

Lucio Gnazzo

Geologo

Comune di Agropoli
Provincia di Salerno

ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI

RELAZIONE GEOLOGICA

Il Responsabile del Procedimento
geom. Sergio Lauriana

Il tecnico
dott. geol. Lucio Gnazzo

VIA CANNETIELLO, 6 84043 AGROPOLI (SA)

C. F.: GNZ LCU 64L04 D527Y
P.IVA 03180230652

TEL. 0974 358556
CELL. 333 7747452
FAX 0974 1930361

e-mail: lucio.gnazzo@gmail.com
p. e. c.: lucio.gnazzo@epap.sicurezzapostale.it

Elaborato Unico

Marzo 2021

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	9
4. GEOMORFOLOGIA GENERALE E DI DETTAGLIO	10
5. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA .	11
5.1. <i>INDAGINI ESEGUITE</i>	12
5.1.1. MODALITÀ ESECUTIVE DEI SONDAGGI MECCANICI	13
5.2. <i>DESCRIZIONE DELLA SUCCESSIONE SEDIMENTARIA</i>	14
5.2.1. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	14
5.3. <i>STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI</i>	18
5.3.1. RISULTATI DEI SONDAGGI SPEDITIVI SUL FONDALE ESEGUITI PER LA DETERMINAZIONE DELLO SPESSORE DEI SEDIMENTI	18
5.3.2. CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	19
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI - STIMA DEI PARAMETRI SISMICI ED ELASTICI	31
6.1. <i>VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ DOVUTI AGLI EFFETTI COSISMICI</i>	37
6.1.1. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	37
6.1.2. DENSIFICAZIONE.....	39
7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	41

ALLEGATI:

1 - CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

- ▶ *PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI*
- ▶ *STRATIGRAFIE SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO*
- ▶ *DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA*

2 - CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

1. PREMESSA

Nelle pagine che seguono vengono esposte le risultanze dello studio geologico redatto dallo scrivente, **dott. Lucio Gnazzo**, geologo iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n. 1640, a corredo del progetto "**ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI**".

Scopo del presente lavoro è stato di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni oggetto delle operazioni di escavo e di verificare la geometria della fondazione del tratto di banchina che verrà interessato dagli interventi.

Verranno definite le caratteristiche geomorfologiche, geologiche ed idrogeologiche dell'area direttamente interessata dagli interventi e di quelle limitrofe per una significativa estensione, tutto ciò per fornire dettagliate indicazioni sulla morfologia dei luoghi e dell'eventuale presenza di processi geomorfici potenziali od in atto, sulla litologia dei terreni affioranti e del substrato e sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Per l'espletamento dell'incarico sono state innanzitutto condotte numerose osservazioni sulla morfologia e geologia del sito d'indagine e delle zone limitrofe, sia mediante sopralluoghi e ricorrendo alle osservazioni di superficie condotte in fase di ricognizione sul terreno, sia attraverso un'attenta visione delle foto aeree della zona, della consultazione della cartografia tematica a disposizione e della bibliografia specialistica reperita.

A tale fase preliminare ha fatto seguito un esame più particolareggiato, dedicato alla ricostruzione della successione litostratigrafica rappresentativa del sito ed alla caratterizzazione geomeccanica dei litotipi ed, infine, alla caratterizzazione dell'area in Prospettiva Sismica.

Per questa fase della progettazione, per quanto attiene alle aree a mare oggetto d'intervento, sono state programmate indagini geognostiche in sito consistenti in:

- ✓ ***n. 1 sondaggio a carotaggio continuo sulla banchina;***
- ✓ ***n. 3 sondaggi a carotaggio continuo a mare;***
- ✓ ***n. 12 sondaggi speditivi sul fondale per una stima attendibile, e per quanto possibile diffusa, degli spessori dei sedimenti di copertura della formazione di base eseguiti con asta graduata metallica;***
- ✓ ***prelievo di n. 3 campioni di sedimenti dal fondale.***

Durante le fasi di perforazione a mare era presente anche il laboratorio specializzato **NEOTES SRL con Sede Legale: in Battipaglia (SA) alla via Colombo, snc** il quale ha provveduto a prelevare, sigillare e catalogare campioni di sedimenti per le successive analisi chimiche.

I 3 campioni prelevati sul fondale sono stati anch'essi sigillati e catalogati e consegnato al suddetto laboratorio specializzato per le successive analisi.

Per definire le caratteristiche geomeccaniche e sismostratigrafiche delle aree a terra e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (**D. M. 17 gennaio 2018**), a completamento delle informazioni raccolte, sono stati utilizzati i risultati di indagini geognostiche in sito e di laboratorio pregresse eseguite, dallo scrivente, nell'area adiacente per un precedente lavoro.

In particolare sono state utilizzate le risultanze dello studio geologico a corredo della variante del progetto esecutivo dei lavori di "COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO" riferita alle opere previste nella zona porto consistenti in:

- ➔ ***n. 1 sondaggio geognostico a rotazione a carotaggio continuo eseguito per definire la successione litostratigrafica dell'area investigata;***
- ➔ ***prelievo di n. 1 campione indisturbato rappresentativo degli orizzonti attraversati che è stato siglato, adeguatamente sigillato ed inviato a laboratorio per le successive analisi;***
- ➔ ***analisi di laboratorio sul campione prelevato;***
- ➔ ***installazione nel foro di sondaggio di un tubo piezometrico per le successive fasi di monitoraggio del livello di falda***
- ➔ ***n. 1 indagine sismica superficiale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).***

L'inquadramento geomorfologico del territorio è stato definito ricorrendo alle osservazioni di superficie condotte in fase di ricognizione sul terreno e ad un'attenta consultazione della cartografia tematica esistente, delle foto aeree della zona e della bibliografia specialistica reperita.

Tutte le fasi del programma di indagine sono state eseguite secondo le *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - A.G.I. (1977)*. L'elaborazione dei risultati delle prove è stata effettuata nel pieno rispetto della vigente normativa tecnica (**Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni D.M. del 17 gennaio 2018 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, C.S.LL.PP.**).

L'inquadramento geomorfologico del territorio è stato definito ricorrendo alle osservazioni di superficie condotte in fase di ricognizione sul terreno e ad un'attenta consultazione della cartografia tematica esistente, delle foto aeree della zona e della bibliografia specialistica reperita. I dati ottenuti sono stati integrati con l'ausilio del Foglio 198 di Eboli (SA) della Carta Geologica d'Italia 1:100000 e relative note descrittive.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area d'intervento è ubicata nella zona costiera del Comune di Agropoli (SA) alla base del versante settentrionale del dosso collinare denominato Collina la Selva ad una quota altimetrica di 0,00 metri s.l.m ed è individuabile nella cartografia ufficiale I.G.M. al **Foglio 502 – Sezione I – Agropoli (SA) della Carta Topografica d'Italia – Serie 25 (Figura 1)** e nell'**Elemento n. 502081 - "Agropoli Sud" della Carta Tecnica Regionale della Regione Campania (Figura 2)** in scala 1:5000.

La Collina la Selva si estende a S ed ad Ovest del centro abitato che in parte è stato edificato sulle sue pendici ed è limitata a N ed W dal Mar Tirreno, mentre i versanti meridionale ed orientale degradano dolcemente verso le pianure alluvionali del Torrente Cupa e dei suoi affluenti e del Fiume Testene.

Sotto l'aspetto geologico il territorio comunale può suddividersi in due Unità Geomorfologiche principali:

- ✓ **Unità in facies di flysch;**
- ✓ **Unità quaternarie (depositi alluvionali, detritici e di spiaggia).**

Queste unità determinano due tipi di paesaggi morfologicamente distinti: quello collinare, da quota 325 metri ca. a quota 30-40 metri ca., caratterizzato dall'affioramento delle sequenze marnoso-arenacee-pelitiche e quello vallivo da quota 30-40 metri ca. fino al livello del mare, caratterizzato dalla presenza di depositi quaternari (detrito di versante, alluvioni e depositi di spiaggia).

In particolare le formazioni caratterizzanti le aree collinari sono rappresentate dalla **Formazione di S. Mauro** appartenente alla serie conosciuta in letteratura come **Flysch del Cilento** che rappresenta una potente successione torbidityca, tipica della regione cilentana, in cui distinguiamo una porzione basale essenzialmente argilloso-calcarenitica (**Formazione delle Crete Nere**), una porzione intermedia prevalentemente arenacea (**Formazione di Pollica**), ed una porzione superiore prevalentemente arenaceo-conglomeratica (**Formazione di S. Mauro**). Lo spessore complessivo è dell'ordine dei 4000-4500 metri.

La ricostruzione stratigrafica della successione torbidityca arenaceo- marnosa-argillosa nota come **Flysch del Cilento**, è stata oggetto di numerose revisioni stratigrafiche ed interpretazioni paleogeografiche (letto ed al., 1965) nelle quali è stata considerata stratigraficamente continua, di età compresa tra il Cretacico inferiore e l'Oligocene-Aquitano, edevolventesi da facies torbidityche distali a facies via via più prossimali. Recentemente, sulla scorta di nuovi rilevamenti delle situazioni di campagna e dati biostratigrafici, questa successione è stata suddivisa in due Unità (Bonardi ed al., 1988) e precisamente: una inferiore, denominata Nord-Calabrese, di età Cretacica-Eocenica, costituita da termini appartenenti alle Unità Liguridi (**Formazione delle Crete**

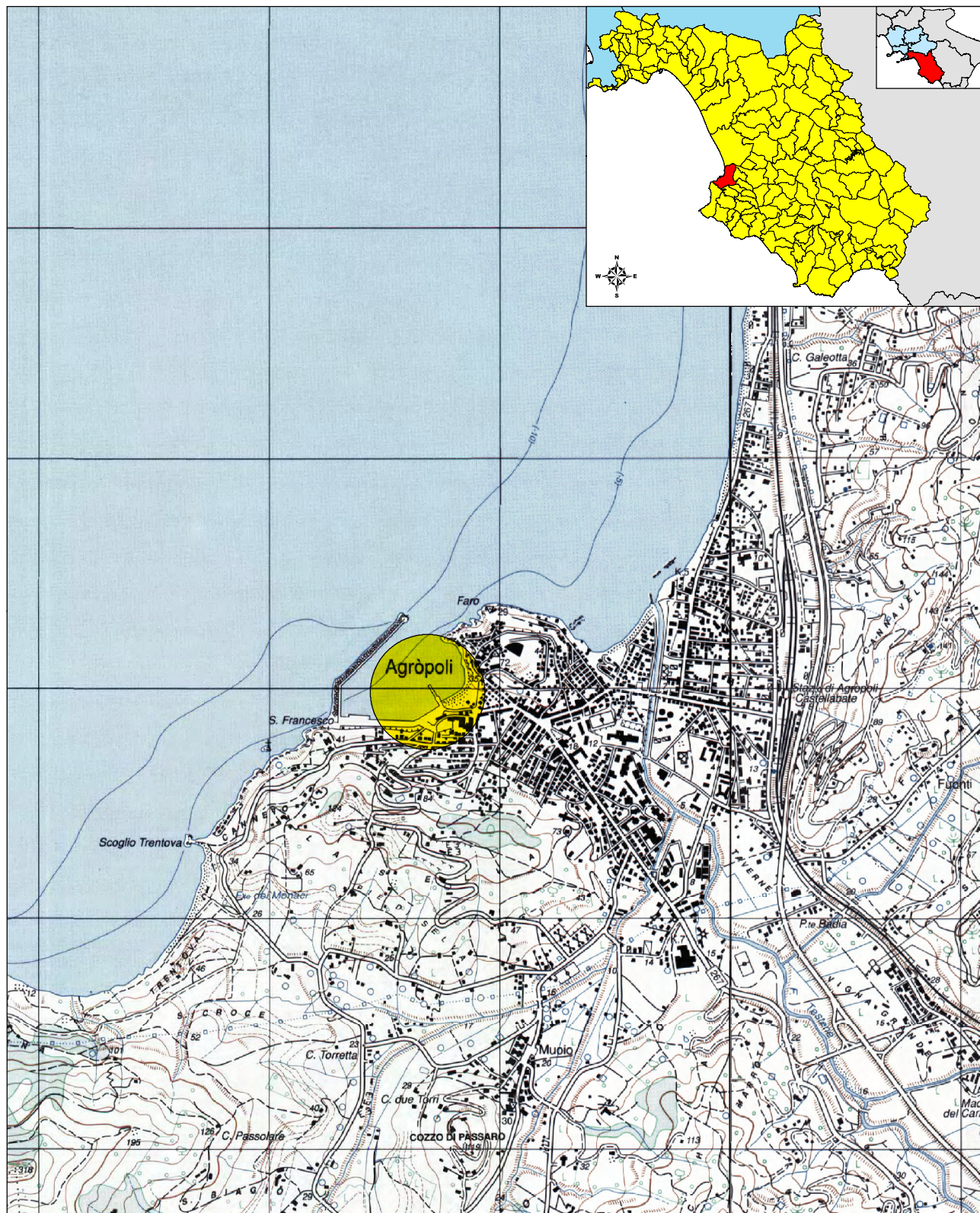


Figura 1 – Corografia dell’area oggetto di studio
Carta Topografica d’Italia IGM – Serie 25
Foglio 502 – Sezione I – Agropoli (SA)
Scala 1 : 25000

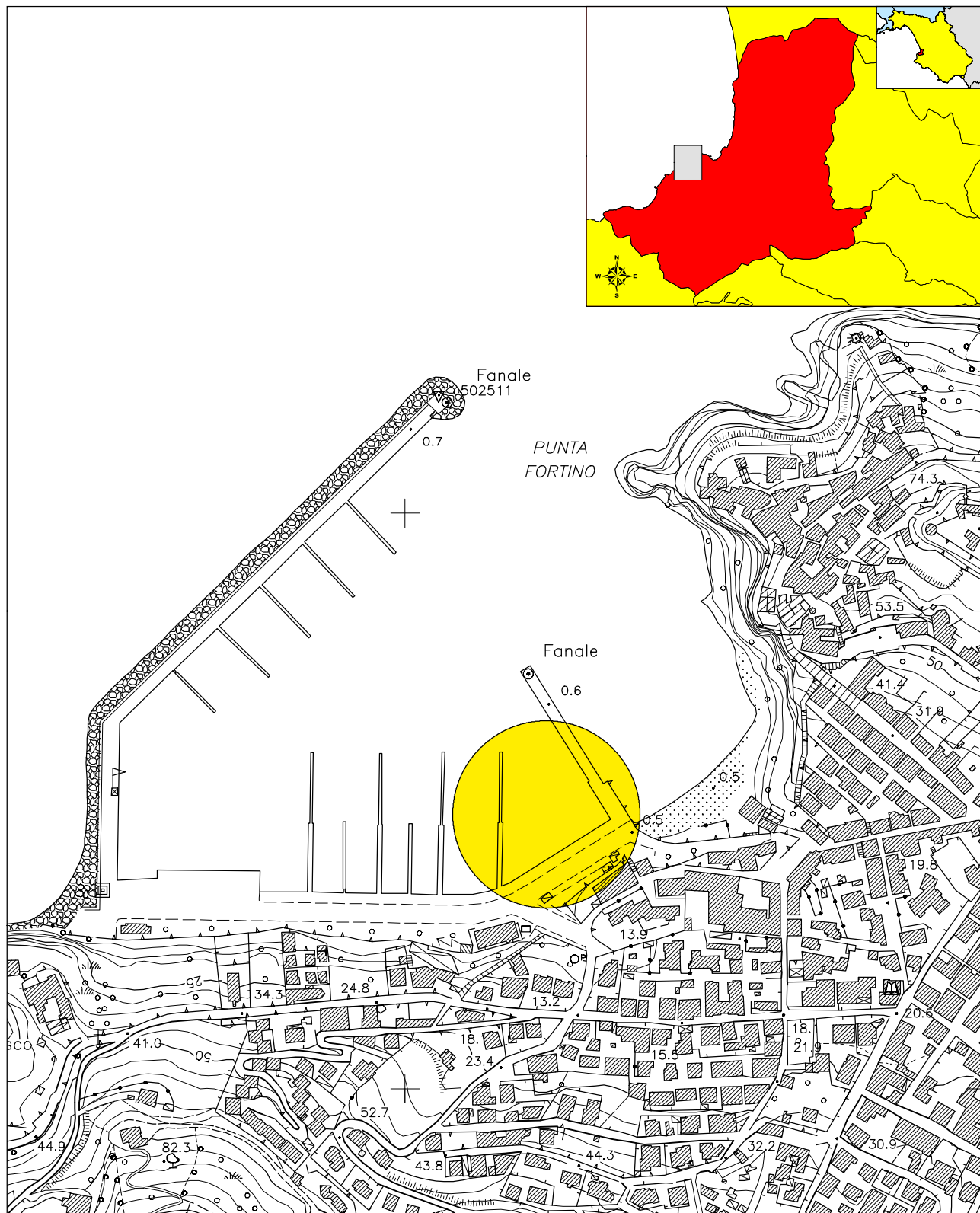


Figura 2 – Stralcio aerofotogrammetrico
Carta tecnica numerica regionale della Regione Campania
Elemento n. 502081 - “Agropoli Sud”
Scala 1:5000

Nere e del **Saraceno**); un'altra superiore, denominata "**Gruppo del Cilento**", poggiate in discordanza angolare sulla prima e che rappresenta un ciclo sinorogeno di età Burdigaliano–Langhiano a cui sono riferibili le **Formazioni di Pollica e di San Mauro**.

Procedendo dall'alto verso il basso stratigrafico, la **Formazione di S. Mauro** è caratterizzata da alternanze di banchi e strati di conglomerati e arenarie conglomeratiche con esigue intercalazioni pelitiche, affioranti nella successione del Monte della Stella, e in basso da alternanze arenaceo-pelitiche cui sono intervallati caratteristici livelli di marna fogliarina di spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. Inoltre nella parte alta della successione, in affioramento nella sezione del Monte della Stella, sono da menzionare la presenza di due megastrati marnosi dello spessore rispettivamente di 65 m e 35 m.

In particolare, nel territorio di Agropoli, si possono individuare tre Unità litostratigrafiche appartenenti al "**Gruppo del Cilento**" ed in particolare alla **Formazione di San Mauro**. Queste Unità litostratigrafiche, possono essere distinte, procedendo dal basso verso l'alto stratigrafico in:

Membro Marnoso–Arenaceo, (M-A) caratterizzato da marne cineree a frattura amigdaloidale (fogliarina) che a luoghi presentano caratteri maggiormente calcarei; affiorano in livelli con spessori di qualche metro intercalati da livelli arenacei e pelitici. Questo membro è predominante ed affiora diffusamente ed estesamente sui rilievi collinari di Agropoli e nell'area in esame.

Membro Arenaceo – Pelitico (A-P) caratterizzato da alternanze ritmiche di strati arenacei e pelitici. Gli strati arenacei hanno spessori compresi fra 5 e 30 cm; mentre quelli pelitici hanno spessori compresi fra 5 e 20 cm. Il rapporto fra arenaria/pelite è sempre inferiore a 4. La composizione delle arenarie è prevalentemente quarzoso-micacea. Presenta un assetto strutturale variabile da regolare a contorto, presentando localmente strutture plicative a medio e piccolo raggio di curvatura. Affiora in chiara esposizione sul margine settentrionale della dorsale collinare di S. Marco.

Membro Arenaceo–Pelitico–Grossolano (A-P-G) caratterizzato dall'alternanza ritmica di strati arenacei gradati di spessore variabile tra i 15 ed i 60 cm e peliti con spessore variabile tra i 5 ed i 10 cm. La composizione dei litotipi arenacei è prevalentemente quarzosa – feldspatica e subordinatamente micacea. Il rapporto arenaria/pelite è sempre superiore a 4. Questo membro affiora nella zona Sud Occidentale di Agropoli in corrispondenza delle zone più elevate (Monte Tresino).

La formazione affiora diffusamente in corrispondenza di numerosi tagli naturali ed artificiali, ed è costituita dall'alternanza di arenarie quarzoso-micacee e marne fissili "fogliarina" in banchi e strati di spessore variabile dai 5 ai 30 cm e siltiti marnose di spessore variabile dai 5 ai 20 cm con intercalati livelli di siltiti e siltiti marnose. Si presenta discretamente fratturata soprattutto nella sua porzione corticale a seguito delle dislocazioni tettoniche subite durante l'orogenesi appenninica. Le arenarie, di colore prevalentemente bruno-rossastro ed avana, presentano una grana medio-fine

ed una buona uniformità. Le marne e le siltiti, di colore grigio ed avana, presentano una discreta scistosità parallela alla giacitura degli strati che unitamente alla presenza di fitti piani di frattura e di debolezza ortogonali ai giunti di strato, conferisce al deposito, principalmente nella sua porzione corticale, una diffusa scagliosità.

La formazione è ricoperta da una coltre di alterazione che, dal punto di vista granulometrico, rappresenta un deposito costituito essenzialmente da ciottoli e blocchi di arenarie di colore bruno rossastro ed avana ed abbondanti scaglie di natura siltosa e siltoso-marnosa immersi in una matrice di natura limo-argillosa debolmente sabbiosa. In essa si riconosce uno strato superficiale di terreno agrario anch'esso di spessore variabile, che si differenzia dalla restante porzione di alteriti per la presenza di abbondante materia organica e per l'incremento sostanziale della frazione limo-sabbiosa. Anche qui sono presenti numerosi ciottoli e blocchi di natura arenacea e scaglie di natura siltosa e siltoso-marnosa.

Il **complesso alluvionale** si estende alla base dei versanti dei rilievi collinari ed è connesso alle diverse fasi erosive e deposizionali dei corsi d'acqua che hanno agito su un basamento costituito dalla Formazione Calcarea-Marnosa-Arenacea. Questa formazione di facies continentale, di età Plio-Pleistocenica è costituita da alternanze lenticolari limi, sabbie, limi sabbiosi ed argille terrose e torbose. Subordinatamente si rinvengono livelli ghiaiosi. La giacitura di questi strati è di norma sub-orizzontale con strati di forma lenticolare ed aventi disposizione incrociata. La stratigrafia è estremamente variabile, per le particolari modalità di deposizione che si stabiliscono in un bacino alluvionale.

Il raccordo morfologico tra le aree rilevate e i terreni alluvionali è costituito per lo più da detrito di falda, sciolto o debolmente cementato, frammisto a materiale granulometricamente fine quali limi, limi argillosi e sabbie. Questi depositi bordano con continuità i fianchi dei versanti, con spessori variabili da alcune decine di centimetri nelle zone alte fino ad una decina di metri nei fondovalle.

Il raccordo con le aree depresse in cui affiorano i terreni sabbiosi di spiaggia antica e recente che si rinvengono da quota 6-7 metri s.l.m. fino alla linea di costa del lungomare S. Marco, è spesso è marcato dalla presenza di **depositi di natura detritico-eluviale** derivanti dal disfacimento delle rocce arenacee e marnose. Tali depositi sono costituiti da pezzame litoide poligenico ed eterodimensionale sciolto o debolmente cementato in cui prevalgono, ovviamente, elementi arenacei e marnosi immersi in abbondante matrice limo-argillosa. La loro presenza alla base dei versanti collinari è spesso manifestata dalla presenza di una superficie a debole pendenza che funge da raccordo tra le aree più rilevate e le aree più depresse. L'origine di tali depositi è dovuta all'azione morfoevolutiva operata sui versanti dalle acque dilavanti e dei torrenti che hanno agito su di un basamento costituito dalla formazione di S. Mauro che su di essi affiorano. Procedendo verso il litorale si rinvengono depositi di origine litorale e sub-litorale. Questi ultimi sono costituiti prevalentemente da sabbie di colore rossastro sciolte o cementate e subordinatamente siltiti e puddinghe a matrice sabbiosa.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I termini flyscioidi possono essere considerati omogenei dal punto di vista idrogeologico, tanto da essere raggruppati in uno stesso complesso idrogeologico denominato arenaceo-marnoso-argilloso (GUIDA et alii, 1980). Il grado e il tipo di permeabilità variano da strato a strato, tuttavia la presenza ritmica degli interstrati pelitici e la loro grande continuità laterale conferiscono all'insieme uno scarso grado di permeabilità, per porosità e subordinatamente per fratturazione. Infatti si passa da arenarie a grana fine scarsamente acquifere aventi una modesta permeabilità per porosità e per fratturazione, a termini marnosi ed argillosi praticamente impermeabili. Pertanto, nel complesso arenaceo-marnoso-argilloso la circolazione idrica sotterranea è esigua a causa di una permeabilità globale notevolmente bassa (C.I.P. 20%) e si instaura nella fascia di alterazione superficiale. In definitiva, questo complesso sia per l'estensione di affioramento e sia per i caratteri di permeabilità, assume il ruolo di impermeabile di base.

I termini marnosi costituiscono il complesso idrogeologico marnoso-calcareo caratterizzato da un grado di permeabilità superiore a quello del complesso precedente e da un tipo di permeabilità per fratturazione e subordinatamente per porosità. Il grado di approfondimento della circolazione idrica sotterranea è legato allo sviluppo delle fratture ed allo stato di intasamento delle stesse, ma nel complesso sembra essere piuttosto superficiale.

Questo complesso costituisce, sebbene in termini relativi, il migliore acquifero dell'area al quale afferiscono le principali sorgenti. Nel caso specifico le emergenze sorgentizie sono legate al contatto laterale con il complesso idrogeologico precedente o a variazioni laterali della permeabilità legate alla disomogenea distribuzione delle fratture nell'ambito dell'ammasso roccioso.

Le aree di fondovalle e di litorale presenta caratteristiche che le rendono idonee ad essere sede di circolazione idrica sotterranea; si riscontrano per lo più falde idriche a varie quote ciò in relazione alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti.

Per quanto attiene alle principali caratteristiche dei complessi idrogeologici, le formazioni geologiche cartografate sono state, come detto in precedenza, raggruppate in base alle loro caratteristiche idrogeologiche.

In particolare, si sono distinti i seguenti complessi idrogeologici:

ALLUVIONI ATTUALI ED ANTICHE DI FONDOVALLE

Sono depositi costituiti da strati lenticolari di sedimenti sciolti a granulometria medio-grossa (ciottoli, ghiaia e sabbia) e fine (sabbie limose e limi). Sono caratterizzati da permeabilità per porosità variabile in funzione della granulometria. I ciottoli e le ghiaie evidenziano un elevato grado di permeabilità per porosità.

DEPOSITI DI SPIAGGIA ANTICA E RECENTE

Sono costituiti da sabbie di origine eolica e da sabbie alluvionali. Terreni ad elevata permeabilità

per porosità. Hanno spessore dell'ordine di alcune decine di metri. La falda si attesta da pochi decimetri nei depositi recenti a 2,00-3,00 metri in quelli antichi.

DEPOSITI DETRITICI ELUVIALI E COLLUVIALI

Sono depositi di natura eluviale e colluviale costituiti da detrito arenaceo-marnoso in abbondante matrice limo-argillosa. La permeabilità primaria è scarsa per porosità. La falda è di tipo discontinuo e variabile come piezometrica in relazione alle caratteristiche morfologiche ed allo spessore dei detriti argillosi. Si riscontra, nei pozzi antichi poco profondi, la presenza di acqua a profondità variabile da 6,00 a 12,00 metri dal p. c.. Trattasi, comunque, di modesti accumuli di acqua.

COMPLESSO MARNOSO-ARENACEO-PELITICO

È costituito da alternanze di marne, arenarie e quarzoareniti con intercalate siltiti e calcari marnosi. Le caratteristiche di permeabilità di questo complesso sono legate alla composizione granulometrica; dove prevalgono i termini litoidi si può avere una certa percolazione soprattutto lungo i giunti di stratificazione e le fratture; dove invece prevale la componente argilloso-marnosa si ha infiltrazione modesta o quasi nulla.

Il grado di permeabilità complessivo della formazione rimane comunque molto basso o nullo ed è da considerarsi praticamente impermeabile.

I terreni di copertura, costituiti da detrito in limo argilloso debolmente sabbioso, hanno un discreto grado di permeabilità. I termini arenaceo-pelitici che caratterizzano gran parte del territorio oggetto di studio possono essere considerati omogenei dal punto di vista idrogeologico, tanto da essere raggruppati in uno stesso complesso idrogeologico denominato arenaceo-marnoso-argilloso. Il grado e il tipo di permeabilità variano da strato a strato; tuttavia la presenza ritmica degli interstrati pelitici e la loro grande continuità laterale conferiscono all'insieme uno scarso grado di permeabilità per porosità e subordinatamente per fratturazione.

4. GEOMORFOLOGIA GENERALE E DI DETTAGLIO

Come detto, il settore del porto turistico oggetto d'intervento è ubicato alla base del versante settentrionale del dosso collinare denominato Collina la Selva.

La Collina la Selva si estende a S ed ad Ovest del centro abitato che in parte è stato edificato sulle sue pendici ed è limitata a N ed W dal Mar Tirreno, mentre i versanti meridionale ed orientale degradano dolcemente verso le pianure alluvionali del Torrente Cupa e dei suoi affluenti e del Fiume Testene.

Il disegno costiero dell'area riflette i principali lineamenti strutturali acquisiti durante il Pleistocene, legati alle vicissitudini neotettoniche del margine peritirrenico della catena Appenninica. Il progressivo approfondimento dei corsi d'acqua hanno inciso l'area di mezza costa e pedemontana

modellando la sommità delle creste in maniera sottile ed allungata. Come è noto, la configurazione morfologica di un territorio ricalca di norma l'assetto strutturale dei principali corpi geologici affioranti ed è il risultato dei differenti sistemi morfoevolutivi instauratisi nella regione. A questo proposito occorre ricordare come nel Cilento ebbero molta influenza le fasi traslative mio-pleistoceniche e la tettonica disgiuntiva plio-pleistocenica. Esse hanno delineato un quadro morfotettonico composto da alti strutturali e da depressioni tettoniche in cui si sono conservate le formazioni terrigene delle unità Silentine.

Le condizioni morfologiche dei versanti costituiti dalle formazioni del flysch del Cilento offrono una notevole varietà di configurazioni esaltate da processi di morfogenesi selettiva che trovano facile sviluppo nell'assortimento dei tipi litologici.

L'assetto morfologico attuale della zona è strettamente connesso alle caratteristiche geologico-strutturali delle formazioni presenti e all'evoluzione tettonico-sedimentaria cui tali formazioni sono state sottoposte nel corso del Quaternario. Questi terreni di ambiente marino, lagunare e continentale costituiscono degli alti strutturali rappresentati dai rilievi collinari della potente serie terrigena del flysch del Cilento che si intervallano ai bassi morfologici verso il mare.

Tutta l'area, laddove affiorano i termini flyscioidi, è caratterizzata da morfologie acclivi, risultanti dal modellamento dei terreni da parte degli agenti atmosferici. Sulle superfici così ottenute si è avuta la deposizione dei materiali sciolti, costituenti la coltre di copertura recente, che possono essere ricondotti a genesi colluviale.

5. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni", pubblicato sul S.O. della Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20/02/2018, raccoglie in un unico organico testo le Norme tecniche per le costruzioni prima distribuite in diversi decreti ministeriali. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Il D.M. LL.PP. 11/3/88, concernente le "norme tecniche relative alle indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", prescrive che le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche tecniche relative alla progettazione devono fondarsi sempre sulla caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo ottenuta con rilievi, indagini e prove. Tale caratterizzazione rappresenta il risultato finale del processo di acquisizione, elaborazione ed analisi delle informazioni acquisite (geologiche, tettoniche, stratigrafiche, meccaniche, ecc.) dalla campagna geognostica effettuata e, dunque,

rileva le condizioni reali del sottosuolo in esame. Le indagini sono state predisposte con il duplice obiettivo di definire con precisione la stratigrafia locale, stabilire le caratteristiche litotecniche e sismiche e di determinare i valori dei parametri geotecnici dei terreni interessanti **“il volume significativo”** dei terreni sottostanti le singole aree d'intervento.

5.1. INDAGINI ESEGUITE

Lo scopo principale delle indagini eseguite è stato di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni oggetto delle operazioni di escavo e di verificare la geometria della fondazione del tratto di banchina che verrà interessato dagli interventi.

A tal fine sono state programmate indagini geognostiche in sito consistenti in:

- ✓ ***n. 1 sondaggio a carotaggio continuo sulla banchina;***

- ✓ ***n. 3 sondaggi a carotaggio continuo a mare;***

- ✓ ***n. 12 sondaggi speditivi sul fondale per una stima attendibile, e per quanto possibile diffusa, degli spessori dei sedimenti di copertura della formazione di base eseguiti con asta graduata metallica;***

- ✓ ***prelievo di n. 3 campioni di sedimenti dal fondale.***

Durante le fasi di perforazione a mare era presente anche il laboratorio specializzato **NEOTES SRL con Sede Legale: in Battipaglia (SA) alla via Colombo, snc** il quale ha provveduto a prelevare, sigillare e catalogare campioni di sedimenti per le successive analisi chimiche.

I 3 campioni prelevati sul fondale sono stati anch'essi sigillati e catalogati e consegnato al suddetto laboratorio specializzato per le successive analisi.

Inoltre, per definire le caratteristiche geomeccaniche e sismostratigrafiche delle aree a terra e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (**D. M. 17 gennaio 2018**), a completamento delle informazioni raccolte, sono stati utilizzati i risultati di indagini geognostiche in sito e di laboratorio pregresse eseguite, dallo scrivente, nell'area adiacente per un precedente lavoro.

In particolare sono state utilizzate le risultanze dello studio geologico a corredo della perizia di variante del progetto esecutivo dei lavori di **“COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO”** riferita alle opere previste nella zona porto consistenti in:

- ➔ ***n. 1 sondaggio geognostico a rotazione a carotaggio continuo eseguito per definire la successione litostratigrafica dell'area investigata;***

- ➔ **prelievo di n. 1 campione indisturbato rappresentativo degli orizzonti attraversati che è stato siglato, adeguatamente sigillato ed inviato a laboratorio per le successive analisi;**
- ➔ **analisi di laboratorio sul campione prelevato;**
- ➔ **installazione nel foro di sondaggio di un tubo piezometrico per le successive fasi di monitoraggio del livello di falda**
- ➔ **n. 1 indagine sismica superficiale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).**

Tutte le fasi del programma di indagine sono state eseguite secondo le **Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - A.G.I. (1977)**. L'elaborazione dei risultati delle prove è stata effettuata nel pieno rispetto della vigente normativa tecnica (**Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni D.M. del 17 gennaio 2018 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, C.S.LL.PP.**).

Le ubicazioni, i certificati e la documentazione fotografica di tutte le suddette indagini sono riportati in calce alla presente.

5.1.1. MODALITÀ ESECUTIVE DEI SONDAGGI MECCANICI

La tecnica dei sondaggi meccanici a carotaggio continuo rappresenta un efficace e versatile strumento d'indagine per la conoscenza diretta del sottosuolo. La sua realizzazione ha consentito la ricostruzione della successione stratigrafica dei terreni lungo la verticale della perforazione, l'esame litologico dei terreni e l'esecuzione di prove in foro di sondaggio per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche.

La perforazione è stata eseguita utilizzando una sonda a rotazione e circolazione di liquidi, capace di realizzare fori di diametro superiore o pari a 101 mm ad andamento verticale.

Essa è di tipo modulare composta da un corpo macchina montato su cingoli, una torre inclinabile, una testa d'iniezione provvista di tubo per l'immissione del fluido all'interno delle aste, una tavola rotary posta nella parte inferiore della torre, una batteria di aste componibile costituite da tubi d'acciaio di lunghezza pari a 3 m, innestata superiormente alla testa d'iniezione, che fungono da mezzo per la trasmissione del movimento al tubo carotiere e per portare, al fondo del foro, il fluido di perforazione costituito da acqua.

La terebrazione del terreno è avvenuta mediante la rotazione e la spinta verso il basso della batteria di aste del diametro di 101 e lunghezza pari a 3,0 m alla cui base è stato posto un tubo carotiere d'acciaio, azionato a secco e a circolazione diretta, fornito alla base di una corona dentata di widia e diamanti industriali.

Questo sistema di perforazione ha permesso l'asportazione del terreno con continuità e sotto forma di cilindri di diametro e lunghezza corrispondente a quello del carotiere (carote).

Le carote così estratte sono state collocate in modo continuo ed ordinato all'interno di apposite cassette catalogatrici provviste di setti separatori, sulle quali sono state annotate le quote progressive dei sondaggi (in metri e riferite al p.c.) ed ognuna è stata contraddistinta da un numero progressivo, dal nome del cantiere e da ogni altra utile informazione necessaria per dedurre la sua precisa collocazione.

Le stratigrafie dei sondaggi geognostici sono allegare in calce alla presente.

La perforazione e l'infissione del rivestimento provvisorio sono stati condotti in modo da minimizzare la variazione di stato dei terreni attraversati e, in particolar modo, del fondo foro. A questo scopo sono stati costantemente tenuti sotto controllo i valori della velocità e pressione del fluido (acqua) usato per l'installazione dei rivestimenti e nell'attraversamento di eventuali livelli cementati.

La stabilità del fondo foro è stata ottenuta impiegando velocità molto basse durante la manovra di estrazione del carotiere, specie nella prima parte del recupero. In terreni non rocciosi sciolti e coesivi molli la perforazione è stata eseguita "a secco".

Ad ogni buon conto il detrito di perforazione (cutting) portato in superficie dal fluido di circolazione, è stato esaminato dallo scrivente. Le carote estratte nel corso della perforazione sono state scortecciate se composte da depositi coesivi o lavate se composte da elementi lapidei e sistemate in apposite cassette catalogatrici in PVC, munite di scomparti divisori e di coperchio apribile.

Sui bordi e all'interno di dette cassette sono state indicate le quote dei recuperi, delle singole manovre e tutti gli elementi utili per il riconoscimento delle quote dei campionamenti. Le cassette catalogatrici, infine, sono state fotografate complete di tutte le indicazioni utili al loro riconoscimento.

La documentazione fotografica dell'ubicazione della postazione e delle cassette catalogatrici è riportata in calce alla presente.

5.2. DESCRIZIONE DELLA SUCCESSIONE SEDIMENTARIA

La descrizione delle successioni dei materiali carotati, è stata eseguita con metodologie differenti, a seconda che si trattava di depositi, di roccia sciolta, o di roccia lapidea.

5.2.1. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

La descrizione stratigrafica è compilata in modo tale da specificare per ciascun strato quanto relativo ai punti sotto elencati:






1 - Denominazione geologica della formazione

2 - Tipo di terreno

Le caratteristiche granulometriche del terreno sono state definite con riferimento alla terminologia AGI (1977).

DEFINIZIONE		DIAMETRO DEI GRANI [mm]
BLOCCHI		> 200
CIOTTOLI		200 - 60
GHIAIA	Grossa	60 - 20
	Media	20 - 6
	Fine	6 - 2
SABBIA	Grossa	2 - 0,6
	Media	0,6 - 0,2
	Fine	0,2 - 0,06
LIMO		0,06 - 0,002
ARGILLA		< 0,002

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa è specificato il grado di arrotondamento con riferimento alla seguente tabella:

FORMA	DEFINIZIONE	ARROTONDAMENTO	DESCRIZIONE
	Angolare	0.00 ÷ 0.15	Nessuna smussatura
	Sub-angolare	0.15 ÷ 0.25	Mantiene forma originale con evidenze di smussatura
	Sub-arrotondata	0.25 ÷ 0.40	Smussatura considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
	Arrotondata	0.40 ÷ 0.60	Rimozione delle superfici originali, con rare superfici piatte
	Ben arrotondata	0.60 ÷ 1.00	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

3 - Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità naturale del terreno è stata definita con uno dei seguenti termini:

- ➔ Asciutto
- ➔ Debolmente umido
- ➔ Umido
- ➔ Molto umido
- ➔ Saturo

4 - Consistenza

La consistenza dei terreni coesivi è stata valutata con riferimento alla misura di resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con frequenza di una prova ogni 10-15 cm.

Terreno coerente

- Privo di consistenza
- Poco consistente
- Moderatamente consistente
- Consistente
- Molto consistente
- Estremamente consistente

Terreno incoerente

- Sciolto
- Poco addensato
- Moderatamente addensato
- Addensato
- Molto addensato

5 - Descrizione geomeccanica

La descrizione geomeccanica è compilata in modo tale da specificare per ciascun livello quanto relativo ai punti sotto elencati:

- ➔ tipo di roccia
- ➔ alterazione

Nei sondaggi in roccia viene definito il grado di alterazione, anche in funzione dell'applicabilità delle misure di R.Q.D., con riferimento alla seguente terminologia:

Grado di alterazione	
Definizione	Descrizione
Assente	Nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti
Debole	I piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità
Media	La decolorazione penetra nella roccia per spessori superiori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari.
Elevata	La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati tra loro.
Intensa	La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è separazione tra i cristalli è completa.

Laddove possibile, sono stati indicati i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura, in accordo alla seguente tabella:

Stratificazione	
Spaziatura media [mm]	Descrizione
> 6000	stratificazione in banchi
600÷2000	strati di elevato spessore
200÷600	strati di medio spessore
60÷200	strati di sottile spessore
20÷60	strati di spessore molto sottile
6÷20	laminazione
< 6	sottile laminazione

La spaziatura delle fratture (giunti o discontinuità) viene definita in accordo alle Raccomandazioni ISRM (1978).

5 - Colore

6 - Particolarità aggiuntive

Con questo termine si intende tutte le caratteristiche significative, ai fini della schematizzazione geotecnica, che non siano già inserite nei parametri precedentemente elencati (radici, manufatti, fossili, residui organici vegetali, concrezioni).

5.3. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

5.3.1. RISULTATI DEI SONDAGGI SPEDITIVI SUL FONDALE ESEGUITI PER LA DETERMINAZIONE DELLO SPESSORE DEI SEDIMENTI

Per determinare gli spessori dei sedimenti di copertura della formazione di base che ricoprono il fondale è stato utilizzato un sub dotato di un'asta graduata metallica.

I punti d'ispezione e di campionamento sono stati distribuiti in tutta l'area d'intervento all'interno di una maglia alquanto regolare ed in modo tale da avere una quadro il più esauriente possibile della distribuzione della coltre di sedimenti. L'ubicazione dei punti è stata ottenuta con l'ausilio di un GPS di precisione in modo da poter trasferire in seguito in un sistema GIS l'esatta posizione delle indagini riportate nella planimetria allegata in calce alla presente.

Nella tabella riepilogativa che segue vengono riportati per ogni punto d'indagine lo spessore calcolato della coltre di ricoprimento e la sigla del campione prelevato e consegnato al laboratorio specializzato **NEOTES SRL** per le successive analisi chimiche.

PUNTO D'INDAGINE	SESSORE SEDIMENTI SCIOLTI [m]	SIGLA CAMPIONE
P1	0,15	C2
P2	0,20	
P3	0,15	
P4	0,25	C3
P5	0,20	
P6	0,15	
P7	0,15	
P8	0,25	C1
P9	0,25	
P10	0,15	
P11	0,25	
P12	0,20	

5.3.2. CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La formazione di base, come detto, è rappresentata essenzialmente da un'alternanza in banchi e strati di marne e marne calcaree tenere di colore grigio, scistose con intercalate arenarie quarzoso-micacee e calcari marnosi di colore grigio ed avana a comportamento litoide in banchi e strati centimetrici.

La disgregazione delle carote non ha consentito di prelevare spezzoni di roccia idonei ad essere analizzati in laboratorio geotecnico.

Per completezza, si ritiene opportuno riportare una classificazione dell'ammasso roccioso eseguito dallo scrivente in un'area adiacente su una porzione di versante in cui affiorano prevalentemente banchi di marne e marne calcaree.

In particolare, per determinare la qualità e valutare le proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso è stata utilizzata la "**Classificazione RMR-Sistem**" di **Bieniawski (1989)**.

Nate per scopi quasi esclusivamente ingegneristici (soprattutto scavi in sotterraneo), le classificazioni geomeccaniche hanno subito modifiche ed evoluzioni, per poter essere applicate anche alla valutazione della qualità degli ammassi rocciosi anche nello studio di stabilità dei versanti.

La scelta di un sistema di classificazione piuttosto che un altro, viene effettuata in base alle caratteristiche geologiche e strutturali dell'area in esame e, soprattutto, in base alle strumentazioni necessarie per determinare i vari parametri.

La scelta è ricaduta sulle classificazioni di Bieniawski per alcune motivazioni principali:

- ✓ attualmente è una delle più utilizzate sia in campo nazionale che internazionale;
- ✓ basandosi su metodologie largamente standardizzate, consente un rapido confronto con altri ammassi rocciosi classificati con le stesse procedure e permette ad altri operatori di poter verificare l'attendibilità del lavoro;
- ✓ è utilizzabile su ammassi rocciosi in condizioni non confinate, come i versanti;
- ✓ i parametri richiesti per la valutazione degli indici di qualità sono facilmente reperibili in affioramento ed in laboratorio, attraverso l'uso di strumentazioni di facile utilizzo.

La classificazione geomeccanica di Bieniawski si basa valutazione di cinque parametri e di un indice di correzione per l'orientazione del pendio. La somma degli indici parziali fornisce un indice di qualità **BRMR (Basic Rock Mass Rating)** dell'ammasso roccioso; applicando a tale indice la correzione per l'orientazione del pendio, si ottiene l'indice **RMR (Rock Mass Rating)**:

$$RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) - Ic \Rightarrow RMR = BRMR - Ic$$

dove:

A1	$\langle \sigma_c \rangle$ - (Resistenza a compressione monoassiale)
A2	$\langle RQD\% \rangle$ - (Rock Quality Designation)
A3	$\langle \chi m \rangle$ - (Spaziatura delle discontinuità)
A4	Condizioni dei giunti
A5	Condizioni idrauliche dei giunti
Ic	Indice di correzione

Tabella 1 - Parametri per il calcolo dell'indice RMR (Bieniawski, 1989)

PARAMETRO A1 – RESISTENZA A COMPRESSIONE UNIASSIALE

Rappresenta la resistenza della roccia, espressa come resistenza alla compressione monoassiale della roccia integra, che può essere valutata direttamente (prova di compressione uniassiale), o indirettamente a partire da prove effettuate sia in campagna (Martello di Schmidt), che su campioni in laboratorio (Point Load Test). Una volta nota la resistenza, si riporta su un grafico (**Figura 3**), e si ottiene il punteggio relativo.

In sito è stato prelevato un blocco di roccia che è stato inviato a laboratorio autorizzato per le successive analisi.

Per la valutazione della resistenza a compressione monoassiale è stata adottata la resistenza a compressione uniassiale (RCU) ottenuta dall'elaborazione dei dati del Point load Test.

La prova **Point Load Strength Test**, proposta da **Franklin (1970)**, viene comunemente utilizzata in ambito geologico ed ingegneristico per la sua semplicità di esecuzione e, soprattutto, perché permette di sottoporre a esame provini di forma qualsiasi, senza bisogno di alcuna preparazione. Il Point Load Test offre anche altri vantaggi rispetto alla prova di compressione uniassiale classica: ad esempio il carico di rottura richiesto è molto inferiore, per cui non c'è bisogno di alcun motore, è sufficiente un martinetto idraulico a pistone.

L'apparecchiatura è costituita da un apparato di carico costituito da un martinetto idraulico, un dispositivo di rottura costituito da due elementi conici con apertura di 60° a punta sferica, coassiali, in cui viene inserito il campione, e un apparato di misura, costituito da un manometro con trasduttore elettronico che permette di registrare il carico di picco a rottura.

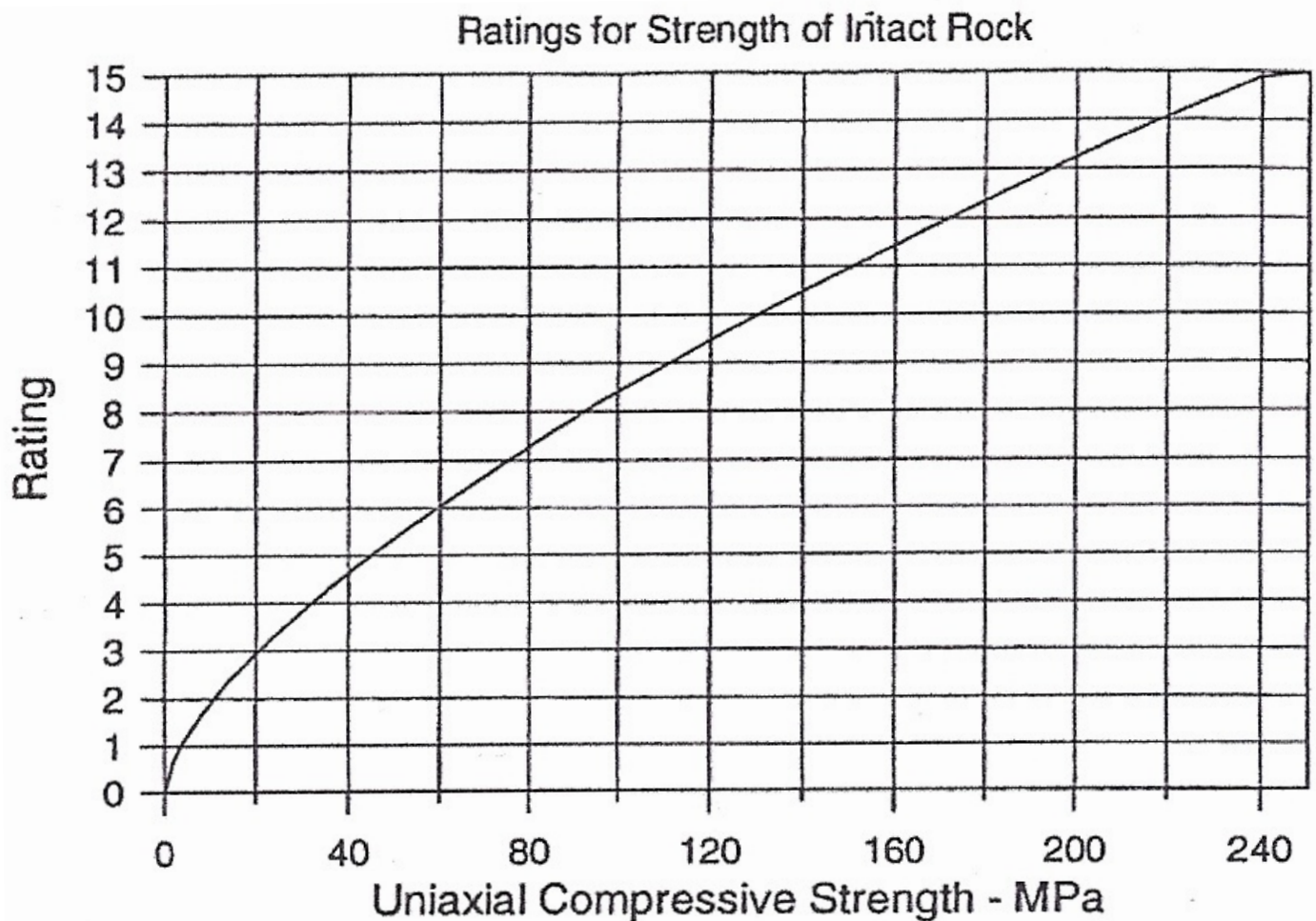


Figura 3 -Grafico per la determinazione del parametro A1 della classificazione di Bieniawski, 1989

Il campione di roccia da analizzare viene posto fra le due punte coniche e ne viene misurato lo spessore grazie ad una scala graduata (precisione 1 mm) solidale con le punte; quindi si inizia ad aumentare il carico, avendo cura di regolare l'apparato di misura in modo da registrare il valore di picco a rottura.

Alla fine si avranno due set di valori, costituiti dallo **spessore del campione in mm (D)** e dalla **resistenza a rottura in kN (P)**: da questi si ricava il valore dell'**indice di carico puntuale (I_s)** attraverso una semplice relazione:

$$I_s = P/D^2$$

Per poter essere confrontati i valori di I_s vanno normalizzati e vengono riferiti ai valori del diametro standard di 50 mm (I_{s50}).

Nella tabella che segue si riportano i risultati del indice di carico puntuale normalizzato calcolo su 10 provini:

CAMPIONE	INDICE DI RESISTENZA $I_s(50)$ [MPa]
PROVINO1	1,44
PROVINO2	1,23
PROVINO3	1,10
PROVINO4	1,22
PROVINO5	1,20
PROVINO6	1,22
PROVINO7	1,41
PROVINO8	1,21
PROVINO9	1,19
PROVINO10	1,20

Dall'esame dei valori ottenuti si evince che i provini hanno fatto registrare un valore massimo di 1,44 MPa ed un valore minimo di 1,10 MPa con un valore medio pari a ca. 1,24 MPa.

Per operare in via cautelativa è stato assunto il valore minimo dell'indice di resistenza pari a 1,10 MPa.

Per determinare la resistenza a compressione monoassiale (σ_c) viene utilizzata una relazione del tipo:

$$\sigma_c = K I_s(50) \quad (1)$$

dove K è un coefficiente moltiplicativo suggerito dall'ISRM. Esso varia da 20 a 25 e nella pratica viene comunemente utilizzato il valore 24.

Ricerche bibliografiche ed esperienze dirette (**Bruschi, 1998**) mostrano che esiste una notevole influenza della litologia e quindi il valore di 24 è da considerarsi un limite superiore e quindi ottimistico. In definitiva la correlazione fra indice di point load e resistenza a compressione uniassiale dovrebbe essere fatta basandosi sui litotipi oggetto d'indagine e viene suggerito di utilizzare i valori di K desunti dalla tabella seguente:

LITOTIPO	K
Basalto	22
Gabbro	19÷23
Granito	16÷18
Arenaria	19
Calccare	11
Dolomia	10
Calcareniti	10
Breccia	16
Tufo	14
Marmo	24
Serpentinite	19
Calcescisto	21
Micascisto	19÷23
Fillade	14

Nel nostro caso, abbiamo una roccia marnosa, per cui il **valore del coefficiente di correlazione (K) utilizzato per calcolare la resistenza a compressione monoassiale è 14.**

Ne deriva, quindi, applicando la formula (1) di cui sopra un valore della RCU pari a:

$$\sigma_c = K I_s(50) = 14 \times 1,10 = 15,4 \text{ MPa}$$

per cui in base al grafico di **Figura 3** il **parametro A1** corrispondente è **pari a 2.**

PARAMETRO A2 – ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD%)

È un parametro indicativo del grado di fratturazione della roccia. L'R.Q.D. (Rock Quality Designation), rappresenta infatti la percentuale di recupero da un carotaggio, considerando gli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 10 cm.

Quando non sono disponibili sondaggi per poter valutare direttamente tale parametro, viene valutato in modo indiretto attraverso formule empiriche (**es. Palmstrom, 1982; Priest Hudson, 1976**) basate sul numero delle discontinuità presenti. Una volta calcolato R.Q.D., si ricava l'indice A2 dal grafico proposto da Bieniawski riportato nel grafico della **Figura 4:**

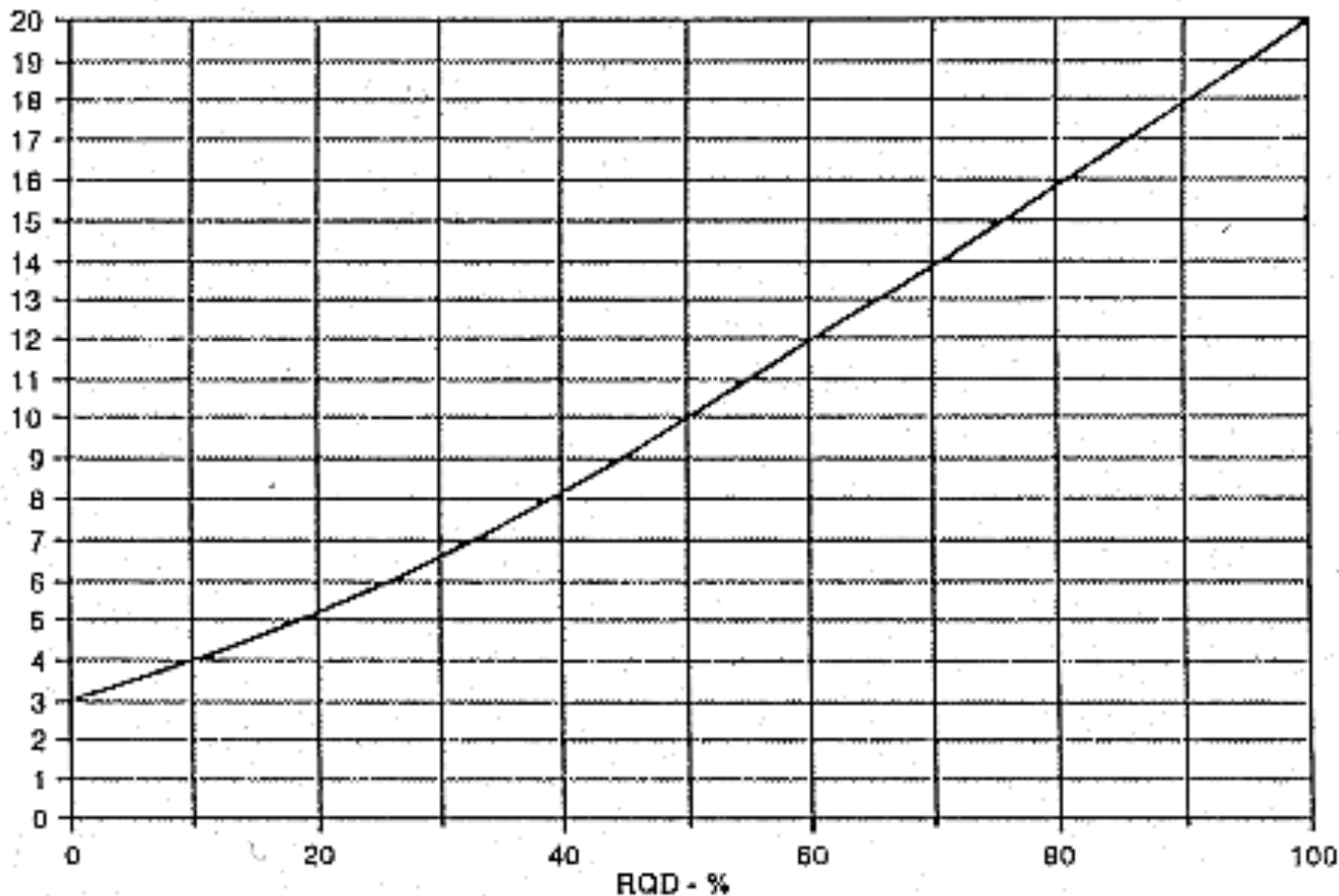


Figura 4 - Grafico per la determinazione del parametro A2 della classificazione di Bieniawski, 1989

Ciascuno dei seguenti parametri è stato valutato quantitativamente sul terreno e ad essi è stato attribuito il relativo indice numerico.

Il parametro **A2 - RQD%** è stato ottenuto con la formula di **Priest e Hudson (1976)** che relaziona l'RQD alla frequenza delle discontinuità espressa dal reciproco della spaziatura media in metri:

$$RQD = 100(0,1n+1)^{-0,1n}$$

dove n è il numero medio di giunti per metro. Nel caso in esame il numero massimo di giunti di discontinuità individuato nei fronti in affioramento è **6** per cui l'**RQD%** assume valori pari a ca. il **75%** a cui corrisponde nel grafico della **Figura 4** un valore del **parametro A2 pari a 15**.

PARAMETRO A3 – SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ

Questo parametro viene determinato calcolando la spaziatura media delle discontinuità. Le discontinuità vengono contate lungo uno stendimento posto ortogonalmente alla loro direzione. Si calcola la spaziatura media da inserire nel grafico della **Figura 5** dal quale si determina il valore da assegnare al **parametro A3**:

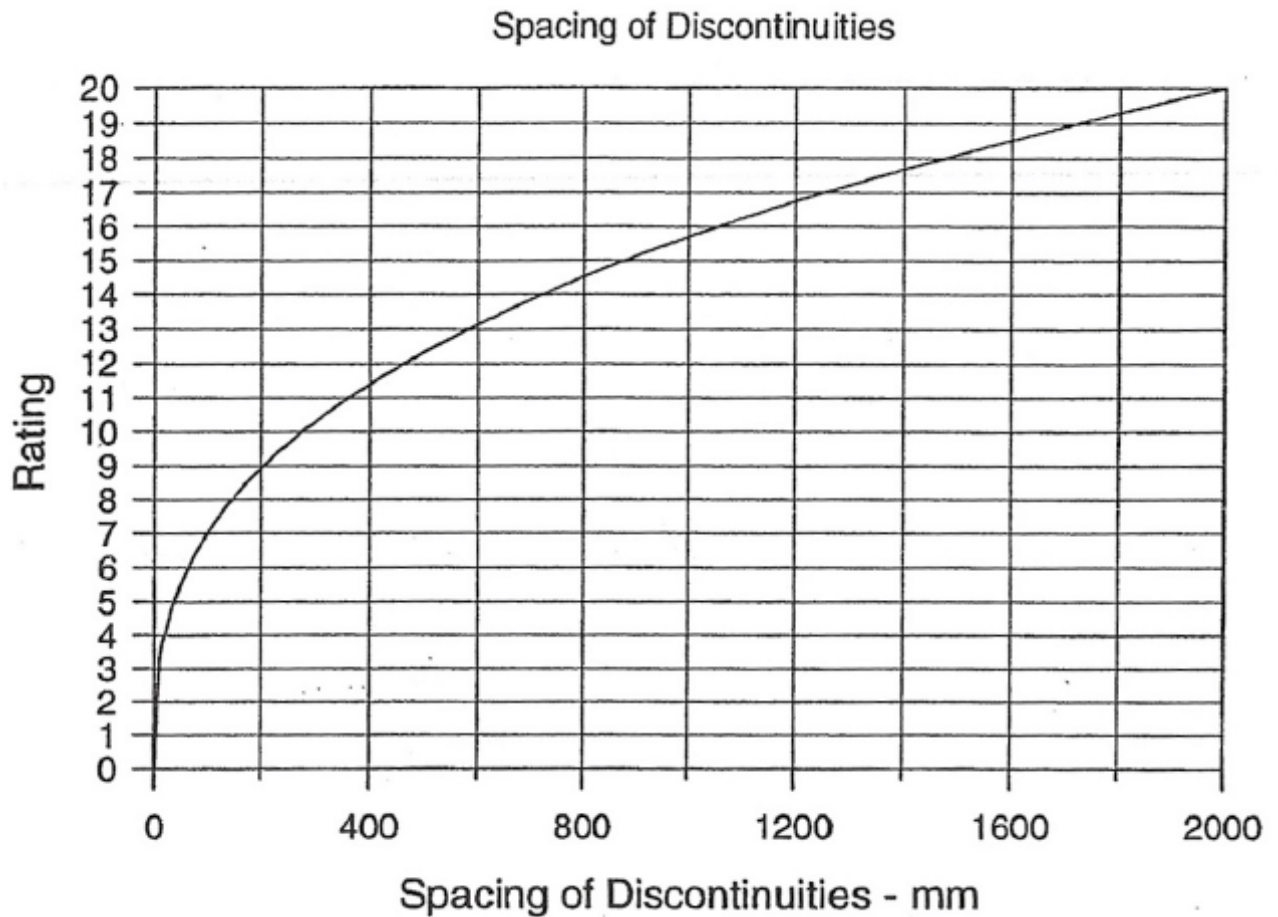


Figura 5 - Grafico per la determinazione del parametro A3 della classificazione di Bieniawski, 1989

Per ogni famiglia di discontinuità la spaziatura media si ottiene contando il numero delle intercette lungo uno stendimento e d il valore ottenuto viene diviso per la lunghezza dello stendimento:

$$\chi_m = S/N_d$$

dove:

χ_m = spaziatura media

S = lunghezza dello stendimento

N_d = numero di discontinuità della stessa famiglia

Nell'area indagata le famiglie di discontinuità presenti sono rappresentate principalmente dai giunti di stratificazione e, più raramente le famiglie di fratture: queste ultime assumono di solito anche quelle con spaziatura media maggiore.

