40	53.090

Wl = 56.012 %**LIMITE DI PLASTICITA'**

	Tara (gr)	Peso umido lordo (gr)	Peso secco lordo (gr)	Wp (%)
Campione 1	19.86	30.41	27.84	32.206
Campione 2	2.54	21.14	16.58	32.479

Wp medio = 32.342 %**Ic = 1.286****Ip = 23.670****LIMITE DI RITIRO**

tara capsula (gr)	Volume capsula (cm ³)	P.U.L. (gr)	P.S.N. (gr)	Volume camp. Secco (cm ³)	Wn	Ws (%)

NOTE: _____

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16531 del 20/04/22 Pag 1/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data eseguz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNICEN ISO/TS 17892-4:2005;
 ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F

P.S.N. Totale : 392.20 (gr)
P.S.N. passante 200 : 352.55 (gr)
% passante al 200 : 89.89

ANALISI PER STACCIATURA

N° setaccio (serie ASTM)	peso trattenuto (gr)	diametro maglia (mm)	passante %
18	0.08	1	99.98
40	0.29	0.425	99.93
60	1.38	0.25	99.65
100	8.86	0.15	97.74
200	39.65	0.075	89.89

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Tempo (minuti)	lettura al densimetro	diametro (mm)	passante %
0.5	1.029	0.0605	87.87
1	1.028	0.0435	84.51
2	1.027	0.0312	81.14
4	1.0255	0.0222	76.09
8	1.0245	0.0157	72.72
16	1.024	0.0111	70.70
32	1.0224	0.0080	65.31
60	1.0215	0.0059	62.28
120	1.02	0.0042	57.22
240	1.0185	0.0030	52.17
480	1.017	0.0022	47.12
1440	1.016	0.0013	43.75

(1 gr = 9,8 mN)

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore



Certificato. n° 16531 del 20/04/22 Pag 2/2

COMMITTENTE : **Vamirgeind s.r.l.**

LOCALITA' : **Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**

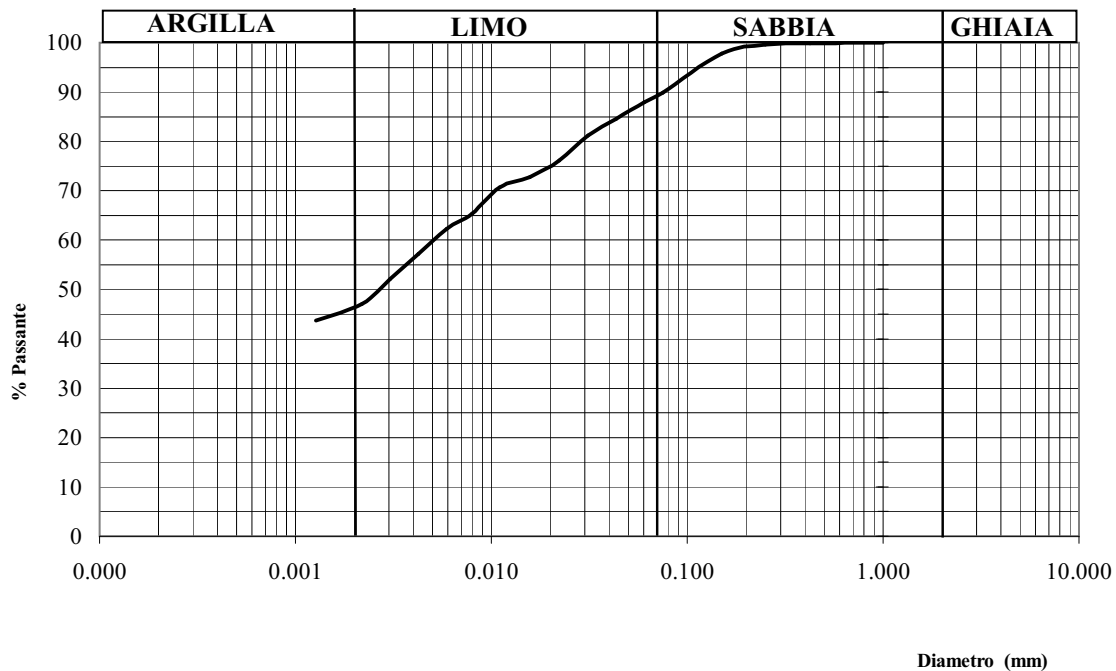
PROGETTO : **Realizzazione P.E. Canicatti**

SONDAGGIO : **S1** CAMPIONE : **C3** PROFONDITA' : **22.00 m**

Data ricevimento camp: 29/3/22 Data esecuz. prova : 14/4/22 N° verb. accett.: 38/22

ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento: ASTM D 422-63 (2002) e1: UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005;
ASTM D 1140 ; densimetro utilizzato serie: ASTM 151 H a 68° F



Ghiaia: 0.00 %
Sabbia: 12.23 %
Limo: 41.35 %
Argilla: 46.42 %

Percentuale del passante al setaccio 200 (75 μ) = 89.89%

Classificazione ai sensi della norma AGI 1977: argilla sabbiosa con limo

NOTE:

Il Direttore del laboratorio

Lo Sperimentatore

**COMMITTENTE:** Vamirgeoind s.r.l.**CANTIERE:** Realizzazione P.E. "Canicatti"**LOCALITA':** Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)**VERBALE ACCETTAZIONE:** 38/22**CERTIFICATO PROVA:** 16532**SONDAGGIO:** S1**CAMPIONE:** C3**PROF., m:** 22.00**TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU**

		1	2
Provino			
Contenuto in acqua	%	24.52	22.96
Peso di volume	kN/m ³	19.48	19.59
Densità secca	kN/m ³	15.64	15.93
Indice dei vuoti	-	0.69	0.66
Grado di saturazione	%	95.58	93.65
Peso specifico dei granuli	-	2.70*	2.70*

* Valore del peso dei granuli assegnato

FASE DI COMPRESSIONE

Altezza	Diametro	Press. Cella	ControPress.	$\sigma_1 - \sigma_3$	def., rottura	pori, rottura	Dv/v0, rottura
cm	cm	kPa	kPa	kPa	%	kPa	%
7.60	3.80	200.00	-	599.19	13.76	-	-
7.60	3.80	300.00	-	588.13	11.07	-	-

TIPO DI CAMPIONE:

Velocità di avanzamento, mm/min= 0.500000

NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrolibero (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C3

PROF., m: 22.00

CERTIFICATO PROVA: 16532

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU

PROVINO N. 1		PROVINO N. 2	
def.	F	def.	F
mm	N	mm	N
0.22	29.00	0.25	14.00
0.44	82.00	0.48	15.00
0.68	157.00	0.72	33.00
0.93	222.00	0.90	131.00
1.18	276.00	1.10	203.00
1.45	322.00	1.33	264.00
1.72	363.00	1.57	319.00
1.99	398.00	1.81	367.00
2.26	431.00	2.06	408.00
2.52	461.00	2.31	446.00
2.79	488.00	2.56	478.00
3.05	512.00	2.82	506.00
3.29	535.00	3.07	531.00
3.53	557.00	3.31	556.00
3.79	579.00	3.55	579.00
4.04	600.00	3.79	598.00
4.29	619.00	4.03	617.00
4.55	637.00	4.28	634.00
4.82	652.00	4.54	649.00
5.09	666.00	4.81	664.00
5.36	678.00	5.07	676.00
5.63	689.00	5.36	687.00
5.90	699.00	5.63	696.00
6.15	708.00	5.89	702.00
6.40	715.00	6.14	707.00
6.65	723.00	6.38	712.00
6.89	729.00	6.62	716.00
7.13	737.00	6.85	720.00
7.37	744.00	7.09	726.00
7.63	749.00	7.34	731.00
7.89	754.00	7.60	737.00
8.16	758.00	7.87	742.00
8.44	760.00	8.14	746.00
8.72	764.00	8.41	750.00
8.98	767.00	8.68	752.00
9.24	769.00	8.94	750.00
9.49	772.00	9.20	750.00
9.73	775.00	9.45	749.00
9.97	779.00	9.69	749.00
10.21	784.00	9.93	750.00
10.46	788.00	10.18	751.00
10.71	790.00	10.43	750.00
10.98	792.00	10.69	748.00
11.26	794.00	10.96	746.00
11.55	795.00	11.24	744.00
11.83	796.00	11.53	746.00
12.11	797.00		
12.37	798.00		
12.62	800.00		
12.89	803.00		
13.15	806.00		
13.40	811.00		
13.66	815.00		
13.94	819.00		
14.22	823.00		
14.50	826.00		
14.78	828.00		
15.05	831.00		
15.34	833.00		
15.60	834.00		
15.86	837.00		
16.12	839.00		

NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrolibero (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