La spaziatura media misurata sui fronti è pari a circa 400 mm per cui in base al grafico della **Figura 5** il valore del **parametro A3 è non inferiore ad 11**.

PARAMETRO A4 – CONDIZIONI DEI GIUNTI

Questo parametro quantifica le condizioni delle discontinuità in relazione a lunghezza, apertura, rugosità, riempimento e grado di alterazione.

Per valutare correttamente A4 si procede sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I singoli valori della formula precedente sono i seguenti:

V1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA [m]	V1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

Esprime la continuità del giunto all'interno di un ammasso roccioso; maggiore è la lunghezza, peggiore è la qualità della roccia. È stata valutata direttamente in campagna con l'ausilio di un metro. Laddove i fronti esposti lo hanno consentito la lunghezza massima della continuità del giunto non è superiore a 10 metri per cui il **parametro V1** in questo caso sarà pari a **2**

V2 – Apertura del giunto

APERTURA [mm]	V2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

Esprime la distanza fra le pareti delle discontinuità. Un aumento determina una diminuzione della resistenza al taglio, principalmente perché, diminuendo la superficie di contatto fra le pareti, diminuisce il contributo della coesione. Viene valutata visivamente. Nel caso in esame le aperture hanno valori comprese tra 1 e 5 mm per cui il **valore di V2** è quindi pari a **6**.

V3 – Rugosità del giunto

RUGOSITÀ	V3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

La rugosità è un parametro geometrico. Su una superficie di discontinuità fornisce un contributo positivo alla resistenza al taglio, per cui, prima di arrivare a rottura, una parte dello sforzo applicato viene utilizzato per scavalcare le asperità. Viene valutata qualitativamente facendo riferimento a profili standard. La superficie di discontinuità appare leggermente rugosa per cui il valore del **parametro V3 sarà pari a 3.**

V4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

Questo parametro esprime il grado di alterazione delle pareti del giunto. È correlata negativamente alle condizioni meccaniche del giunto. Viene valutata visivamente: per stabilire il grado di alterazione.

Negli affioramenti analizzati le pareti appaiono da leggermente alterate a mediamente alterate per cui in via cautelativa al **parametro V4** è stato attribuito il valore **3.**

V5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO [mm]	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

Questo parametro valuta la presenza di materiale fra le pareti delle discontinuità con caratteristiche meccaniche diverse da quelle della matrice rocciosa, e la possibile influenza sulla resistenza al taglio (τ) lungo le discontinuità. L'influenza del riempimento varia in funzione delle sue

caratteristiche fisiche e del suo spessore. In particolare, se all'interno della discontinuità è presente materiale molle (es. argilla) con un determinato spessore, questo può vanificare l'effetto rugosità, determinando piani di scivolamento preferenziali. Se l'apertura delle discontinuità è maggiore dell'ampiezza delle asperità, la resistenza al taglio delle discontinuità coincide con quella del materiale di riempimento; se l'apertura non supera l'ampiezza delle asperità, la resistenza è intermedia fra quella del riempimento e quella delle pareti. Il materiale eventualmente presente fra i giunti controlla anche la permeabilità e la filtrazione di acqua all'interno dell'ammasso.

Nel nostro caso non è stata individuata la presenza di riempimento per cui il valore del **parametro V5** è pari a **6**.

In definitiva il valore del parametro A4 - CONDIZIONE DEI GIUNTI è dato da:

$$A4 = 2+6+3+3+6=20$$

PARAMETRO A5 – CONDIZIONI IDRAULICHE DEI GIUNTI

Questo parametro serve a determinare la quantità d'acqua presente nei giunti. La presenza d'acqua può determinare una diminuzione della resistenza al taglio, facendo aumentare le pressioni neutre a discapito delle pressioni normali date dal peso dell'ammasso roccioso. La presenza d'acqua inoltre favorisce l'alterazione chimica e fisica lungo i giunti.

Il valore del parametro viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniauskis si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Valore parametro A5	15	10	7	4	0

Le condizioni idrauliche dell'ammasso caratterizzato sono state determinate visivamente al momento del rilevamento e l'ammasso è da considerarsi asciutto per cui il valore del **parametro A5** è **10**:

Il valore dell'indice **BRMR** è pari a:

$$BRMR = 2+15+11+20+10=58$$

Come detto al valore del BRMR va sottratto l'indice di correzione (Ic) in modo da ottenere il valore dell'indice RMR.

I valori da assegnare all'indice di correzione vengono scelti come descritto nella tabella seguente, in funzione delle varie applicazioni:

APPLICAZIONE	ORIENTAMENTO DEI GIUNTI				
	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

L'indice di correzione (Ic) pone un limite alle classificazioni di Bieniawski, in quanto l'autore non specifica le modalità di valutazione dell'indice stesso, ma propone solamente dei valori da assegnare nelle diverse situazioni. Inoltre nelle situazioni più sfavorevoli, ed in caso di ammassi di qualità molto scadente, scadente o discreta, l'indice di correzione vanifica di fatto la valutazione del BRMR.

Per i motivi suddetti, è stato valutato solamente l'indice BRMR, senza apportare la correzione per l'orientazione del versante.

Una volta ottenuto l'indice di qualità della roccia, si verifica in quale classe ricade facendo riferimento alla seguente tabella:

RMR	0÷20	21÷40	41÷60	61÷80	81÷100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITÀ	MOLTO SCADENTE	SCADENTE	DISCRETA	BUONA	OTTIMA

Tabella riassuntiva delle classi di qualità degli ammassi rocciosi secondo Bieniawski

Con il valore dell'indice RMR la roccia appartiene alla III classe.

Nella **classificazione di Bieniawski** sono proposte delle formule empiriche, correlate direttamente all'indice **BRMR**, che forniscono una stima dei parametri geomeccanici si possono ricavare i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso secondo le **formule di Bieniawski**:

ANGOLO D'ATTRITO DELL'AMMASSO ROCCIOSO [°]

$$\varphi = 5 + RMR/2 = 5 + (58/2) = 34^\circ$$

COESIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO [MPa]

$$c = 0,005 \times RMR = 0,005 \times 69 = 0,29 \text{ MPa}$$

MODULO ELASTICO [GPa]

$$E = 10^{\frac{RMR-10}{40}} = 10^{\frac{58-10}{40}} = 10^{\frac{48}{40}} = 10^{1.2} = 15,84 \quad [GPa]$$

In definitiva, quindi, dalla descrizione delle stratigrafie dei sondaggi, nonché dall'osservazione diretta e dal rilevamento geologico eseguiti, emerge che la sequenza litostratigrafica dell'area oggetto d'intervento può essere schematizzata in due orizzonti principali:

ORIZZONTE A: Strato superficiale dotato di scadenti caratteristiche meccaniche rappresentato da sedimenti sciolti costituiti da sabbie limo-argillose e limi argilloso-limosi di colore nero, melmosi, dal tipico odore di ambiente riducente, dovuto alla decomposizione di tessuti molli frammisti a resti vegetali e frammenti di vari oggetti di origine antropica;

ORIZZONTE B: **FORMAZIONE DI SAN MAURO** - Formazione di base costituita dall'alternanza di marne fissili "fogliarina", marne calcaree tenere di colore grigio ed avana, scistose, in banchi e strati con intercalati banchi e strati centimetrici di arenarie quarzoso-micacee e calcari marnosi di colore grigio ed avana a comportamento litoide e livelli di siltiti e siltiti marnose scistose.

La distribuzione dei sedimenti sciolti sul fondale è piuttosto variabile. In generale alla base della banchina essi hanno una potenza variabile tra 0,90 metri (Sondaggio S3) e 2,00 metri (Sondaggio S2) ed il loro spessore subisce una rapida diminuzione già ad una distanza di ca. 1,00÷1,50 metri da essa. Da qui, in tutta la restante porzione dell'area d'intervento, essi hanno uno spessore variabile tra ca. 0,15 e ca. 0,30 metri con una potenza media valutabile in ca. 0,20 metri.

Nella seguente rappresentazione stratigrafico-geotecnica vengono illustrati, per gli orizzonti definiti in precedenza i parametri meccanici significativi dei litotipi:

SCHEMATIZZAZIONE GEOTECNICA						
Strato	Profondità (potenza)	Descrizione	γ_n [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	E _{ed} [MPa]
1	da 0 a 0,20 m (*) (0,20 m)	Orizzonte superficiale dotato di scadenti caratteristiche appresentato da sedimenti sciolti costituiti da sabbie limo-argillose e limi argilloso-limosi di colore nero, melmosi, dal tipico odore di ambiente riducente, dovuto alla decomposizione di tessuti molli frammisti a resti vegetali e frammenti di vari oggetti di origine antropica	1,60	16	0	10
2	da 0,20 m (*)	"Formazione di S. Mauro" Alternanza di marne fissili "fogliarina", marne calcaree tenere di colore grigio ed avana, scistose, in banchi e strati con intercalati banchi e strati centimetrici di arenarie quarzoso-micacee e calcari marnosi di colore grigio ed avana a comportamento litoide e livelli di siltiti e siltiti marnose scistose	2,20	34	0,29	15,84 (**)

(*) - Spessore medio sul fondale con l'esclusione delle aree a ridosso della base della banchina
 (**) - Modulo Elastico [GPa]

dove:

profondità = profondità del letto dello strato dal piano di campagna;

potenza = potenza dello strato;

γ_n = peso di volume naturale;

φ = angolo d'attrito interno;

c = coesione

E_{ed} = modulo di compressibilità edometrica

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI - STIMA DEI PARAMETRI SISMICI ED ELASTICI

Caratteristica peculiare della risposta sismica di un sito sono, oltre alle caratteristiche geolitologiche, anche i contenuti delle vibrazioni spettrali in arrivo, e la loro interazione positiva con la frequenza propria dei manufatti. Infatti, in presenza di siti costituiti da terreni capaci di attenuare il passaggio delle onde sismiche, ed in presenza di epicentri poco profondi si possono avere fenomeni di amplificazione.

Nell'“**Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni**” **D.M. del 17 gennaio 2018**, pubblicato sul S.O. della Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20/02/2018,, definiscono le regole da seguire per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni, sia in zona sismica che in zona non sismica. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica di un sito deve essere valutata sia in termini geografici (condizioni topografiche del sito) che in termini temporali (vita di riferimento della costruzione); tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- ◆ in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale.
- ◆ in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- ◆ per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di

costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, sul sito di riferimento rigido ed orizzontale, in funzione di tre parametri:

- ➔ a_g accelerazione orizzontale massima del terreno (espresso in g/10);
- ➔ F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (parametro adimensionale);
- ➔ T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in secondi).

Per la determinazione dei valori a_g , F_0 , e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti. Per l'individuazione reticolo di appartenenza del sito si potrà fare riferimento alle seguenti coordinate espresse in gradi decimali e riferite al sistema geodetico WGS84:

Longitudine: E = 14.98380264°

Latitudine: N = 40.35120237°

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2. II delle NTC, in cui vengono distinte cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E) e che possono essere individuate in base allo schema riportato nella pagina seguente.

Per la caratterizzazione sismica del sito sono state utilizzate le risultanze di un'indagine sismica superficiale del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguita dallo scrivente per un precedente lavoro nell'area immediatamente valle del sito oggetto d'intervento.

Si precisa che l'indagine fu eseguita facendo riferimento all'allora normativa vigente (**NTC 2008**). Le risultanze dell'indagine vanno, ovviamente, adeguati alle vigenti norme calcolando la velocità equivalente di cui alla formula di cui sopra.

Dall'analisi degli elaborati delle indagini sismica i cui elaborati sono riportati in calce allo studio geologico ed ai quali si rimanda si evince che ***non è stato individuato un substrato con velocità superiore ad 800 m/s fino alla profondità di 30,00 metri dal p.c., per cui il valore di $V_{s,eq}$ viene definito dal valore della $V_{s,30}$ ($H=30,00$ metri) così come calcolato nella suddetta indagine le cui risultanze sono da ritenere valide anche secondo la metodologia prescritta dalla normativa vigente (NTC 2018).***

Il valore della $V_{s,30}$ ($H=30,00$ metri) è pari a ca. 600 ms^{-1} per cui i terreni indagati appartengono alla CATEGORIA B contemplata nelle suddette norme tecniche (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).

La velocità delle onde S e delle onde P hanno consentito di risalire alla determinazione dei principali parametri elastici, riportati nella tabelle che seguono, mediante le seguenti relazioni:

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

1) coefficiente di Poisson (ν) medio:

$$\nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione al taglio (G) medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità volumetrica (E_v) medio:

$$E_{v \text{ medio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

4) modulo di elasticità o modulo di Young medio (E):

$$E_{\text{medio}} = 2 \rho V_s^2 (1-\nu)$$

dove

ρ è la densità del terreno data dal rapporto tra il peso dell'unità di volume e l'accelerazione di gravità (g)

ν è il valore medio del coefficiente di Poisson dello strato

V_P è il valore medio delle velocità delle onde P dello strato

V_S è il valore medio delle velocità delle onde S dello strato

MASW N. 1									
VALORI DEI PARAMETRI ELASTICI IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ									
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Densità [kg/mc]	Modulo di Poisson [-]	G [MPa]	E_v [MPa]	E [MPa]
1	4.00	4.00	202.05	494.93	1650.00	0.40	67.36	314.36	188.62
2	7.00	3.00	241.17	1229.71	1850.00	0.48	107.60	2654.09	318.49
3	∞	∞	352.45	1797.17	1900.00	0.48	236.03	5821.99	698.64

In base a quanto previsto dalla **Tabella 3.2.III** al **Paragrafo 3.2.2** **Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche** dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (**NTC 2018**) si fa rilevare che tutte le aree sono ascrivibili alla **categoria topografica T1** contemplata nella suddetta tabella ("**Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$** ") per la quale, in base alla Tabella 3.2.V delle suddette norme, si assume il corrispondente valore del **coefficiente di amplificazione topografica S_T** che è pari a **1**.

Si ricorda, infine, che **il territorio comunale di Agropoli (SA)** nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002, che ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale, è stato classificato a **bassa sismicità (Zona Sismica 3)** (**Figura 6**).

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Nel caso della **Zona Sismica 3** il valore di **a_g è $0,05 \leq a_g < 0,15 g$** .

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che **il territorio comunale di Agropoli (SA)** rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento è **0.075-0.100** (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50) (**Figura 7**).

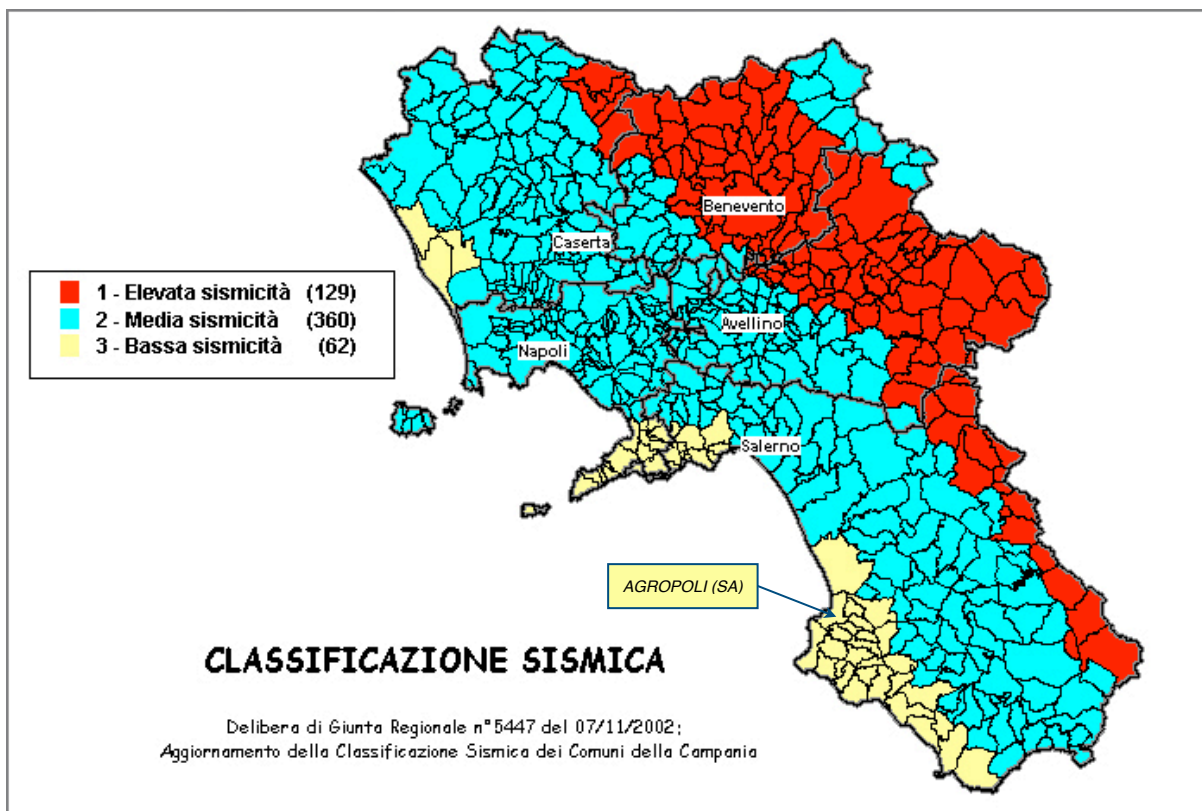


Figura 6 - Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania
 Zona 1: $a_g > 0.25g$ - Zona 2: $0.15g < a_g \leq 0.25g$ Zona 3: $0.05g < a_g \leq 0.15g$

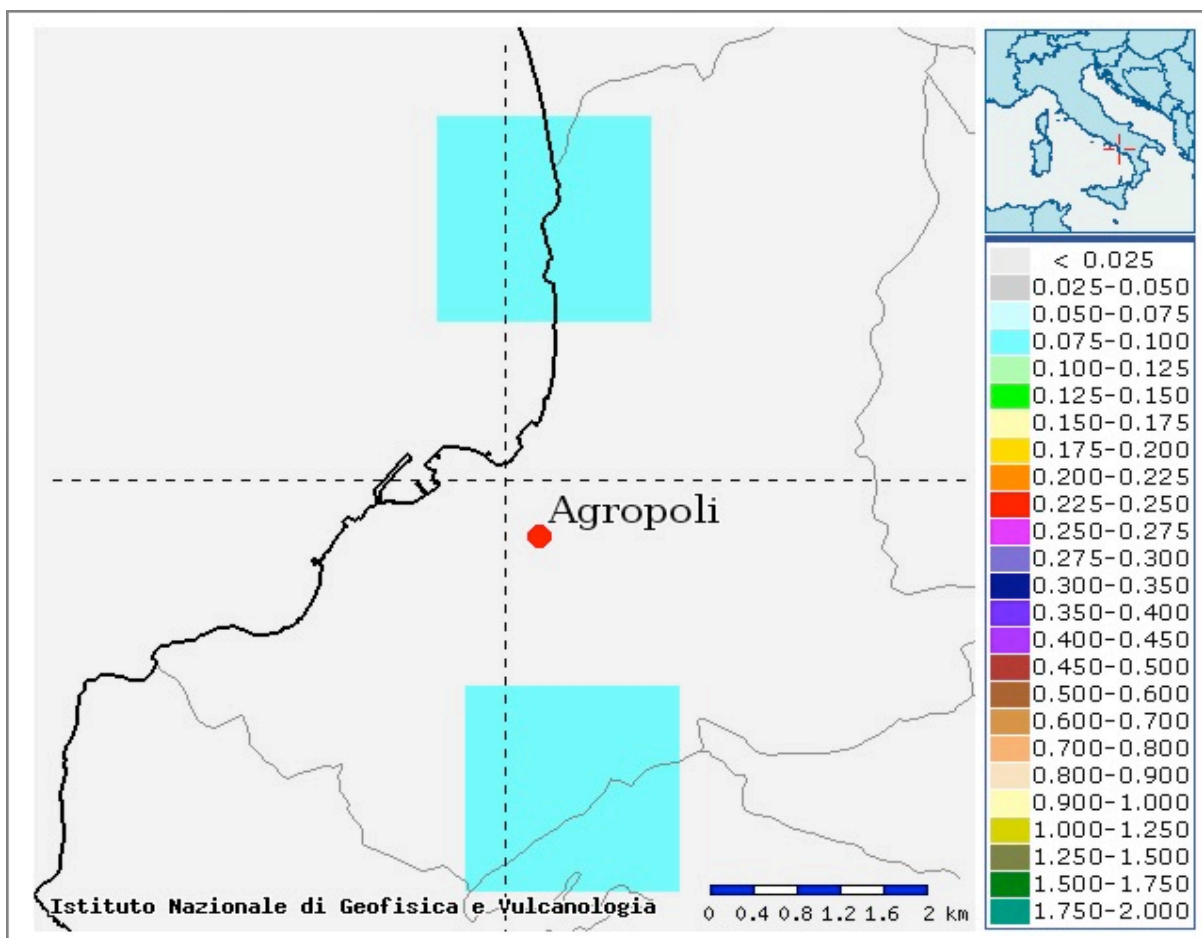


Figura 7 - Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) - Punti della griglia riferiti a parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10% e percentile 50

6.1. VERIFICA DELLE PERICOLOSITÀ DOVUTI AGLI EFFETTI COSISMICI

In relazione a possibili scenari di pericolosità, oltre a fenomeni di amplificazione locale si possono registrare veri e propri fenomeni di instabilità dei terreni. Questi insorgono, quando le forze (azioni) indotte da un terremoto superano la resistenza al taglio dei terreni provocandone la rottura. L'approccio a tale situazione reale consiste nell'individuare le condizioni di potenziale instabilità del terreno ed il margine di sicurezza rispetto a tale situazione in occasione dell'evento sismico atteso.

I terreni sottoposti a potenziale instabilità sono definiti sismicamente instabili, in cui gli sforzi ciclici indotti dal terremoto di riferimento uguagliano o superano la resistenza al taglio del terreno stesso che, non essendo in grado di trasmettere gli sforzi indotti, subisce collassi e rotture. Generalmente tali terreni sono caratterizzati da proprietà meccaniche molto scadenti, basse resistenze al taglio ed elevate deformabilità. I possibili effetti che un terremoto può provocare in un determinato sito, in rapporto alle condizioni locali sono:

- ✓ fenomeni di liquefazione in terreni granulari fini;
- ✓ fenomeni di densificazione in terreni incoerenti, nonché asciutti o parzialmente saturi;
- ✓ movimenti franosi lungo pendii;
- ✓ cedimenti in terreni argillosi soffici;
- ✓ scorrimenti e cedimenti differenziali in corrispondenza di contatti geologici o di faglie.

I fenomeni sovraelencati sono imputabili principalmente alle proprietà geotecniche dei terreni e all'interazione fra onde sismiche e natura dei depositi.

Esiste un'abbondante bibliografia, a livello nazionale ed internazionale, relativa agli effetti cosismici indotti da terremoti sia di storici che di recente accadimento, di moderata o elevata magnitudo/intensità. Oltre alla descrizione dei fenomeni ed alla ricostruzione dei meccanismi che presiedono al verificarsi di tali effetti di superficie, che corrispondono sempre a deformazioni di natura permanente del terreno e quindi a condizioni di rottura a seguito di sollecitazioni sismiche, tali studi sono volti alla definizione dell'occorrenza di ciascuna categoria di effetti in relazione a parametri quali: magnitudo dell'evento, distanza epicentrale ovvero distanza dalla linea di rottura desunta dalla distribuzione degli after-shock, accelerazione di picco (PGA), ecc..

6.1.1. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni è un fenomeno che interessa terreni con specifiche caratteristiche granulometriche e geotecniche, in condizioni di saturazione, a modesta profondità dal piano campagna ed a seguito di sollecitazioni sismiche significative.

In base a specifici studi ampiamente riportati in letteratura, le condizioni tipiche per tale fenomeno sono:

- ✓ terremoti con magnitudo $M \geq 5,5$ e con accelerazioni $a_{max} \geq 0,2 g$;
- ✓ falda idrica a profondità minore di 5,00 m dal p.c.;
- ✓ profondità dei terreni potenzialmente liquefacibili minore di 15,00 m;
- ✓ terreni ben classati con $0,05 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1,00 \text{ mm}$;
- ✓ contenuto in fini ($D < 0,074 \text{ mm}$) inferiore al 10%;
- ✓ basso grado di addensamento ($N_{SPT} < 10$ per profondità $< 10 \text{ m}$ da p.c. e $N_{SPT} < 20$ per profondità $> 10 \text{ m}$ da p.c.).

Inoltre, si deve considerare che le accelerazioni previste per il sito sono sempre inferiori al valore minimo su indicato ($a_{max} \geq 0,2 g > a_g$) e che nell'area di **Agropoli (SA)** (MELETTI C., VALENSISE G., 2004) non sono individuate aree sismogenetiche da cui attendersi terremoti con magnitudo $M \geq 5,5$ (**Figura 8**).

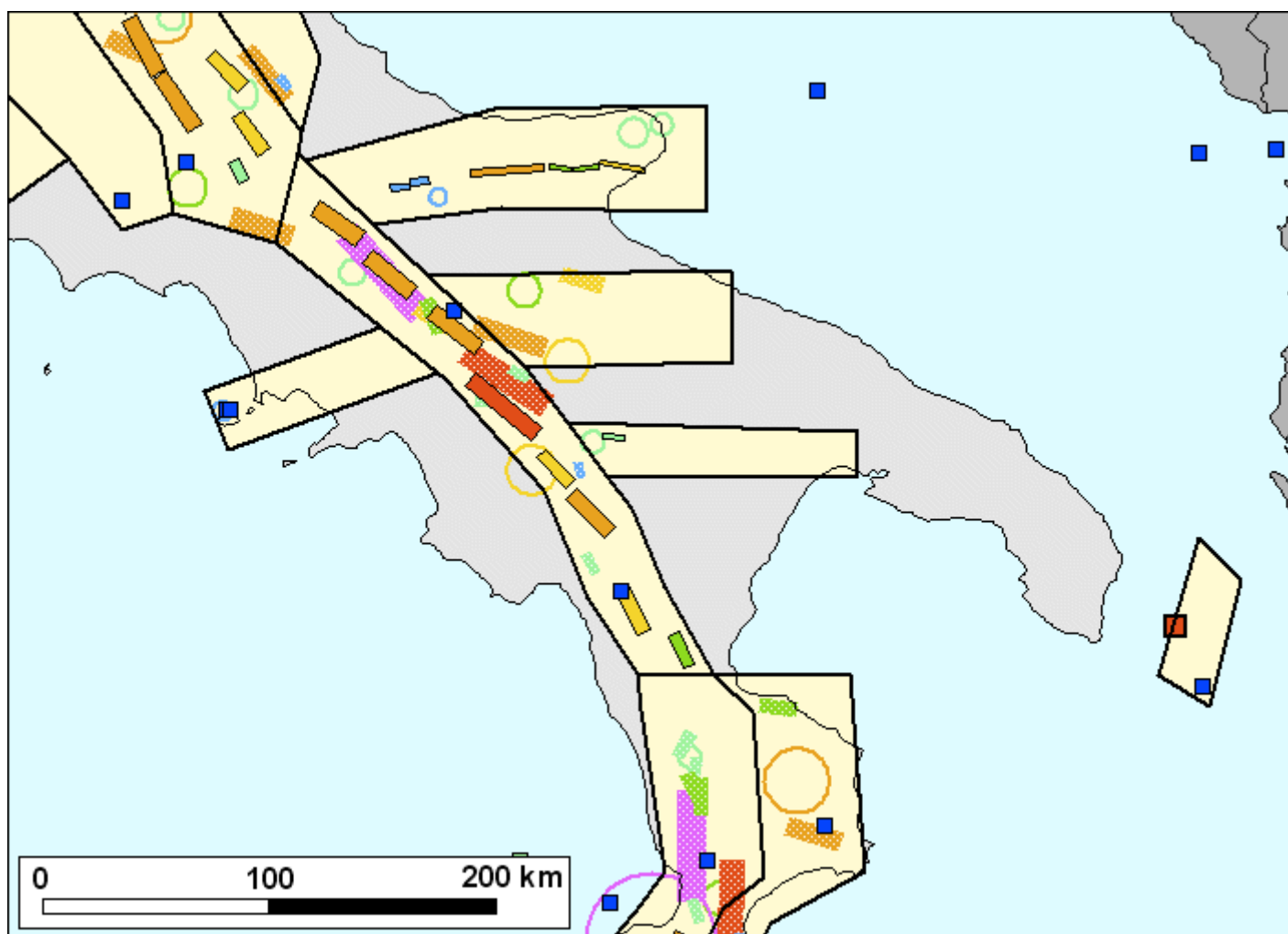


Figura 8 - Zonazione sismogenetica ZS9 per l'Appennino meridionale e l'avampaese apulo (BORDI IN NERO) A CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NEL DATABASE DISS 2.0. MELETTI C., VALENSISE G. (2004): "ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 - APP.2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO", GRUPPO DI LAVORO PER LA REDAZIONE DELLA MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA (ORD. PCM20/03/03 N. 3274) - ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA, MARZO 2004.

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa, e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata a una tensione di verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel fuso granulometrico indicato dal citato Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018) (*distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) (Figura 9) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) (Figura 10) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ dove U_c è dato dal rapporto D_{60}/D_{10} e D_{60} e D_{10} rappresentano il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa*).

Nel caso in esame la verifica a liquefazione può essere omessa in quanto ricorrono sicuramente due tra le circostanze singolarmente valide:

- ✓ eventi sismici attesi di magnitudo $M < 5$ (**Figura 8 di pag. 38**);
- ✓ accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti $a_{max} < 0,1$ g (**Figura 7 di pag. 36**);

6.1.2. DENSIFICAZIONE

Sotto l'effetto delle sollecitazioni prodotte da un terremoto, i terreni granulari asciutti subiscono una compattazione volumetrica, nota come densificazione. Le conseguenze principali legate a tale fenomeno consistono in un miglioramento delle caratteristiche dinamiche del terreno (con aumento del modulo di taglio e diminuzione del coefficiente di smorzamento), a cui è associato un abbassamento del livello topografico del deposito. I parametri principali che maggiormente influenzano tale fenomenologia sono la densità relativa, l'ampiezza della deformazione di taglio, il numero di cicli di carico e lo stato di sollecitazione in sito.

Nel sottosuolo del sito di specifico interesse non sono stati riscontrati terreni granulari asciutti che possano subire fenomeni di compattazione volumetrica.

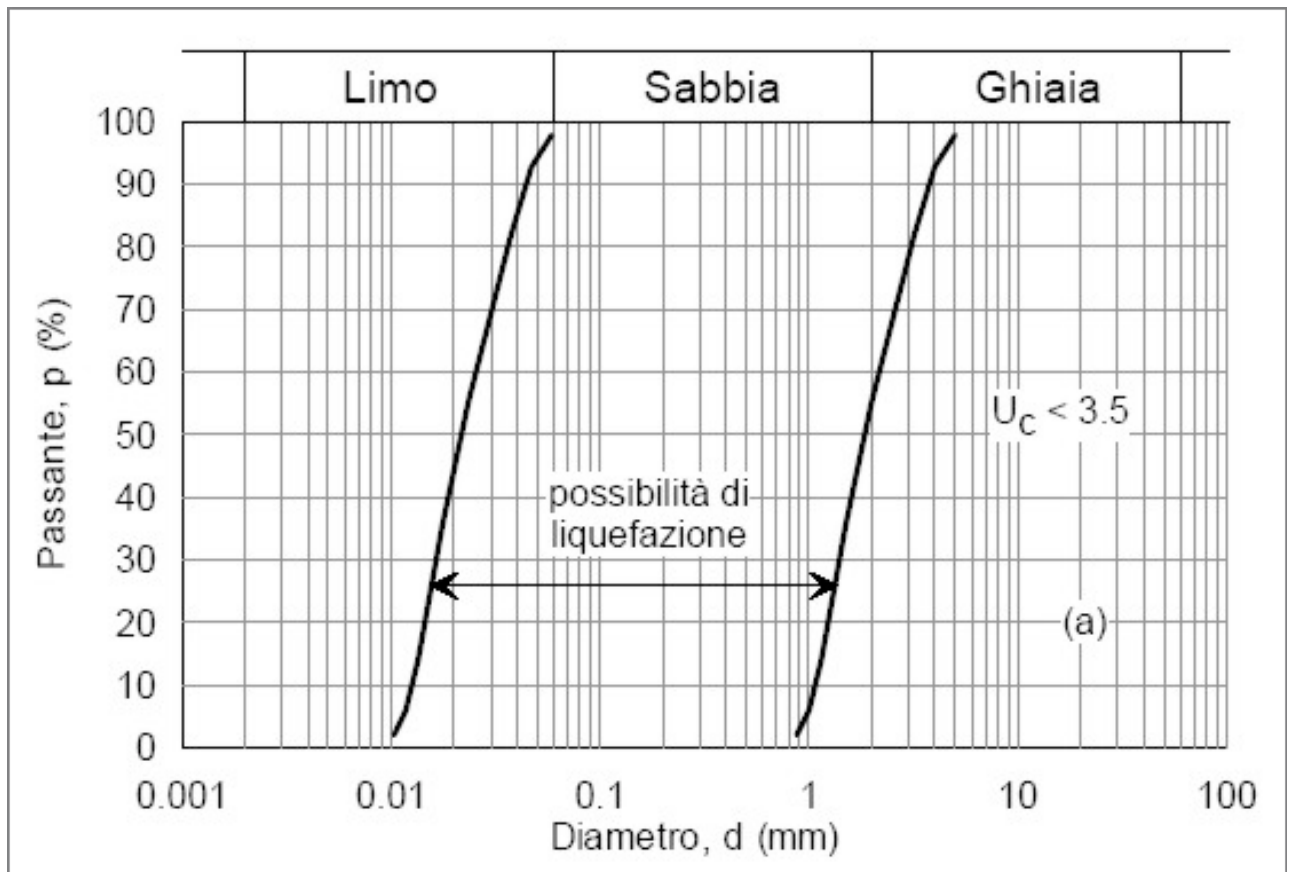


Figura 9 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ($U_c < 3,5$)

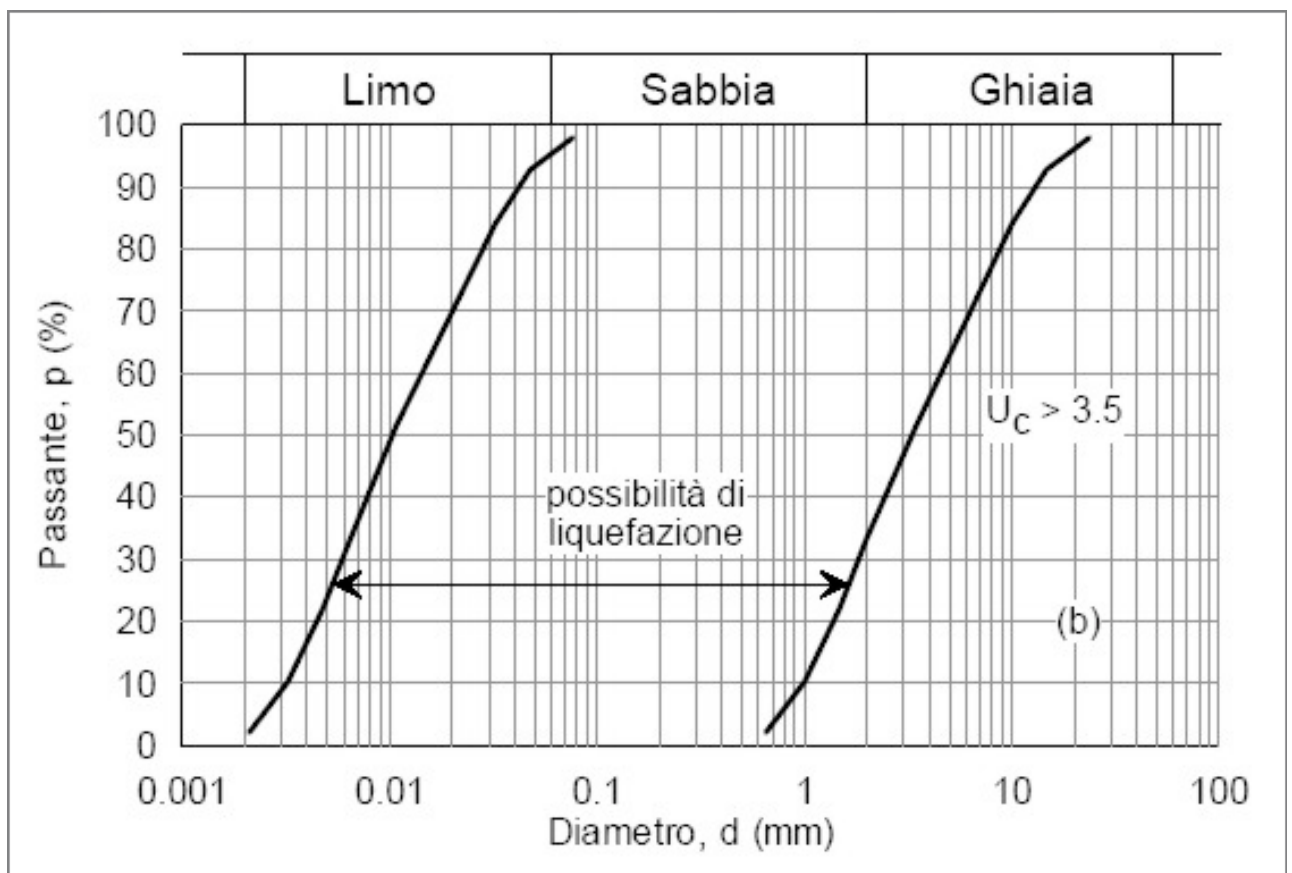


Figura 10 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione ($U_c > 3,5$)

7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto a corredo del progetto corredo del progetto **“ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI”**.

Scopo del presente lavoro è stato di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni oggetto delle operazioni di escavo e di verificare la geometria della fondazione del tratto di banchina che verrà interessato dagli interventi.

A tale scopo è stata programmata un'opportuna campagna di indagini geognostiche consistenti in sondaggi a carotaggio continuo a terra ed a mare, sondaggi speditivi sul fondale per una stima attendibile, e per quanto possibile diffusa, degli spessori dei sedimenti di copertura della formazione di base eseguiti con asta graduata metallica e prelievo di campioni di sedimenti per le successive analisi chimiche.

Il sondaggio a carotaggio continuo S1 è stato eseguito sulla banchina ed ha consentito di determinare la geometria della struttura fondale dell'opera. Come evidenziato nella stratigrafia, la fondazione si approfondisce fino alla profondità di -3,50 metri dall'estradosso. Poiché quest'ultimo è ubicato a quota +0,70 metri rispetto al livello medio del mare ne consegue che il piano di appoggio giace ad una quota di -2,80 metri dal fondale marino.

Dalla descrizione delle stratigrafie dei sondaggi, nonché dall'osservazione diretta e dal rilevamento geologico eseguiti, emerge che la sequenza litostratigrafica dell'area oggetto d'intervento può essere schematizzata in due orizzonti principali.

Un primo orizzonte, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche, è rappresentato da uno strato superficiale di sedimenti sciolti costituiti da sabbie limo-argillose e limi argilloso-limosi di colore nero, melmosi, dal tipico odore di ambiente riducente, dovuto alla decomposizione di tessuti molli frammisti a resti vegetali e frammenti di vari oggetti di origine antropica. Esso ricopre la formazione di base (FORMAZIONE DI SAN MAURO) costituita dall'alternanza di marne fissili “fogliarina”, marne calcaree tenere di colore grigio ed avana, scistose, in banchi e strati con intercalati banchi e strati centimetrici di arenarie quarzoso-micacee e calcari marnosi di colore grigio ed avana a comportamento litoide e livelli di siltiti e siltiti marnose scistose.

La distribuzione dei sedimenti sciolti sul fondale è piuttosto variabile. In generale alla base della banchina essi hanno una potenza variabile tra 0,90 metri (Sondaggio S3) e 2,00 metri (Sondaggio S2) ed il loro spessore subisce una rapida diminuzione già ad una distanza di ca. 1,00÷1,50 metri da essa. Da qui, in tutta la restante porzione dell'area d'intervento, essi hanno uno spessore variabile tra ca. 0,15 e ca. 0,30 metri con una potenza media valutabile in ca. 0,20 metri.

Con riferimento alle caratteristiche geomeccaniche della formazione rocciosa si fa rilevare che la disgregazione delle carote non ha consentito di prelevare spezzoni di roccia idonei ad essere

analizzati in laboratorio geotecnico.

Per completezza, è stata riportata una classificazione dell'ammasso roccioso eseguito dallo scrivente in un'area adiacente su una porzione di versante in cui affiorano prevalentemente banchi di marne e marne calcaree.

Ad ogni modo, emerge chiaramente che la formazione è costituita dall'alternanza di rocce tenere (marne e marce calcaree) e rocce tenaci a comportamento litoide (arenarie e calcari marnosi). Il loro rapporto è variabile sia in senso laterale che verticale. Allo stato attuale è possibile fare una valutazione della percentuale in volume tra le due basandosi sulle risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti a terra ed a mare e correlando i dati con le indagini pregresse utilizzate nonché con le evidenze riscontrabili nelle pareti rocciose nell'immediato intorno dell'area d'intervento in cui la formazione è in affioramento.

In definitiva appare ragionevole e cautelativo, in questa fase, attribuire una percentuale del 60% alle rocce tenere e del 40% alle rocce a comportamento litoide e sub-litoide.

Resta inteso ovviamente che quanto supposto necessariamente dovrà essere oggetto di verifica e confermato in fase esecutiva delle opere.

Il sottoscritto si riserva di eseguire qualsiasi indagine in sito e/o di laboratorio qualora in fase di realizzazione dei lavori previsti dovessero presentarsi situazioni non previste nella presente relazione.

Si rimane a disposizione della Direzione Lavori per eventuali consultazioni in fase di esecuzione dell'opera.

Tanto dovevasi per incarico ricevuto.

Il geologo
dott. Lucio Gnazzo

ALLEGATI

1 - CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

2 - CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

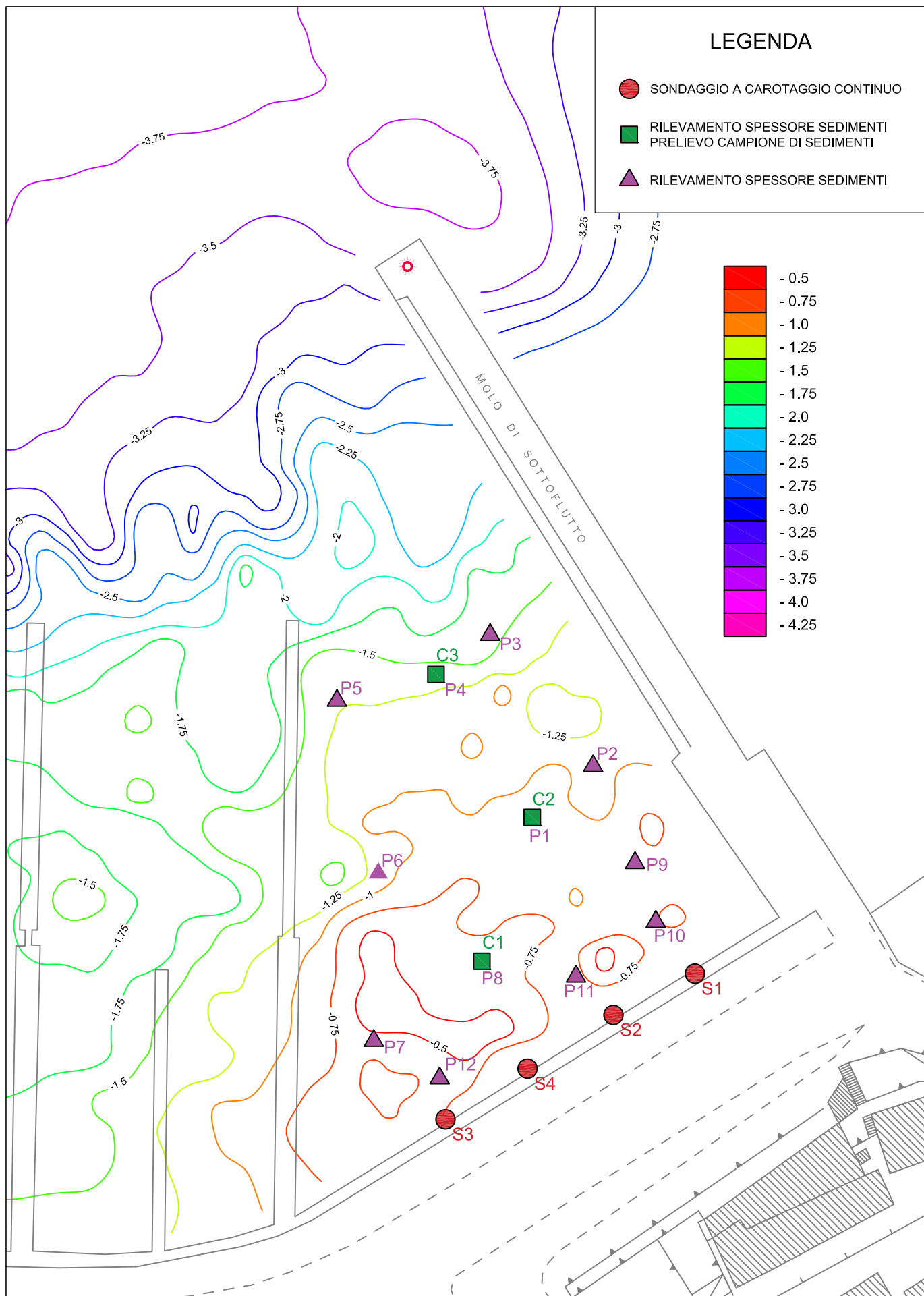
ALLEGATO N. 1

CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI

STRATIGRAFIE SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DEI SONDAGGI A CAROTTAGGIO CONTINUO E DEI PUNTI DI RILEVAMENTO DELLO SPESSORE E DI CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI SUL FONDALE
SCALA 1:1000

COMUNE DI AGROPOLI
PROVINCIA DI SALERNO

SONDAGGIO S1

ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI

il rilevatore
dott. geol. Lucio Gnazzo

Data inizio 23/11/2020	Località	Comune	Quota s.l.m.	Coordinate UTM WGS 84	Metodo di perforazione	Diametro perforazione	Rivestimento	Impresa esecutrice GEO CAMPANIA S.r.l. Nocera Inferiore (SA)
Data fine 23/11/2020	Porto turistico	Agropoli	0,70 m	E 498661 N 4466722	Sondaggio a carotaggio continuo	101 mm	SI	

Scala 1:50	Stratigrafia	Profondità	Potenza	Quota	Descrizione	S.P.T.				Pocket Pen.	Vante Test	R.Q.D.				Campioni	Granulometria				Cassetta	Tubo aperto	Falda
						10	20	30	40			20	40	60	80		20	40	60	80			
		0.30	0.30	0.40	Strato superficiale di calcestruzzo alterato e facilmente disgregabile																		
1																							
2			3.20		Calcestruzzo tenace a comportamento litoide																		
3																							
4		3.50		-2.80	Strati di arenarie quarzoso-micacee fratturate e calcari marnosi a comportamento litoide e sub-litoide														1				
5			1.20		intercalati a siltiti marnose scistose di colore grigio (dilavate dall'acqua di raffreddamento)																		
6				-4.00																			
7		4.70																					
8			1.70																				
9				-5.70																			
10		6.40	0.40	-6.10																			
11		6.80			Marne e marne calcaree tenere di colore grigio, scistose, in banchi con intercalati strati decimetrici di arenarie quarzoso micacee di colore grigio ed avana a comportamento litoide														2				
			2.20																				
				-8.30																			
		9.00	0.20	-8.50																			
		9.20																					
			1.80																				
				-10.30																			
		11.00																					

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1
SCALA 1:50

COMUNE DI AGROPOLI
PROVINCIA DI SALERNO

SONDAGGIO S2

ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI

il rilevatore
dott. geol. Lucio Gnazzo

Data inizio 26/11/2020	Località	Comune	Quota s.l.m.	Coordinate UTM WGS 84	Metodo di perforazione	Diametro perforazione	Rivestimento	Impresa esecutrice GEO CAMPANIA S.r.l. Nocera Inferiore (SA)
Data fine 26/11/2020	Porto turistico	Agropoli	0,00 m	E 498645 N 4466714	Sondaggio a carotaggio continuo	101 mm	SI	

Scala 1:25	Stratigrafia	Profondità	Potenza	Quota	Descrizione	S.P.T.				Pocket Pen.	Vante Test	R.Q.D.				Campioni	Granulometria				Cassetta	Tubo aperto	Falda
						10	20	30	40			20	40	60	80		20	40	60	80			
			1.20		Acqua																		
1			1.20	-1.20	Sedimenti sciolti costituiti da sabbie limo-argillose e limi argilloso-limosi di colore nero, melmosi, dal tipico odore di ambiente riducente, dovuto alla decomposizione di tessuti molli frammisti a resti vegetali e frammenti di vari oggetti di origine antropica																		
2			2.00																				
3			3.20	-3.20	Strato di arenaria quarzoso-micacea di colore grigio a comportamento litolde																		
			0.30		Marna e marna calcarea tenere di colore grigio, scistose																		
			3.50	-3.50																			
4			0.70																				
			4.20	-4.20																			

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2
SCALA 1:25

COMUNE DI AGROPOLI
PROVINCIA DI SALERNO

SONDAGGIO S3

ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI

il rilevatore
dott. geol. Lucio Gnazzo

Data inizio 26/11/2020	Località	Comune	Quota s.l.m.	Coordinate UTM WGS 84	Metodo di perforazione	Diametro perforazione	Rivestimento	Impresa esecutrice GEO CAMPANIA S.r.l. Nocera Inferiore (SA)
Data fine 26/11/2020	Porto turistico	Agropoli	0,00 m	E 498612 N 4466694	Sondaggio a carotaggio continuo	101 mm	SI	

Scala 1:25	Stratigrafia	Profondità	Potenza	Quota	Descrizione	S.P.T.				Pocket Pen.	Vante Test	R.Q.D.				Campioni	Granulometria				Cassetta	Tubo aperto	Falda
						10	20	30	40			20	40	60	80		20	40	60	80			
	1	1.10			Acqua																		
	2	1.10 0.90		-1.10	Sedimenti sciolti costituiti da sabbie limo-argillose e limi argilloso-limosi di colore nero, melmosi, dal tipico odore di ambiente riducente, dovuto alla decomposizione di tessuti molli frammentati a resti vegetali e frammenti di vari oggetti di origine antropica																		
	3	2.00		-2.00	Marna e marna calcaree tenere di colore grigio, scistose, in banchi con intercalati strati centimetrici di arenarie quarzoso micacee e calcari marnosi di colore grigio ed avana a comportamento litoide														1				
	4	4.10		-4.10																			

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S3
SCALA 1:25

COMUNE DI AGROPOLI
PROVINCIA DI SALERNO

SONDAGGIO S4

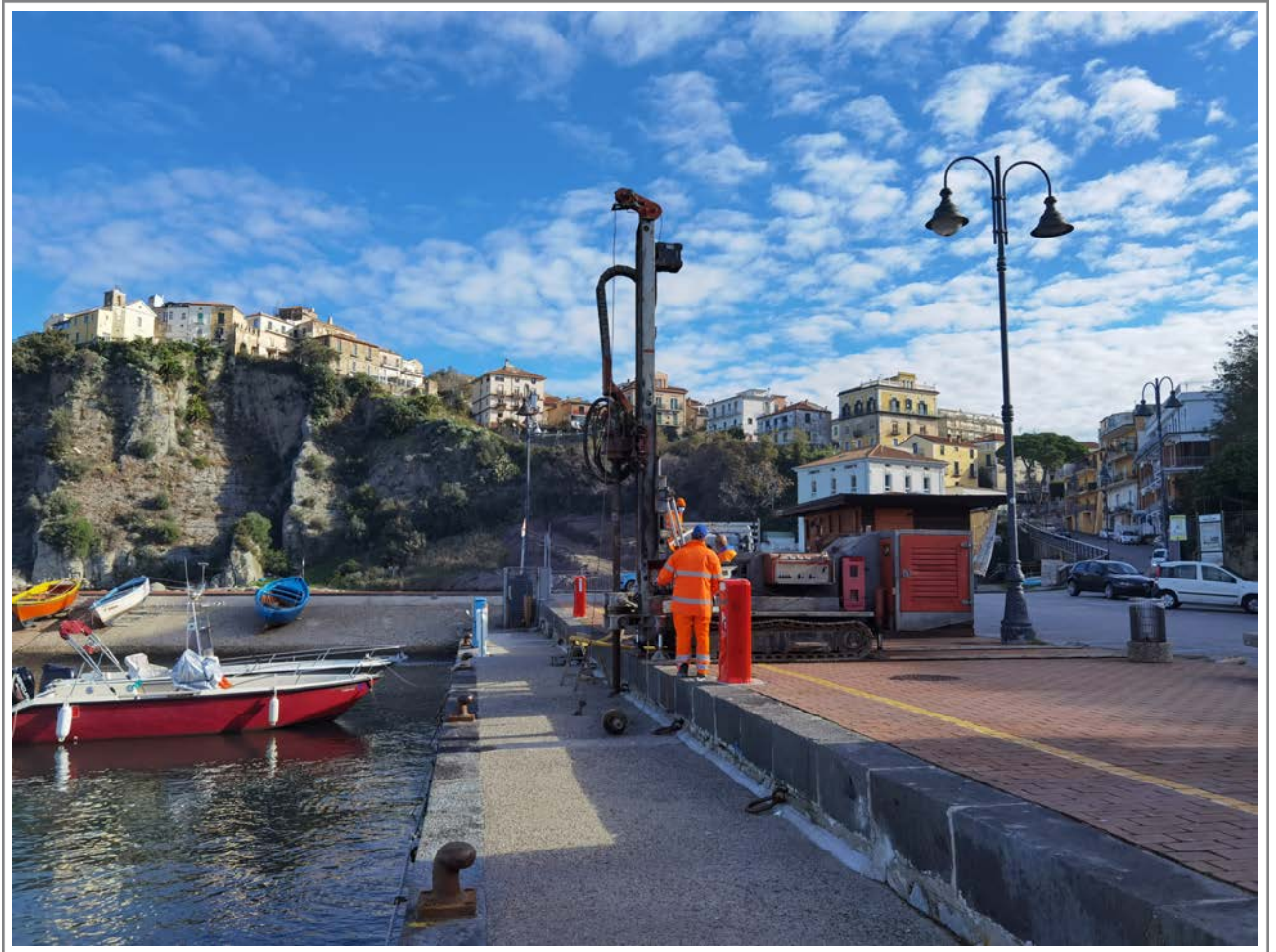
ESCAVO DEI FONDALI DEL PORTO DI AGROPOLI

il rilevatore
dott. geol. Lucio Gnazzo

Data inizio 26/11/2020	Località	Comune	Quota s.l.m.	Coordinate UTM WGS 84	Metodo di perforazione	Diametro perforazione	Rivestimento	Impresa esecutrice GEO CAMPANIA S.r.l. Nocera Inferiore (SA)
Data fine 26/11/2020	Porto turistico	Agropoli	0,00 m	E 498628 N 4466704	Sondaggio a carotaggio continuo	101 mm	SI	

Scala 1:25	Stratigrafia	Profondità	Potenza	Quota	Descrizione	S.P.T.				Pocket Pen.	Vante Test	R.Q.D.				Campioni	Granulometria				Cassetta	Tubo aperto	Falda
						10	20	30	40			20	40	60	80		20	40	60	80			
			1.35		Acqua																		
1			1.35	-1.35	Sedimenti sciolti costituiti da sabbie limo-argillose e limi argilloso-limosi di colore nero, melmosi, dal tipico odore di ambiente riducente, dovuto alla decomposizione di tessuti molli frammati a resti vegetali e frammenti di vari oggetti di origine antropica																		
2		1.10																					
			0.20	-2.45	Strato di arenaria quarzoso-micacea di colore grigio a comportamento litoide																		
			2.65	-2.65	Marne e marne calcaree tenere di colore grigio, scistose, in banchi con intercalati strati centimetrici di arenarie quarzoso micacee e calcari marnosi di colore grigio ed avana a comportamento litoide																		
3			1.70																				
4			4.35	-4.35																			

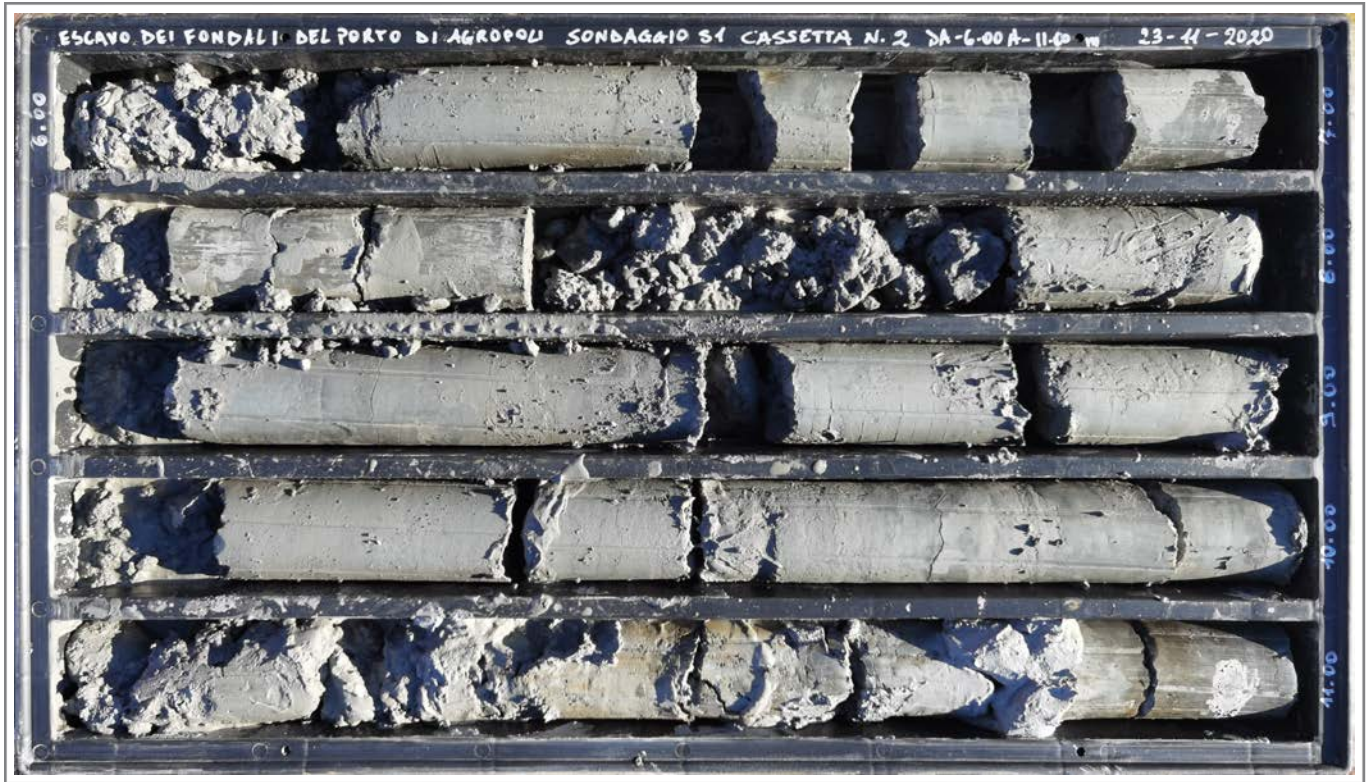
STRATIGRAFIA SONDAGGIO S4
SCALA 1:25



Ubicazione Sondaggio S1



Sondaggio S1 - Cassetta n.1 - da 0,00 a -6,00 metri



Sondaggio S1 - Cassetta n.1 - da 0,00 a -5,00 metri



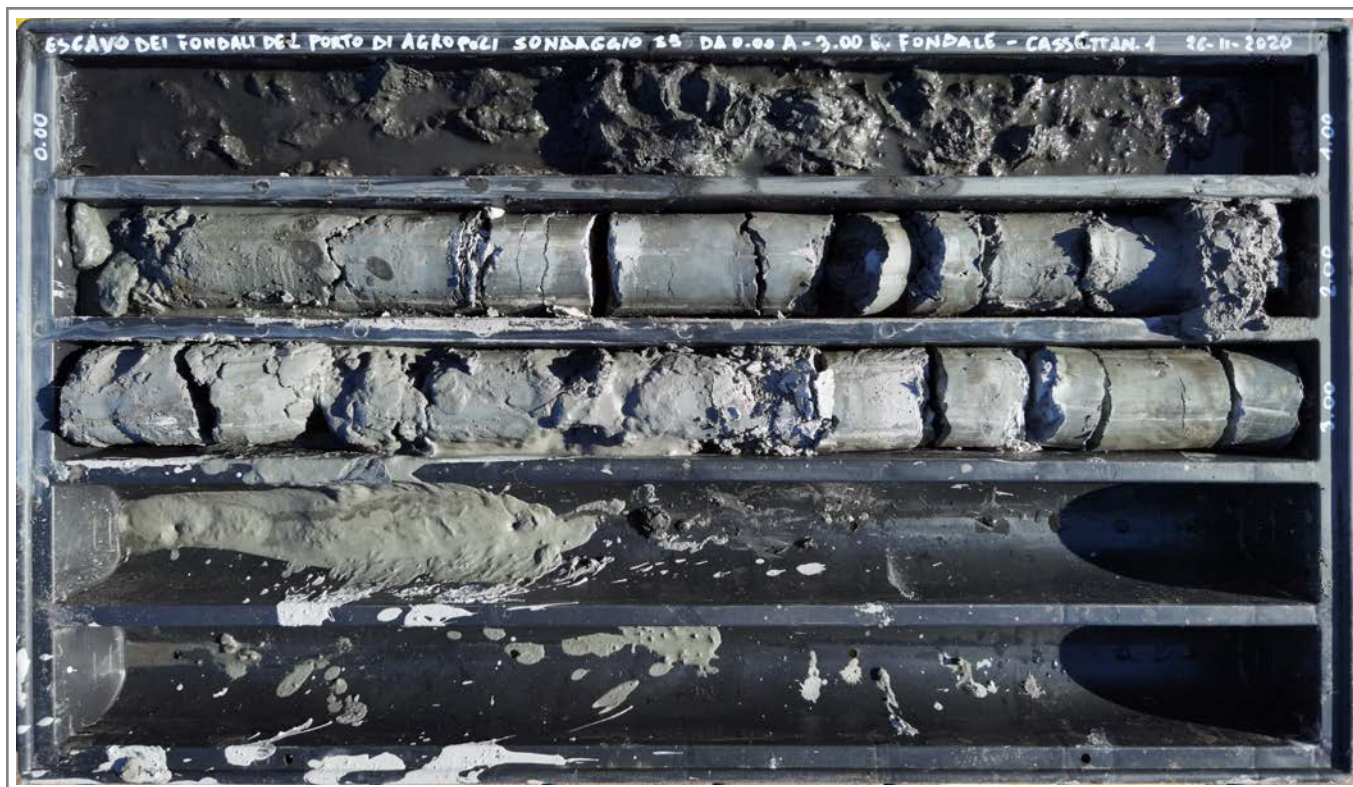
Ubicazione Sondaggio S2



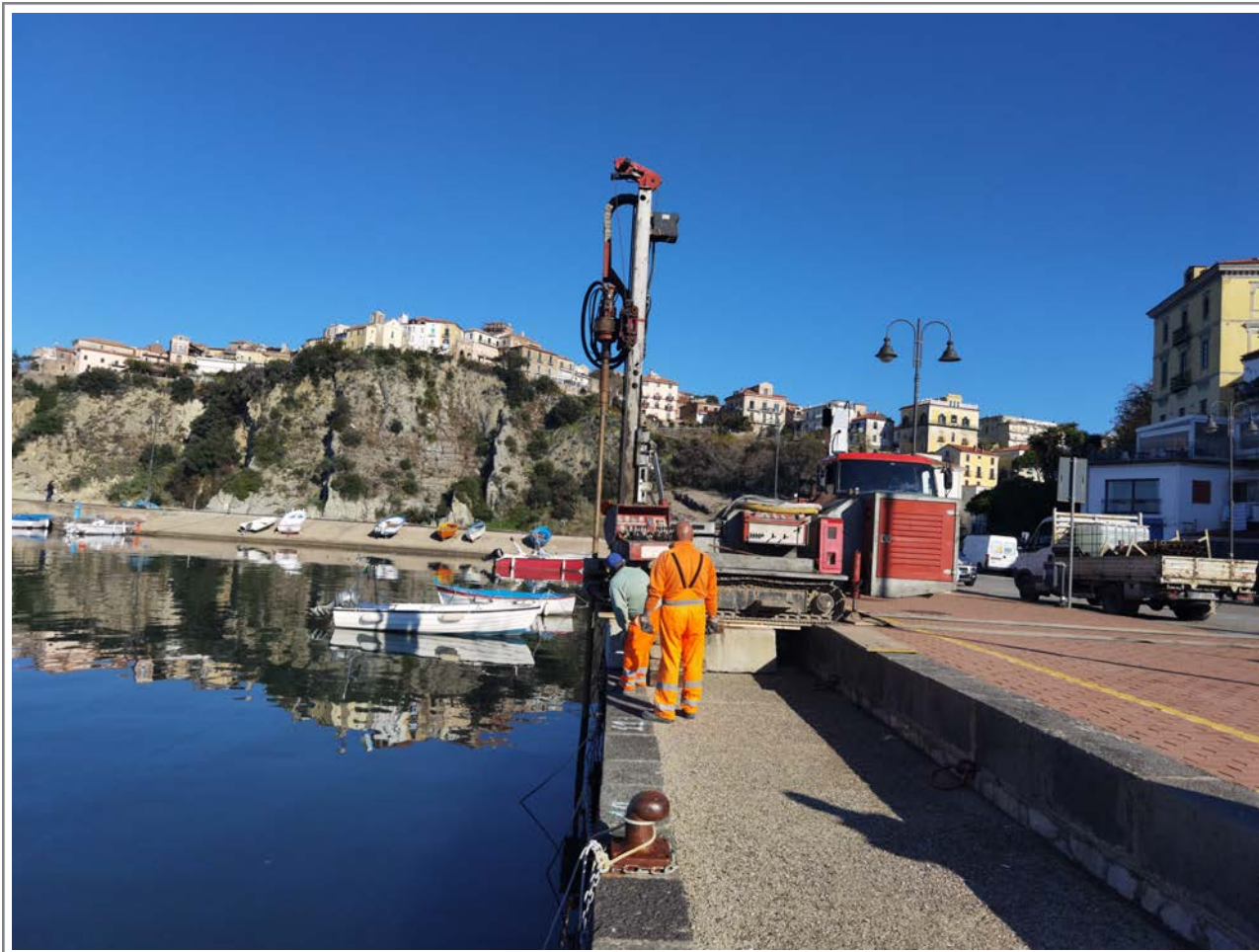
Sondaggio S2 - Cassetta n.1 - da 0,00 a -3,00 metri



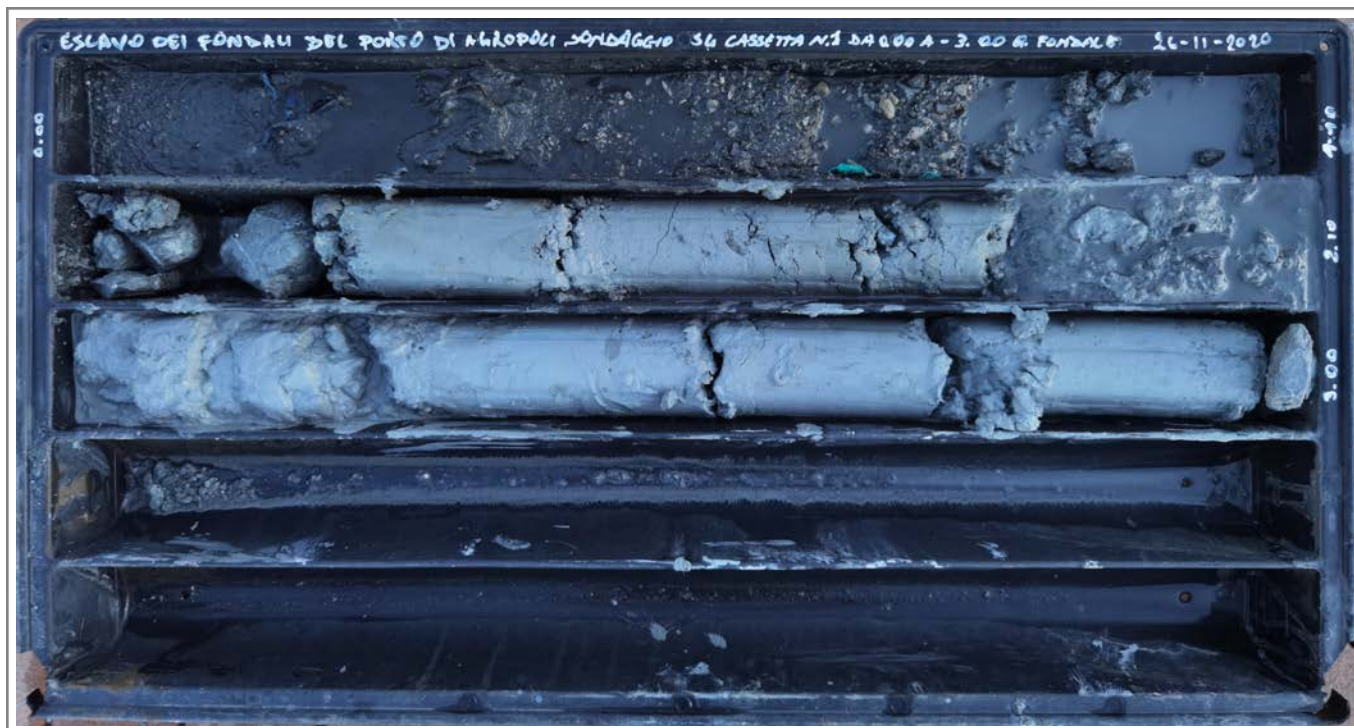
Ubicazione Sondaggio S3



Sondaggio S3 - Cassetta n.1 - da 0,00 a -3,00 metri



Ubicazione Sondaggio S4



Sondaggio S4 - Cassetta n.1 - da 0,00 a -3,00 metri

ALLEGATO N. 2
CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

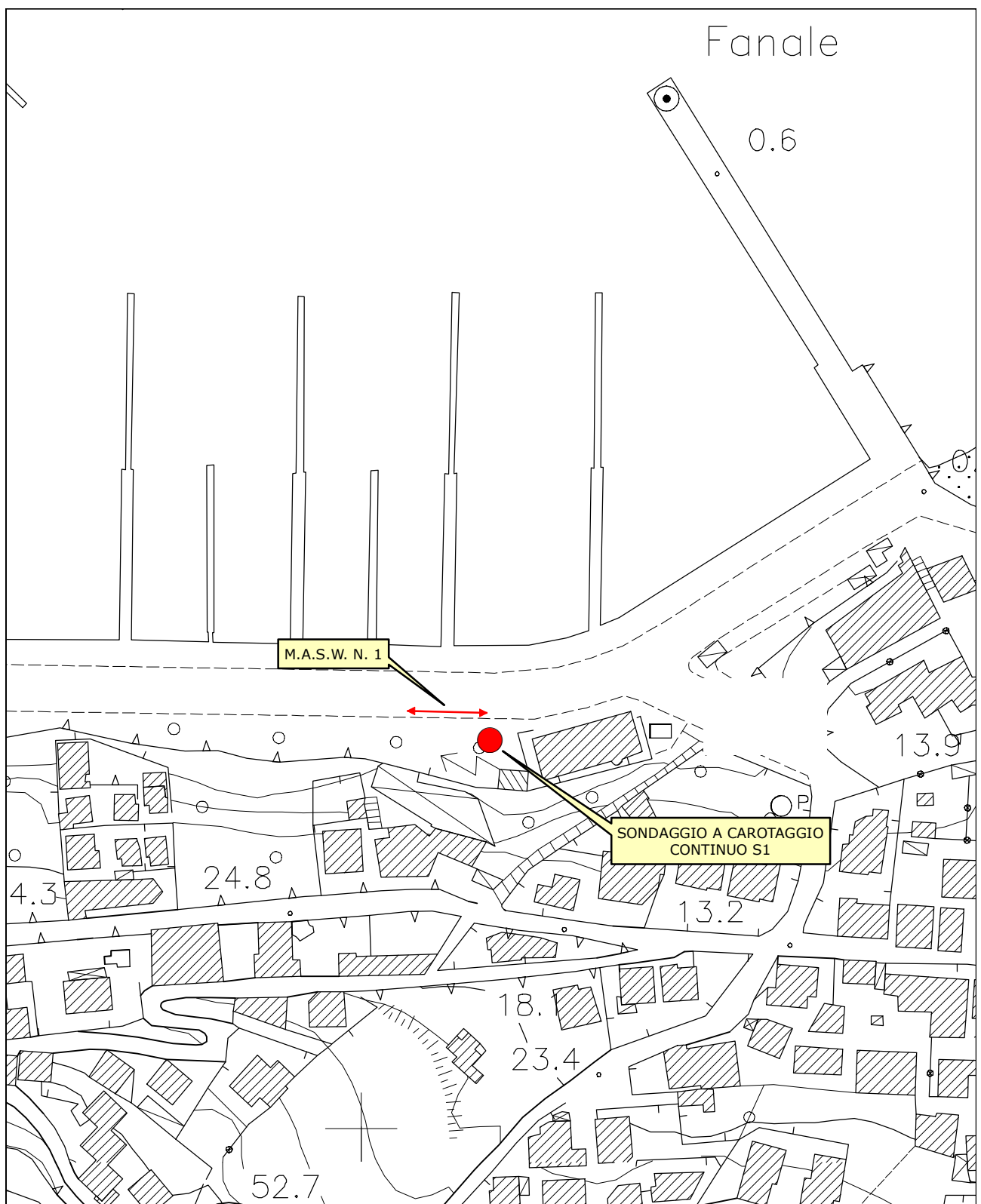


Figura 4 - Area porto - Planimetria ubicazione indagini geognostiche
Scala 1:2000

COMUNE DI AGROPOLI
LAVORI DI COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO
PERIZIA DI VARIANTE

SONDAGGIO S1
il rilevatore
dott. geol. Lucio Gnazzo

Data inizio 16/11/2015	Località	Comune	Quota s.l.m.	Coordinate UTM WGS 84	Metodo di perforazione	Diametro perforazione	Rivestimento	Impresa esecutrice TRIVELLAZIONI CUPO di Cupo Gerardo Palomonte (SA)
Data fine 16/11/2015	Porto turistico	Agropoli (SA)	1,75 m	E 498545 N 4466636	Sondaggio a carotaggio continuo	101 mm	SI	

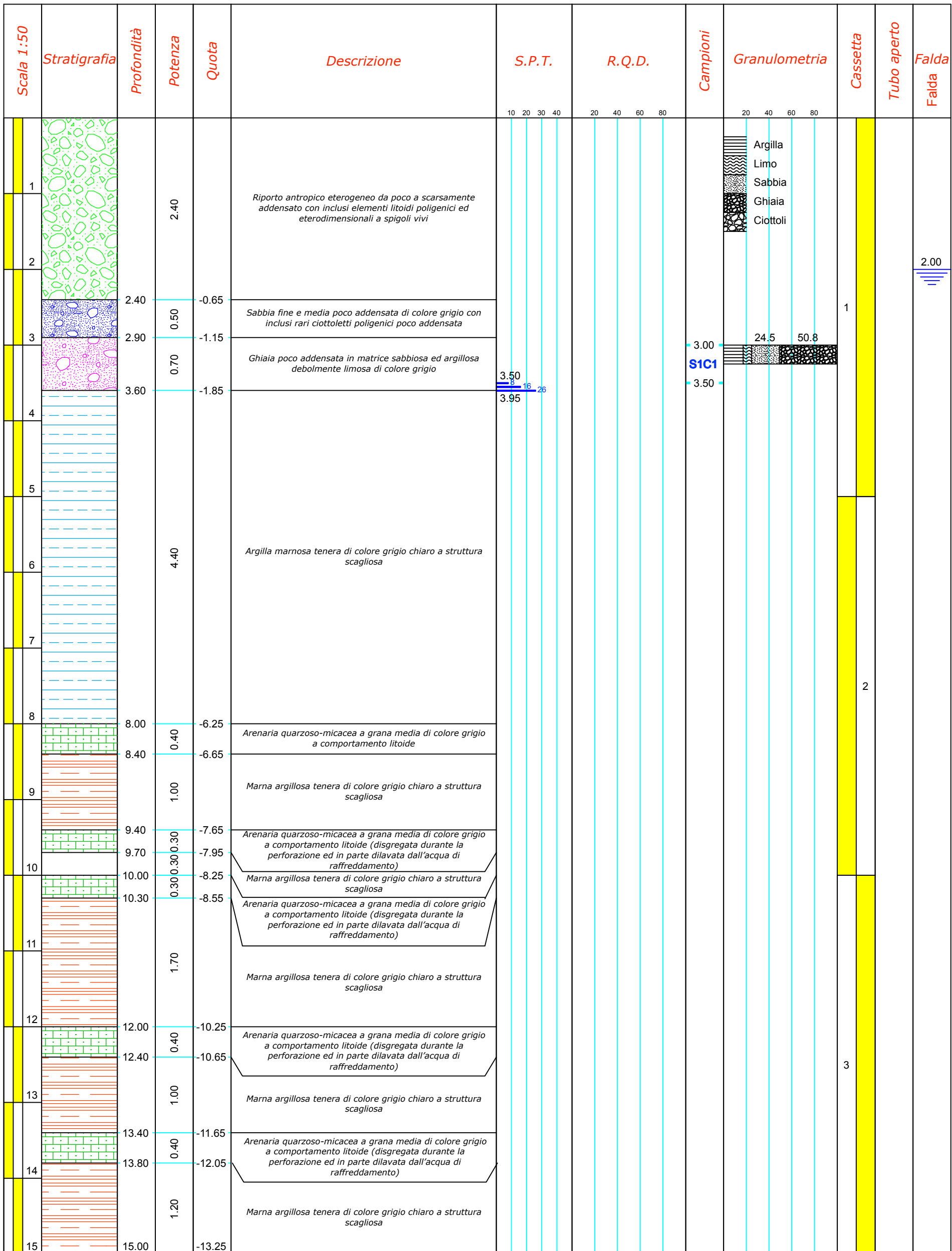


FIGURA 6 - STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1 - AREA PORTO
SCALA 1:50

4.3. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Nelle tabelle che seguono viene fornita una rappresentazione stratigrafico-geotecnica e vengono illustrati i parametri meccanici significativi degli orizzonti riscontrati nel corso dei 2 sondaggi la cui successione è raffigurata graficamente nelle stratigrafie delle **Figure 6 e 7** riportate nelle pagine seguenti.

AREA PORTO SONDAGGIO S1 SCHEMATIZZAZIONE GEOTECNICA						
Strato	Profondità (potenza)	Descrizione	γ_n [g/cm ³]	ϕ [°]	c [kg/cm ²]	E_{ed} [kg/cm ²]
1	da 0,00 a 2,40 m (2,40 m)	<i>Riporto antropico eterogeneo da poco a scarsamente addensato con inclusi elementi litoidi poligenici ed eterodimensionali a spigoli vivi</i>	1.650	21	0.00	30
2	da 2,40 a 2,90 m (0,50 m)	<i>Sabbia fine e media poco addensata di colore grigio con inclusi rari ciottolotti poligenici poco addensata</i>	1.850	26	0.02	45
3	da 2,90 a 3,60 (0,70 m)	<i>Ghiaia poco addensata in matrice sabbiosa ed argillosa debolmente limosa di colore grigio</i>	1,730	26	0.03	42
4	da 3,60 a 8,00 (4,40 m)	<i>Argilla marnosa tenera di colore grigio chiaro a struttura scagliosa</i>	2.000	32	0.00	140
5	da 8,00 a 8,40 (0,40 m)	<i>Arenaria quarzoso-micacea a grana media di colore grigio a comportamento litoide</i>	2.200	45	0.00	800
6	da 8,40 a 9,40 (1,00 m)	<i>Marna argillosa tenera di colore grigio chiaro a struttura scagliosa</i>	2.000	32	0.00	140
7	da 9,40 a 9,70 (0,30 m)	<i>Arenaria quarzoso-micacea a grana media di colore grigio a comportamento litoide (disgregata durante la perforazione ed in parte dilavata dall'acqua di raffreddamento)</i>	2.200	45	0.00	800
8	da 9,70 a 10,00 (0,30 m)	<i>Marna argillosa tenera di colore grigio chiaro a struttura scagliosa</i>	2.000	32	0.00	140
9	da 10,00 a 10,30 (0,30 m)	<i>Arenaria quarzoso-micacea a grana media di colore grigio a comportamento litoide (disgregata durante la perforazione ed in parte dilavata dall'acqua di raffreddamento)</i>	2.200	45	0.00	800
10	da 10,30 a 12,00 (1,70 m)	<i>Marna argillosa tenera di colore grigio chiaro a struttura scagliosa</i>	2.000	32	0.00	140
11	da 12,00 a 12,40 (0,40 m)	<i>Arenaria quarzoso-micacea a grana media di colore grigio a comportamento litoide (disgregata durante la perforazione ed in parte dilavata dall'acqua di raffreddamento)</i>	2.200	45	0.00	800
12	da 12,40 a 13,40 (1,00 m)	<i>Marna argillosa tenera di colore grigio chiaro a struttura scagliosa</i>	2.000	32	0.00	140
13	da 13,40 a 13,80 (0,40 m)	<i>Arenaria quarzoso-micacea a grana media di colore grigio a comportamento litoide (disgregata durante la perforazione ed in parte dilavata dall'acqua di raffreddamento)</i>	2.200	45	0.00	800
14	da 13,80 a 15,00 (1,20 m)	<i>Marna argillosa tenera di colore grigio chiaro a struttura scagliosa</i>	2.000	32	0.00	140

COMMITTENTE:	Geologo Capo Marco		
RIFERIMENTO:	Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovvia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)		
SONDAGGIO:	S1	CAMPIONE:	C1
		PROFONDITA':	m 3,00-3,40

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	12,3	%
Peso di volume	17,3	kN/m ³
Peso di volume secco	15,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,4	kN/m ³
Peso specifico	2,66	
Indice dei vuoti	0,693	
Porosità	40,9	%
Grado di saturazione	46,9	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		%
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	50,8	%
Sabbia	24,5	%
Limo	7,4	%
Argilla	17,3	%
D 10		mm
D 50	5,247385	mm
D 60	16,341570	mm
D 90	81,953450	mm
Passante set. 10	42,7	%
Passante set. 40	33,0	%
Passante set. 200	24,7	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
σ_{Rim}	kPa

SCISSOMETRO

τ	kPa
τ	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
C	3,2	kPa
ϕ	25,8	°
CRes		kPa
ϕ_{Res}		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C _d	kPa	ϕ_d	°
	C' _{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
C.U.	C _{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
	C _u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C _v cm ² /sec	k cm/sec
6,1 ÷ 12,3	868	---	---
12,3 ÷ 24,5	896	---	---
24,5 ÷ 49,0	1474	0,003557	2,37E-07
49,0 ÷ 98,1	2435	0,002498	1,01E-07
98,1 ÷ 196,2	4148	0,002117	5,01E-08
196,2 ÷ 392,3	7318	---	---
392,3 ÷ 784,6	13363	---	---
784,6 ÷ 1569,3	24395	---	---

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Over Consolidation Ratio = 1,03

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove GR CF ED TD	cm	R _p kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0		
	10	60	
	20	80	
	30	70	
	40	40	Ghiaia (e), ad elementi subangolari a forma discoidale (L _{max} = 10 cm), sabbioso-argillosa debolmente limosa, di colore grigio, moderatamente consistente e a struttura caotica. Reagente all'HCl MUNSELL SOIL COLOR CHARTS: Gley 1 Dark Greenish Gray 4/1 10GY

693-15



DEFINIZIONI ADOTTATE PER LA DESCRIZIONE DEI CAMPIONI

CONSERVAZIONE ED APERTURA DEI CAMPIONI

Dopo il controllo dei dati identificativi, i campioni ricevuti sono stati ricoverati in camera climatica in cui temperatura e umidità relativa vengono mantenute costanti rispettivamente a 20°C e oltre 85 %.

Per ogni campione aperto sono stati rilevati i dati identificativi (sondaggio e numero d'ordine progressivo). Il modulo di prova è stato quindi compilato con data di consegna, data di apertura e con ogni altra informazione disponibile riguardo le modalità di campionamento. Per tutti i campioni in fustella esaminati è stata adottata l'estrusione orizzontale: con un estrusore pneumatico, provvisto di variatore di pressione e di teste intercambiabili in funzione del diametro interno del carotiere, il campione è stato estratto in una singola corsa e depositato su un banco posto allo stesso livello del bordo della fustella; dopo una cauta scorticazione del terreno per liberarlo dal velo costituito dal fango di perforazione è stata ottenuta una ripresa fotografica.

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La descrizione del campione, riportata sul "Modulo Riassuntivo", raccoglie tutte le indicazioni desunte dall'osservazione delle caratteristiche del campione immediatamente dopo la sua estrusione e scorticazione. Sono state in primo luogo descritte le caratteristiche generali del campione, evidenziando ad esempio la eventuale presenza di discontinuità, fratture o rammollimenti di alcune parti del campione stesso. Il campione è stato quindi descritto evidenziando le parti aventi caratteristiche omogenee, nel seguito chiamate "settori". Ogni singolo settore è stato analizzato a partire dalla testa del campione, secondo il seguente ordine: delimitazione del settore, natura del materiale, colore, struttura (se riconoscibile), consistenza (se misurabile) e nell'eventualità, presenza di materiale organico vegetale, reattività con acido cloridrico, strutture subordinate, discontinuità, torba e/o fossili. Per i campioni rimaneggiati la descrizione è stata di norma adeguata alle caratteristiche del campione e limitata alle informazioni relative a natura del terreno, colore, reattività con acido cloridrico ed eventuali presenze di strutture subordinate e/o torba o fossili.

I **limiti spaziali** del settore sono stati espressi in metri, attribuendo alla testa del campione la profondità reale di campionamento.

La **natura del terreno** è stata descritta con riferimento alle dimensioni dei grani ed alle percentuali dei diversi tipi di materiali presenti, così come determinati visivamente dall'Operatore e successivamente tramite verifica con le analisi granulometriche secondo lo schema e le definizioni delle Raccomandazioni AGI (AGI, 1977). Al materiale è stato attribuito il nome della percentuale più rilevante seguita da specificazioni per indicare le frazioni minoritarie. **Per la ghiaia è stato descritto l'assortimento, il grado di arrotondamento, la forma e la dimensione maggiore (Lmax) espressa in millimetri; mentre per la sabbia è stato descritto l'assortimento e, per la frazione avente grani ben osservabili ad occhio nudo, è stato anche riportato il grado di arrotondamento.**

Per descrivere l'**assortimento** sono stati utilizzati i termini fine (f), media (m), grossolana (g), medio fine (m/f), medio grossolana (m/g) ed eterogenea.

Per il **grado di arrotondamento** sono stati usati i termini arrotondata, subarrotondata, subangolare, angolare con riferimento alle fig. 1 (Rittenhouse, 1943) per la sabbia e alla fig. 1 per la ghiaia e i ciottoli (Pettijohn, 1949).

Per la **forma** sono stati usati i termini discoidale, sferoidale, lamellare, allungata con riferimento allo schema di fig. 1 (Gnaccolini, 1978), in cui la dimensione dell'elemento di dimensione maggiore (Lmax) è espressa in centimetri.

Il **colore fondamentale** o i colori fondamentali (se più di uno, ma distribuiti senza una struttura particolare)



sono stati descritti con l'ausilio della Tavola dei colori Munsell (Munsell, 1975) fornendo il nome e la sigla.

La **struttura** del settore, cioè l'organizzazione macroscopica delle particelle costituenti il materiale, è stata individuata, quando evidente, con riferimento ai seguenti tipi:

Struttura omogenea: consiste in materiale con organizzazione indifferenziata delle particelle.

Struttura a livelli: consiste nella presenza di livelli (spessore di materiale maggiore di 6 mm) che si alternano nel settore. I livelli possono essere descritti come da schema di fig. 1.

Struttura laminata: consiste nella presenza di laminazioni e livelli (rispettivamente con spessore di materiale inferiore o superiore a 6 mm) che si alternano nel settore. Queste possono essere descritte come da schema di fig. 1 con il termine "in alternanza".

Struttura caotica: è individuata da segni evidenti di rimescolamento legato a fenomeni naturali.

Struttura scagliosa: è individuata dall'attitudine del materiale a sfaldarsi secondo "scaglie".

L'assenza di indicazioni segnala una struttura omogenea del materiale.

La **consistenza** è stata descritta per i soli terreni fini sulla base dei risultati del Penetrometro Tascabile condotti sulle teste del campione o sui fianchi previamente scorticati.

Il **materiale organico** è stato descritto mediante i termini resti vegetali e torba cioè materiale vegetale in variabile stato di decomposizione. Di quest'ultimo sono stati indicati: tessitura: fibrosa o amorfa a seconda che sia stato riconosciuto o meno il tessuto vegetale originario; consistenza: compatta o spugnosa a seconda che possa essere stata o meno manipolata; colore: ricavato dal confronto con le tavole "Munsell Soil Color Chart".

Per qualificare un terreno contenente percentuali variabili di torba è stato utilizzato il termine "torboso". Si è, infine, fatto uso del termine "frustolo" per indicare l'eventuale struttura irregolare della torba.

I **fossili** sono stati descritti con riferimento al colore ed alla loro integrità o fratturazione.

La **reazione all'acido cloridrico** è stata descritta con i termini "debolmente reagente con HCl", "reagente con HCl", "fortemente reagente con HCl". Le classi corrispondono rispettivamente ad una debole reazione, ad una reazione evidente e ad una reazione molto intensa. L'assenza di indicazioni segnala la mancata reazione del materiale con HCl.

Le **strutture subordinate** sono state classificate come livelli, laminazioni, lenti, noduli, granuli, identificabili all'interno del settore per diversa granulometria, reazione con HCl o colore. I termini "livelli" e "laminazioni" sono stati utilizzati per indicare rispettivamente spessori di materiale superiori e inferiori a 6 mm relativi all'intera sezione del campione. La geometria della loro disposizione è stata descritta con riferimento allo schema di fig. 1. Il termine "lenti" è stato utilizzato per descrivere materiali con geometria lentiforme; il termine "noduli" per materiali subsferoidali di diametro superiore a 2 mm; il termine "granuli" per materiali subsferoidali di diametro inferiore a 2 mm. La descrizione dei materiali subordinati, quando significativa, è stata eseguita con le stesse modalità previste per il settore.

Le **discontinuità** sono state segnalate con il termine "frattura", con indicazione dell'eventuale assenza di scabrezza.

Di ogni materiale subordinato è stato indicato l'intervallo di profondità all'interno del quale è stato osservato. Nel caso fosse presente in tutto lo strato considerato, è stato utilizzato il termine "sparso". Del materiale subordinato è stata indicata anche la frequenza con gli aggettivi "raro", "qualche" e "frequente". Di ogni campione è stata ottenuta documentazione fotografica per meglio evidenziare i tipi di materiali esaminati e le eventuali anomalie strutturali. Le fotografie sono completate con i dati identificativi, una scala cromatica e un riferimento dimensionale.

laboratorio

GeoTecnico terre - rocce - aggregati - prove cicliche e dinamiche -
Geost prove geotecniche in sito - geochimica ambientale -
 proiezioni geofisiche - prove non distruttive - misura del Radon



LABORATORIO UFFICIALE
 Art. 59 D.P.R. 380/2001
 Circolare 7618/STC
 Settori "A" e "B"
 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Via Lucca 55 A-B MELFI (PZ) - tel/fax 0972.238231 -
 E-MAIL: geotest@tiscali.it - http://www.geotest.it - C.Fisc. e P.IVA 01073440768 - C.C.I.A.A. 77714
 s.r.l. di Carbone Andrea & C.



Certitalia
 Sistema di Gestione certificato
 UNI EN ISO 9001:2008

Geotest S.a.s. - Melfi (PZ) - Italy has been resulted in compliance with the standard
UNI EN ISO 9001:2008 for the following field of activities: Provision of geotechnical tests -
 Classification EA (European co-operation for Accreditation): 35

.97	○○○○○	SABBIA ARROTONDATA	.63	○○○○○	SABBIA ANGOLARE
.95	○○○○○		.61	○○○○○	
.93	○○○○○		.59	○○○○○	
.91	○○○○○		.57	○○○○○	
.89	○○○○○		.55	○○○○○	
.87	○○○○○	SABBIA SUBARROTONDATA	.53	○○○○○	
.85	○○○○○		.51	○○○○○	
.83	○○○○○		.49	○○○○○	
.81	○○○○○	SABBIA SUBANGOLARE	.47	○○○○○	
.79	○○○○○		.45	○○○○○	
.77	○○○○○				
.75	○○○○○	SABBIA ANGOLARE			
.73	○○○○○				
.71	○○○○○				
.69	○○○○○				
.67	○○○○○				
.65	○○○○○				

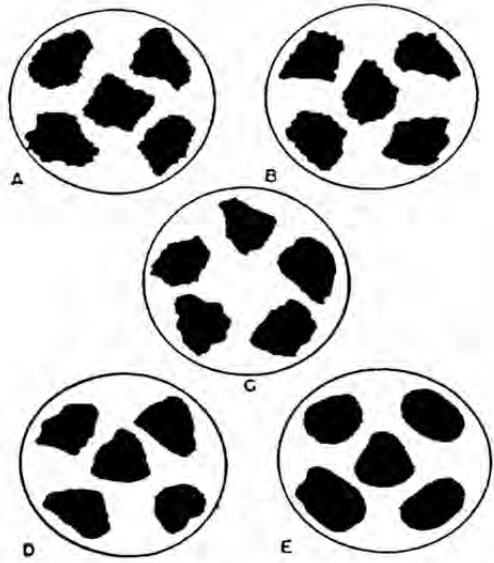


Fig. 1/2 - Classificazione della ghiaia e dei ciottoli in relazione al grado di arrotondamento:
 A = Angolare B = Subangolare,
 C = Subarrotondata D E = Arrotondata

Fig. 1/1 - Classificazione delle sabbie in relazione al grado di arrotondamento (Rittenhouse, 1943)

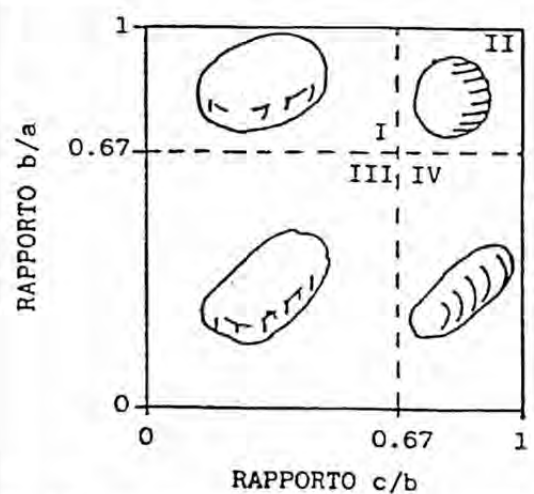


Fig. 1/3 - Classificazione della ghiaia e dei ciottoli in funzione della forma (Gnaccolini, 1978): a, b, c d sono le dimensioni caratteristiche dei grani.
 I = discoidali II = sferoidali
 III = lamellari IV = allungati

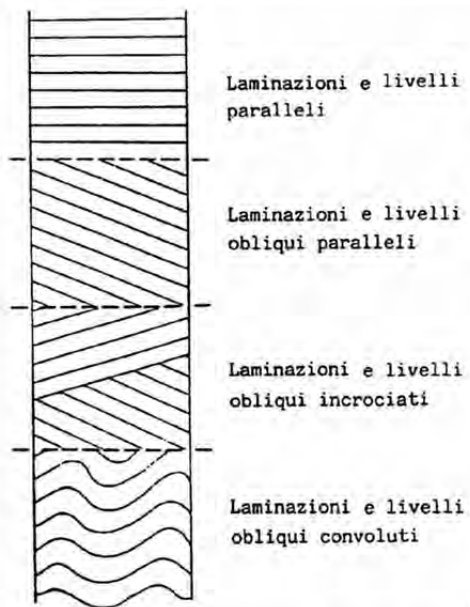


Fig. 1/4 - Schema per la descrizione dei livelli e delle laminazioni.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04286 <i>Pagina 1/1</i>	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 28/10/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15	Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 29/10/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco		
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovvia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00-3,40

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 12,3 %

Struttura del materiale:

Omogeneo

Stratificato

Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 100,00 mm

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04287 <i>Pagina 1/1</i>	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 28/10/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15	Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 28/10/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco		
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Pioviggia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00-3,40

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 17,3 kN/m³

Determinazione eseguita sulla componente più coesiva del campione

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04288 <i>Pagina 1/1</i>	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 04/11/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15	Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 05/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco		
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Pioviggia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00-3,40

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,66**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,66**

Metodo: **A** **B**

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,8 °C

Dimensione massima delle particelle: 100,00 mm

Disaerazione eseguita per bollitura e sotto vuoto

Determinazione effettuata sul materiale passante al setaccio di apertura 2 mm

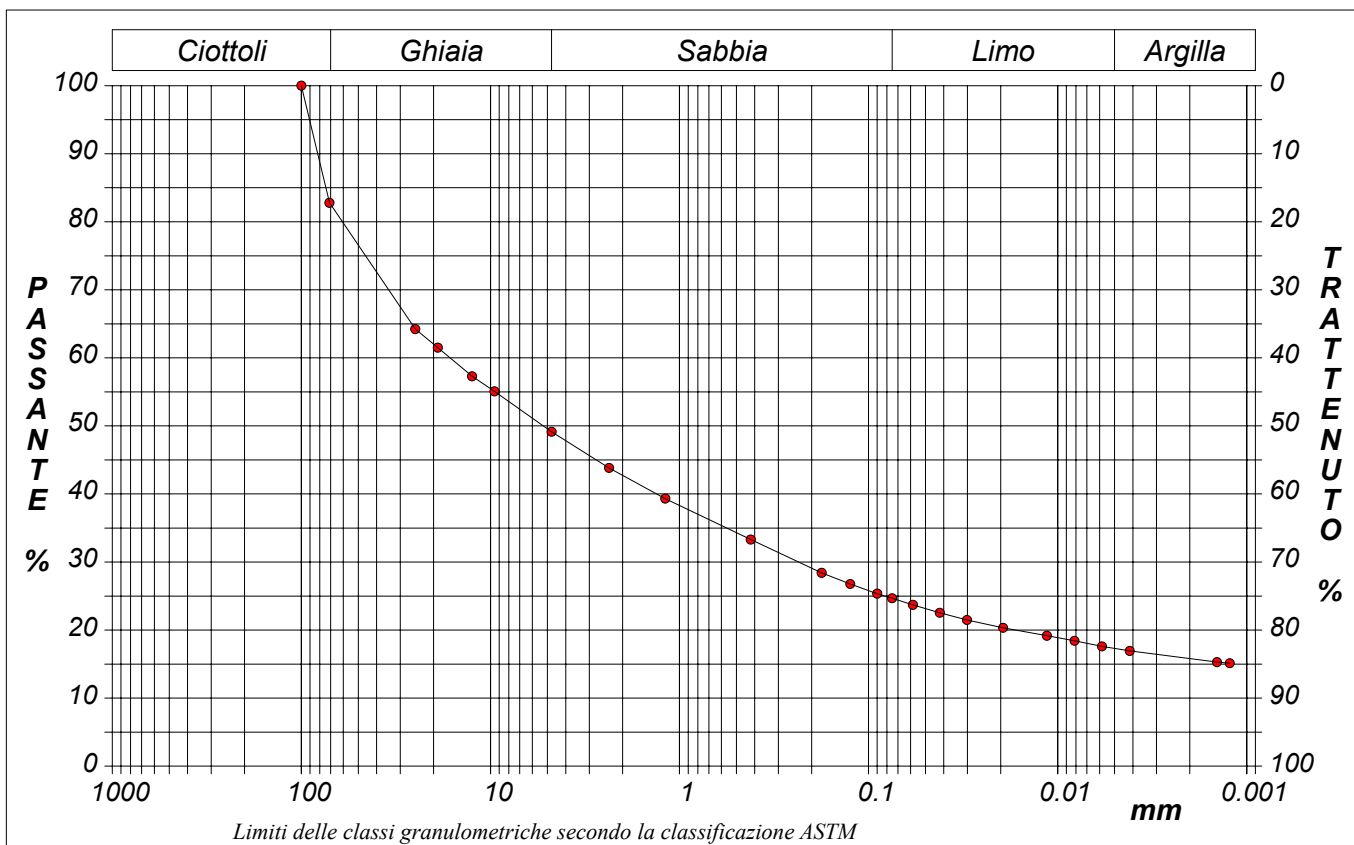
CERTIFICATO DI PROVA N°: 04289	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 28/10/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15		Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 04/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco		
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Pioviggia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00-3,40

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia e ciottoli 50,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm) 42,7 %	D10 --- mm
Sabbia 24,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm) 33,0 %	D30 0,23428 mm
Limo 7,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm) 24,7 %	D50 5,24739 mm
Argilla 17,3 %		D60 16,34157 mm
Coefficiente di uniformità ---	Coefficiente di curvatura ---	D90 81,95345 mm



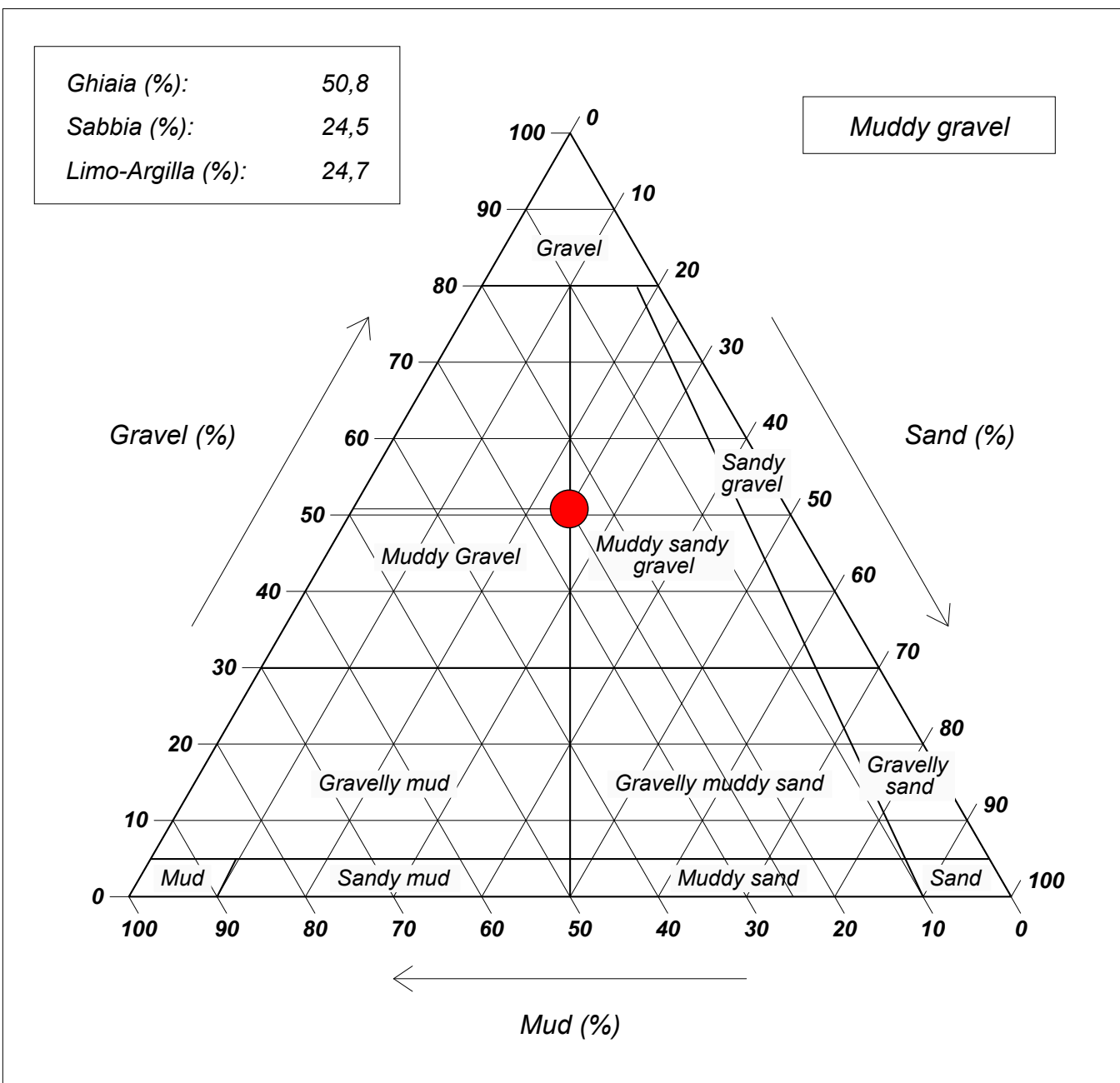
Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	9,5200	55,07	0,1770	28,41	0,0420	22,55	0,0058	17,61
71,0000	82,79	4,7500	49,15	0,1250	26,78	0,0302	21,48	0,0042	16,95
25,0000	64,24	2,3600	43,83	0,0900	25,34	0,0194	20,33	0,0014	15,30
19,0000	61,52	1,1900	39,32	0,0750	24,68	0,0114	19,17	0,0012	15,13
12,5000	57,30	0,4200	33,32	0,0583	23,71	0,0081	18,43		

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04289 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 28/10/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15	Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 04/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco		
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovvia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00-3,40

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422



CERTIFICATO DI PROVA N°: 04290 Pagina 1/3
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15

DATA DI EMISSIONE: 12/11/15 Inizio analisi: 28/10/15
Apertura campione: 28/10/15 Fine analisi: 11/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco

RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovvia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00-3,40

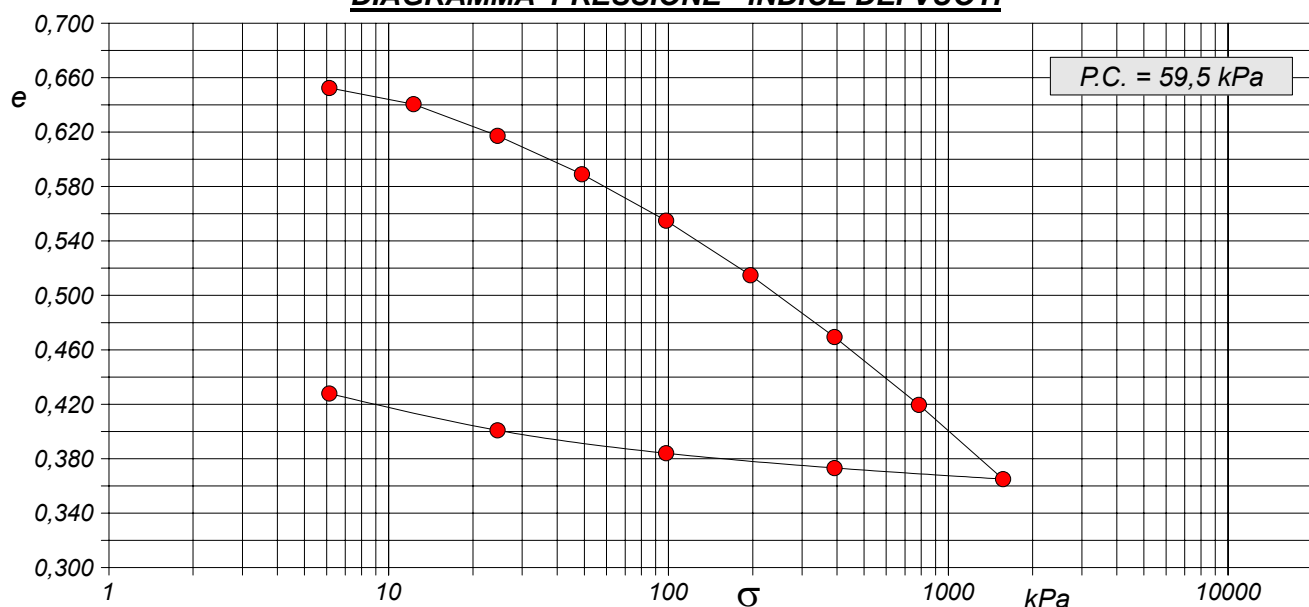
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

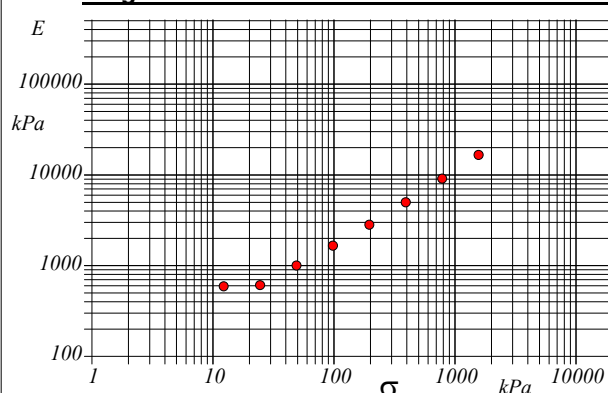
Peso di volume (kN/m ³)	17,30	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	0,70
Umidità (%)	12,5	Volume provino (cm ³)	39,88	Porosità (%)	41,03
Peso specifico	2,66	Volume dei vuoti (cm ³)	16,36	Saturazione (%)	47,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
6,1	50,9	0,652				
12,3	65,0	0,640	0,040	868		
24,5	92,3	0,617	0,077	896		
49,0	125,5	0,589	0,094	1474	0,003557	2,37E-07
98,1	165,7	0,555	0,113	2435	0,002498	1,01E-07
196,2	212,9	0,515	0,133	4148	0,002117	5,01E-08
392,3	266,4	0,469	0,151	7318		
784,6	325,0	0,420	0,165	13363		
1569,3	389,2	0,365	0,181	24395		
392,3	379,6	0,373				
98,1	366,8	0,384				
24,5	347,0	0,401				
6,1	315,2	0,428				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



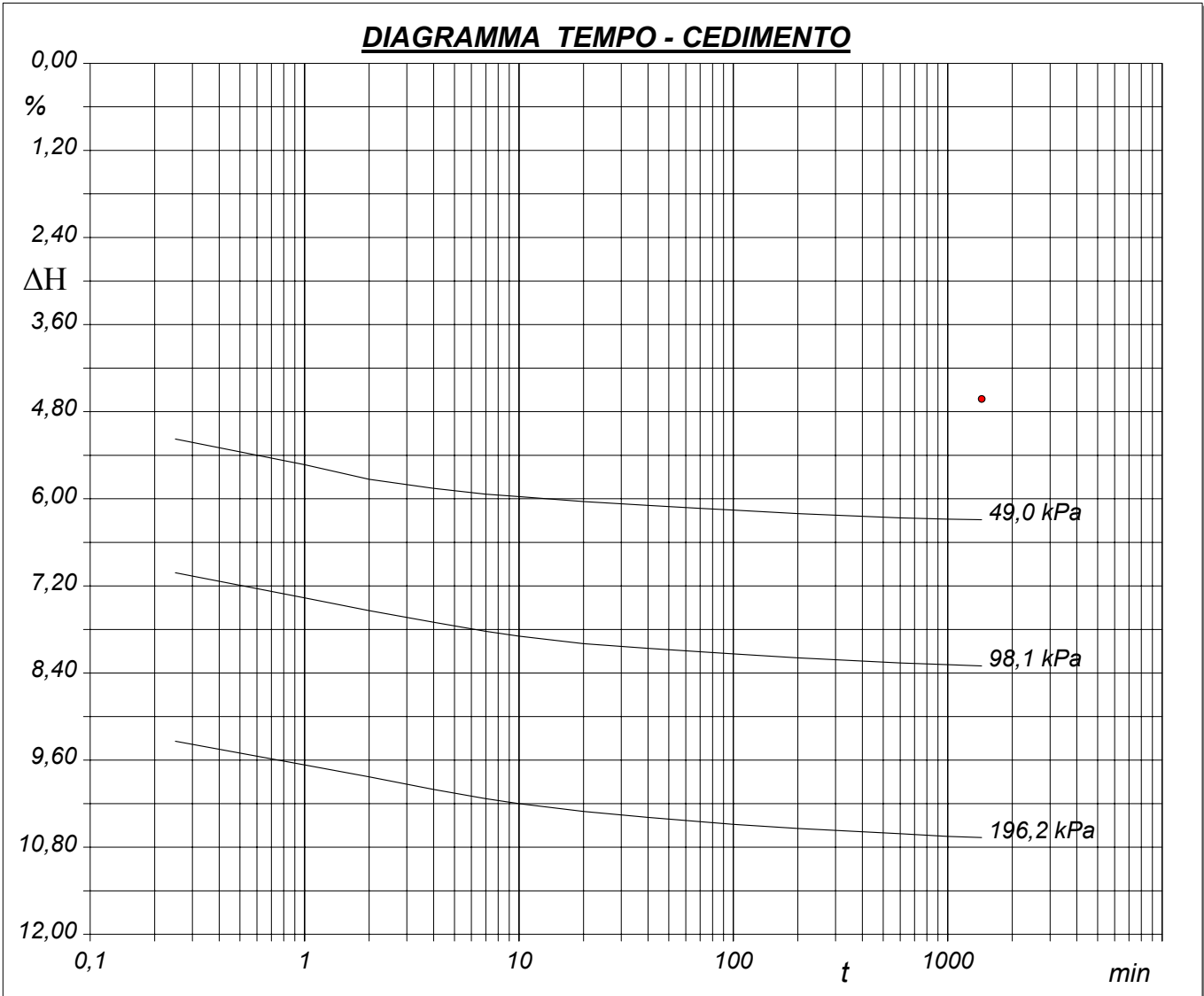
Provino ricavato nella porzione del campione a componente terrigena prevalente (assenza di elementi litici di L > 5 mm)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04290	Pagina 2/3	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 28/10/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15		Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 11/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco			
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovvia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3,00-3,40

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



693-15

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04291	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 12/11/15	Inizio analisi: 28/10/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15		Apertura campione: 28/10/15	Fine analisi: 03/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco			
RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovvia Area Porto Turistico - Agropoli (SA)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 3,00-3,40	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	12,0 22,0	12,6 20,4	12,4 18,1
Peso di volume (kN/m³):	17,2	17,3	17,3
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,004 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

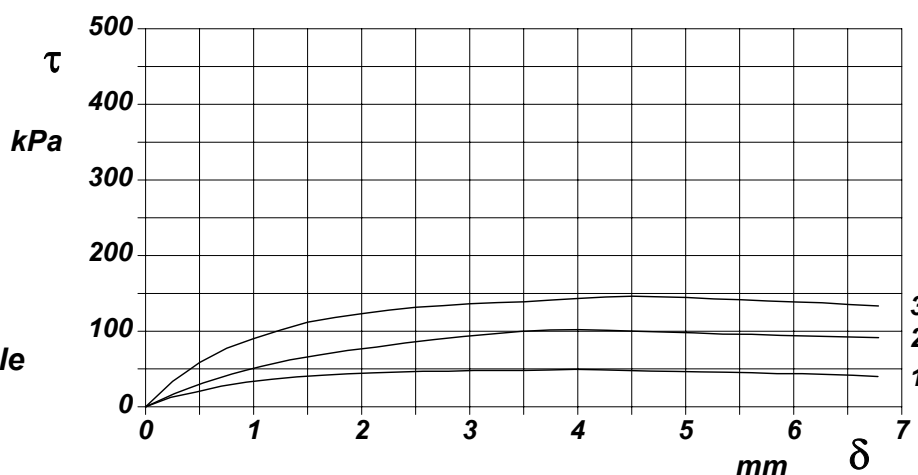
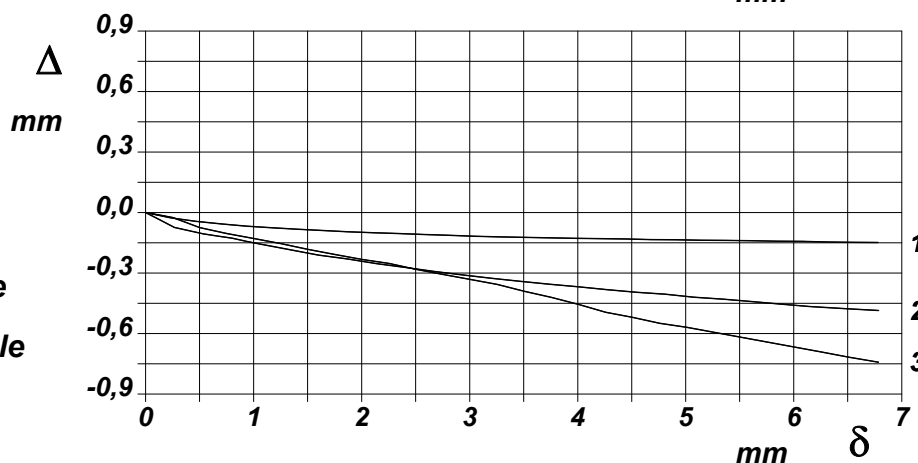


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Provini ricavati nella porzione del campione a componente terrigena prevalente (assenza di elementi litici di L > 5 mm)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04291 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 328 del 27/10/15

DATA DI EMISSIONE: 12/11/15 Inizio analisi: 28/10/15

Apertura campione: 28/10/15 Fine analisi: 03/11/15

COMMITTENTE: Geologo Capo Marco

RIFERIMENTO: Rete fognaria comunale di collettamento - Progetto Esecutivo - Vasca di Prima Piovra Area Porto Turistico - Agropoli (SA)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 3,00-3,40

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,00
Altezza finale (cm)	1,87
Sezione (cm ²)	36,00
T ₁₀₀ (min)	13,0
Df (mm)	4
Vs (mm/min)	0,031

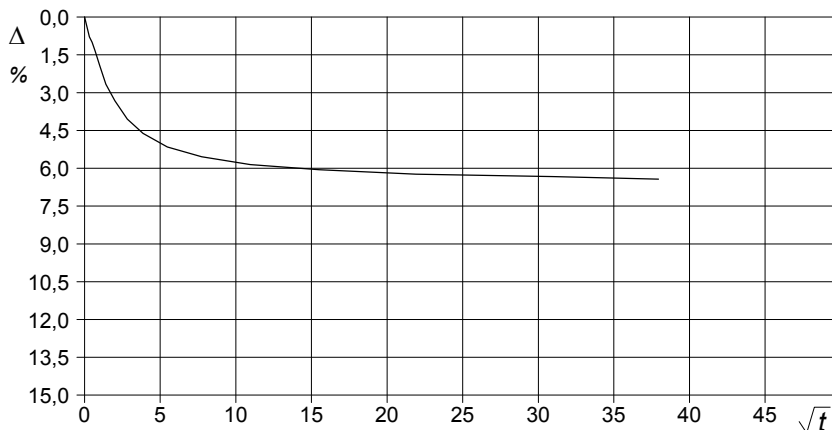


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,00
Altezza finale (cm)	1,82
Sezione (cm ²)	36,00
T ₁₀₀ (min)	17,0
Df (mm)	4
Vs (mm/min)	0,024

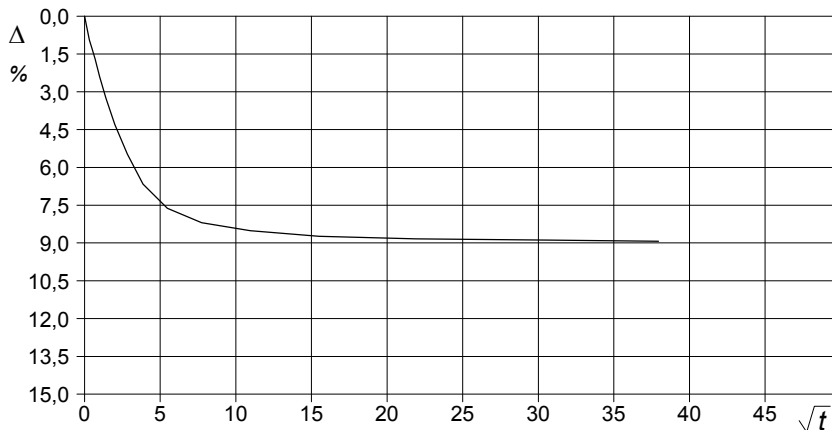
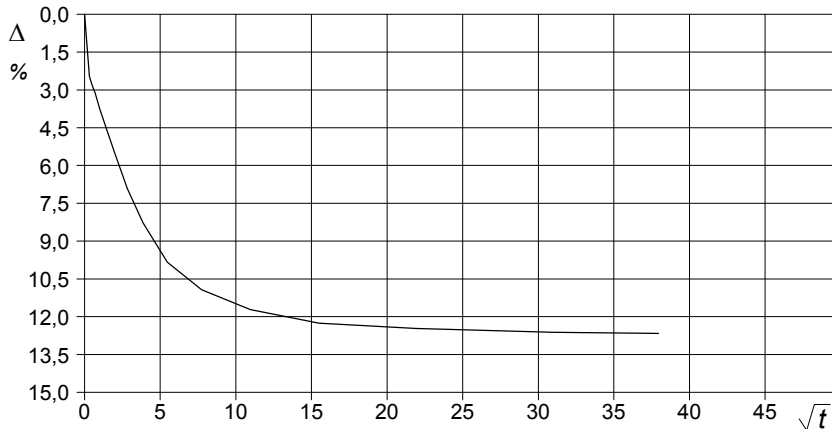


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,00
Altezza finale (cm)	1,75
Sezione (cm ²)	36,00
T ₁₀₀ (min)	35,2
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,014



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T₁₀₀ Vs = Df / tf

Lucio Gnazzo

Geologo

Comune di Agropoli Provincia di Salerno

LAVORI DI COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO *PERIZIA DI VARIANTE*

PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA M.A.S.W. *(MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)* RAPPORTO TECNICO

Il committente
FINALCA INGEGNERIA S.r.l.

Il tecnico
dott. geol. Lucio Gnazzo

VIA CANNETIELLO, 6 84043 AGROPOLI (SA)

C. F.: GNZ LCU 64L04 D527Y
P.IVA 03180230652

TEL. 0974 846631
CELL. 333 7747452
FAX 0974 1930361

e-mail: lucio.gnazzo@alice.it
p. e. c.: lucio.gnazzo@epap.sicurezzapostale.it

Elaborato Unico

Luglio 2016

INDICE

1. PREMESSA	2
2. PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.	3
2.1. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....	6
3. AREA PORTO -MASW N. 1 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI.....	11
3.1. MASW N. 1 - PROFILO IN SITO.....	11
3.2. AREA PORTO - MASW N. 1 - RISULTATI FINALI	12
3.3. TIPO DI SUOLO	13
4. VIA PERTINI - MASW N. 1 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI.....	18
4.1. MASW N. 1 - PROFILO IN SITO.....	18
4.2. VIA S. PERTINI - MASW N. 1 - RISULTATI FINALI	19
4.3. TIPO DI SUOLO	20
5. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	22

1. PREMESSA

Nelle pagine che seguono vengono esposte le risultanze di una campagna di prospezioni sismiche del tipo **M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)** a corredo del progetto esecutivo di "**COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO**" consistente in n. 2 stese sismiche al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (**D.M. 14 gennaio 2008**).

Le indagini sono state eseguite a corredo dello studio geologico espletato nelle aree in cui sono previsti gli interventi di realizzazione di una vasca di accumulo per le acque di prima pioggia lungo il collettore di via Sandro Pertini e le opere di consolidamento e di messa in sicurezza del canale di scolo delle acque chiare, della scaletta di accesso al porto e della scarpata sovrastante la sede della Capitaneria di Porto e la realizzazione di una vasca di prima pioggia e di un collettore di progetto DN 800.



Area porto - Ubicazione su ortofoto dell'area di intervento e dell'indagine sismica MASW



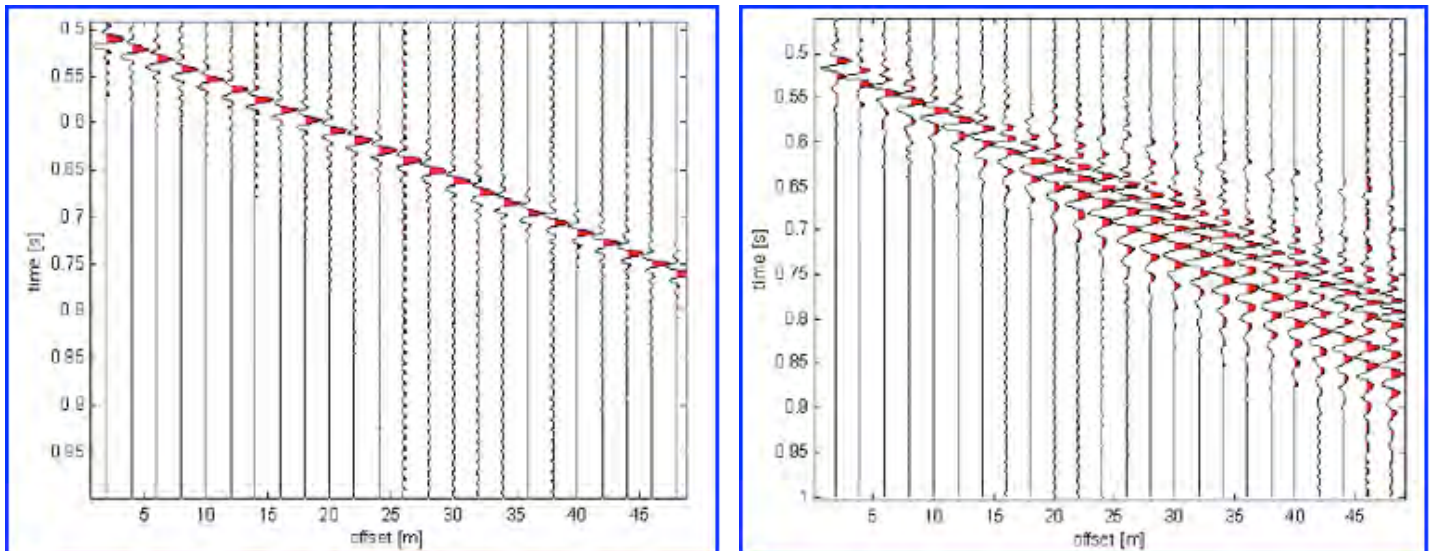
Via S. Pertini - Ubicazione su ortofoto dell'area di intervento e dell'indagine sismica MASW

2. PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.

In ognuno dei siti di specifico interesse è stata eseguita n. 1 prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) al fine di:

- ❖ definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi dell'area;
- ❖ classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14.01.2008).

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da \sqrt{r} e non da r come per le onde di volume. I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di



Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

fondamentale importanza per la caratterizzazione sismica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14.01.2008).

Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_S , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_S). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle $V_S < 15\%$.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW

(Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica MASW, consente una dettagliata ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo. L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La metodologia per la realizzazione di un'indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al

rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

2.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Le prospezioni sismiche MASW nelle aree oggetto dell'indagine sono state eseguite con le seguenti caratteristiche:

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento [m]	Offset e spacing [m]
AREA PORTO - MASW N. 1	24.00	1.00
VIA S. PERTINI - MASW N. 2	24.00	1.00

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise). La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e

dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo. L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded. La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 8-10 kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace - 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset e spacing predefiniti (Tab. 1).

La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto oltre la profondità di 30 m dal p.c.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (dott. Ing. Vitantonio Roma & Associati Srl) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048$ s, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5$ ms. La frequenza di campionamento è data da:

$$f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000 \text{ Hz}$$

La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:

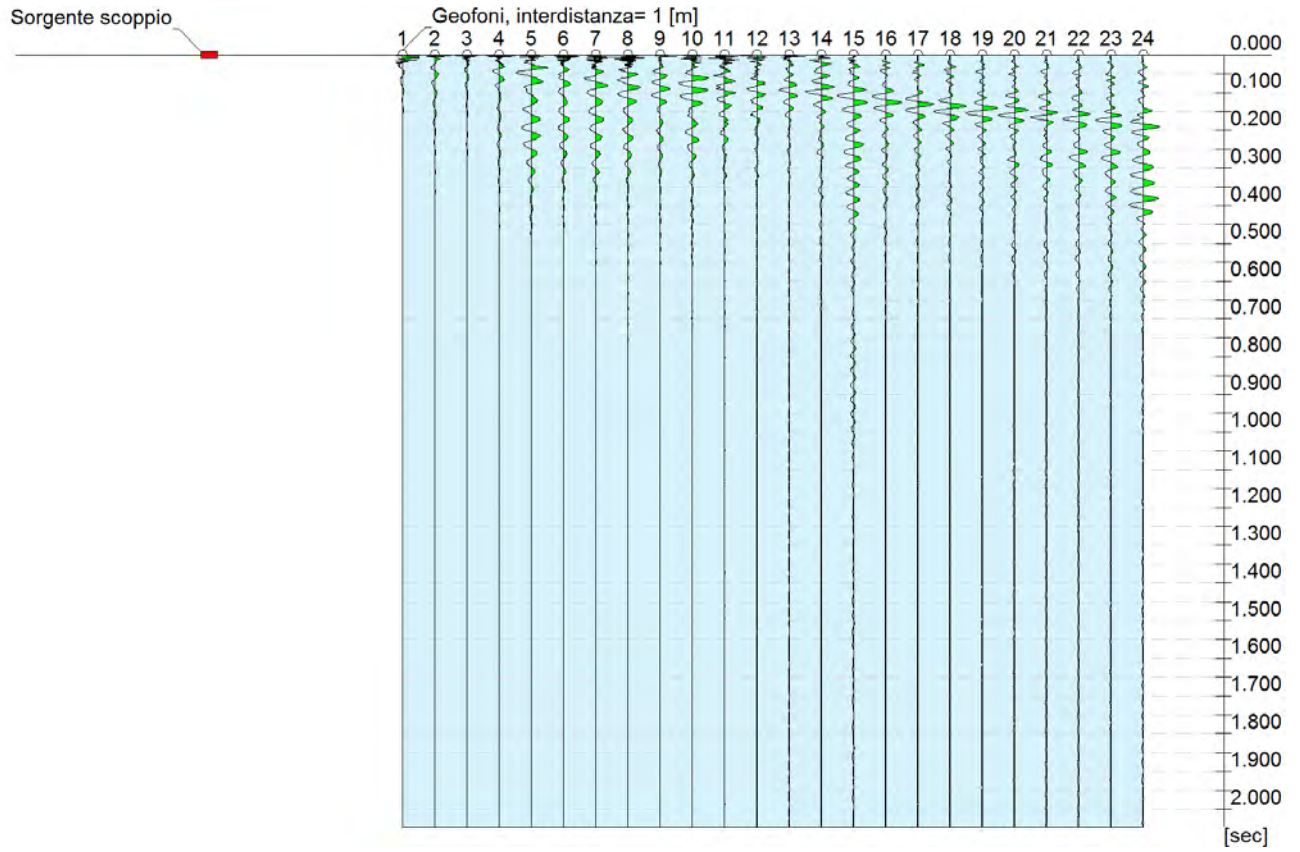
$$f_{\text{Nyquist}} = 1/2dt=1000\text{Hz}.$$

La frequenza minima dei segnali è data da:

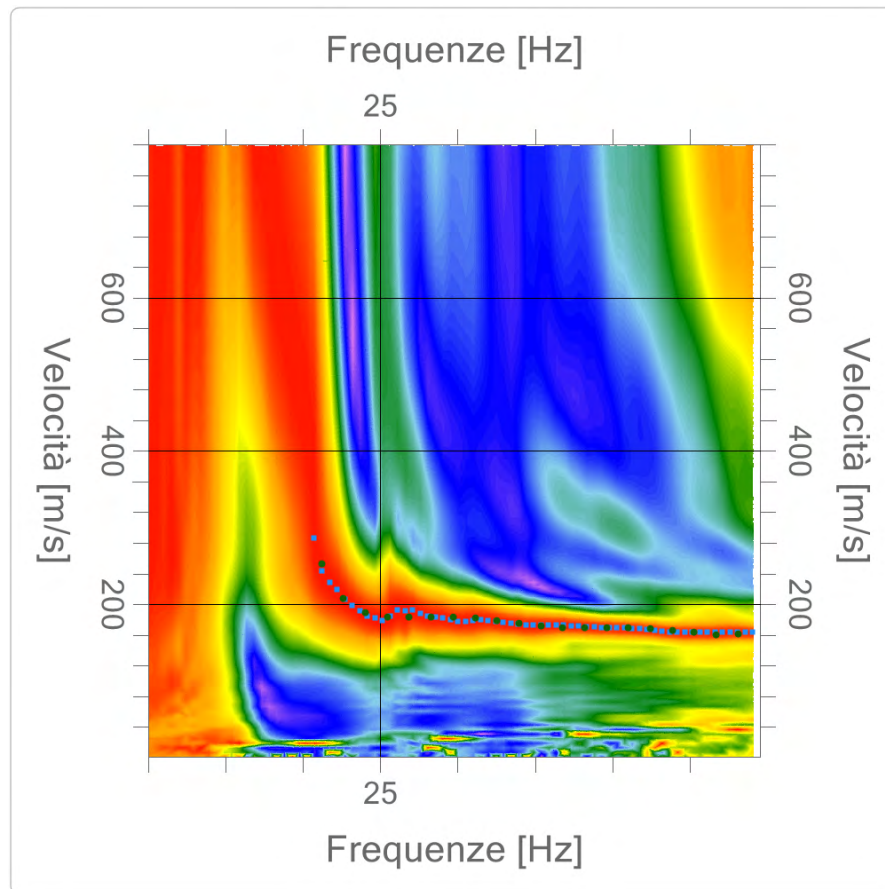
$$f_{\text{min}}=1/T=0.488 \text{ Hz}.$$

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismostratigrafica 2D delle V_S . Gli elaborati relativi alla prospezione sismica MASW effettuata in ogni singolo sito di specifico interesse sono di seguito riportati.

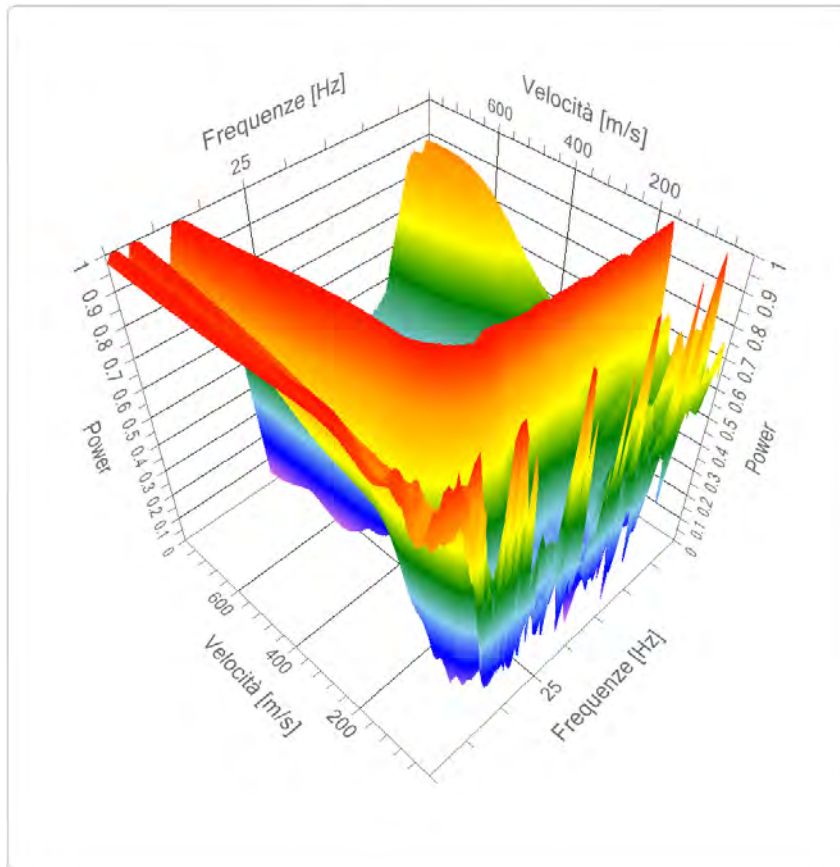
AREA PORTO - INDAGINE SISMICA MASW N. 1



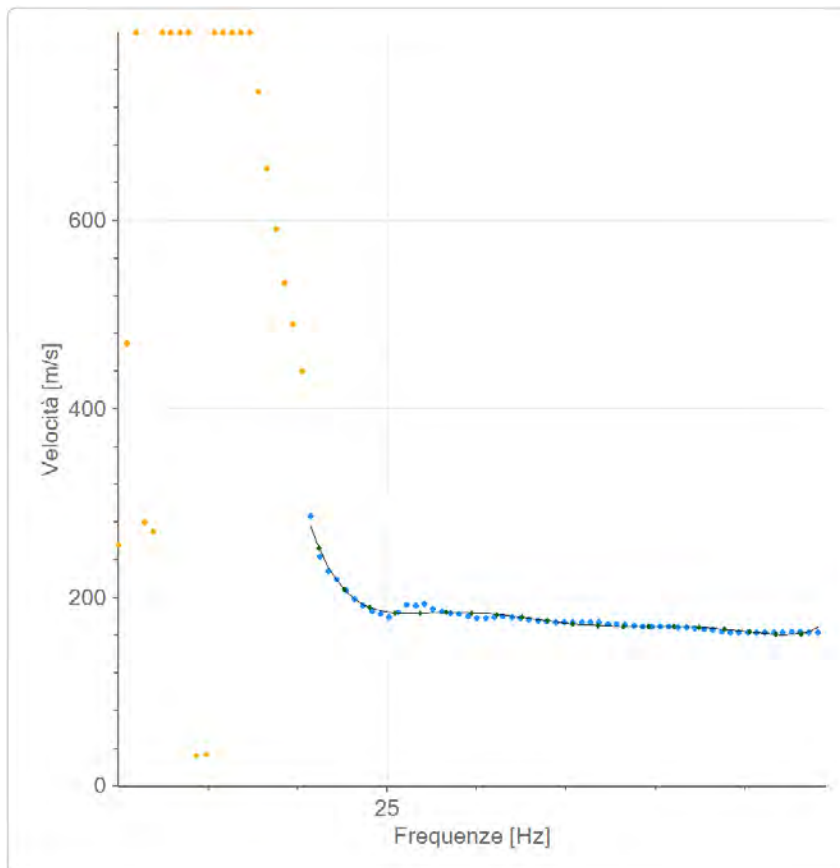
Sismogramma relativo all'indagine sismica MASW



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo



Vista 3D delle curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo



Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde di Rayleigh con picking

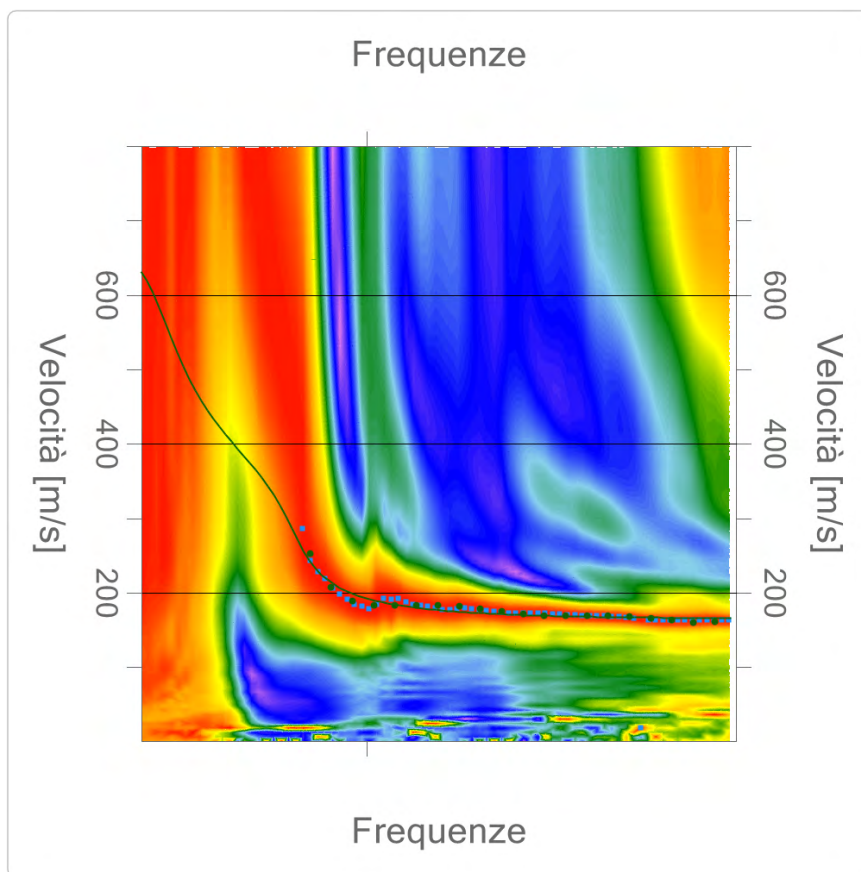


Diagramma della curva di inversione

TABELLA DELLA CURVA DI DISPERSIONE

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	21.2	252.3	0
2	22.6	208.0	0
3	24.0	189.1	0
4	25.5	183.5	0
5	26.9	183.3	0
6	28.3	183.7	0
7	29.7	183.5	0
8	31.1	181.7	0
9	32.5	178.5	0
10	34.0	175.0	0
11	35.4	171.9	0
12	36.8	169.9	0
13	38.2	169.0	0
14	39.6	168.9	0
15	41.0	168.9	0
16	42.5	168.3	0
17	43.9	166.4	0
18	45.3	163.3	0
19	46.7	160.5	0
20	48.1	161.1	0

3. AREA PORTO -MASW N. 1 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

L'indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30 m dal p.c. ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 2; Tab. 3). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

Di seguito si riportano i valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica:

Numero di ricevitori	24
Distanza tra i sensori:	1.00m
Numero di campioni temporali	2048
Passo temporale di acquisizione	1.0 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	2047 ms

3.1 MASW N. 1 - PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio).....	2
Spaziatura ricevitori [m].....	1 m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1
Percentuale di errore	0.078 %
Fattore di disadattamento della soluzione	0.027

Prospetto dei valori del peso di volume, del modulo di Poisson, V_p e V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW:

Sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	Peso unità volume [kg/mc]	Modulo di Poisson (-)	Falda	V_p (m/s)	V_s (m/s)
S1	3.80	3.80	1650.00	0.44	No	530.6	173.7
S2	5.30	1.50	1980.00	0.48	Si	1585.1	310.9
S3	∞	∞	2000.00	0.28	No	1428.3	789.5

3.2 AREA PORTO - MASW N. 1 - RISULTATI FINALI

Piano di riferimento z=0 [m]2.00
 V_{S30} [m/s]611.93
 La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008
 Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).
 Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.
 L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 3
 Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità
 Tipo di suoloB

Prospezione sismica MASW n.	V _{S30} [m/s]	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)
1	611.93	B

Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata

La velocità delle onde S e delle onde P hanno consentito di risalire alla determinazione dei principali parametri elastici, riportati nella tabella che segue, mediante le seguenti relazioni:

1) coefficiente di Poisson (ν) medio :

$$\nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione al taglio (**G**) medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità volumetrica (**E_v**) medio:

$$E_{v \text{ medio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

4) modulo di elasticità o modulo di Young medio (**E**):

$$E_{\text{medio}} = 2 \rho V_s^2 (1-\nu)$$

dove:

ρ è la densità del terreno data dal rapporto tra il peso dell'unità di volume e l'accelerazione di gravità (g)

ν è il valore medio del coefficiente di Poisson dello strato

V_p è il valore medio delle velocità delle onde P dello strato

V_s è il valore medio delle velocità delle onde S dello strato

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Densità [kg/mc]	Modulo di Poisson	G [MPa]	E_v [MPa]	E [MPa]
1	3.80	3.80	173.69	530.64	1650.00	0.44	49.78	398.24	143.37
2	5.30	1.50	310.87	1585.15	1980.00	0.48	191.35	4719.99	566.40
3	∞	∞	789.50	1428.26	2000.00	0.28	1246.62	2417.69	3191.35

3.3 TIPO DI SUOLO

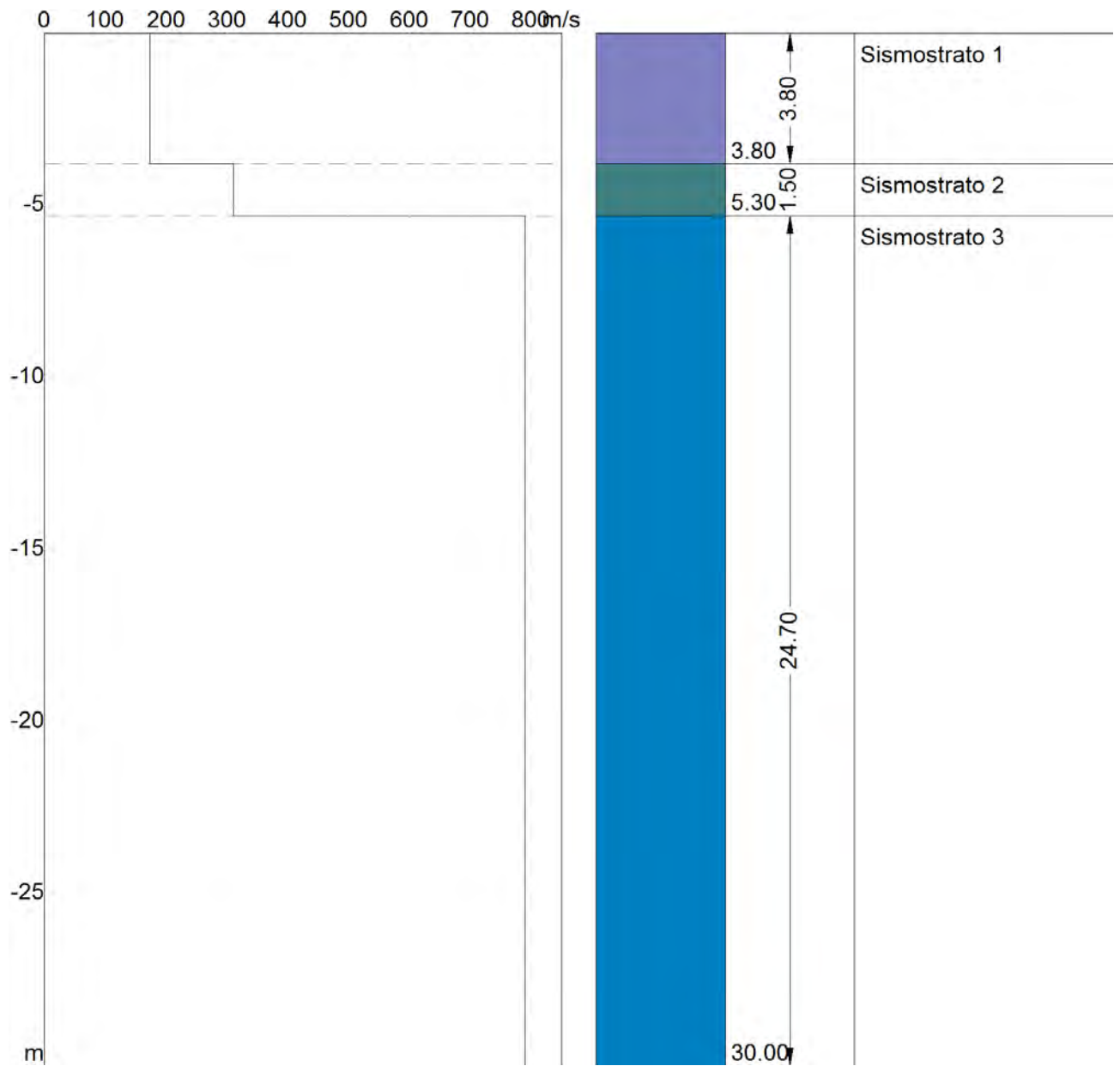
Categoria di suolo di fondazione B = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 ms^{-1} e 800 ms^{-1} .

Nella pagina seguente è riportata la tabella delle Categorie dei Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008):

CLASSE	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s ($N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s ($N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

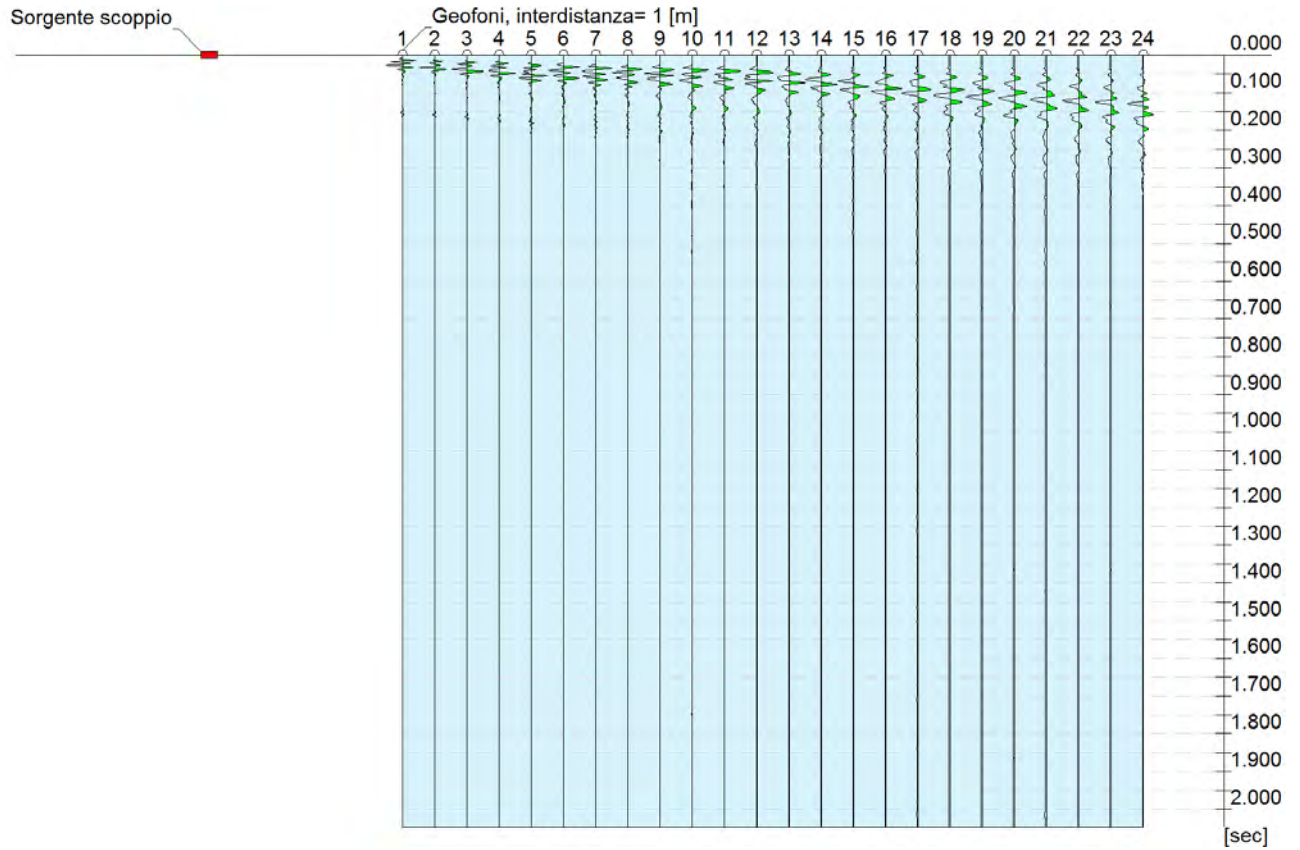
COMUNE DI AGROPOLI

LAVORI DI COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO
PERIZIA DI VARIANTE

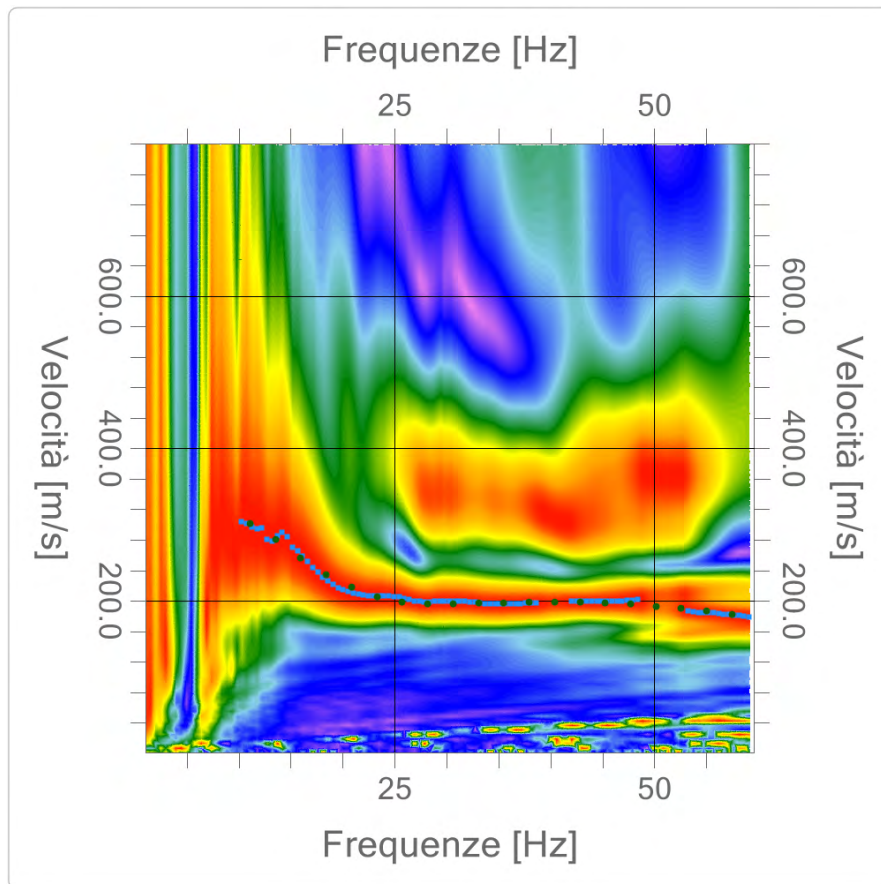


Sismostratigrafia e profilo verticale delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh

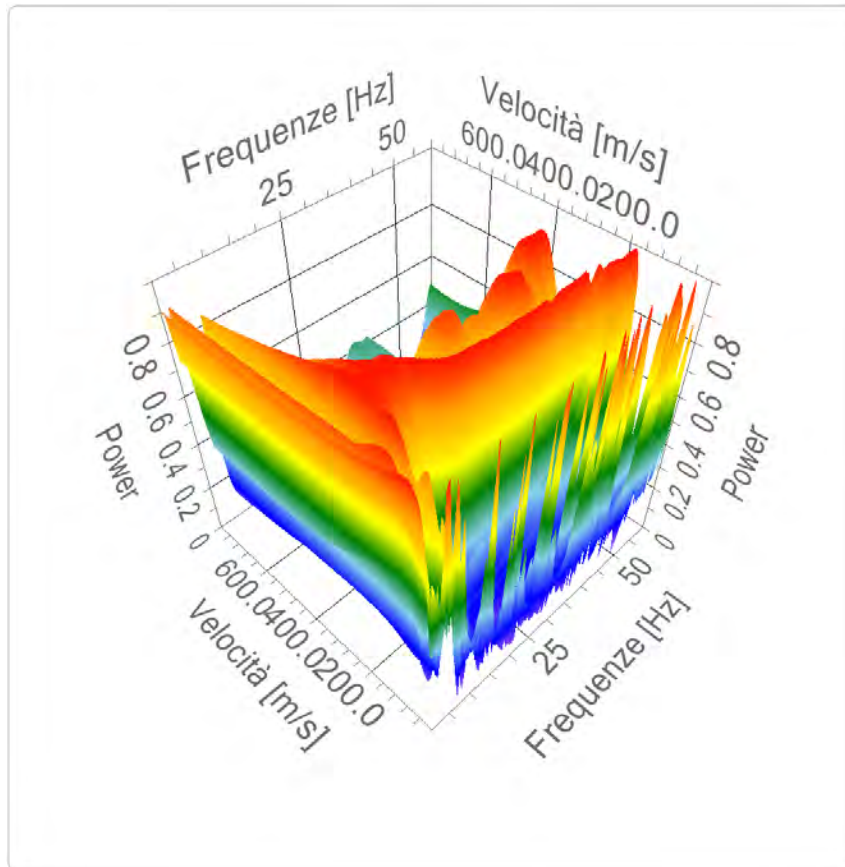
VIA S. PERTINI - INDAGINE SISMICA MASW N. 1



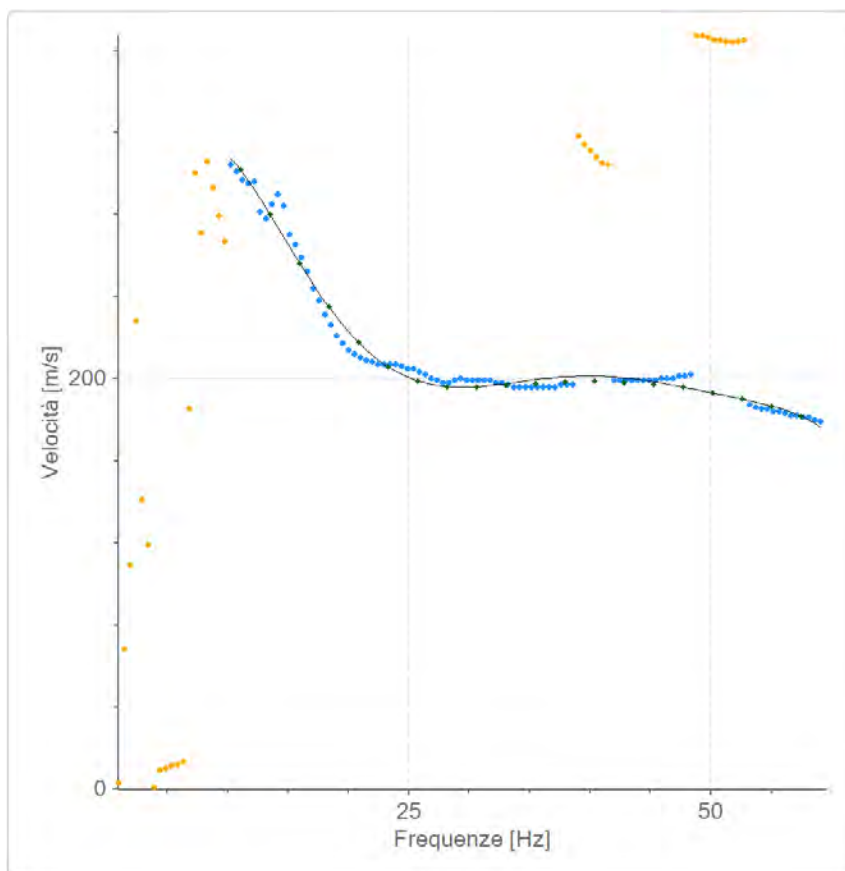
Sismogramma relativo all'indagine sismica MASW



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo



Vista 3D delle curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo



Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde di Rayleigh con picking

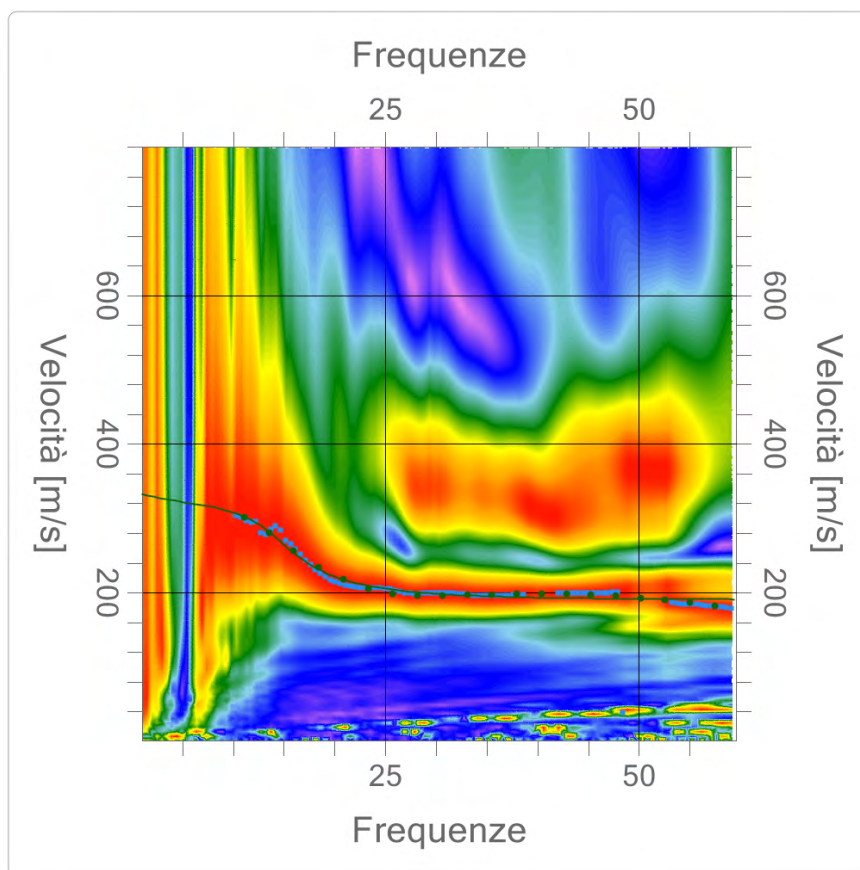


Diagramma della curva di inversione

TABELLA DELLA CURVA DI DISPERSIONE

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	11.1	301.6	0
2	13.5	280.1	0
3	16.0	256.4	0
4	18.4	234.8	0
5	20.9	217.6	0
6	23.3	205.7	0
7	25.7	198.8	0
8	28.2	196.0	0
9	30.6	195.9	0
10	33.1	196.7	0
11	35.5	197.6	0
12	37.9	198.3	0
13	40.4	198.5	0
14	42.8	198.1	0
15	45.3	197.1	0
16	47.7	195.8	0
17	50.2	192.9	0
18	52.6	190.0	0
19	55.0	186.6	0
20	57.5	181.6	0

4. VIA PERTINI - MASW N. 1 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

L'indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30 m dal p.c. ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 2; Tab. 3). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

Di seguito si riportano i valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica:

Numero di ricevitori	24
Distanza tra i sensori:	1.00m
Numero di campioni temporali	2048
Passo temporale di acquisizione	1.0 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	2047 ms

4.1 MASW N. 1 - PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio).....	2
Spaziatura ricevitori [m].....	1 m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1
Percentuale di errore	0.078 %
Fattore di disadattamento della soluzione	0.027

Prospetto dei valori del peso di volume, del modulo di Poisson, V_p e V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW:

Sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	Peso unità volume [kg/mc]	Modulo di Poisson (-)	Falda	V_p (m/s)	V_s (m/s)
S1	4.00	4.00	1650.00	0.40	No	494.9	202.1
S2	7.00	3.00	1850.00	0.48	Si	1229.7	241.2
S3	∞	∞	1900.00	0.48	Si	1797.2	352.5

4.2 VIA S. PERTINI - MASW N. 1 - RISULTATI FINALI

Piano di riferimento z=0 [m]3.00
 V_{S30} [m/s]329.10
 La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008
 Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).
 Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.
 L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 3
 Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità
 Tipo di suoloC

Prospezione sismica MASW n.	V _{S30} [m/s]	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)
1	329.10	C

Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata

La velocità delle onde S e delle onde P hanno consentito di risalire alla determinazione dei principali parametri elastici, riportati nella tabella che segue, mediante le seguenti relazioni:

1) coefficiente di Poisson (ν) medio :

$$\nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione al taglio (**G**) medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità volumetrica (**E_v**) medio:

$$E_{v \text{ medio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

4) modulo di elasticità o modulo di Young medio (**E**):

$$E_{\text{medio}} = 2 \rho V_s^2 (1-\nu)$$

dove:

ρ è la densità del terreno data dal rapporto tra il peso dell'unità di volume e l'accelerazione di gravità (g)

ν è il valore medio del coefficiente di Poisson dello strato

V_p è il valore medio delle velocità delle onde P dello strato

V_s è il valore medio delle velocità delle onde S dello strato

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Densità [kg/mc]	Modulo di Poisson	G [MPa]	E_v [MPa]	E [MPa]
1	4.00	4.00	202.05	494.93	1650.00	0.40	67.36	314.36	188.62
2	7.00	3.00	241.17	1229.71	1850.00	0.48	107.60	2654.09	318.49
3	∞	∞	352.45	1797.17	1900.00	0.48	236.03	5821.99	698.64

4.3 TIPO DI SUOLO

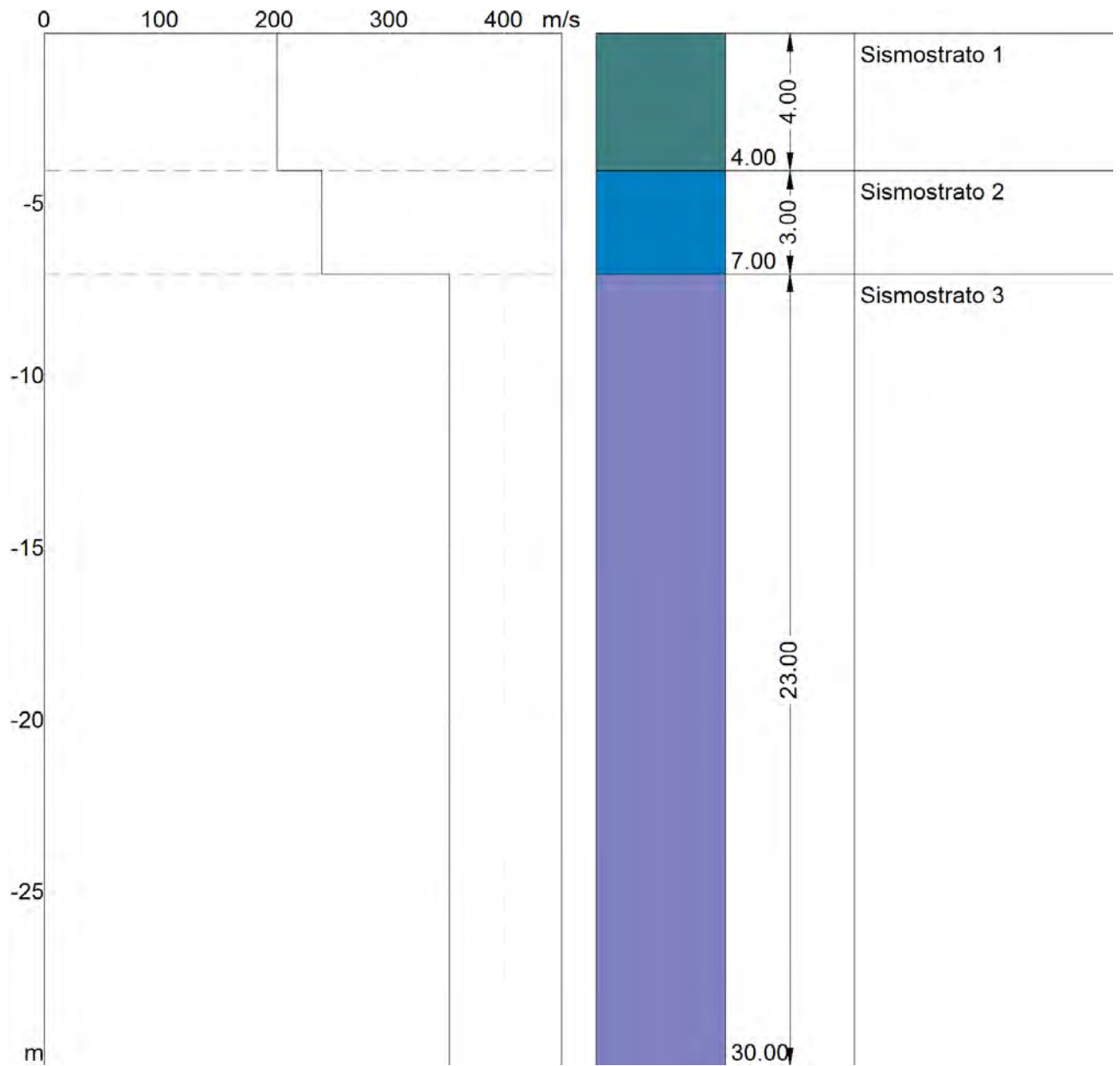
Categoria di suolo di fondazione C = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 ms^{-1} e 360 ms^{-1} .

Nella pagina seguente è riportata la tabella delle Categorie dei Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008):

CLASSE	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s ($N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s ($N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

COMUNE DI AGROPOLI

LAVORI DI COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO
PERIZIA DI VARIANTE

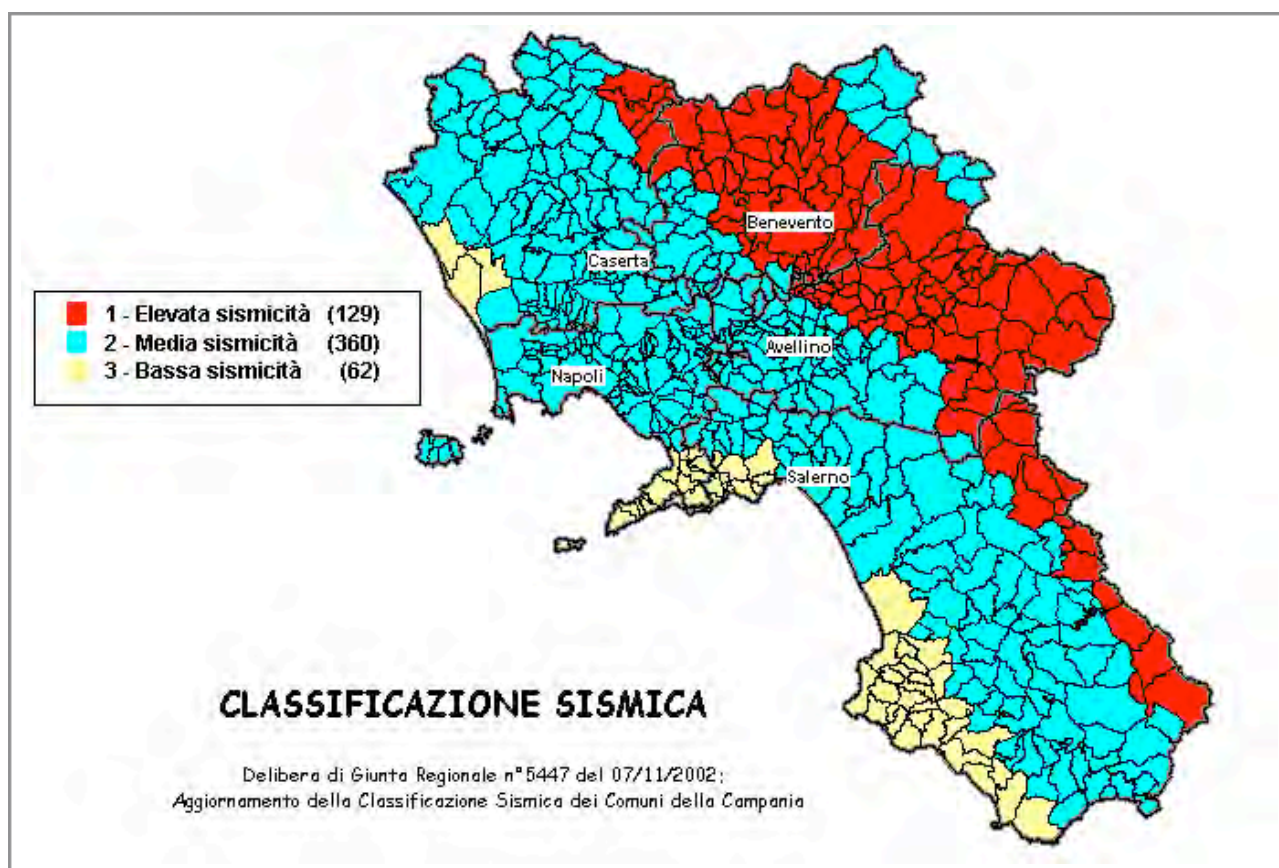


Sismostratigrafia e profilo verticale delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh

5. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il comune di Agropoli (SA) nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002, che ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale, è stato classificato a **bassa sismicità (Zona Sismica 3)**.

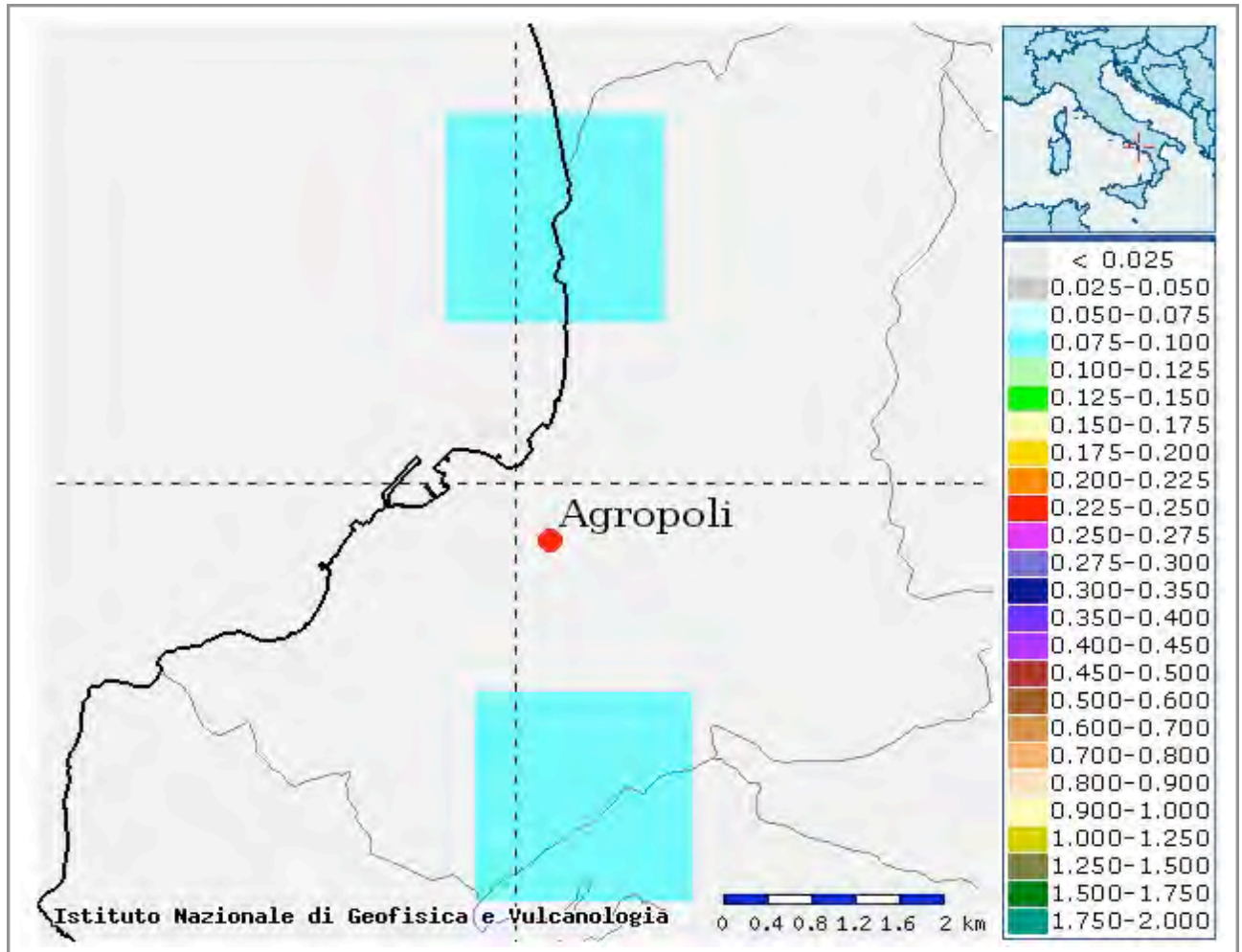
I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Nel caso della Zona Sismica 3 il valore di a_g è $0,05 \leq a_g < 0,15$ g.



Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania
Zona 1: valore di $a_g=0.35g$; Zona 2: valore di $a_g=0.25g$; Zona 3: valore di $a_g=0.15g$

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Agropoli (Sa) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento è **0.075-0.100** (punti

della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



Mapa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) - Punti della griglia riferiti a parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10% e percentile 50

Agropoli, luglio 2016

Il tecnico
dott. geol. Lucio Gnazzo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



AREA PORTO - MASW N. 1



AREA PORTO - MASW N. 1

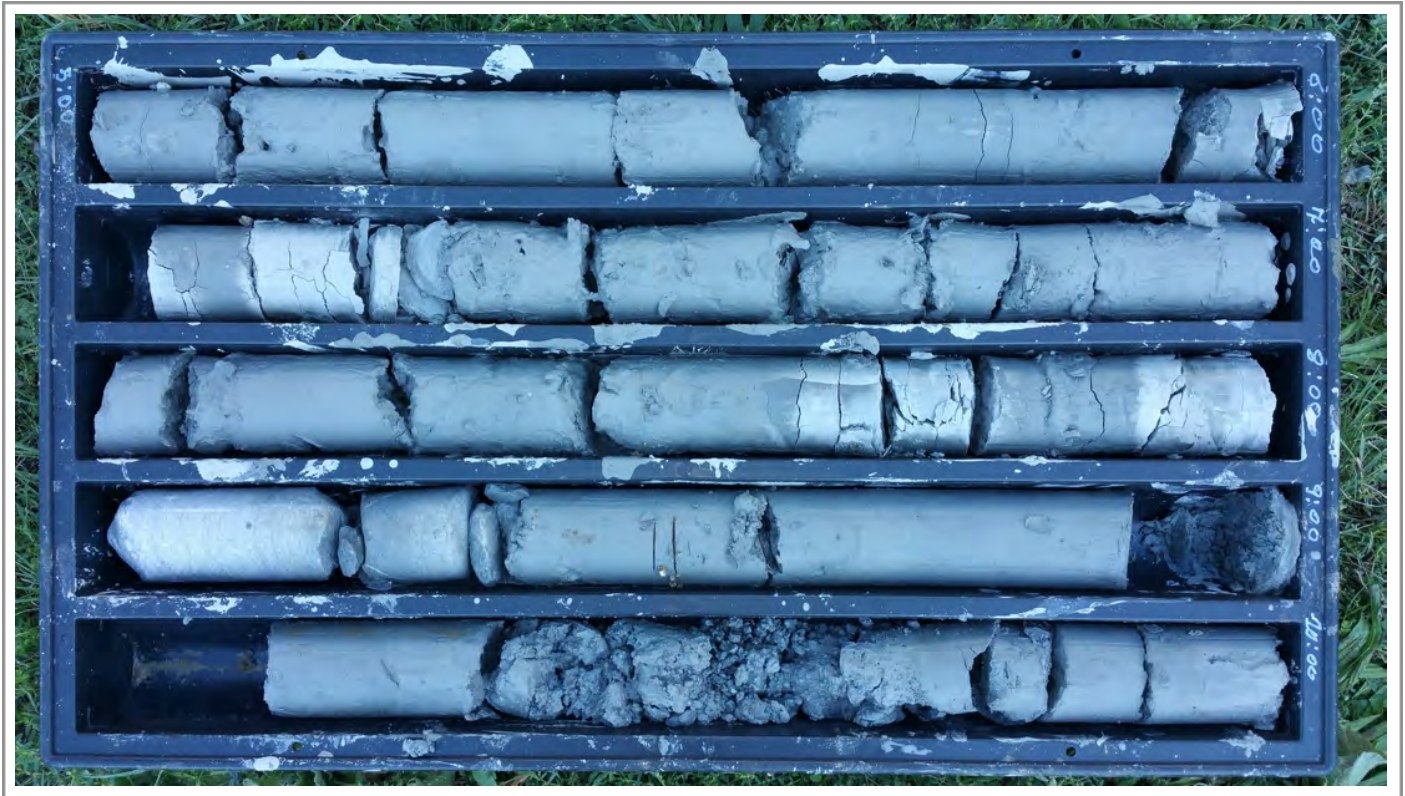
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



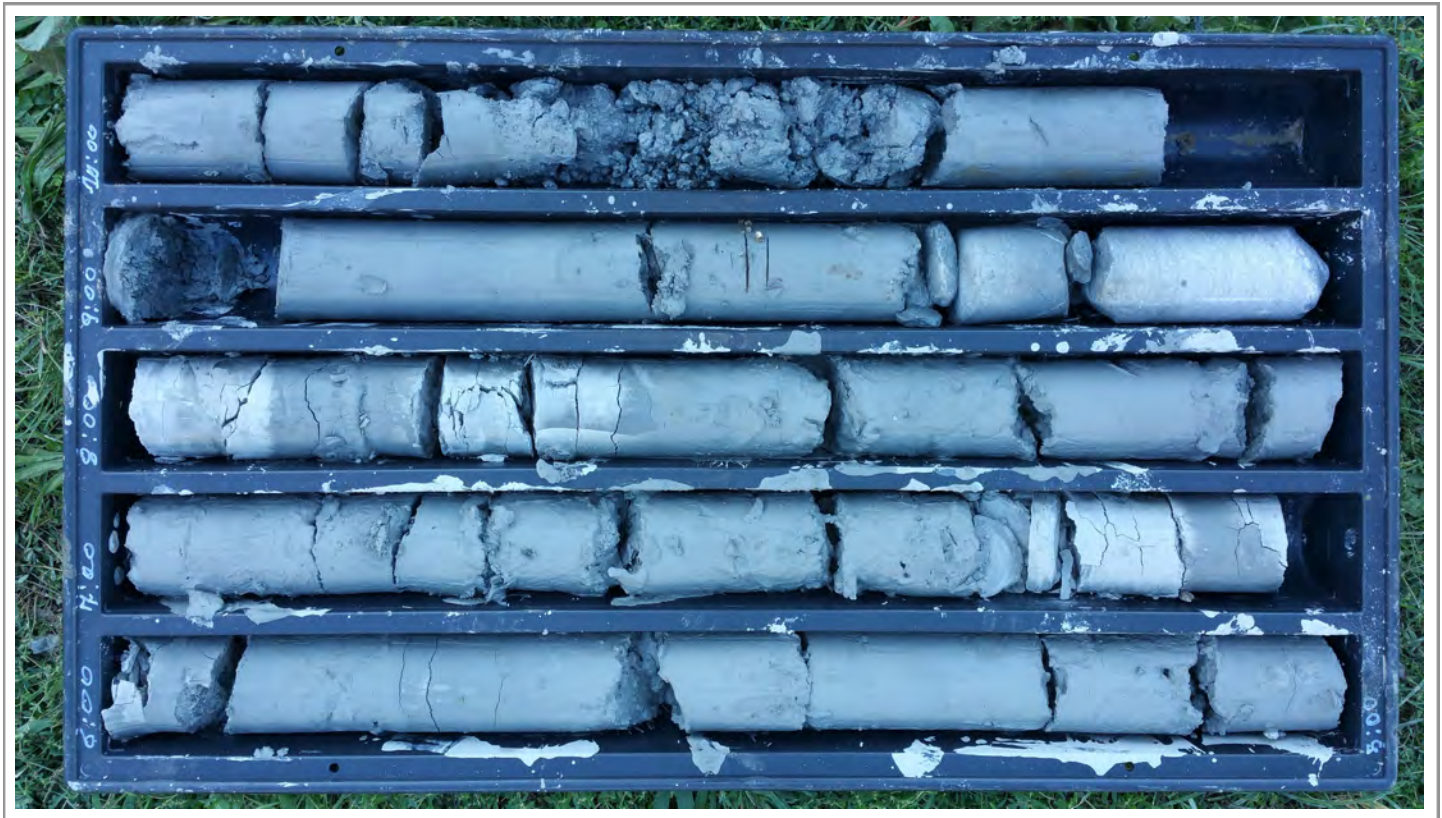
Area porto - Ubicazione Sondaggio S1



Area porto - Sondaggio S1 - Cassetta 1 - da 0,00 a -5,00 metri



Area porto - Sondaggio S1 - Cassetta 2 - da -5,00 a -10,00 metri



Area porto - Sondaggio S1 - Cassetta 3 - da -10,00 a -15,00 metri