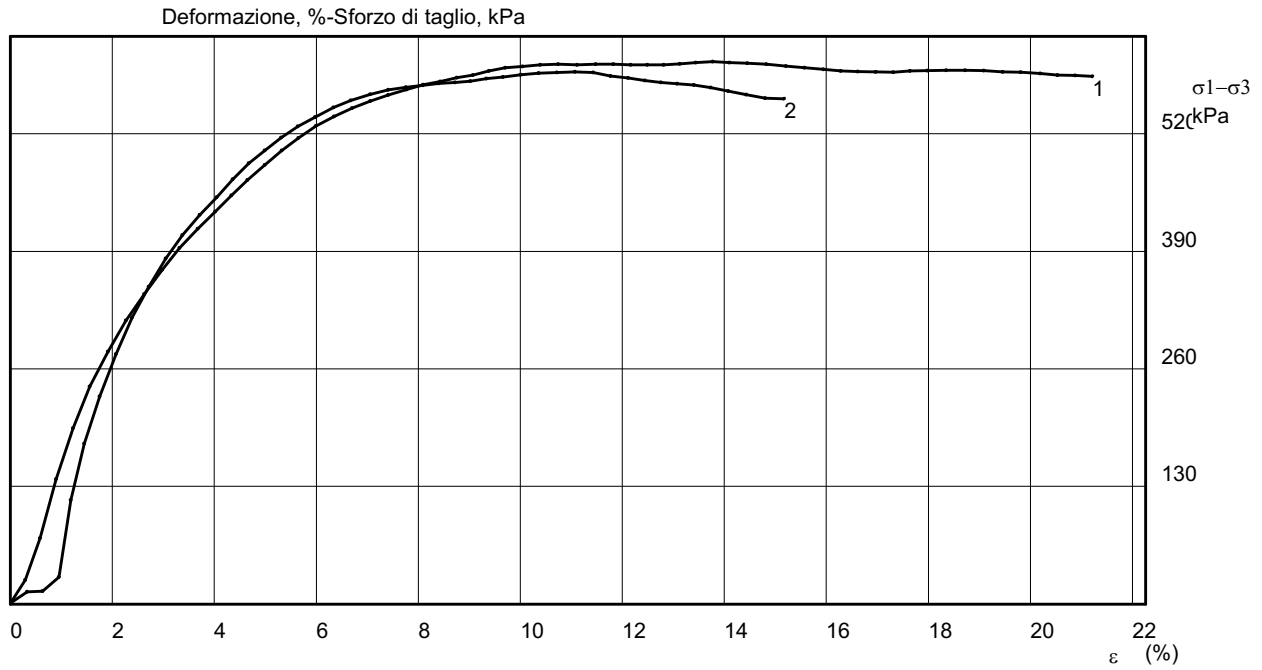
SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C3

PROF., m: 22.00

CERTIFICATO PROVA: 16532

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU



NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio



COMMITTENTE: Vamirgeoind s.r.l.

CANTIERE: Realizzazione P.E. "Canicatti"

LOCALITA': Comuni di Naro e Castrofilippo (AG)

VERBALE ACCETTAZIONE: 38/22

SONDAGGIO: S1

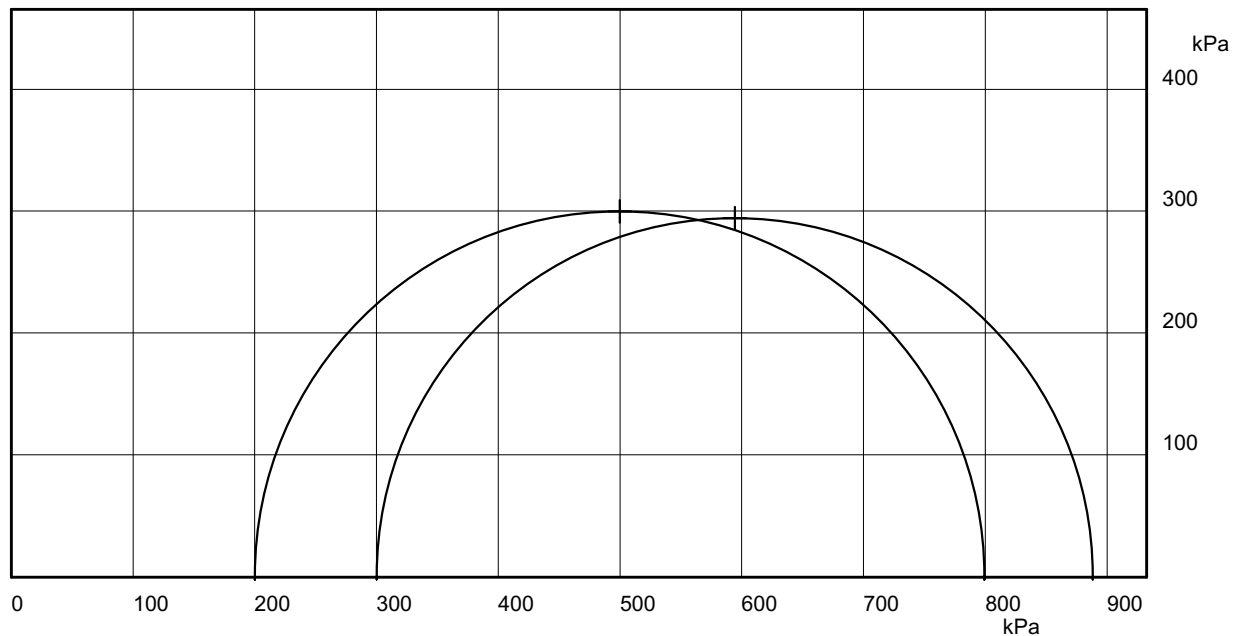
CAMPIONE: C3

PROF., m: 22.00

CERTIFICATO PROVA: 16532

TRIASSIALE U.U. Norma Triassiale UU

Diagramma di mohr-Pressioni, kPa



NOTA:

Data ricevimento campione: 29/03/22

Data esecuzione prova: 07/04/22

DATA: 20/04/22

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio