



Sisma ed Emergenza Ischia

Ricostruzione Post Terremoto 2017 e Interventi Contro il Dissesto Idrogeologico

COMUNE DI CASAMICCIOLA TERME

(CITTÀ METROPOLITANA DI NAPOLI)

OGGETTO :

**Lavori di estrema urgenza per la
ricostruzione muri di contenimento
alla strada via Celario nel comune di
Casamicciola Terme.
Codice Intervento CD-CT-1-016**

Relazione geologica e caratterizzazione sismica del sito ai sensi delle NCT 2018

**IL COMMITTENTE: PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI.
COMMISSARIO DELEGATO PER GLI ECCEZIONALI EVENTI
METEOROLOGICI VERIFICATISI NEI TERRITORI DELL'ISOLA DI
ISCHIA IL 26 NOVEMBRE 2022 – EX OCDPC 948/2022.**

DETERMINA DIRIGENZIALE N. 9 DEL 25/07/2023

IL GEOLOGO: DOTT.SSA FILOMENA MIRAGLIUOLO



Per Presa Visione

Per Presa Visione

Il Collaudatore

Il Progettista Strutturale

Indice

- **Premessa**
- **Caratterizzazione e modellazione geologica**
 - **Inquadramento geologico strutturale generale**
 - **Caratteristiche geomorfologiche dell'area e relativa stabilità**
 - **Inquadramento litologico**
 - **Caratteristiche idrologiche e idrogeologiche**
 - **Vincoli e inquadramento dell'intervento nel contesto dello studio geologico di cui agli artt. 11, 13, 1, della L.R. 9/83.**
 - **Inquadramento dell'areale in seguito alla frana del 26/11/2022**
- **Caratterizzazione dei terreni ai fini della ricostruzione del modello geologico/geotecnico**
 - **Indagini in sito**
 - **MURO A**
 - **Prove penetrometriche dinamiche pesanti**
 - **DPSH01**
 - **DPSH02**
 - **Modello geologico/geotecnico MURO A**
 - **MURO B**
 - **Perforazioni di sondaggio**
 - **Campionamento e prove geotecniche di laboratorio**
 - **Prove penetrometriche dinamiche DPSH**
 - **Standard Penetration Test (SPT)**
 - **Modello geologico/geotecnico MURO B**
 - **Rischio Liquefazione**
- **Breve analisi della sismicità storica**
- **Caratterizzazione sismica del sito**
 - **Zonazione sismica del territorio comunale**
 - **Microzonazione sismica del sito di interesse (approccio semplificato)**
 - **Microzonazione sismica di III livello del sito di interesse**
- **Conclusioni**
- **Bibliografia consultata**

Allegati:

- **Certificati indagini redatti dalla Inge s.r.l. con sede in Castel Morrone (Ce)**

Premessa

Su incarico del **COMMISSARIO DELEGATO PER GLI ECCEZIONALI EVENTI METERELOGICI VERIFICATISI NEI TERITORI DELL'ISOLA D'ISCHIA IL 26 NOVEMBRE 2022 – EX OCDPC 948/2022 con Determina dirigenziale n. 9 del 25/07/2023**, è stato redatto il presente studio geologico di un'area del territorio comunale di Casamicciola Terme, sita in via Celario, dove la committenza intende procedere a lavori di estrema urgenza per la ricostruzione di muri di contenimento.

Lo studio geologico è stato redatto in conformità alle prescrizioni normative previste dal D.M.17 gennaio 2018, par. 6.2.1 (caratterizzazione e modellazione geologica del sito).

In accordo con il suddetto D.M. 17/01/2018, lo studio, riguarda una zona significativamente estesa, in relazione al tipo di intervento e al contesto geologico in cui questo si colloca; definisce i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici del sito e fornisce gli elementi necessari ai tecnici progettisti per effettuare le scelte e gli approfondimenti ritenuti più opportuni.

Per la ricostruzione del modello geologico sono state consultate:

- la bibliografia e cartografia geologica ufficiale per l'area in esame e le aree limitrofe;
- le indagini allegate al P.R.G. comunale;
- Il Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall' Autorità di Bacino del Distretto Meridionale ex A.d.B. della Campania Centrale, Ex N.O. della Campania;
- indagini pregresse realizzate dalla scrivente nelle vicinanze dell'area in studio per precedenti lavori agli atti della scrivente, di cui si riportano, in copia, in allegato, le risultanze;
- i recenti studi di microzonazione sismica di livello 3 redatti nell'ambito del territorio comunale.

I dati suddetti sono stati implementati dal rilevamento geologico e da una campagna di indagini in sito opportunamente programmata i cui risultati sono riportati nella presente relazione; si allegano i certificati della campagna geognostica realizzata, eseguiti dalla Inge Srl.

La presente relazione si compone infine di un capitolo sulla modellazione sismica del sito di interesse, per il quale sono state realizzate prospezioni sismiche con metodi diretti i cui certificati si riportano in allegato.

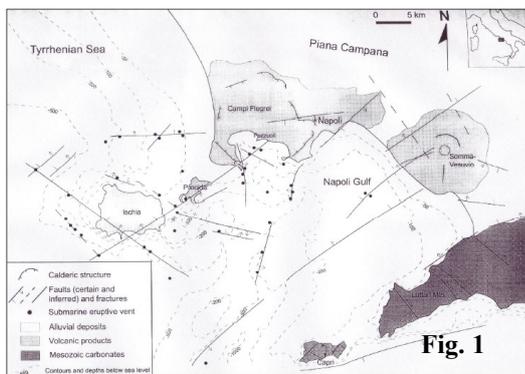
Caratterizzazione e modellazione geologica

- Inquadramento geologico strutturale generale

L'isola d'Ischia delimita la parte nord-occidentale del golfo di Napoli; con una superficie di 46,4 km², rappresenta la parte emersa di un campo vulcanico molto più ampio dell'isola attuale, esteso per almeno 600 Km² nel quale di sono sviluppate decine di bocche eruttive, strutture calderiche e strutture risorgenti.

La storia vulcanica dell'isola d'Ischia è strettamente connessa alle fasi tettoniche distensive che hanno interessato il margine occidentale

del margine occidentale dell'Appennino tra il Pliocene e il Quaternario, causando il collasso della catena appenninica e la formazione del bacino del Tirreno e della Piana Campana (Ippolito et alii, 1973). L'estensione è avvenuta attraverso faglie normali ad andamento NW - SE e subordinatamente a sistemi di faglie da normali a strike slip, che separano il graben in blocchi e consentono ai magmi di risalire in

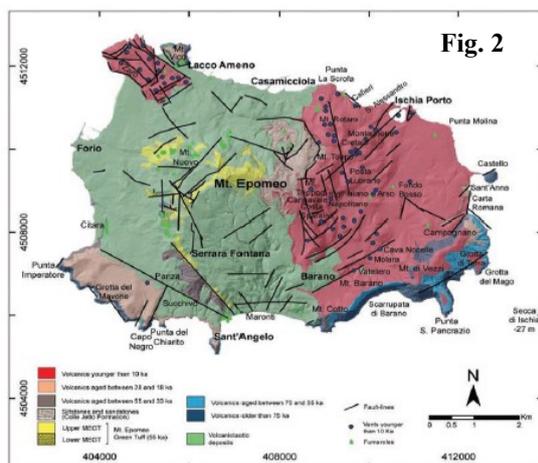


superficie. (Fig.1 *Mappa Strutturale dell'area vulcanica napoletana. Acocella & Funicicello, 1999*)

La tettonica regionale ha guidato l'instaurarsi dell'attività vulcanica recente su alcune direzioni preferenziali nell'isola d'Ischia (Zuppetta et al. 1993); infatti le fratture aventi direzione NE - SW che bordano l'allineamento Ischia-Procida-Campi Flegrei in parte controllano anche la storia tettonica ed eruttiva dell'isola.

L'espressione superficiale di questo sistema di fratture nella parte sud-orientale dell'isola è data

dalla faglia sulla quale sono allineati gli edifici vulcanici di Vateliero, Molarà e Cava Nocelle, (Fig. 2 *Carta geologica dell'isola d'Ischia. Da de Vita et al, 2010*) attivi tra 2,6 e 1,9 ka b.p. (de Vita et al, 2006), mentre nel settore sud-occidentale, l'area morfologicamente depressa compresa tra S. Angelo e Citara è legata ad una faglia di direzione NW - SE.



Oltre alle strutture tettoniche ad andamento regionale sono riconoscibili tutta una serie di

faglie e fratture associate al sollevamento del blocco risorgente del Monte Epomeo.

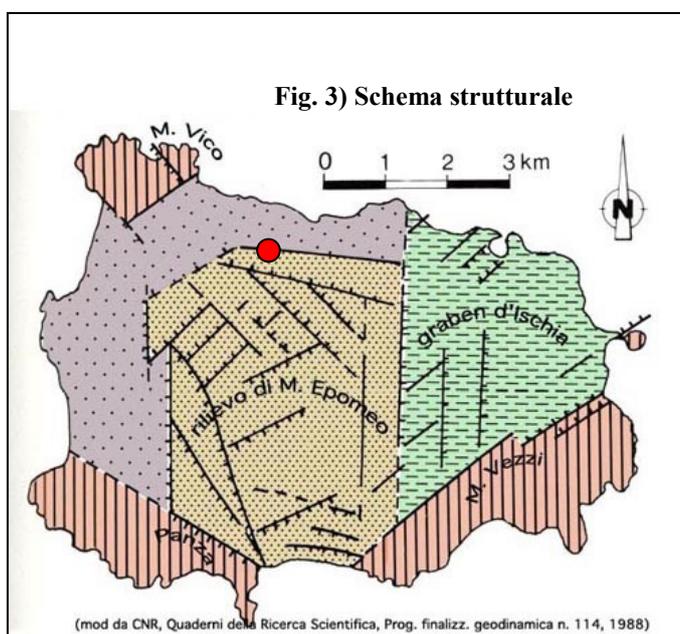
Dal punto di vista strutturale, infatti, in letteratura tutti i lavori concordano nel ritenere Ischia una caldera risorgente. Le ricostruzioni eseguite da vari autori nel corso degli anni prevedono che la struttura calderica si sia formata durante un primo ciclo di attività vulcanica che si è concluso circa 75.000 anni fa ed il cui bordo è delimitato dagli alti strutturali di Monte Vico, Panza e Monte Vezzi. Successivamente, circa 55.000 anni fa, la caldera si è riattivata con l'eruzione di una importante unità ignimbratica nota come "Tufo Verde del monte Epomeo".

La caldera presenta una forma ellittica con asse maggiore allungato ENE-WSW, e i recenti studi eseguiti da Berrino et alii (2008) e Paoletti et alii (2009), che individuano nel campo vulcanico ischitano una grande anomalia gravimetrica positiva associata ad anomalie magnetiche di notevole intensità, fanno ritenere che essa sia caratterizzata da un sistema di alimentazione molto superficiale riconducibile ad un complesso intrusivo trachitico superficiale di tipo laccolitico o sill.

Fino a 28.000 anni fa la distribuzione dei centri eruttivi è avvenuta lungo la struttura calderica, tra 28.000 e 18.000 anni fa l'attività vulcanica si è invece spostata nel settore SW e lungo il bordo SE dell'isola. Tra i 10.000 anni fa e il 1302, anno dell'ultima eruzione (quella del centro eruttivo dell'Arso), l'attività si è concentrata nei settori orientali e settentrionali dell'isola con emissione di duomi e colate laviche.

Le modalità di sollevamento e deformazione del blocco del Monte Epomeo hanno influenzato la distribuzione dei centri vulcanici attivi degli ultimi 10.000 anni, i quali sono prevalentemente concentrati lungo i margini dello stesso.

La struttura del blocco risorgente, rappresentato dal monte Epomeo, si trova in posizione centrale rispetto alla caldera ed ha in pianta una forma quadrangolare delimitata da faglie. Ne consegue che l'isola può essere suddivisa in quattro zone a seconda delle caratteristiche strutturali prevalenti



(Fig.3):

- L'Horst (pilastro) vulcano tettonico del Monte Epomeo, dove gli elementi tettonici visibili sono esclusivamente connessi al suo sollevamento ed occupa la parte centro occidentale dell'isola;
- Il graben (fosso) di Ischia dove si intersecano le faglie dell'Horst, fratture e faglie ad andamento regionale e che occupa la parte nord orientale dell'isola;

- Gli alti strutturali di Monte Vezzi, Panza e Monte Vico costituiti da strutture ereditate dalla più antica attività vulcanica;
- Le aree depresse marginali che circondano l'horst e raggiungono il mare.

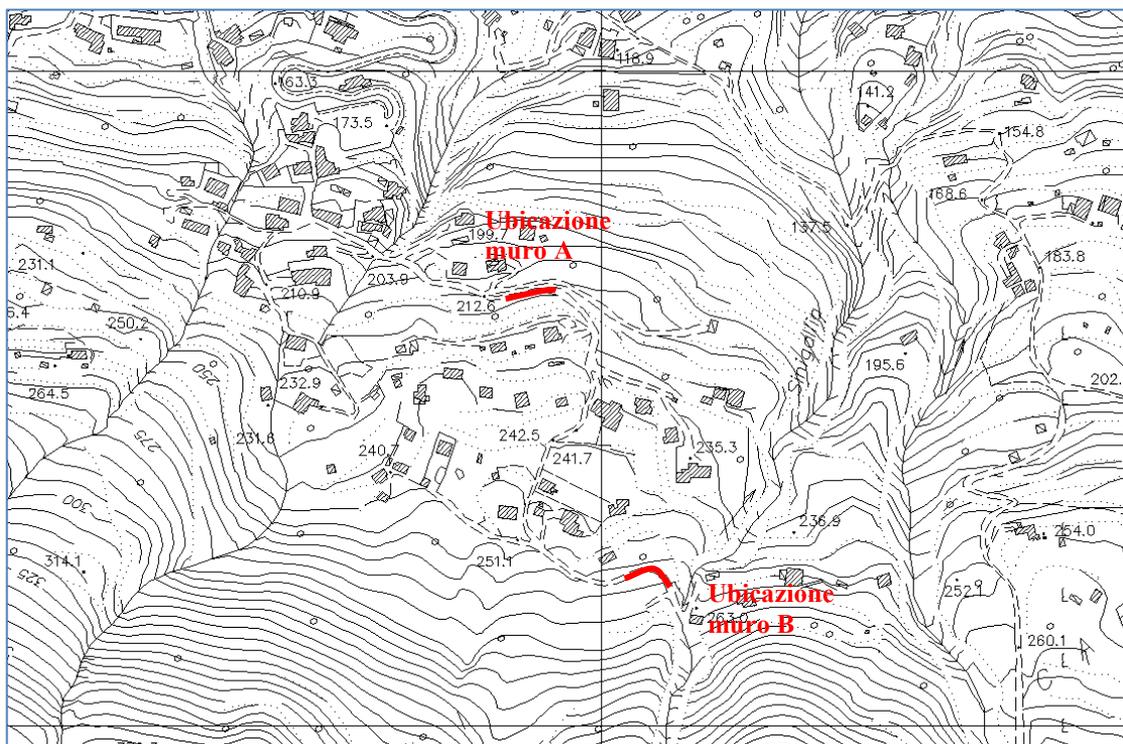
In particolare, l'area in studio dal punto di vista strutturale, si colloca sul versante settentrionale del Monte Epomeo. Questo risulta interessato da forti dislocazioni, dovute a faglie a gradinata che hanno consentito alla struttura di sbloccarsi verso l'alto. Le impronte di tali elementi strutturali si leggono dagli allineamenti delle scarpate e/o nelle incisioni fluviali, nonché dalle forme terrazzate presenti nell'ambito della zona ribassata.

- Caratteristiche geomorfologiche dell'area

I muri oggetto di intervento sono posti a contenimento di tratti di via Celario, una stretta stradina carrabile che si inerpicava sul versante settentrionale dell'Epomeo, e sono stati recentemente interessati dall'evento franoso del novembre 2022, che ne ha determinato il crollo.

I tratti interessati si collocano, sulla base della cartografia tecnica consultata, rispettivamente ad una quota di circa 212 m s.l.m. (Muro A) e di circa 250 m s.l.m. (Muro B).

L'area è compresa nella Carta Tecnica Numerica della Provincia di Napoli Elemento 464071 "Casamicciola Terme" (Fig.4).



Stralcio aerofotogrammetrico (fuori scala)

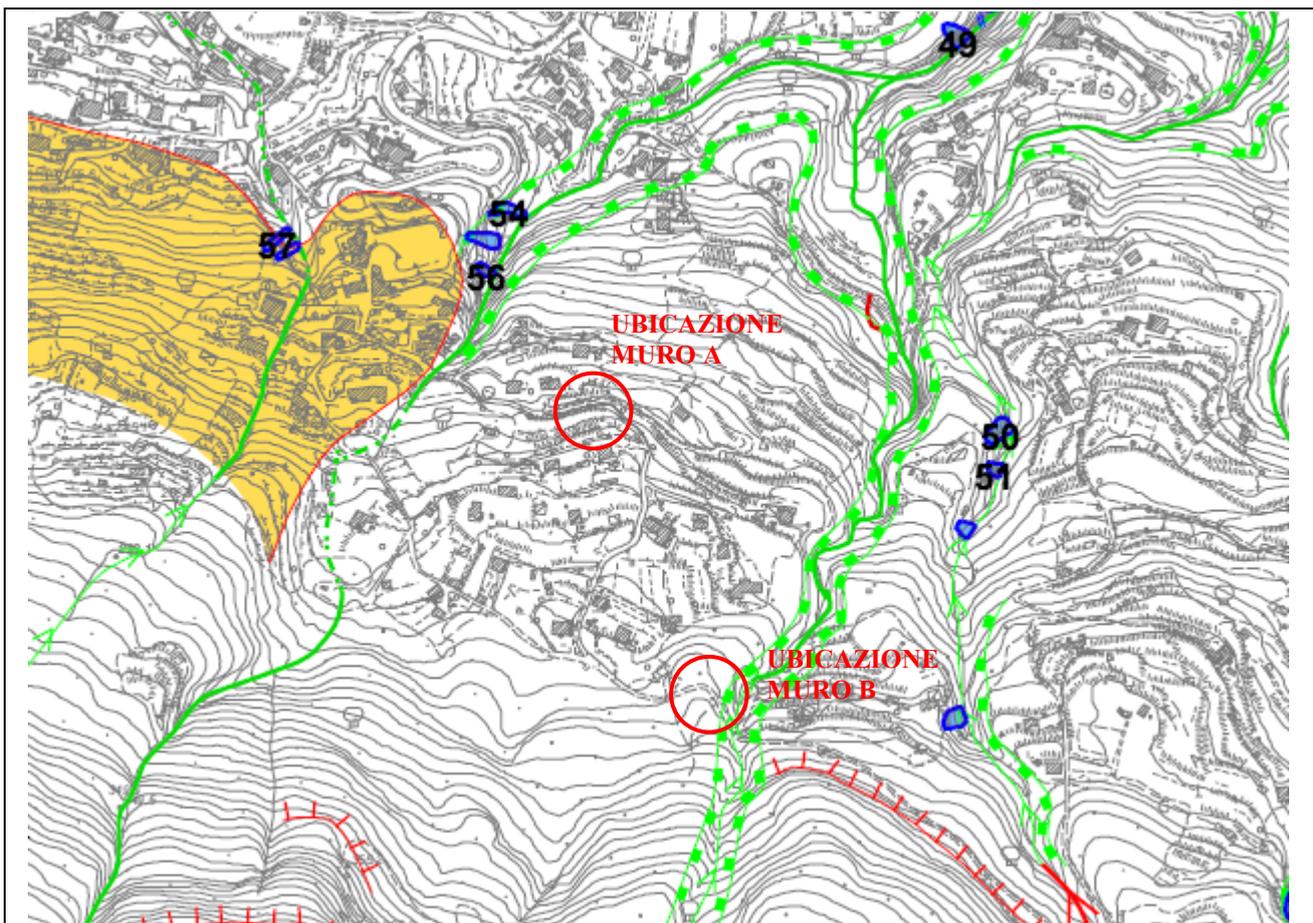


Fig. 5) Stralcio di Carta Geomorfologica tratta dal PAI Autorità di Bacino NO Campania (2002)

Legenda

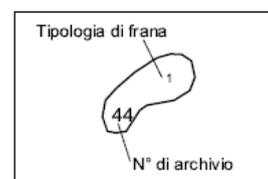
- Cornice, orlo di scarpata ripida influenzata dalla struttura
- Versante regolare a debole pendenza prodotto da prevalente deposizione di flussi piroclastici
- Solco di ruscellamento concentrato
- Orlo di scarpata
- Alveo-strada o alveo coperto
- Aree in studio

TIPOLOGIA DI FRANA

- 1 Crollo o ribaltamento
- 2 Scorrimento
- 3 Colata lenta o moderata
- 4 Colata rapida
- 5 Frana complessa o composta

STATO DI ATTIVITA'

- Attivo - (a)
- Quiescente
- Stabilizzata naturalmente - (sn)
- Stabilizzata artificialmente - (sa)
- Da segnalazione - (sg)



Il muro A si colloca ai margini di un pianoro morfologicamente identificabile come un terrazzo tettonico, la cui origine è cioè legata a faglie dirette che ne hanno permesso lo sblocco e il relativo sollevamento.

Il muro B si colloca in sinistra orografica dell'alveo di Cava Sinigallia; una profonda incisione valliva a regime torrentizio, sviluppatasi lungo i versanti in contropendenza dei corpi detritici adiacenti e il cui approfondimento è legato sia alla discreta erodibilità dei prodotti detritici in cui si inserisce, sia alla variazione del livello di base dell'erosione.

Dal punto di vista generale, l'assetto geomorfologico del versante settentrionale del M. Epomeo, in cui si collocano i siti oggetto di indagine, è legato alla sua origine vulcanica. Sono presenti pareti sub-verticali di origine strutturale cioè "forme" originate dai fenomeni vulcano tettonici di surrezione, deformazioni di versante spesso indotte da eventi sismici che si traducono con la presenza di grandi accumuli di antichi debris flow, nonché blocchi monolitici di tufo verde disseminati sul versante, testimonianze di grandi fenomeni di crollo spesso favoriti dalla fratturazione e dall'alterazione fumarolica della roccia.

Il versante è solcato da profonde incisioni vallive, lungo le quali si concentra una forte erosione spondale che contribuisce all'innescare di numerosi fenomeni franosi. Frequenti sono difatti, i fenomeni di instabilità, prevalentemente del tipo scorrimento - colata rapida, con volumetrie generalmente ridotte, che interessano le coperture alterate dei depositi detritici ubicati lungo le pareti degli alvei, come si può osservare nello stralcio di carta geomorfologica in Fig.5; fenomeni gravitativi innescati da particolari condizioni meteoriche che causano la completa imbibizione dei terreni piroclastici sciolti e la perdita della componente coesiva degli stessi, e/o da azioni di erosione di sponda.

Tali eventi, contribuiscono alla produzione di una coltre detritica, che, in occasione di eventi idrometeorologici intensi e/o prolungati, è causa di eventi alluvionali con elevato trasporto solido che periodicamente interessano le aree pedemontane. Storicamente noto, è il fenomeno alluvionale di notevole intensità, accompagnato da instabilità di versante, associati all'evento pluviometrico del 24 ottobre 1910 che colpì anche la penisola Amalfitana e le aree vesuviane (Donzelli, 1910; Il MATTINO 1910; Bordiga, 1914). Le cronache dell'epoca riportano che i maggiori danni furono registrati nelle aree di confluenza dei profondi fossi di erosione che dissecano i versanti settentrionali del M. Epomeo presso le località Piazza Bagni e La Rita. In entrambi i casi, gravi danni si ebbero sia per le vittime che per gli stabilimenti termali che andarono in parte completamente sepolti dal fango e dagli enormi massi tufacei trasportati lungo gli alvei. Queste aree continuano ad essere periodicamente interessate da frequenti fenomeni di alluvionamento e di frana come ci ricorda l'evento del novembre 2022, dove una frana distaccatasi dalle pendici del M. Epomeo alla quota di circa 650 m s.l.m., incanalatasi nell'alveo di Cava Celario, si è trasformata in una micidiale colata detritico fangosa che ha letteralmente travolto e cancellato le abitazioni che si sono trovate lungo la sua traiettoria, in località Celario; un pianoro che ha fatto da cassa di

espansione alla colata, che ha poi continuato la sua corsa reimmettendosi, in parte, in Cava Fontana e proseguendo verso P. Bagni, fino al mare.

- Inquadramento litologico

Dal punto di vista litologico, l'area è interessata dall'accumulo dei prodotti detritici di frane, verificatesi durante le fasi evolutive del sollevamento del Monte Epomeo.

La varietà originaria dei materiali mobilizzati dalle frane e la diversità evolutiva di queste ultime, sono causa di una marcata eterogeneità dei prodotti di accumulo. Da ciò deriva un assetto litologico territoriale alquanto complesso e di difficile definizione, tanto più che alle variazioni litologiche orizzontali si associano frequenti variazioni verticali.

Nel dettaglio, in corrispondenza del Muro A, le indagini condotte, i fronti di scavo osservati, nonché lo studio della carta geologica di cui ho allegato uno stralcio in fig. 6, evidenziano la presenza di depositi eterogenei provenienti dallo smantellamento delle unità del substrato (tufi, tufi saldati, depositi epiclastici in genere) ed eterometrici, da clastosostenuti a matrice sostenuti con granulometria argillosa sabbiosa. Su tali terreni processi erosivi e/o concentrati a carattere morfoselettivo rendono evidente e talora affioranti grossi monoliti del sistema del Rifugio di San Nicola (Tufo Verde s.l.), qualora cartografabili indicati con la sigla (bl). Indicati genericamente come "*Depositi di frana*" in quanto hanno evidenziato, all'atto delle attività di rilevamento, elementi morfologici riconducibili a movimenti in atto e/o di recente individuazione: Età: Olocene superiore-Attuale (Sbrana et alii, 2011).

In corrispondenza del muro B sono presenti depositi massivi grossolani di debris-flow, costituiti da clasti di tufo verde e di rocce epiclastiche eterometriche in genere arrotondati, immersi in matrice limo sabbiosa (*detriti a elementi prevalente*). Definiti nella recente letteratura come "*Unità della Grande Sentinella*" (Sbrana et alii, 2011) o genericamente come "*Accumuli detritici da debris-flow (Dfr)*" (Autorità di Bacino N. O. Regione Campania, AA.VV., 2002) affiorano nel settore nord dell'isola, nella zona che dalle pendici del Monte Epomeo arriva all'abitato di Casamicciola; trattasi di depositi di flussi di massa legati alla mobilizzazione di masse detritiche dei versanti settentrionali del blocco risorgente del Monte Epomeo, successivamente al distacco di grandi valanghe detritiche (Vezzoli L., 1988; Mele & Del Prete, 1988; Sbrana et alii, 2011). I fenomeni di *debris avalanche*, avvenuti per lo più in concomitanza degli eventi sismici che hanno accompagnato le fasi di surrezione, sono definiti in letteratura come "*Unità di Lacco Ameno LMO*"; trattasi di depositi epiclastici massivi, formati da megablocchi (>10m) e blocchi dei tufi delle unità che formano il Monte Epomeo, Tufo Verde del Monte Epomeo autoctono, Tufo del Pizzone, Tufo dei Frassitelli,

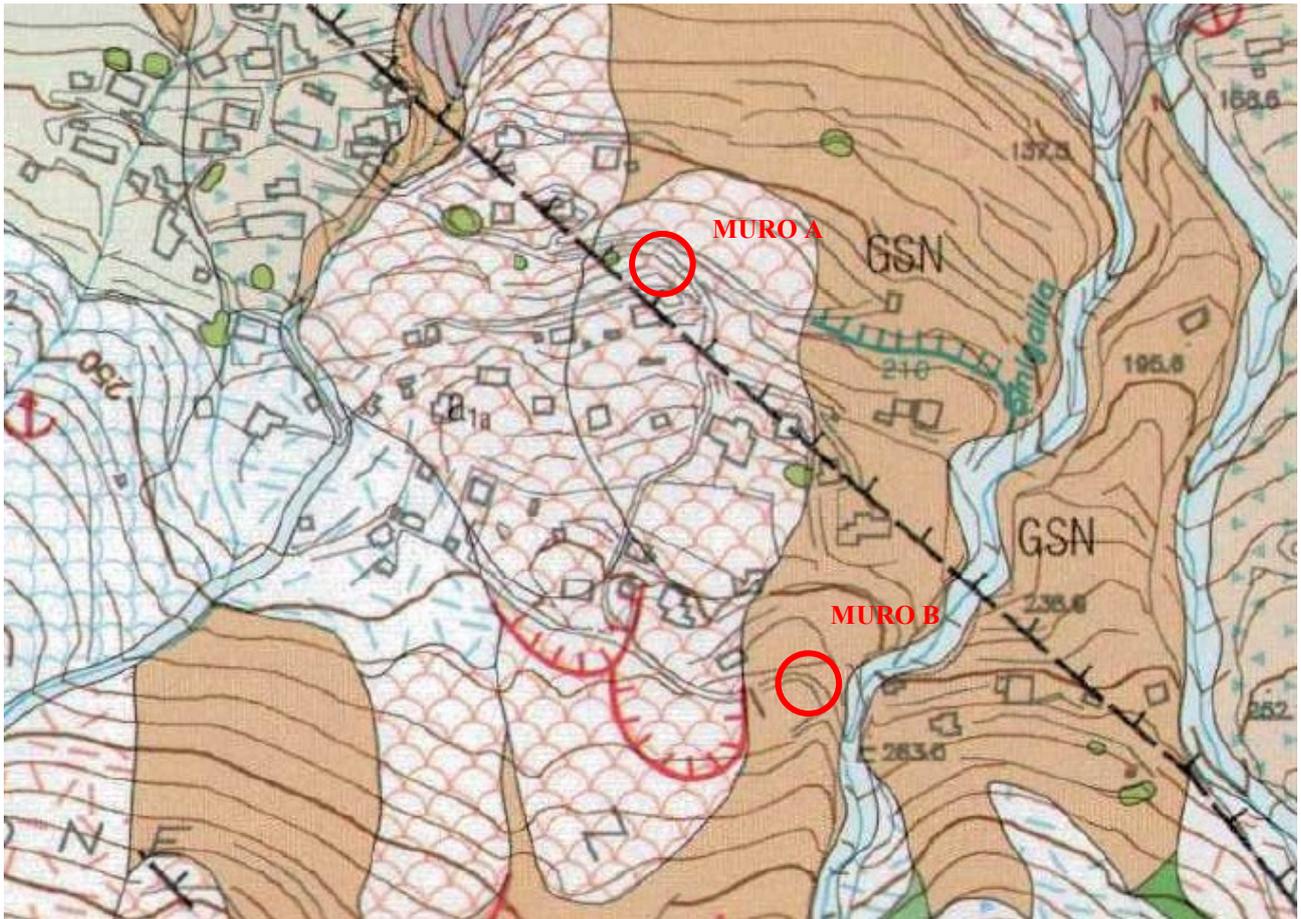
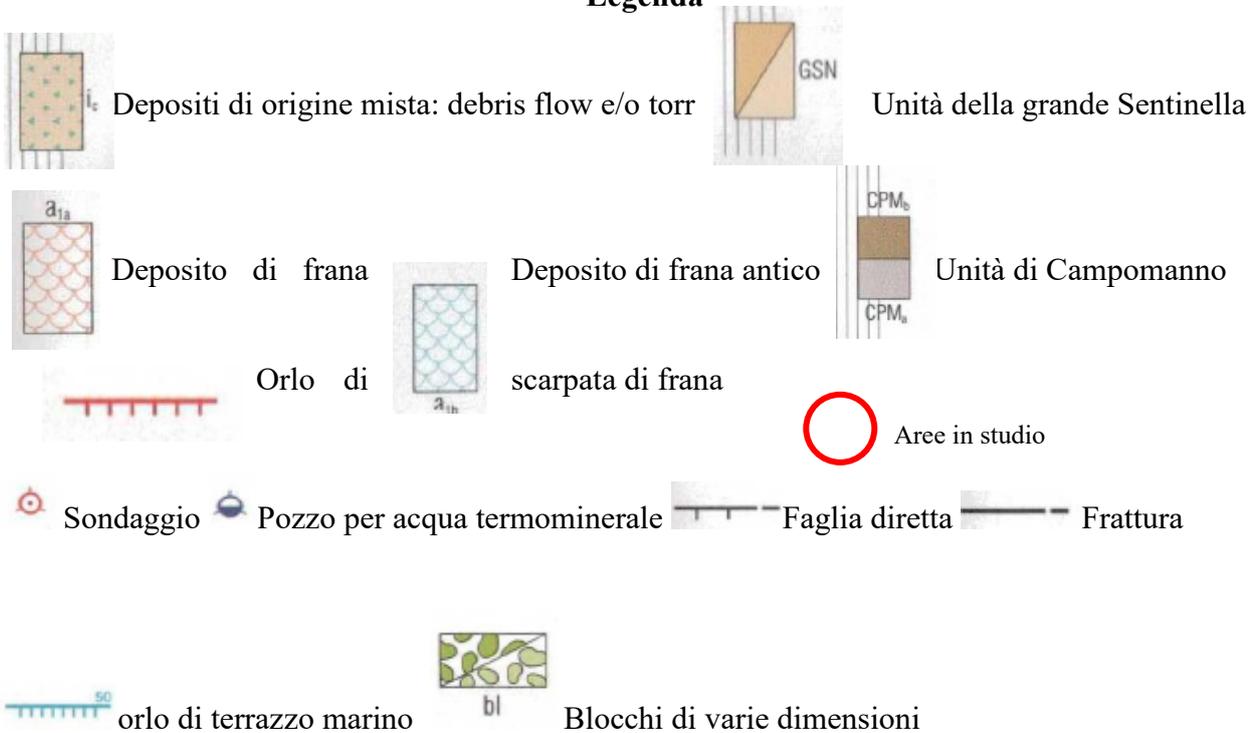


Fig.6) Stralcio di Carta Geologica (scala 1:10000) Ischia. Progetto CARG. Assessorato Difesa del Suolo Regione Campania (2011)

Legenda



(Sbrana et alii, 2011), intensamente fratturati con strutture di flusso e rampe, immersi in una matrice sabbiosa limosa e contenenti clasti, ciottoli e blocchi di tufo e di epiclastiti litificate biancastre.

L'unità si estende nell'area marina settentrionale dell'isola (5 - 6 Km) tra Lacco Ameno e Punta della Scrofa dove forma un fan (ventaglio) con una marcata morfologia a collinette.

Nel settore in studio dalle indagini condotte, tali terreni detritici, ricoprono con spessori di circa 10 m epiclastiti da debolmente a mediamente litificate, derivanti dallo smantellamento in ambito sottomarino della successione dei tufi del Monte Epomeo, denominate *Unità di Campomanno* (Sbrana et alii, 2011).

All'interno dei depositi attribuiti all'*unità di Campomanno (CPM)*, sono state differenziate due facies: *Litofacies di Ervaniello (a)* e *Litofacies di via Ombrasco (b)*. La *litofacies di Ervaniello (CPM_a)* è costituita da depositi, con spessori di circa 90 - 100 m, costituiti da materiale epiclastico da debolmente a mediamente litificato di colore giallastro o verdastro, da massivo a stratificato, composto da ceneri fini e grossolane, blocchi di lave e tufi che spesso raggiungono vari metri di diametro in matrice fine argillosa di colore dal verdastro al giallo. Affiorano con continuità all'interno delle "Cave" che partendo dalla zona di Pera di Basso arrivano fino a piazza Bagni (Sbrana et alii, 2011), organizzate in una struttura monoclinale, con forte immersione verso nord, 50° talora 60°, addossata al muro delle grandi faglie che svincolano a nord il blocco risorgente del M. Epomeo. Vengono anche definiti, nell'accezione comune come "*Tufiti*" intendendo con questo termine prodotti di disfacimento del tufo verde in ambiente sottomarino a matrice sabbiosa limosa. Essendo coinvolti nel sollevamento del M. Epomeo, sono stati essi stessi smembrati e risedimentati in corpi detritici.

- **Caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche**

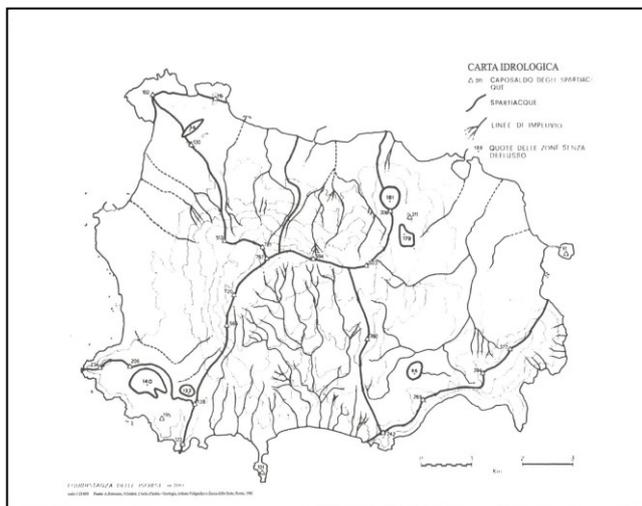


Fig.7) Carta Idrologica Rittmann- Gottini

I bacini imbriferi dell'isola d'Ischia possono essere raggruppati in quattro regioni, in ognuna delle quali essi presentano caratteristiche idrauliche e morfologiche strettamente dipendenti dalla litologia e dall'assetto strutturale come sintetizzato nella "Carta idrologica" redatta da Rittmann & Gottini (L'isola d'Ischia – Geologia, 1981) Fig.7.

Il bacino della regione settentrionale, in cui ricade l'area in studio, comprende i bacini imbriferi di Lacco Ameno e Casamicciola, separati da uno

spartiacque secondario che, scendendo dalla cresta del massiccio dell'Epomeo, passa per Maio e la Gran Sentinella, mentre quello di Casamicciola risulta a sua volta delimitato verso est dallo spartiacque che dal M. Trippodi attraverso il Rotaro, raggiunge Punta della Scrofa.

Il bacino di Casamicciola risulta a sua volta suddiviso in più sub bacini individuati da spartiacque interni nell'ambito dei quali numerosi sistemi di corsi d'acqua confluiscono nelle aste torrentizie principali. In particolare le aste torrentizie dei bacini di Celario, Sinigallia e Campomanno si riuniscono in un unico recapito in prossimità di P.zza Bagni, che dal punto di vista idraulico è ad elevato rischio di alluvionamenti.

Tali eventi oltre ad essere associati alla presenza di un reticolo a regime torrentizio che incide litologie ad alto grado di erodibilità, sono ulteriormente amplificati dal forte grado di antropizzazione del territorio che ha comportato la trasformazione di numerose incisioni in alvei-strada come quello di via Ombrasco e via Nizzola, situate entrambe lungo il prolungamento di linee di impluvio naturali (Cava Sinigallia) e che hanno il loro sbocco nell'area di Piazza Bagni.

In particolare per quanto concerne l'area di ubicazione del muro A, dal punto di vista idraulico risulta caratterizzata da ruscellamenti di tipo diffuso con formazione di rigagnoli (rill erosion), che tendono a confluire, seguendo le linee di massima pendenza verso i bassi morfologici.

Il muro B, ubicato il sinistra orografica del vallone Sinigallia, potrebbe risentire di fenomeni di scalzamento alla base, dovuto alle acque ruscellanti. Nelle more dell'incarico in oggetto si consiglia pertanto anche la sistemazione del fondo alveo, attualmente in cattivo stato di manutenzione e parzialmente ostruito dai materiali franati durante i recenti fenomeni alluvionali che hanno interessato il territorio (novembre 2009 e novembre 2022).

La permeabilità dei terreni presenti in affioramento, del tipo per porosità, oscilla su valori piuttosto ampi in relazione alla quantità di fini presenti, con modalità di circolazione idrica prevalentemente verticale.

Per quanto riguarda l'acqua nel sottosuolo, prescindendo dalla falda di base di alta temperatura che si attesta virtualmente sul l.m.m. e dove gioca un ruolo fondamentale l'alimentazione da parte del mare, in linea generale nelle aree montane e pedemontane dell'isola, va sottolineata la presenza di una circolazione idrica superficiale alimentata prettamente da acque piovane. Tale circolazione risulta di difficile schematizzazione a causa dell'irregolarità dei rapporti giacitureali e di sovrapposizione delle varie formazioni presenti. Tutto ciò comporta variazioni di permeabilità verticali ed orizzontali con formazione di acquiferi sovrapposti spesso intercomunicanti tra loro che possono dar luogo a scaturigini naturali d'acque sia calde che fredde laddove le condizioni di giacitura dei vari litotipi ne permettono l'emergenza.

Per l'areale di Casamicciola, il censimento esistente di pozzi e sorgenti allegato al PRG comunale (Rolandi & Bortoluzzi, 1990), ha permesso di definire per la località Bagni, una circolazione idrica superficiale sia fredda che calda.

La falda acquifera calda, con temperature oscillanti intorno ai 50 – 60°C, emerge alla base della ripida ed alta sponda in sinistra orografica del tratto terminale di Cava Sinigallia, (Via Nizzola), dove da luogo a più scaturigini captate attraverso piccole gallerie drenanti.

Il suo acquifero è formato da detriti sabbiosi-ghiaiosi-limosi di permeabilità medio bassa. Il tamponamento è costituito da un substrato di materiali pozzolanacei, molto addensati a granulometria prevalentemente limo-argillosa quindi scarsamente permeabili. Si tratta dunque di falda per soglia di permeabilità definita, venuta a giorno in seguito a processi erosivi di tipo regressivo che durante il sollevamento dell'horst hanno causato l'approfondimento dell'alveo (sorgenti per affioramento della piezometrica) Fig.8 (Celico et alii, 1999, modificata).

Analogamente la falda superficiale fredda, con temperature < di 30 °C si individua a monte del curvone di Corso Garibaldi ad una profondità di circa 7,5 m dal p.c., segue l'alveo strada di Piazza Bagni ed è captata in corrispondenza delle Terme Belliazzi (sorgente Cappone).

Altre piccole sorgenti, di portata non definita, si trovano lungo il vallone di Cava Fontana (toponimo alquanto significativo) e risultano attualmente seppellite dai fenomeni franosi.

Per l'area del Celario, gli studi eseguiti, nonché la bibliografia consultata, non indicano la presenza di falde freatiche superficiali (almeno per i primi 15 m dal p.c.) in grado di interferire nella risposta dei terreni alle sollecitazioni statiche e dinamiche.

-Vincoli e inquadramento dell'intervento nel contesto dello studio geologico di cui agli artt 11, 12 e 14 della L.R. 8/83

L'area è **soggetta a vincolo idrogeologico** ai sensi del R.D. 30.12.1923 n°3267. (Fig.8)

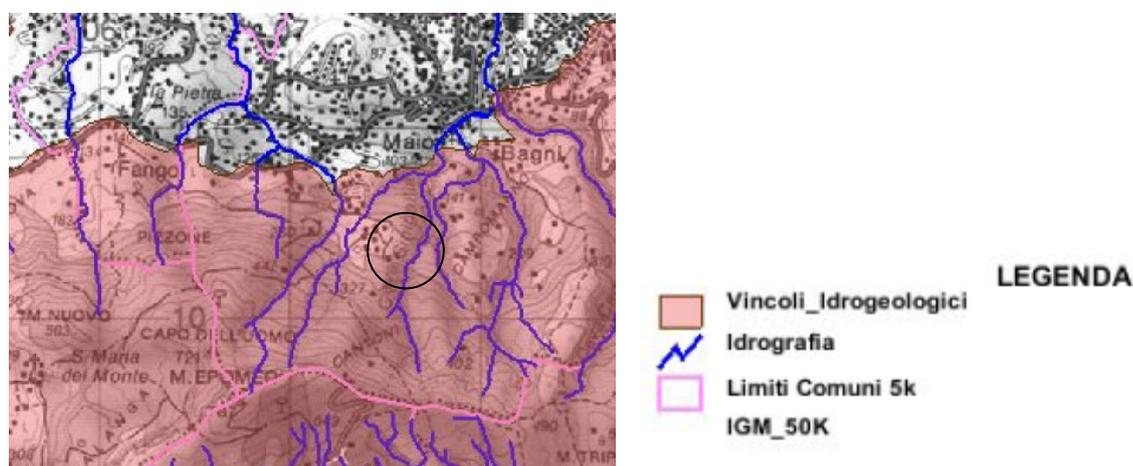


Fig. 8) Stralcio di Carta del Vincolo Idrogeologico. Fonte WebGis Regione Campania

Nell'ambito del *Progetto di Aggiornamento del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Isola d'Ischia – Primo Stralcio Funzionale Comune di Casamicciola Terme (Na)*. Luglio 2023 (D. Lgs. 152/06 e smi, art.68, commi4-bis e 4-ter così come integrato dalla Legge n. 120/2020) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, ed adottato con Decreto del Segretario Generale n. 561 del 4 agosto 2023, il muro A ricade in zona classificata a “Pericolosità Idraulica bassa P1”, il muro B ricade ai margini di zona a “Pericolosità idraulica elevata P3 per elevato trasporto solido”. Fig. 9

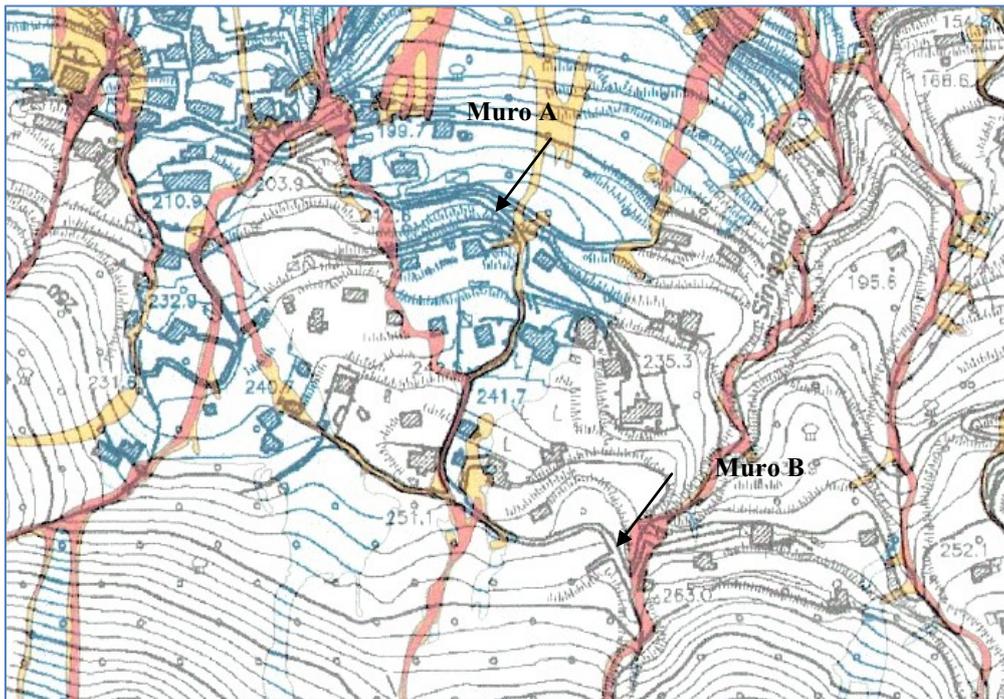


Fig. 9) All_2_ Pericolosità Idraulica (Stralcio)



Nell’ambito del *Progetto di Aggiornamento del Piano per l’Assetto Idrogeologico dell’Isola d’Ischia – Primo Stralcio Funzionale Comune di Casamicciola Terme (Na)*. Luglio 2023 (D. Lgs. 152/06 e smi, art.68, commi4-bis e 4-ter così come integrato dalla Legge n. 120/2020) redatto dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, ed adottato con Decreto del Segretario Generale n. 561 del 4 agosto 2023, il muro A ricade in zona classificata a “Rischio Idraulico Medio R2”, il muro B ricade ai margini di zona a “Rischio Idraulico Molto Elevato R4”.

Fig. 10

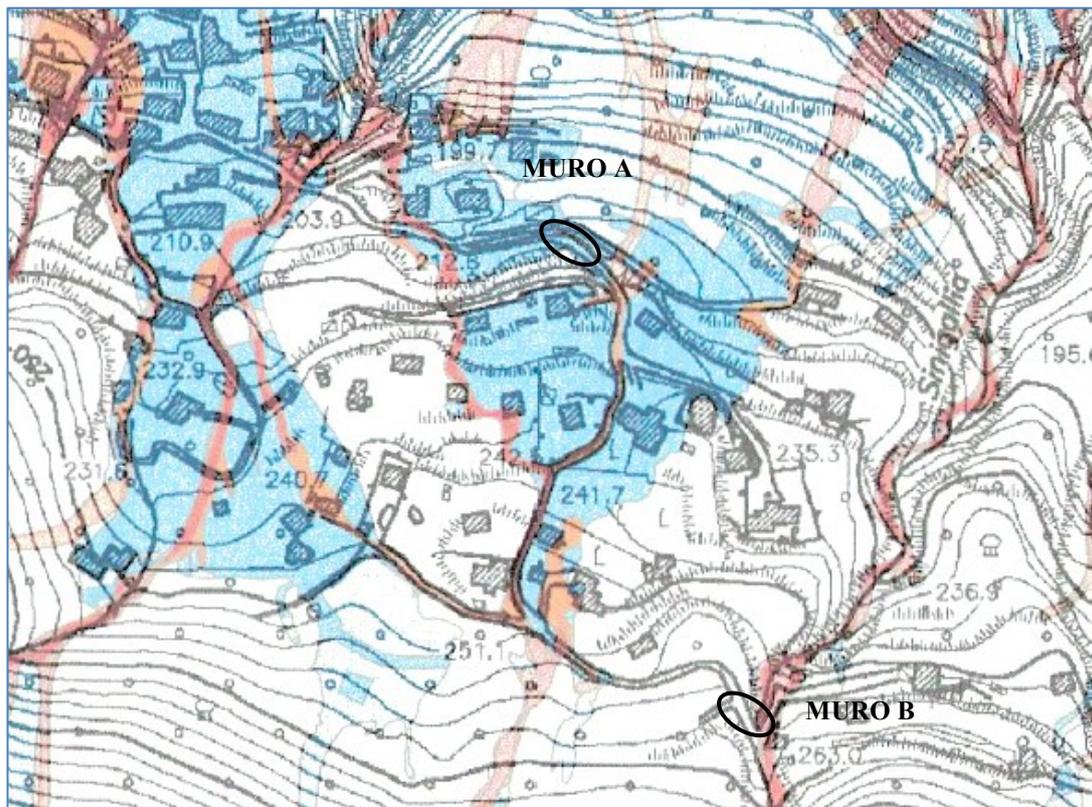


Fig. 10) All_4_Rischio Idraulico (Stralcio)

Legenda

- 
 Area a Rischio Molto Elevato - R4
 * Zone E soggette a Protezione Integrale (PTP)

- 
 Area a Rischio Elevato - R3
 * Zone E soggette a Protezione Integrale (PTP)

- 
 Area a Rischio Medio - R2
 * Zone E soggette a Protezione Integrale (PTP)

Nell'ambito del *Progetto di Aggiornamento del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Isola d'Ischia – Primo Stralcio Funzionale Comune di Casamicciola Terme (Na)*. Luglio 2023 (D. Lgs. 152/06 e smi, art.68, commi4-bis e 4-ter così come integrato dalla Legge n. 120/2020) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, ed adottato con Decreto del Segretario Generale n. 561 del 4 agosto 2023, il muro A ricade in zona classificata a “Rischio da Frana Molto Elevato R4”, il muro B ricade in zona classificata a “Rischio da Frana Molto Elevato R4”. Fig. 11

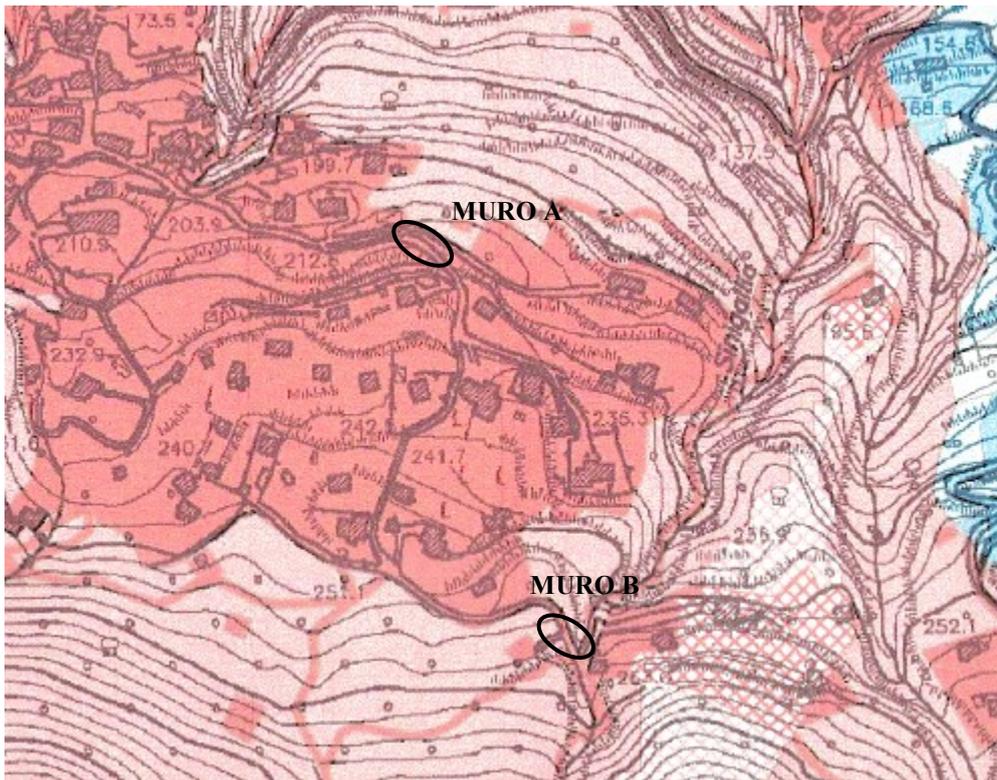
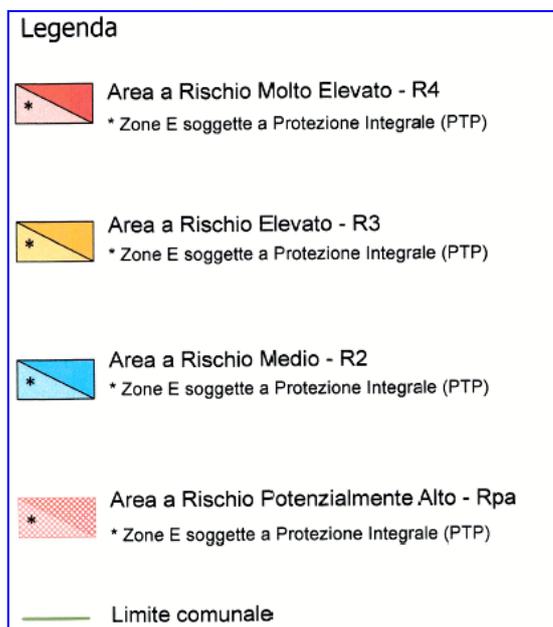


Fig. 11) All_3_ Rischio da Frana (Stralcio)



L'area ricade in zona SIC (Siti di Interesse Comunitario) **IT8030005**. Corpo centrale dell'isola d'Ischia.

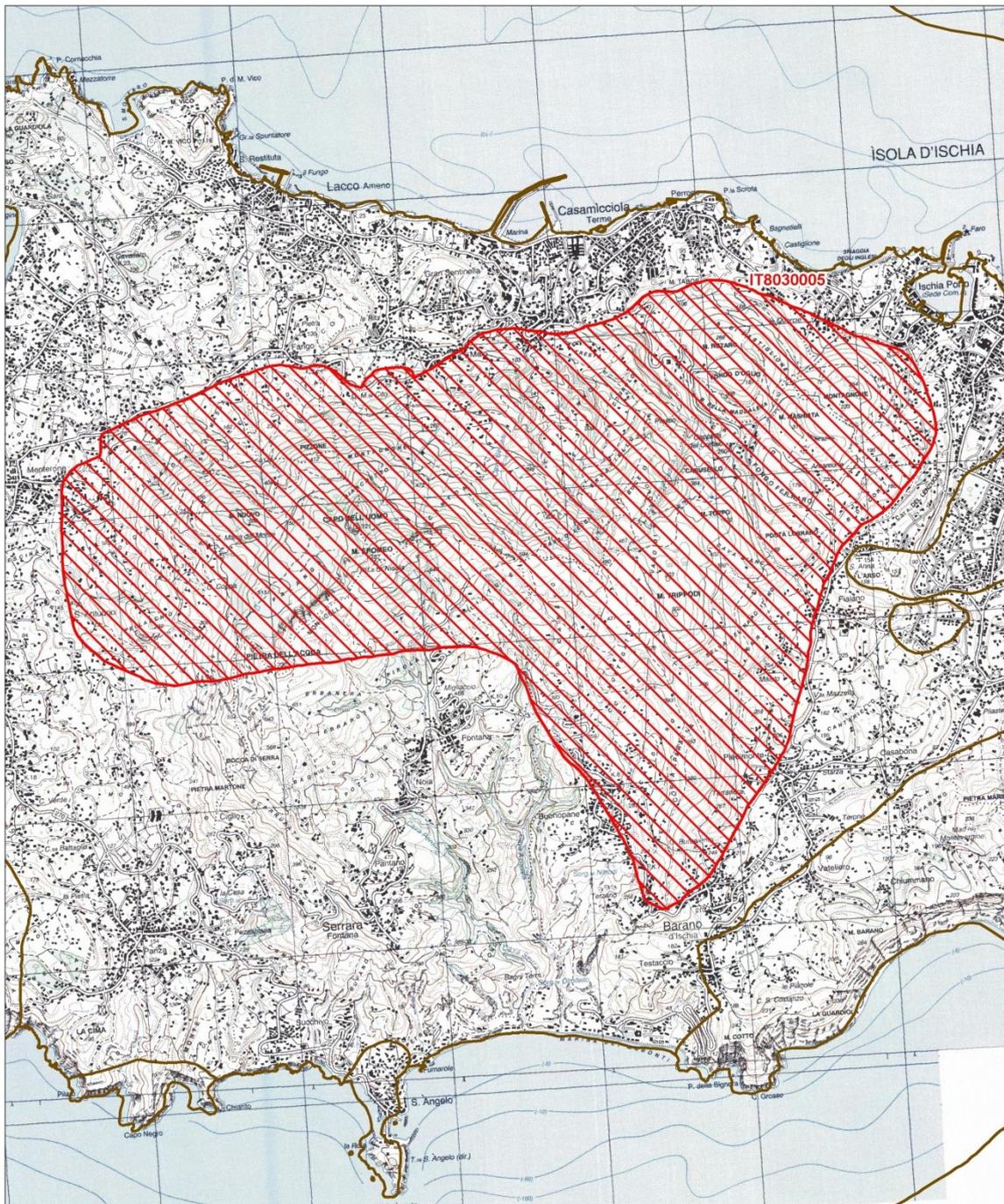


Regione: Campania

Codice sito: IT8030005

Superficie (ha): 1310

Denominazione: Corpo centrale dell'Isola di Ischia



Data di stampa: 06/12/2010

Scala 1:25'000



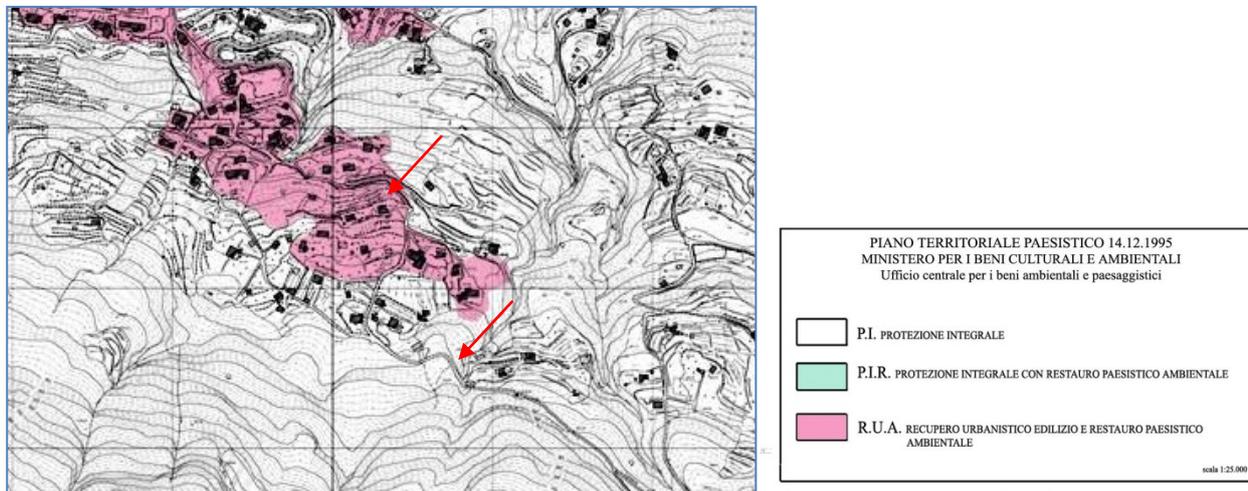
Legenda

 sito IT8030005

 altri siti

Base cartografica: IGM 1:25'000

L'area è **sottoposta a vincolo paesaggistico** ai sensi del P.T.P. dell'Isola d'Ischia, approvato con D. M. 08/02/1999, pubblicato sulla G.U. n° 94 del 23/04/1999. Zona R.U.A. (Muro A); Zona P.I. (Muro B)



- **Inquadramento dell'areale in seguito alla frana del 26.11.2022**

A seguito della frana del 26.11.2022 nel comune di Casamicciola, il Commissario delegato per l'emergenza e la ricostruzione di Ischia e il commissario prefettizio del Comune di Casamicciola, hanno adottato nuove ordinanze che, per i profili di rispettiva competenza, definiscono la nuova perimetrazione delle aree a rischio.

I provvedimenti, finalizzati a valutare il rischio residuo, sono stati definiti sulla base delle risultanze del lavoro condotto dai centri di competenza della Protezione Civile e dalle Università della Campania, coordinati dal direttore della Protezione Civile della regione. Sulla scorta degli studi effettuati, con Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 951 del 11 novembre 2022 e successiva ordinanza del Commissario Straordinario del Comune di Casamicciola Terme n. 44 del 22/03/2023 ad oggetto "Prima esecuzione dell'ordinanza n. 10 del 17 marzo 2023 del Commissario Delegato ex OCDPC n. 948/2022 "Rimodulazione Zonizzazione Piazza Bagni", e successiva ordinanza n. 12 del 26 maggio 2023 è stata definita una nuova zonizzazione con la quale sono state definite le aree di rischio del territorio.

Il territorio del Comune di Casamicciola Terme è stato suddiviso in quattro aree caratterizzate da diversi livelli di pericolosità:

- Zona soggetta a pericolosità molto elevata per la possibile invasione di colate detritiche e di massi (Zona A);

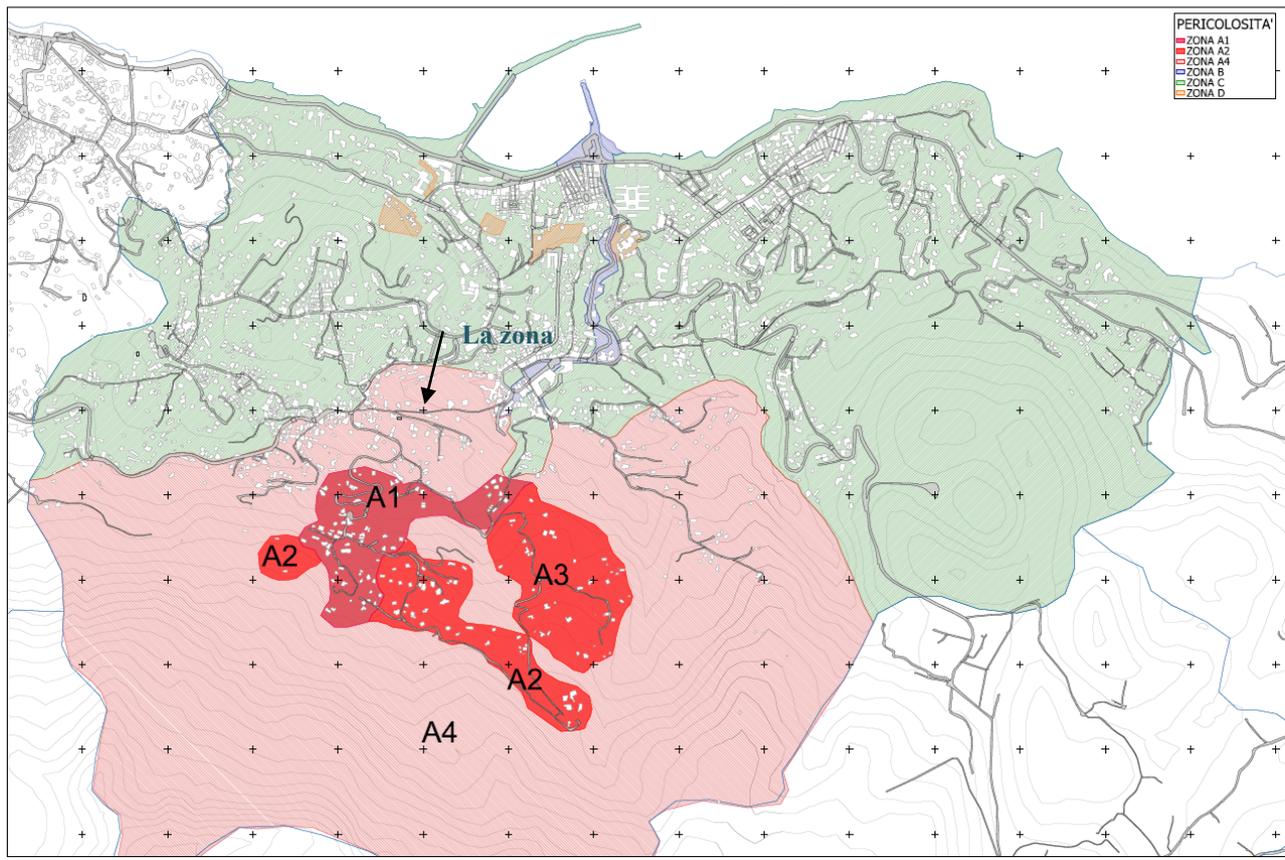
- Zona soggetta a pericolosità molto elevata per il possibile transito di flussi idrici, anche iper-concentrati (Zona B);
- Zona a invariate condizioni di pericolosità rispetto alla situazione ex ante, salvo puntuali situazioni di dissesto (Zona C);
- Zona a elevata e confermata pericolosità per rischio indotto rilevato nel c.d. “quick triage” effettuato dai Vigili del Fuoco (Zona D)

Si riporta nella figura seguente la zonazione del comune così come pubblicata nel sito della ricostruzione nell'isola di Ischia dopo le citate ordinanze. Nella detta figura la freccia indica il sito in oggetto.

Si evince che il settore di interesse è ubicato in Zona A2

ALLEGATO 1

Ridefinizione della Pericolosità del territorio del comune di Casamicciola Terme in relazione agli eventi di frana ed alluvione del 26 novembre 2022. Mappatura con aggregati



La relazione sulla “prima definizione della pericolosità del territorio del comune di Casamicciola Terme (NA) interessato dagli eventi di frana e alluvione del 26 novembre 2022”, firmata dal Direttore generale per i lavori pubblici e la protezione civile della Regione Campania, recepita dal Commissario delegato con Ordinanza n. 4 del 30 dicembre 2022, definisce **la zona A2**

come area ...omissis...sono stati distrutti o danneggiati gravemente i sottoservizi (fornitura idrica e di energia elettrica, sistemi di allontanamento delle acque meteoriche e reflue) e la viabilità. Pertanto in tali aree “la misura di protezione civile proposta consiste nell’evacuazione della popolazione e nell’interdizione dell’uso delle strutture e delle infrastrutture ivi presenti”.

Caratterizzazione dei terreni ai fini della ricostruzione del modello geologico/geotecnico

- Indagini in sito

Come indicato in premessa, per la ricostruzione del modello geologico/geotecnico, oltre a dati di carattere bibliografico, osservazioni di campagna e indagini pregresse, realizzate nel passato dalla scrivente, ci si è avvalsi dell’ausilio di indagini in sito, realizzate lungo i due settori di muro interessati dalla ricostruzione, secondo l’ubicazione planimetrica indicata in Fig.14.

La modellazione dei due siti sarà trattata in distinti paragrafi.

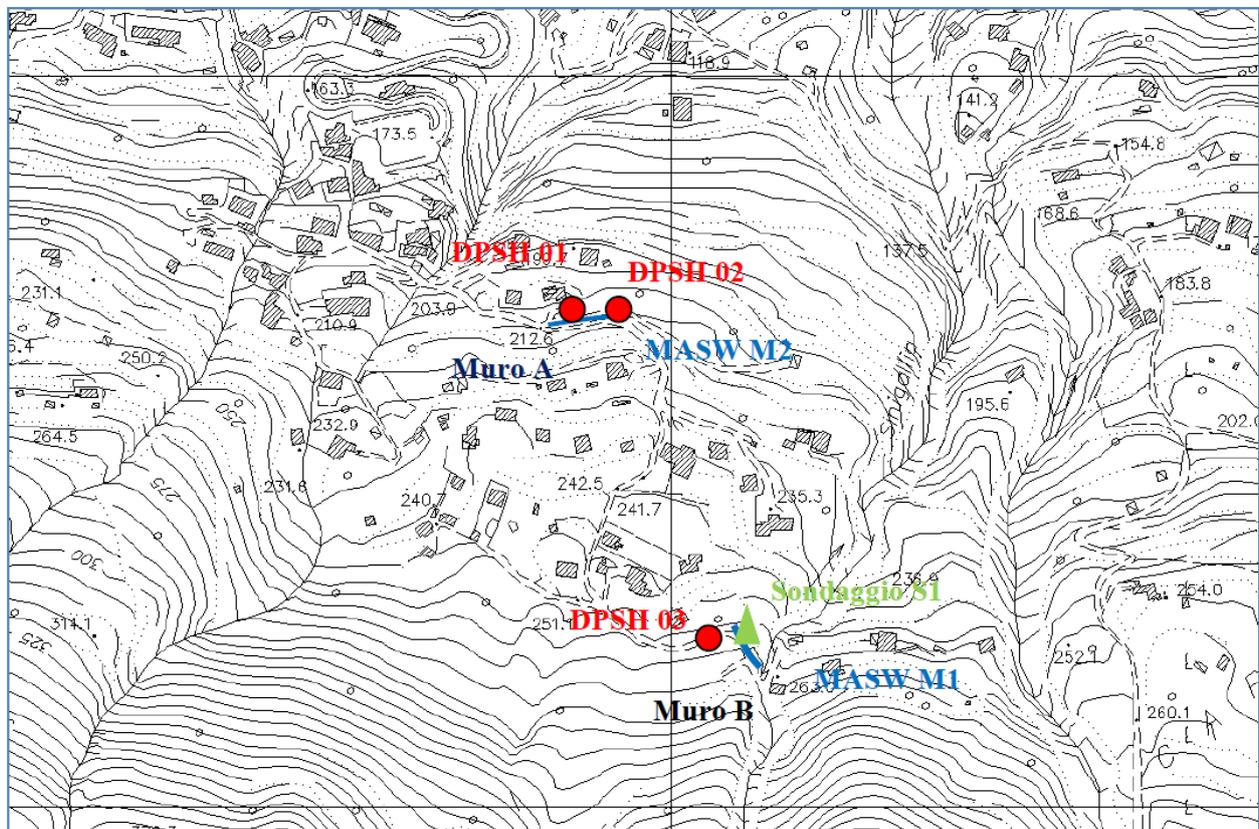


Fig. 14) Ubicazione indagini e prospezioni geofisiche realizzate per il presente lavoro

- MURO A

o Prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH

Per la ricostruzione del modello geologico, oltre a dati di carattere bibliografico e a osservazioni di campagna ci si è avvalsi dell'ausilio di indagini in sito, realizzate lungo la stradina posta alla base del muro (Fot.1 e Fot.2), e consistite in prove penetrometriche dinamiche pesanti realizzate con il penetrometro standard Emilia (30) della Pagani dalla INGE S.r.l., di cui si riportano in allegato i



certificati redatti.

Le prove penetrometriche dinamiche consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le prove penetrometriche dinamiche realizzate per il presente studio, consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi, nel caso specifico ogni 30 cm, misurando il numero di colpi N necessari.

Sono prove molto diffuse ed utilizzate nel territorio data la loro semplicità esecutiva, economicità e

rapidità di esecuzione e la loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il terreno attraversato con un'immagine in continuo.



I dati, oltre a valutare l'eventuale variabilità delle litologie dell'area, permettono di effettuare anche ulteriori valutazioni circa le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, in quanto si possono ottenere informazioni circa

la geometria e lo spessore di uno strato per omogeneità delle caratteristiche geotecniche, la consistenza e/o lo strato di addensamento di un terreno, e infine una stima dei parametri meccanici dei terreni investigati.

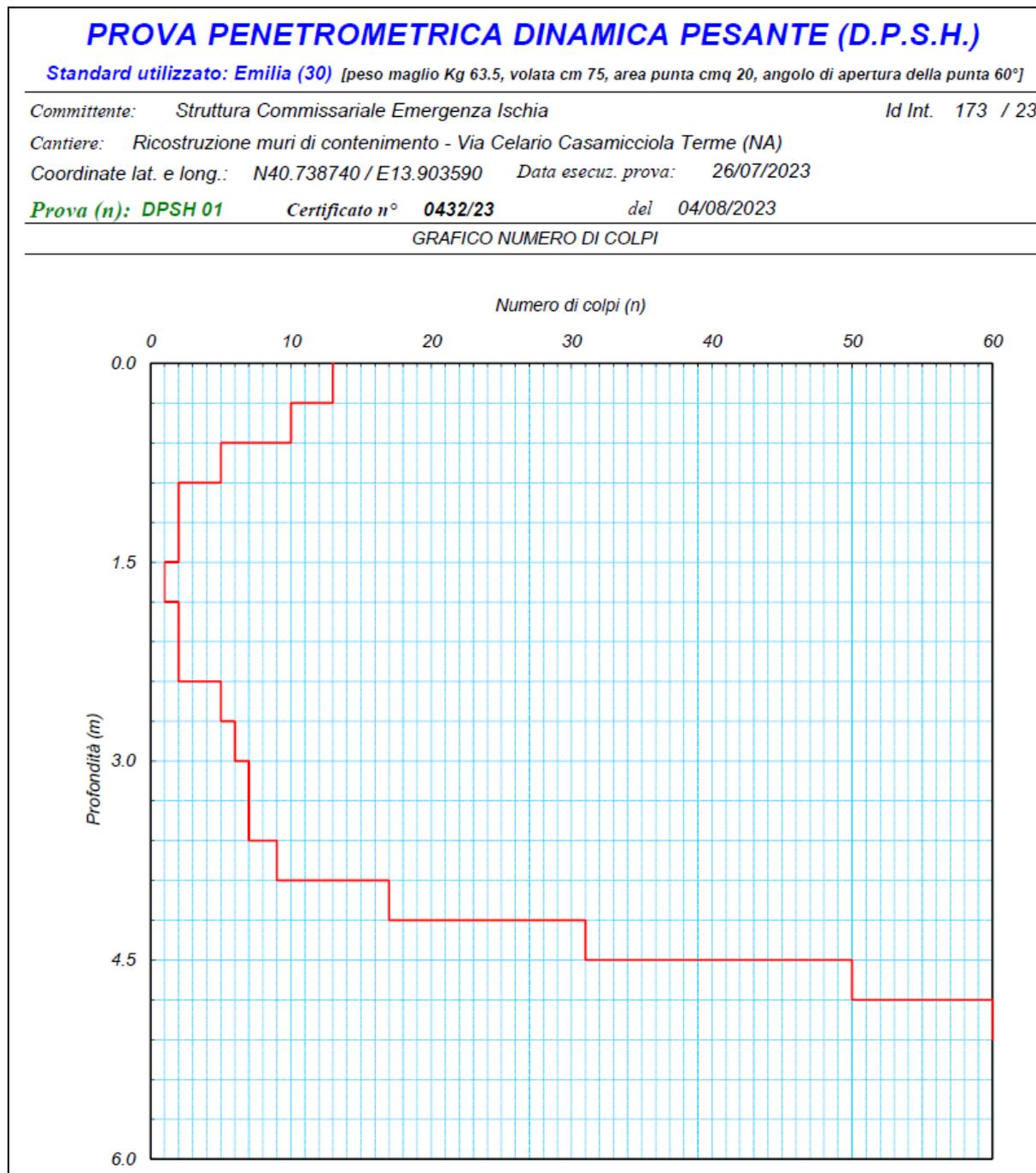
Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) il penetrometro dinamico utilizzato presenta le seguenti caratteristiche tecniche: massa battente $M = 63,5$ Kg, altezza di caduta $H = 0,75$ m,

avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50,5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento/fango assente. Coefficiente di correlazione con $N_{SPT} = 1.01$

Le indagini penetrometriche sono state spinte fino al rifiuto strumentale ottenuto rispettivamente alla profondità di: 5,10 m per la DPSH 01 e di 6,90 m per la DPSH 02 .

Nei grafici seguenti, tratti dai certificati delle prove eseguite, sono riportati il numero dei colpi (n) necessari all'avanzamento in funzione della profondità (m).

○ **DPSH 01**



Operativamente, in funzione dei risultati ottenuti, è stata effettuata una suddivisione dell'andamento verticale del terreno interessato dalla prova, in intervalli caratteristici, cioè strati dotati di omogenee doti di resistenza meccanica, definiti in base ai corrispondenti intervalli di ampiezza della resistenza all'avanzamento.

I dati delle prove permettono di individuare nell'ambito dello spessore investigato, quattro strati caratterizzati da una resistenza alla punta omogenea.

I valori ottenuti per strato (media aritmetica), elaborati tramite correlazioni indirette, nella doppia ipotesi di terreni incoerenti e coesivi, sono illustrati nella tabella seguente.

<i>Prova (n): DPSH 01</i>				
STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA				
DATI GENERALI				
Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	0.90	2.10	3.90
Profondità finale (m)	0.90	2.10	3.90	5.10
Potenza dello strato (m)	0.90	1.20	1.80	1.20
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	1.45	1.40	1.45	1.55
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.13	0.29	0.57	0.79
Media numero colpi (N)	9	2	6	40
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	29.00	9.00	20.00	114.00
PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE				
Angolo di attrito (°)	32	28	31	>38
Densità relativa (%)	53	25	43	100
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	87	27	60	342
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	33	65	137	236
Stato di addensamento	S	M S	S	D
PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA				
Coesione non dren. (Kg/cm ²)	1.44	0.44	0.97	5.66
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	63.00	19.00	44.00	250.00
Grado di sovracons. OCR (-)	18.44	0.76	0.42	1.19
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	7'770	2'404	5'664	24'873
Stato di consistenza	C	T	Med	D
LEGENDA				
Terreni di natura granulare - Stato di addensamento				
<i>M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso</i>				
Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza				
<i>M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro</i>				

○ **DPSH 02**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: *Struttura Commissariale Emergenza Ischia*

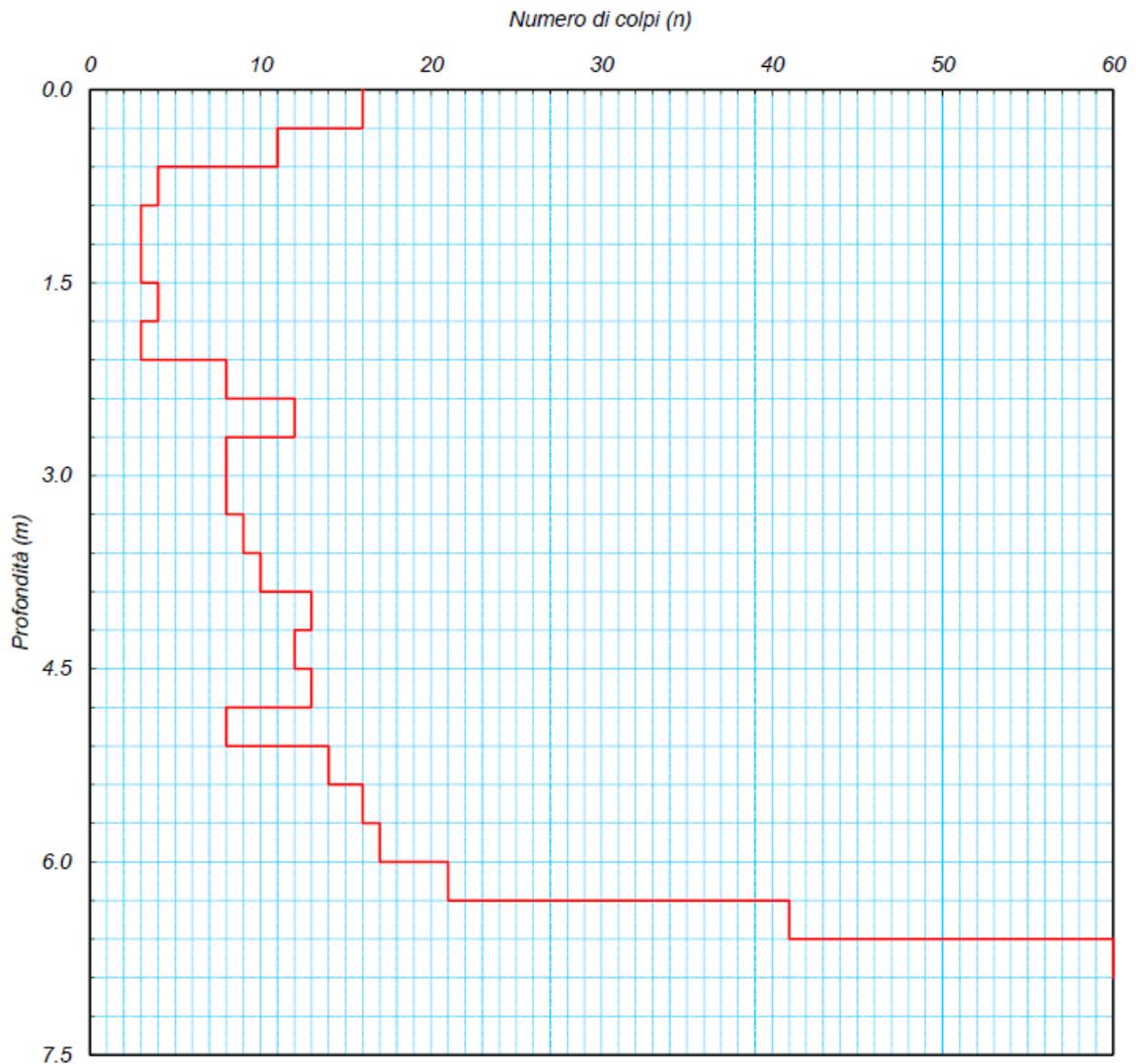
Id Int. 173 / 23

Cantiere: *Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)*

Coordinate lat. e long.: *N40.738740 / E13.903780* Data esecuz. prova: *26/07/2023*

Prova (n): DPSH 02 Certificato n° **0433/23** del *04/08/2023*

GRAFICO NUMERO DI COLPI



Operativamente, in funzione dei risultati ottenuti, è stata effettuata una suddivisione dell'andamento verticale del terreno interessato dalla prova, in intervalli caratteristici, cioè strati dotati di omogenee doti di resistenza meccanica, definiti in base ai corrispondenti intervalli di ampiezza della resistenza all'avanzamento.

I dati delle prove permettono di individuare nell'ambito dello spessore investigato, cinque strati caratterizzati da una resistenza alla punta omogenea.

I valori ottenuti per strato (media aritmetica), elaborati tramite correlazioni indirette, nella doppia ipotesi di terreni incoerenti e coesivi, sono illustrati nella tabella seguente.

<i>Prova (n): DPSH 02</i>				
STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA				
DATI GENERALI				
Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	0.60	2.10	6.00
Profondità finale (m)	0.60	2.10	6.00	6.90
Potenza dello strato (m)	0.60	1.50	3.90	0.90
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	1.45	1.40	1.45	1.55
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.09	0.29	0.87	1.07
Media numero colpi (N)	14	5	11	41
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	38.00	19.00	37.00	110.00
PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE				
Angolo di attrito (°)	34	30	33	>38
Densità relativa (%)	66	39	58	100
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	114	57	111	330
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	23	69	225	319
Stato di addensamento	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>D</i>
PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA				
Coesione non dren. (Kg/cm ²)	1.90	0.94	1.81	5.45
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	83.00	41.00	81.00	242.00
Grado di sovracons. OCR (-)	54.47	1.63	0.28	0.57
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	10'968	4'913	9'087	25'357
Stato di consistenza	<i>C</i>	<i>Med</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
LEGENDA				
Terreni di natura granulare - Stato di addensamento				
<i>M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso</i>				
Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza				
<i>M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro</i>				

Le Formule di correlazione utilizzate per le elaborazioni si riportano di seguito.

Terreni di natura granulare

Resistenza alla punta R_p (kg/cm^2)

La correlazione con la resistenza alla punta del penetrometro statico viene ricavata mediante la formula:

$$R_p = 4N_{\text{SCPT}} \quad (\text{D'Apollonia et alii, 1970})$$

A tale formula è applicato un coefficiente correttivo in funzione del peso delle aste.

Densità Relativa D_r (%)

$$D_r = \left[\frac{N_{\text{SCPT}}}{32 + 0.288 \cdot \sigma'} \right]^{0.5} \quad (\text{Skempton})$$

con

σ' = pressione efficace in g/cm^2

N_{SCPT} = numero di colpi medio nello strato

Il metodo è valido per le sabbie da fini a grossolane, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di D_r (%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.

Angolo di attrito ($^\circ$)

Questo metodo correla ($^\circ$) con la densità relativa dello strato:

$$\varphi = 26 + 0.14 \cdot D_r \quad (\text{Schmertmann})$$

in cui

D_r = densità relativa (%)

Il metodo è valido per sabbie e ghiaie in genere.

Modulo di deformazione o edometrico E (kg/cm^2)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E = 3 \cdot R_p \quad (\text{Schmertmann})$$

Con

R_p = Resistenza alla punta media nello strato

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che a parità di N_{SCPT} determina una diminuzione di E con la profondità.

Modulo di taglio per basse deformazioni G_0 (kg/cm^2)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$G_0 = 7.84 \cdot \varphi \cdot \sigma' \quad (\text{Sherif \& Ishibashi})$$

con

φ = angolo di resistenza al taglio ($^\circ$)

σ' = pressione efficace (Kg/cm^2)

Il metodo è valido per tutti i terreni di tipo incoerente.

Terreni di natura coesiva

Coesione non drenata C_u (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$C_u = \frac{Rp - \sigma_v}{20}$$

con

R_p = Resistenza alla punta (Kg/cm²)

σ_v = pressione verticale totale (Kg/cm²)

Modulo Edometrico E_{cd} (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E_{cd} = N_{SCPT} \cdot 10^{1.163 - 0.029 N_{scpt}}$$

con

N_{SCPT} = numero di colpi medio misurato nello strato;

Il metodo è valido per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille).

Grado di sovraconsolidazione OCR

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$OCR = \left[\frac{C_u}{\sigma'_{KK}} \right]^{1.25} \quad (\text{Ladd \& Foot})$$

con

C_u (Kg/cm²) = coesione non drenata dello strato

σ' (Kg/cm²) = pressione efficace a metà strato

KK = parametro correttivo in funzione della profondità = $7 - K_p$

K_p viene calcolato come segue:

se la profondità media dello strato è ≤ 1 m

$$K_p = 0.2 \cdot \frac{P}{l}$$

P (m) = profondità media dello strato

l (m) = passo di lettura della prova

se la profondità media è compresa tra 1 e 4 m:

$$K_p = \frac{0.2}{l} + \left[\frac{0.35 \cdot (P-l)}{l} \right]$$

se la profondità media è superiore a 4m:

$$K_p = \frac{0.2}{l} + \left[0.35 \left(\frac{3}{l} \right) \right] + \left[\frac{0.5 \cdot (P-4)}{l} \right]$$

Modulo di taglio dinamico G_0 (t/m²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$G_0 = a \cdot (N_{SCPT})^{0.78} \quad (\text{Ohsaki \& Iwasaki})$$

Il metodo è valido per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille)

- **Modello geologico /geotecnico MURO A**

Le informazioni raccolte sia sulla base dei rilievi di campagna che delle indagini eseguite, hanno indicato la presenza in affioramento di una formazione massiva grossolana di debris –flow, costituita da clasti di tufo verde e di rocce epiclastiche eterometriche in genere arrotondati, immersi in matrice limo sabbiosa (*detriti a elementi prevalente*).

Riguardo le loro caratteristiche di addensamento, nelle prove eseguite tali terreni si presentano sciolti fino alla profondità di 3,9 m dal p.c. per poi migliorare con la profondità fino al rifiuto strumentale, in corrispondenza dei blocchi litoidi.

Granulometricamente classificabili come sabbie limose ghiaiose, risultano privi di stratificazione, presentano una forte anisotropia laterale, nonché una notevole eterogeneità nella composizione granulometrica e clastica. Pertanto va considerato che i dati ottenibili da elaborazioni potrebbero essere in alcuni casi fuorvianti e molto dispersivi, nonché di scarso significato per l'eterogeneità riscontrata in fase di osservazione sui numerosi scavi e fronti esistenti sul territorio.

In taluni fronti di scavo, presentano caratteri pseudolitoidi, tanto da permettere l'autosostentamento di pareti verticali anche di notevole altezza; va però sottolineato che il carattere pseudolitoide di tali terreni è legato ad una coesione apparente dovuta a tensioni molecolari agenti tra fluidi e particelle di terreno. Trattandosi cioè di terreni non saturi ($S_r < 1$), l'acqua interstiziale è soggetta a pressioni neutre negative (suzione) che contribuiscono alla resistenza meccanica dei litotipi; poiché la coesione di questi terreni scompare completamente con l'immersione in acqua, essa viene detta anche "coesione apparente" e dunque varia nel corso dell'anno in funzione del grado di saturazione, nonché di altri fattori climatici quali la temperatura e l'irraggiamento solare.

Ciò premesso, è consuetudine, su tali terreni, l'utilizzo di parametri piuttosto cautelativi e mediati su un gran numero di prove. In definitiva, sulla base delle considerazioni di cui sopra, nonché sulla base dei dati esposti nei paragrafi precedenti, i parametri medi possono essere così sintetizzati e riassunti:

0 – 3,9 m

Peso dell'unità di volume $\gamma = 14,00 - 16,00 \text{ KN/m}^3$

Angolo di resistenza al taglio di picco $\varphi' = 28^\circ - 30^\circ$

Coesione $c' = 0,00 - 3\text{kPa}$

> 3,9 m

Peso dell'unità di volume $\gamma = 15,00 - 17,00 \text{ KN/m}^3$

Angolo di resistenza al taglio di picco $\varphi' = 30^\circ - 34^\circ$

Coesione $c' = 0,00 - 5\text{kPa}$

Trattandosi di terreni che presentano un comportamento prevalentemente attritivo, è parere della scrivente, che trascurare l'apporto della coesione a favore di un calcolato incremento dell'angolo d'attrito, porta a considerare condizioni di massima resistenza al taglio costantemente inferiori a quelle derivanti dai parametri peggiori ricavati dalle prove di laboratorio.

Ciò consente un ulteriore margine di sicurezza nella progettazione dell'opera, permettendo una modellazione del materiale più consona alle condizioni riscontrabili sul terreno

- MURO B

o Perforazione di sondaggio

La perforazione di sondaggio è stata eseguita dalla INGE S.r.l. dotata di Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01.

La perforazione è stata effettuata lungo la strada sulla sommità del muro oggetto di rifacimento



(Fot.1) con sonda idraulica cingolata a carotaggio continuo dei terreni attraversati, per le cui caratteristiche tecniche si rimanda agli elaborati prodotti dalla ditta incaricata.

Il sondaggio, ha raggiunto la seguente profondità dal locale piano campagna Tab. I:

Tab. I

Sondaggio	Profondità	Metodo di perforazione
S1	30,0 m	Rotazione con carotiere semplice a secco

L'ubicazione della verticale indagata è riportata nella planimetria allegata, mentre i dati emersi sono riportati nell'allegato profilo stratigrafico.

Le carote estratte dalle perforazioni, utilizzate per la ricostruzione stratigrafica della verticale investigata, sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in pvc, munite di scomparti divisorii e coperchio apribile e sono depositate presso il laboratorio della INGE s.r.l., con sede in Via Taverna Vecchia, 19, Castel Morrone (Ce). Laboratorio dotato di Aut. del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 12004 del 01.12.11 Circ. n. 7818/STC - Prove su terre, dove sono a disposizione della committenza.

Ogni cassetta è stata fotografata con macchina digitale.

○ Campionamento e prove geotecniche di laboratorio

Nel corso dell'esecuzione della perforazione di sondaggio sono stati prelevati i sotto elencati n. 2 campioni S1C1, S1C2 allo stato indisturbato con campionatore a pareti sottili tipo Shelby, singolarmente sigillati con paraffina

- Sondaggio S1
 - C.I. n. S1C1 - profond. prel. 4,00 - 4,50 m - Ø 83,0 mm
 - C.I. n. S1C2 - profond. prel. 12,80 - 13,20 m - Ø 83,0 mm

Sui campioni sono state eseguite le seguenti analisi e prove di laboratorio:

- Caratteristiche Fisiche
- Analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura
- Prova di taglio diretta consolidata drenata

In allegato sono riportati i certificati relativi alle singole prove di laboratorio.

Una sintesi dei risultati ottenuti si riporta nelle Tab. II, III, IV

Tab. II - Caratteristiche fisiche

Sigla campione	Profondità di prelievo (m)	e	n	γ_s (kN/m ³)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	W (%)	γ_{sat} (kN/m ³)	W _{sat} (%)	S _r	γ' (kN/m ³)
S1C1	4,00 - 4,50	0,79	0,44	26,02	18,53	14,50	27,82	18,84	29,96	0,93	9,03
S1C2	12,80 - 13,20	0,85	0,46	26,71	18,88	14,41	30,98	18,93	31,34	0,99	9,12

Legenda: e = indice di porosità; n = porosità; γ_s = peso specifico del terreno γ = peso dell'unità di volume; γ_d = peso secco dell'unità di volume; γ_{sat} = peso dell'unità di volume saturo; W = contenuto d'acqua; W_{sat} = contenuto d'acqua in condizioni di saturazione; S_r = grado di saturazione; γ' = peso dell'unità di volume immerso in acqua

Tab. III - Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione

Sigla campione	Profondità di prelievo (m)	GRANULOMETRIA
S1C1	4,00 - 4,50	Sabbia limosa debolm. argillosa debolm. ghiaiosa
S1C2	12,80 - 13,20	Limo con sabbia argilloso

Tab. IV - Prova di taglio diretto C.D.

Sigla campioni	Profondità di prelievo (m)	c' (MPa)	ϕ' (°)
S1C1	4,00 - 4,50	0,016	29,92
S1 C2	12,80 - 13,20	0,024	24,01

Legenda c'= coesione intercetta; ϕ' = angolo di attrito di picco

○ Prova Penetrometrica dinamica DPSH

Per avere indicazioni di tipo continuo, circa le resistenze del terreno, nelle vicinanze del sondaggio geognostico (Fot. 3) è stata realizzata una prova penetrometrica dinamica pesante (DPSH 03) con il penetrometro standard Emilia (30) della Pagani dalla INGE S.r.l., di cui si riportano in allegato i certificati redatti.



Le prove penetrometriche dinamiche realizzate per il presente studio, consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi, nel caso specifico ogni 30 cm, misurando il numero di colpi N necessari.

Sono prove molto diffuse ed utilizzate nel territorio data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione e la loro elaborazione, interpretazione e

visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il terreno attraversato con un'immagine in continuo.

I dati, oltre a valutare l'eventuale variabilità delle litologie dell'area, permettono di effettuare anche ulteriori valutazioni circa le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, in quanto si possono ottenere informazioni circa la geometria e lo spessore di uno strato per omogeneità delle

caratteristiche geotecniche, la consistenza e/o lo strato di addensamento di un terreno, e infine una stima dei parametri meccanici dei terreni investigati.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) il penetrometro dinamico utilizzato presenta le seguenti caratteristiche tecniche: massa battente $M = 63,5$ Kg, altezza di caduta $H = 0,75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50,5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento/fango assente. Coefficiente di correlazione con $N_{SPT} = 1.01$

La prova è stata spinta fino al rifiuto strumentale ottenuto alla profondità di 10,80 m dal p.c.

Nel grafico seguente, tratto dai certificati della prova DPSH 03 eseguita, sono riportati il numero dei colpi (n) necessari all'avanzamento (ogni 30 cm) in funzione della profondità (m).

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

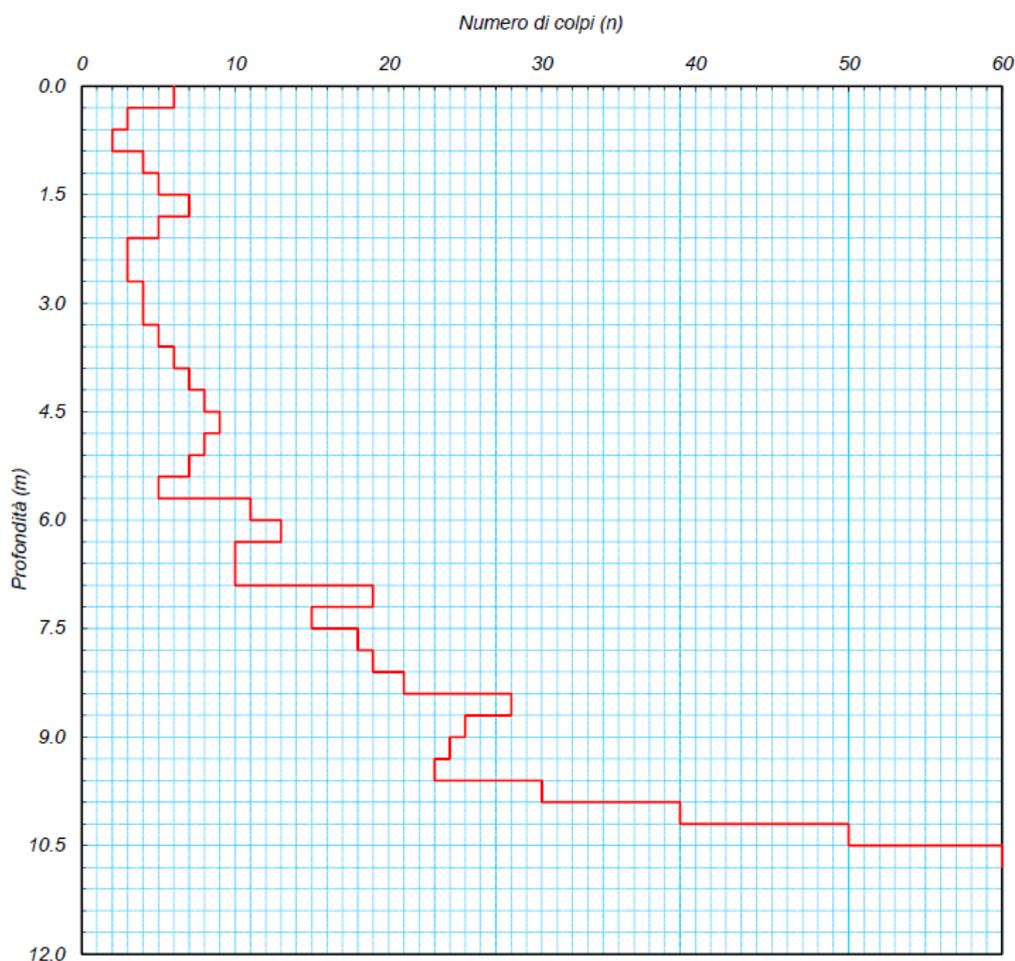
Id Int. 173 / 23

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.736710 / E13.904950 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): **DPSH 03** Certificato n° **0434/23** del 04/08/2023

GRAFICO NUMERO DI COLPI



Operativamente, in funzione dei risultati ottenuti, è stata effettuata una suddivisione dell'andamento verticale del terreno interessato dalla prova, in intervalli caratteristici, cioè strati dotati di omogenee doti di resistenza meccanica, definiti in base ai corrispondenti intervalli di ampiezza della resistenza all'avanzamento.

I dati della prova permettono di individuare nell'ambito dello spessore investigato, quattro strati caratterizzati da una resistenza alla punta omogenea.

I valori ottenuti (media aritmetica) elaborati **nella doppia ipotesi di terreni incoerenti e coesivi**, mediante l'utilizzo di note correlazioni empiriche, sono riportati nella tabella seguente

<i>Prova (n): DPSH 03</i>				
STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA				
DATI GENERALI				
Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	5.70	6.90	9.60
Profondità finale (m)	5.70	6.90	9.60	10.80
Potenza dello strato (m)	5.70	1.20	2.70	1.20
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	1.45	1.50	1.55	1.60
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.83	1.04	1.49	1.73
Media numero colpi (N)	5	11	21	40
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	18.00	31.00	58.00	110.00
PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE				
Angolo di attrito (°)	30	33	36	>38
Densità relativa (%)	39	58	80	100
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	54	93	174	330
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	194	268	420	515
Stato di addensamento	S	M	M	D
PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA				
Coesione non dren. (Kg/cm ²)	0.86	1.50	2.83	5.41
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	39.00	68.00	127.00	242.00
Grado di sovracons. OCR (-)	0.15	0.16	0.14	0.20
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	4'913	9'087	15'047	24'873
Stato di consistenza	Med	C	M C	D
LEGENDA				
Terreni di natura granulare - Stato di addensamento				
<i>M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso</i>				
Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza				
<i>M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro</i>				

Le formule di correlazione utilizzate si omettono in quanto già riportate in precedenza

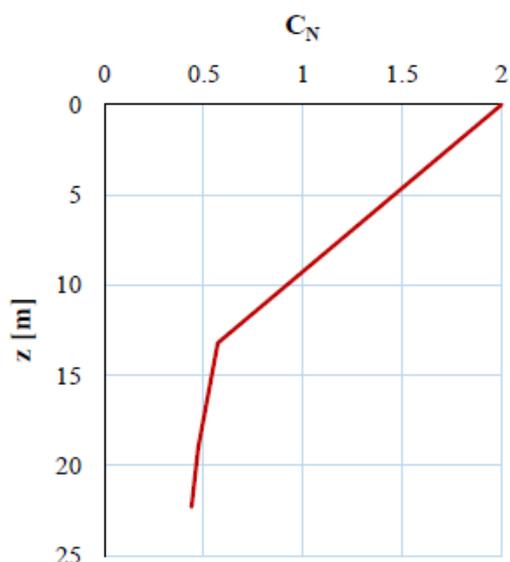
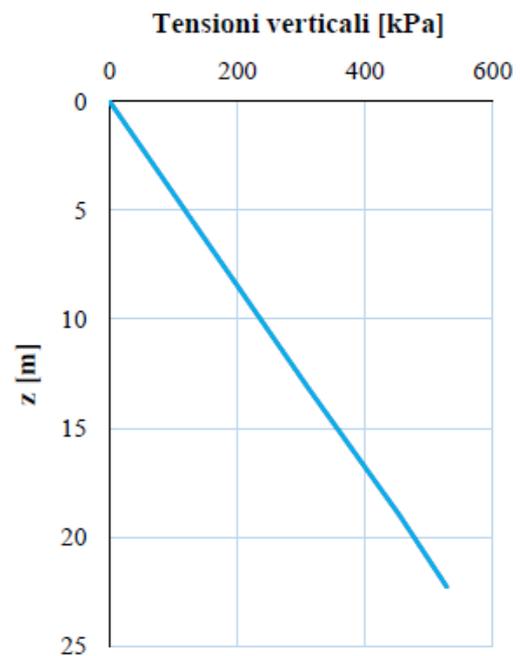
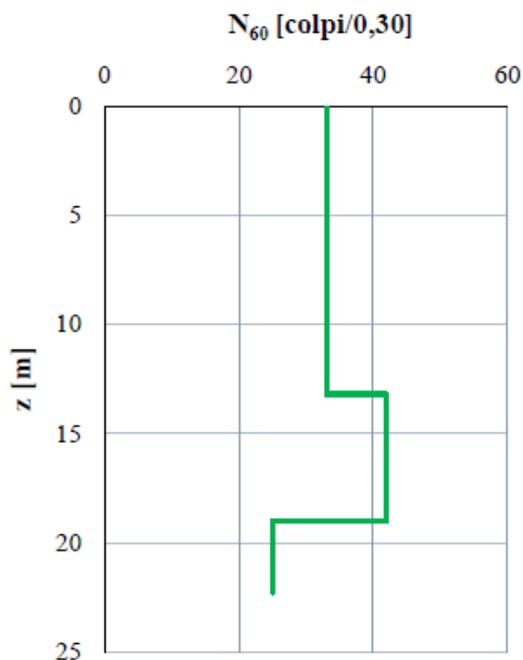
Correzione del numero dei colpi ($(N_1)_{60}$)

- Prove SPT -

Liao e Whitman (1986)

$z_w =$ [m] (fada assente)

SPT [N.]	z [m]	N_{60} [colpi/0,3]	σ_{vo} [kPa]	u_o [kPa]	σ'_{vo} [kPa]	C_N [-]	$(N_1)_{60}$ [colpi/0,3]
1	13.20	33.00	312.36	-	312.36	0.5695	18.79
2	19.00	42.00	454.08	-	454.08	0.4724	19.84
3	22.30	25.00	528.41	-	528.41	0.4379	10.95
4	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-



z_w = profondità della falda
 z = profondità prova SPT
 N_{60} = numero di colpi N corretto (ER = 60%)
 σ_{vo} = tensione verticale totale
 u_o = pressioni neutre
 σ'_{vo} = tensione verticale efficace
 C_N = fattore di sovraccarico
 $(N_1)_{60}$ = numero di colpi corretto da C_N

- **Modello geologico /geotecnico MURO B**

Le informazioni raccolte sia sulla base dei rilievi di campagna che delle indagini eseguite, hanno consentito di ricostruire la successione stratigrafica che caratterizza l'area in studio e che può essere schematizzata come segue:

- 0,00 - 10,00 m Depositi epiclastici massivi di debris-flow; Sabbie limose da sciolte a mediamente addensate.
- > 10,00 m Complesso Tufitico s.l.; Alternanze di limi con sabbia argillosi e limi argillosi da duri a mediamente compatti.

La prima unità litotecnica (*Unità litotecnica 1*), comprende piroclastiti rimaneggiate, di colore grigio giallastro, costituite da inclusi eterometrici, prevalentemente pomicei, immersi in una matrice limo argillosa, granulometricamente ascrivibili a sabbie limose ghiaiose e sabbie limose.

Si presentano sciolte nei primi 5 m dal p.c., con caratteristiche di addensamento, attestate dagli istogrammi della prova penetrometrica eseguita, che migliorano con la profondità con un trend lineare, per effetto del carico litostatico agente su di essi.

Sono caratterizzati sostanzialmente da parametri geo-meccanici che individuano una resistenza al taglio prevalentemente frizionale, pur con un apporto coesivo non trascurabile, come attestano le prove di taglio diretto c.d. eseguite sul campione rappresentativo, pari a 16 kPa. Considerando l'unicità della prova eseguita, statisticamente poco significativa, nonché l'esperienza acquisita su terreni piroclastici è parere della scrivente che tale apporto vada trascurato o ridotto, in accordo con l'ampia letteratura scientifica esistente sui terreni piroclastici del napoletano (NICOTERA et alii, 1999; PELLEGRINO, 2002; CASCINI, 2005) i quali evidenziano che la resistenza al taglio di un terreno piroclastico caratterizzato da un determinato angolo di attrito ϕ' e da una coesione c' , si riduce bruscamente in concomitanza dell'imbibizione di acqua a causa del decadimento della coesione, mentre il contributo in termini di attrito resta sostanzialmente invariato.

A profondità > dei 10 m, in corrispondenza del rifiuto strumentale della prova penetrometrica realizzata, sono presenti epiclastiti di ambiente marino da moderatamente consistenti a dure composte da alternanze di livelli e strati di ceneri fini e grossolane, litici lavici e tufi in matrice fine argillosa derivanti dallo smantellamento della successione dei tufi del Monte Epomeo e da sedimentazione in ambiente marino (Complesso Tufitico s.l.).

Definita come *unità litotecnica 2* e all'interno della quale si consiglia di attestare le fondazioni profonde per la realizzazione del muro, trattasi di terreni granulometricamente ascrivibili a limi con

sabbia argillosi e limi argillosi, quindi a grana fine in cui sarà necessario eseguire le analisi sia in condizioni non drenate in termini di tensioni totali ($c_u \neq 0$; $\phi_u = 0$), che drenate, in termini di tensioni effettive, dove il contributo offerto dalla coesione è stato valutato attraverso la prova di taglio diretto c. d. eseguita ed è risultato pari a 24 kPa.

In definitiva, sulla base delle considerazioni di cui sopra, dalle elaborazioni illustrate nei precedenti paragrafi e le risultanze delle prove eseguite, i parametri dei terreni in oggetto, medi e cautelativi, possono essere così semplificati e riassunti:

PARAMETRI GEOTECNICI								
Unità Litotecnica n.	Profondità Da(m) - a(m)	Litologia	Peso di volume (KN/m ³)	Peso di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di attrito (°)	Coesione (kPa)	Coesione non drenata (kPa)	Densità relativa (%)
1	0.00 – 10,00	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa debolmente argillosa, da sciolta a mediamente addensata..	16,00 - 19,00	19,00	29 - 32	0 - 16		35 - 65
2	> 10.00	Limi con sabbia argillosi e limi con argilla da duri a mediamente compatti	17,00 – 19,00	19,00	20 - 24	10 - 24	108 - 132	

- **Rischio Liquefazione**

Il fenomeno della liquefazione interessa i depositi sabbiosi saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio causata dall'aumento di pressione interstiziale, tale da generare deformazioni permanenti significative fino all'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La normativa tecnica vigente (NCT 2018) prevede che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

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 p.c., 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 $q_{c1N} > 180$

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico di Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1 (b) nel caso di

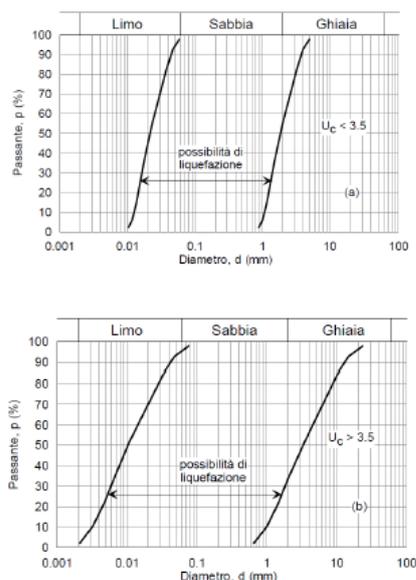


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel caso in studio la falda si attesta, in entrambi i settori di interesse, a profondità > 15 m dal p.c. e pertanto la verifica può essere omessa.

Breve analisi della sismicità storica

Il presente paragrafo è tratto principalmente dalla corposa trattazione redatta dai "Gruppi di Lavoro CNR - IGAG, ENEA, INGV, CNR-IAMC, DICEA" all'indomani del sisma del 21 agosto 2017 e a cui si rimanda per ogni ulteriore informazione.

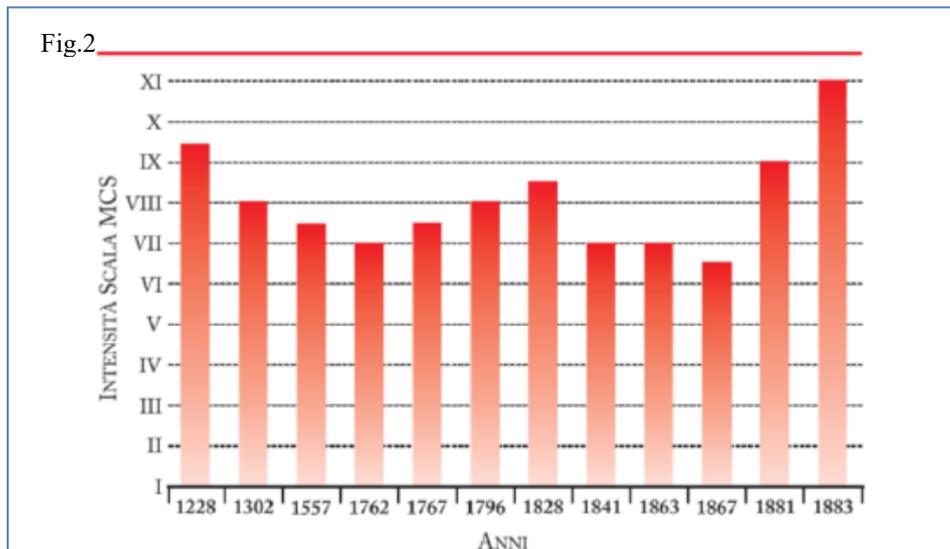
ANNO	LOCALITÀ	IMAX (MCS)
1228	Casamicciola	IX-X
1302	Settore orientale dell'isola	VIII
1557	Campagnano	VII-VIII
1762	Casamicciola	VII
1767	Settore orientale dell'isola	VII-VIII
1796	Casamicciola	VIII
1828	Casamicciola	VIII-IX
1841	Casamicciola	VII
1863	Casamicciola	VII
1867	Casamicciola	VI-VII
1881	Casamicciola	IX
1883	Casamicciola	XI

L'attività sismica storica dell'isola, di cui si hanno notizie attendibili a partire dal 1228 (Fig. 1 Principali terremoti storici dell'isola d'Ischia a partire dal 1228; Luongo et al. 2006; Carlino et al. 2009; Fig. 2 Valori di intensità MCS dei terremoti storici a ischia; Luongo et al 2006) mostra la persistenza dell'area epicentrale nel territorio di Casamicciola.

Tale sismicità, per la bassa energia dei terremoti, l'elevata intensità e il rapido decadimento degli effetti con la distanza dall'area epicentrale è peculiare delle aree vulcaniche.

Le informazioni più complete sulla sismicità si hanno a partire dal 1700; dalla fine di questo secolo e per tutto il secolo successivo l'attività sismica produce gravi danni e numerose vittime.

Particolarmente rilevanti sono il terremoto del 1796 e del 1828 mentre gli eventi sismici di maggiore gravità sono quelli del 1881 ($I_{max} = IX$ grado MCS) e del 1883 ($I_{max} = XI$ grado MCS).



Il sisma del 1883, rappresenta l'apice dell'energia sismica liberata ad Ischia in tempi storici ed è una delle più grandi catastrofi registrate in Italia in area vulcanica. Portò alla morte di 2313 persone e 762 feriti (Cubellis e Luongo, 1998), su una popolazione che contava all'epoca 4217 abitanti.

I danni furono elevatissimi tanto che l'80% del patrimonio edilizio fu distrutto, sebbene il terremoto fosse caratterizzato da una magnitudo non elevata ($M_w = 4.26$). L'alta intensità macrosismica registrata, pari a X MCS e localmente a XI secondo Cubellis (1985) e Cubellis & Luongo (1998b) fu collegata alla superficialità della sorgente posta a 1 - 1,6 Km di profondità. Anche in questo caso, come nei terremoti passati, epicentro del sisma fu Casamicciola, dove la parte alta della città fu completamente distrutta. Il terremoto provocò seri danni anche presso Lacco Ameno e Forio e in generale, rilevanti danni in gran parte dell'isola (Cubellis & Luongo, 1998a). Molte informazioni sugli effetti del sisma sono state dedotte dalla consultazione dei quotidiani dell'epoca, nonché dalle schede di dichiarazione dei danni depositate presso l'Archivio di Stato di Napoli, nel fondo Prefettura "Danneggiati dell'isola d'Ischia", in cui ciascun cittadino, dichiarava i danni subiti dall'immobile di sua proprietà, specificandone l'indirizzo, la destinazione d'uso e il numero dei piani e di vani. L'analisi di queste fonti archivistiche ha consentito a Luongo et al (2006) di definire in maniera puntuale il livello di danneggiamento associato a tale evento e di ottenere un quadro quanto mai completo sulla tipologia di distribuzione dei danni non solo di Casamicciola ma di tutta l'isola (Fig. 3). Per il territorio di Forio si evidenzia una particolare concentrazione dei danni in località Monterone, Tironi e Monticchio, mentre danni minori si osservano lungo la marina.

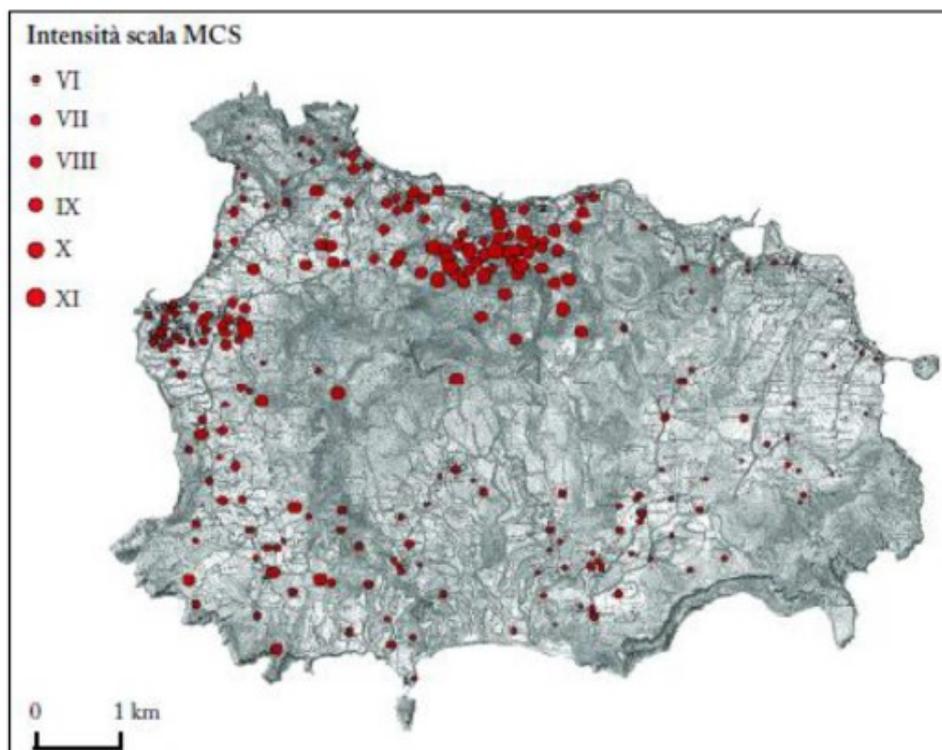
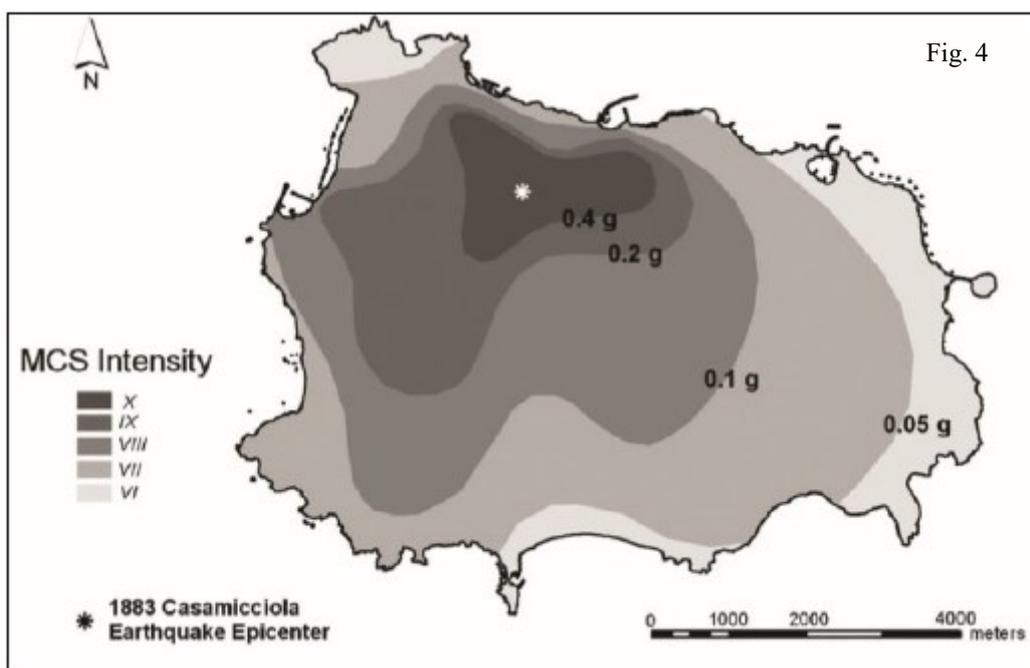


Fig. 3

Si riporta in Fig. 4 una mappa della distribuzione dell'accelerazione massima orizzontale in g per l'evento sismico del 1883, come riportati da Rapolla et al (2010), in cui si evidenzia la maggiore pericolosità sismica del settore nord occidentale dell'isola. I campi macrosismici mostrano 2 direzioni di danneggiamento, una principale E-W, l'altra subordinata orientata approssimativamente N-S. Luongo et al (2006) suggeriscono che l'allungamento dell'isosista di massimo grado in direzione E-W del terremoto del 1883, sia connessa con la direzione della sorgente sismica che l'ha innescata (faglie bordiere dell'horst), che presenta infatti approssimativamente la stessa direzione. L'allungamento delle isosiste di intensità medio alta in direzione N-S, prevalentemente lungo il versante occidentale del Monte Epomeo, sarebbe invece imputata a quello che definiscono "effetto ombra" dell'Epomeo. Più precisamente la presenza di strutture che, mettendo in comunicazione masse a diversa rigidità, provocherebbero una preferenziale canalizzazione dell'energia.



Al comune di Forio, dall'elenco del Catalogo Parametrico Terremoti italiani (CPTI) disponibile all'indirizzo web <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15> sono attribuiti 11 eventi di riferimento a partire dall'anno 1000 (Tabella 1)

Tabella 1- Elenco Catalogo parametrico Terremoti per il comune di Forio da <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5-6	1828 02 02 09 15	Isola d'Ischia	10	8-9	4.01
F	1841 03 06 12	Isola d'Ischia	3	5-6	3.25
F	1863 01 30 11 30	Isola d'Ischia	8	4	2.87
F	1880 07 24 05 40	Isola di Ventotene	5	6	4.63
6	1881 03 04 12 15	Isola d'Ischia	17	9	4.14
9	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	27	9-10	4.26
NF	1892 11 16 02 10	Isola di Ponza	17	5-6	4.40
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
5	1980 04 23 11 11 2	Isola d'Ischia	4	5	4.37
3	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
NF	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.2
5-6	1828 02 02 09 15	Isola d'Ischia	10	8-9	4.01

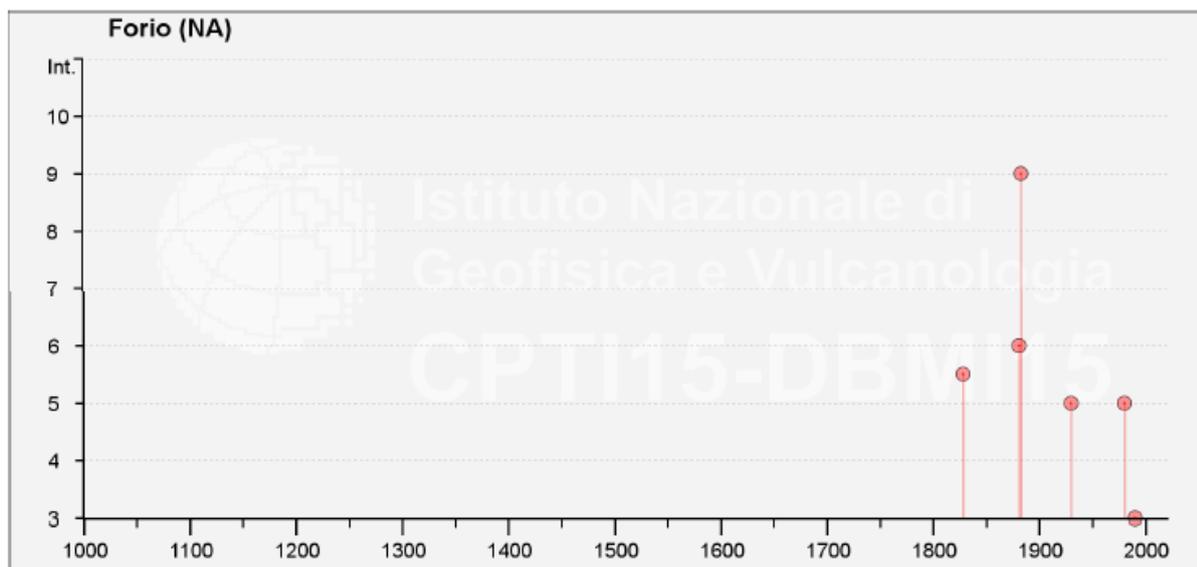


Figura 12 - Storia sismica di Forio da <https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBM115/>.

Dal 1999, con il potenziamento della Rete Sismica di Monitoraggio è stato possibile aumentare il livello di detezione registrando e localizzando anche eventi di bassa magnitudo. Negli ultimi anni la sismicità, si è mantenuta su livelli decisamente bassi sia come frequenza che come energia, fino all'evento del 21 agosto 2017.

Si riporta in fig. 2.5.14 le localizzazioni degli eventi registrati dal 1999.

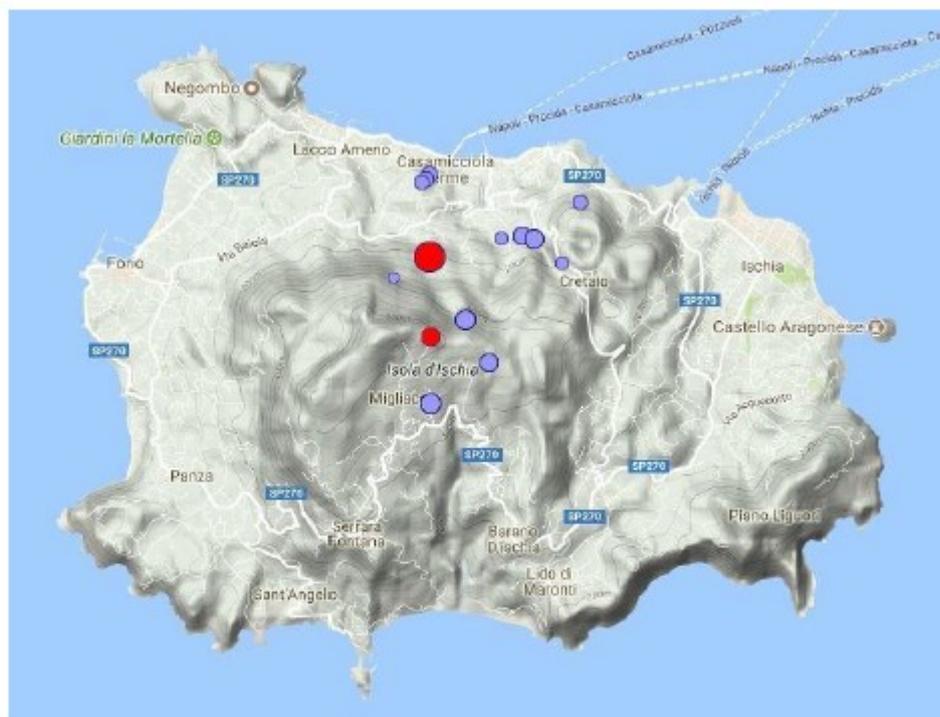


Figura 2.5.14 - Localizzazioni dei terremoti ad Ischia nel periodo 1999-2017. In rosso gli eventi del 21/08/2017 ($M_d=4.0$) e del 23/08/2017 ($M_d=1.9$).

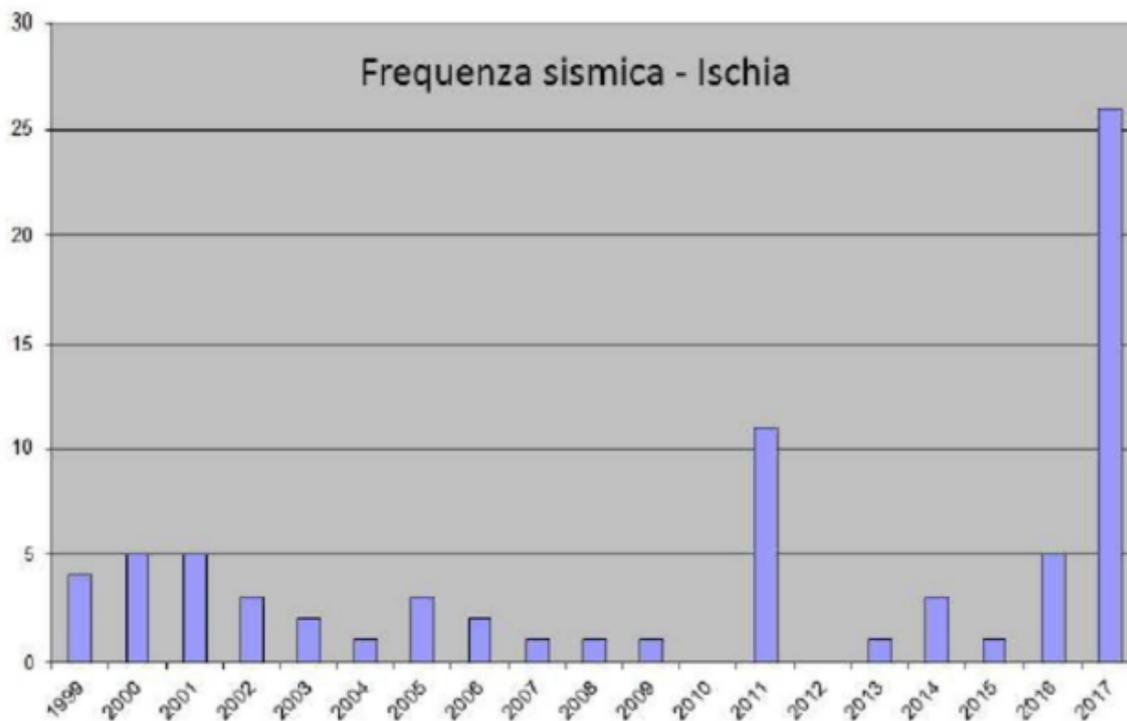


Figura 14 - Frequenza sismica dei terremoti registrati ad Ischia dal 1999 al 2017 dalla Relazione Finale gruppo di lavoro Centro MS.

In sintesi dalla consultazione dei dati bibliografici, integrati con le informazioni ricavate dai database sismici DBMI15 e CPTI15, l'area epicentrale dell'attività sismica di Ischia si concentra nel territorio di Casamicciola, che risulta anche essere uno dei siti con il più alto livello di risentimento macrosismico. Questo dato trova conferma anche nell'ultimo evento sismico che ha colpito l'isola il 21 agosto 2017 ($M_w = 4.0$; ipocentro in prossimità del comune di Casamicciola a circa 2 Km di profondità). Altre località che storicamente sono state più volte colpite dagli effetti del terremoto sono Fango, alcuni settori del comune di Forio (in particolare le località Monterone e Tironi) e in misura minore Lacco Ameno che, analogamente risultano essere fra i siti maggiormente danneggiati durante il terremoto di agosto 2017.

Caratterizzazione sismica del sito

- Zonazione sismica del territorio comunale

Il territorio comunale di Casamicciola Terme era sismicamente classificato, fino al 2003, di II Categoria sismica con grado di sismicità $S = 9$.

Tale zonazione macrosismica, trova conferma con il Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n. 196 del 27 marzo 2003 - "Regolamento per la disciplina della fase transitoria di applicazione delle norme tecniche nei comuni dichiarati o riclassificati sismici con delibera di giunta regionale n. 5447 del 7.11.2002" pubblicato sul BURC n° 14 del 31 marzo 2003, dal quale risulta che il comune di Casamicciola Terme rientra nella zona 2 (Media sismicità).

A seguito della O.P.C.M. n. 3274/03, il comune è stato riclassificato come appartenente alla Zona sismica 2, cui competono i valori di a_g evidenziati in Tabella 1

zona	Accelerazione orizzontale con la probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Tabella 1 - Valori di a_g espressi in frazione dell'accelerazione di gravità (g) da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale.

Attualmente i valori di a_g sono illustrati nella Mappa della pericolosità sismica in Italia, redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2004), i cui fogli sono stati prodotti per ogni regione (Fig. 14). In tale mappa sono rappresentate le classi di a_{max} , con valori che, in Campania, variano gradualmente tra 0,075g lungo la costa e 0,275g in Irpinia, ad eccezione delle aree vulcaniche, Vesuvio-Ischia-Campi Flegrei, dove si hanno valori mediamente compresi tra 0,125g e 0,200g.

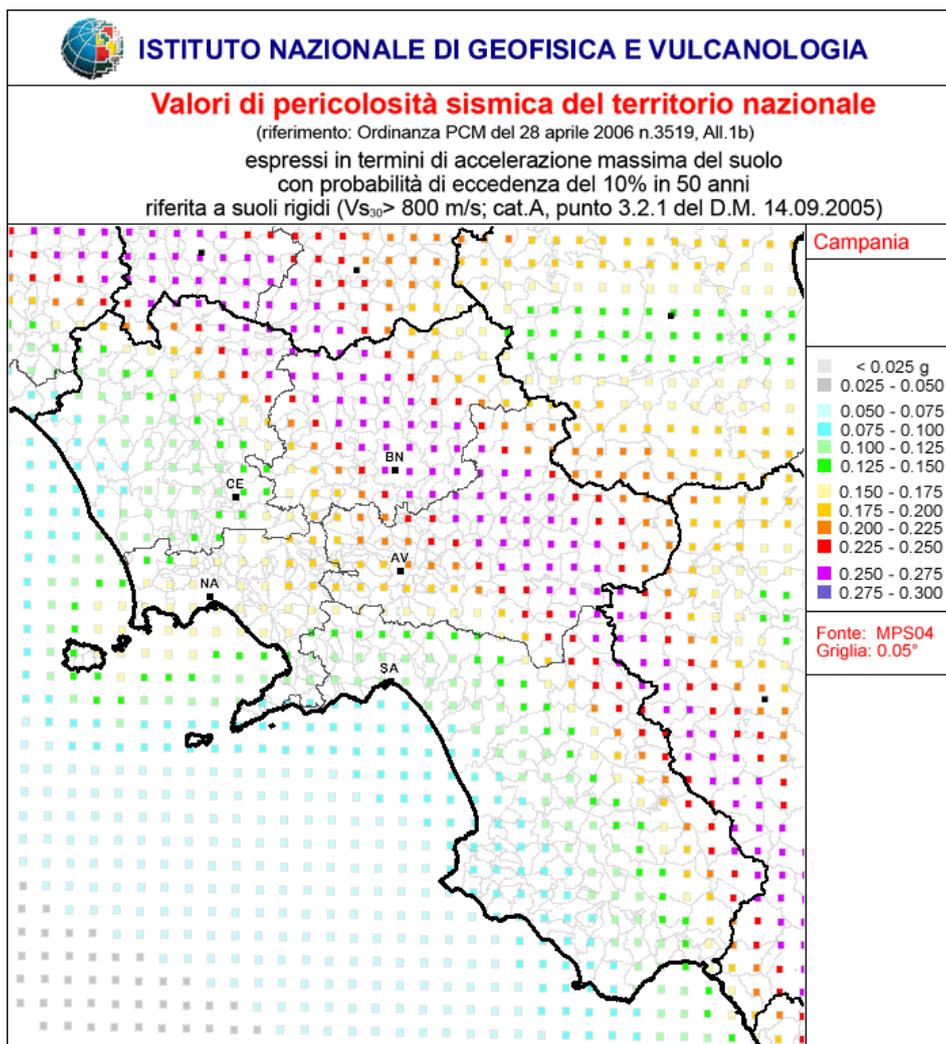


Fig. 14 - Mappa di Pericolosità della Campania espressa in termini di accelerazione massima al suolo (fonte : www.mi.ingv.it)

In particolare per il comune di Casamicciola Terme, come evidenziato dalla figura 15, che riporta lo stralcio delle mappa interattiva di Pericolosità sismica ripresa dal sito dell'INGV, i valori di $a(g)$ sono compresi tra 0,125 e 0,175.

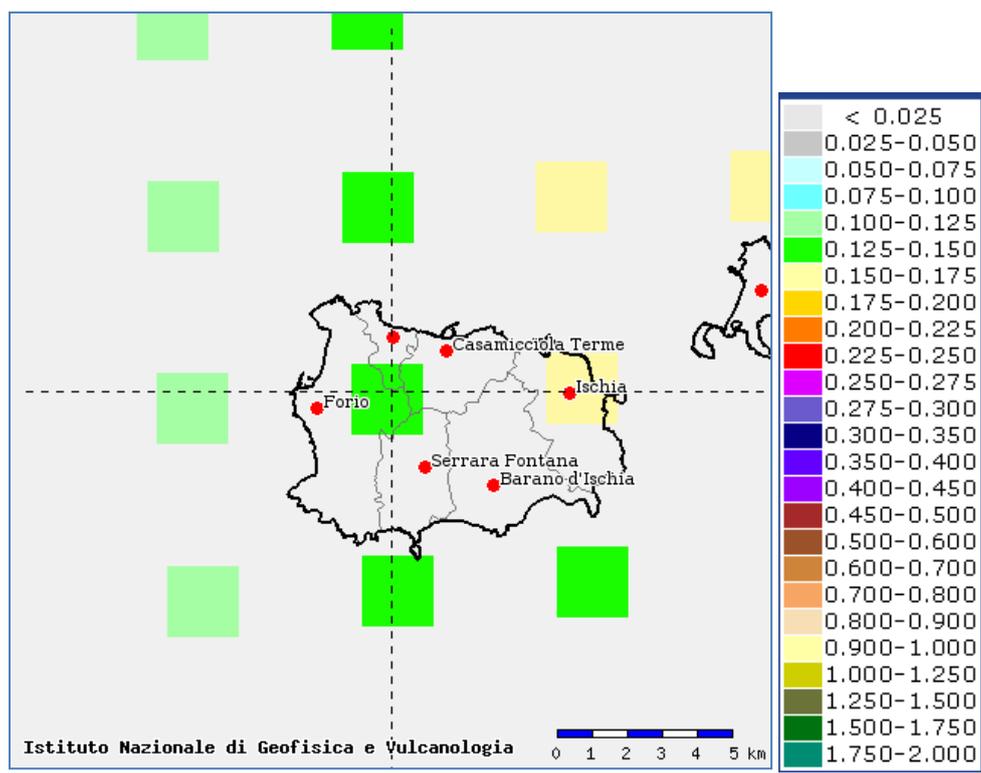


Fig. 15 - Mappa interattiva di pericolosità sismica e relativa legenda dei valori di a(g) per l'isola d'Ischia (fonte www.mi.ingv.it)

Ciò premesso attualmente, con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni 2018", per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale e si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 2).

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 2 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato dal D.M. 17/01/2018

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione 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:

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

con:

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, caratterizzato 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 $H = 30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per tale motivo può essere utilizzata una specifica indagine geofisica per caratterizzare da un punto di vista sismico le varie formazioni litologiche dell'area in esame ed in particolare, per ricavare il parametro V_{S30} . Tale indagine è consistita in n. 2 prospezioni sismiche metodo MASW, realizzate nelle vicinanze dei muri oggetto di intervento.

- Microzonazione sismica del sito di interesse (approccio semplificato NCT 2018)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base", del sito di costruzione e

sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento considerato V_R .

Ai fini della attuale normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima di sito

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di 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-

Nell'allegato B sono rappresentati, i valori dei parametri a_g , F_0 , T^*_c , in termini di addensamento medio in funzione del periodo di ritorno T_R (30, 50, 72, 100, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) per i 10751 punti del *reticolo di riferimento* dell'intero territorio nazionale definiti in letteratura in termini di Latitudine e Longitudine.

L'accelerazione al sito a_g è espressa in g/10; F_0 è adimensionale, T^*_c è espresso in secondi.

I valori della Pericolosità sismica, sulla base dei risultati del progetto S1-INGV, e in funzione delle coordinate geografiche vanno definiti puntualmente per il sito di interesse e possono essere ricavati, per esempio, tramite il software freeware GeoStru PS inserendo le coordinate espresse in latitudine e longitudine del sito di interesse.

Nel caso specifico, andranno distinte per il muro A e per il muro B

- **MURO A**; le coordinate geografiche, dell'area in oggetto, espresse in ED50, in accordo con il reticolo utilizzato dall'INGV sono:

Longitudine = 13,905097 (13.904218 WGS84)

Latitudine = 40,739588 (40.738584 WGS84)

a partire dai quali si ricavano per il sito oggetto di intervento i seguenti valori in funzione del tempo di ritorno:

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,332	0,274
Danno (SLD)	63	50	0,047	2,320	0,312
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,151	2,286	0,326
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,199	2,333	0,325

La normativa evidenzia che le condizioni assunte per il sito di riferimento (suolo A e superficie orizzontale) non corrispondono a quelle effettive e prescrive quindi di considerare le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche dello specifico sito di interesse, in quanto questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa ipotizzando un sito rigido con superficie orizzontale, che è quanto assunto nei modelli dell'INGV.

Per arrivare ad una microzonazione sismica del sito, è necessario individuare gli "effetti stratigrafici" e gli "effetti topografici".

Per tale motivo per procedere ad una valutazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio può essere utilizzata una prospezione sismica metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh), realizzata lungo via Celario, immediatamente a monte del muro, al fine di individuare spessori e geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e dunque classificare sismicamente il suolo dell'area come richiesto dalla normativa antisismica (D.M. 17/01/2018).

Si riporta schematicamente in Tab. 4 la sismostratigrafia ricavata:

Tab. 4 - Sismostratigrafia

Profondità (m)	Velocità (m/sec)	Spessore/Velocità (h_i/V_i)
0,00 - 2,00	100	0,0200
2,00 - 6,50	190	0,0237
6,50 - 12,50	400	0,0150
12,50 - 35,00	600	0,0375

Sulla base della sismostratigrafia, per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, è possibile caratterizzare i terreni del sito oggetto di intervento in funzione della velocità delle onde S nei primi 30 metri di spessore (V_{s30}) determinata secondo la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove :

V_i = velocità delle onde S nello strato i-esimo

h_i = spessore in metri dello strato i-esimo

N = numero di strati presenti nei primi 30 m

Considerando la sismostratigrafia determinata dalle indagini eseguite, il calcolo del V_{s30} effettuato a partire dal piano campagna ha determinato il seguente valore:

$$V_{s30} = 341 \text{ m/s}$$

e quindi la successione dei terreni indagati nello spessore compreso tra il piano campagna e i primi 30 m di profondità potrebbe essere assimilata alla categoria di suolo (come definita nella Tabella 3.2.II delle NCT 2008):

TIPO C

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

Per quanto attiene agli effetti topografici le stesse N.C.T. indicano che per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata in Tabella 5

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab.5 - Categorie topografiche come da Tab. 3.2.III delle NCT 2018

Considerando le condizioni orografiche dell'area in cui è situato il sito oggetto di intervento, ubicato su di un pianoro, ma comunque nel settore pedemontano di un versante, si può considerare che la categoria topografica che maggiormente approssima le condizioni di sito è **T2**.

Si riportano i parametri sismici determinati con il programma free GEOSTRU PS considerando una Classe d'uso II e Vita Nominale 50 anni

Parametri sismici determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 40,739588 [°]

longitudine: 13,905097 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	33639	40,734290	13,886180	1699,2
Sito 2	33640	40,734050	13,952120	4009,5
Sito 3	33418	40,784050	13,952460	6352,6
Sito 4	33417	40,784290	13,886460	5212,6

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,332	0,274
Danno (SLD)	63	50	0,047	2,320	0,312
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,151	2,286	0,326
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,199	2,333	0,325

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,610	1,200	0,000	--	0,617	--
SLD	1,500	1,540	1,200	0,040	0,020	0,828	0,470
SLV	1,490	1,520	1,200	0,103	0,051	2,651	0,380
SLC	1,420	1,520	1,200	0,000	--	3,327	--

Geostru

- **MURO B**; le coordinate geografiche, dell'area in oggetto, espresse in ED50, in accordo con il reticolo utilizzato dall'INGV sono:

Longitudine = 13,906008 (13.905129 WGS84)

Latitudine = 40,737522 (40.736518 WGS84)

a partire dai quali si ricavano per il sito oggetto di intervento i seguenti valori in funzione del tempo di ritorno:

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,332	0,274
Danno (SLD)	63	50	0,047	2,320	0,312
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,151	2,286	0,326
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,199	2,333	0,325

La normativa evidenzia che le condizioni assunte per il sito di riferimento (suolo A e superficie orizzontale) non corrispondono a quelle effettive e prescrive quindi di considerare le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche dello specifico sito di interesse, in quanto questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa ipotizzando un sito rigido con superficie orizzontale, che è quanto assunto nei modelli dell'INGV.

Per arrivare ad una microzonazione sismica del sito, è necessario individuare gli "effetti stratigrafici" e gli "effetti topografici".

Per tale motivo per procedere ad una valutazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio può essere utilizzata una prospezione sismica metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh), realizzata lungo via Celario, immediatamente a monte del muro, al fine di individuare spessori e geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e dunque classificare sismicamente il suolo dell'area come richiesto dalla normativa antisismica (D.M. 17/01/2018).

Si riporta schematicamente in Tab. 4 la sismostratigrafia ricavata:

Tab. 4 - Sismostratigrafia

Profondità (m)	Velocità (m/sec)	Spessore/Velocità (h_i/V_i)
0,00 - 6,00	160	0,0375
6,00 - 16,00	350	0,0286
16,00 -35,00	550	0,0345

Sulla base della sismostratigrafia, per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, è possibile caratterizzare i terreni del sito oggetto di intervento in funzione della velocità delle onde S nei primi 30 metri di spessore (V_{s30}) determinata secondo la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove :

V_i = velocità delle onde S nello strato i-esimo

h_i = spessore in metri dello strato i-esimo

N = numero di strati presenti nei primi 30 m

Considerando la sismostratigrafia determinata dalle indagini eseguite, il calcolo del V_{s30} effettuato a partire dal piano campagna ha determinato il seguente valore:

$$V_{s30} = 328 \text{ m/s}$$

e quindi la successione dei terreni indagati nello spessore compreso tra il piano campagna e i primi 30 m di profondità potrebbe essere assimilata alla categoria di suolo (come definita nella Tabella 3.2.II delle NCT 2008):

TIPO C

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

Per quanto attiene agli effetti topografici le stesse N.C.T. indicano che per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata in Tabella 5

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab.5 - Categorie topografiche come da Tab. 3.2.III delle NCT 2018

Considerando le condizioni orografiche dell'area in cui è situato il sito oggetto di intervento, ubicato su di un pianoro, ma comunque nel settore pedemontano di un versante, si può considerare che la categoria topografica che maggiormente approssima le condizioni di sito è **T2**.

Si riportano i parametri sismici determinati con il programma free GEOSTRU PS considerando una Classe d'uso II e Vita Nominale 50 anni

Parametri sismici
determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 40,737522 [°]

longitudine: 13,906008 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	33639	40,734290	13,886180	1708,8
Sito 2	33640	40,734050	13,952120	3904,3
Sito 3	33418	40,784050	13,952460	6486,4
Sito 4	33417	40,784290	13,886460	5454,8

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,332	0,274
Danno (SLD)	63	50	0,047	2,320	0,312
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,151	2,286	0,326
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,199	2,333	0,325

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,610	1,200	0,000	--	0,617	--
SLD	1,500	1,540	1,200	0,040	0,020	0,828	0,470
SLV	1,490	1,520	1,200	0,103	0,051	2,652	0,380
SLC	1,420	1,520	1,200	0,000	--	3,328	--

Geostru

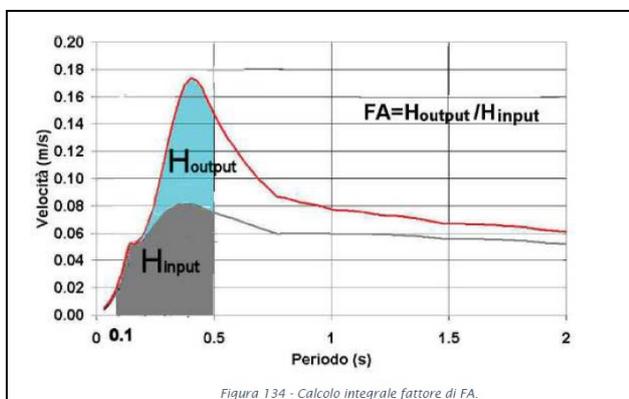
- Microzonazione sismica di III livello del sito di interesse

Nell'ambito degli studi di Microzonazione sismica (MS) di III livello realizzati nei Comuni di Casamicciola Terme, Lacco Ameno e Forio, ai sensi della D.L. 28 settembre 2018. n. 109 art 18 comma 1. lettera h, di recente pubblicazione (<http://www.commissariocostruzioneischia.it/Esiti-Microzonazione.html>), e a cui si rimanda per ogni ulteriore spiegazione, si riporta, per l'area di interesse, in estrema sintesi, le determinazioni a cui sono giunti i suddetti studi.

L'obiettivo della MS è quello di individuare all'interno del territorio comunale aree omogenee in base alle caratteristiche litostratigrafiche, con analogo comportamento nei riguardi dei fenomeni di amplificazione locale indotta dal sisma, definite MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica).

All'interno di ogni MOPS, l'analisi di MS di livello 3 è finalizzata a quantificarne la pericolosità sismica locale; in particolare vengono identificate aree stabili (in cui non si prevedono amplificazioni del moto sismico legato al particolare assetto litostratigrafico e morfologico, cioè rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, quantificate dal fattore di amplificazione $FA = 1$), aree stabili suscettibili di amplificazioni locali (nelle quali si prevedono amplificazioni del moto sismico legate all'assetto litostratigrafico e morfologico, quantificate dal fattore di amplificazione $FA > 1$) e aree instabili (aree in cui si possono attivare, indotti dal sisma, fenomeni di deformazione permanente del territorio quali frane, cedimenti differenziali, fenomeni di liquefazione, fagliazione superficiale).

Il fattore di amplificazione FA è un parametro numerico che descrive quanto il moto sismico, misurato nel sito di riferimento (bedrock sismico piatto) è amplificato nell'areale oggetto di studio. Le grandezze scalari che quantificano tale fattore sono rappresentabili come il rapporto tra il valore integrale di output e di input calcolato su determinati spettri di risposta, in un range di periodo.



Tratta da Relazione Illustrativa_MS3_Forio

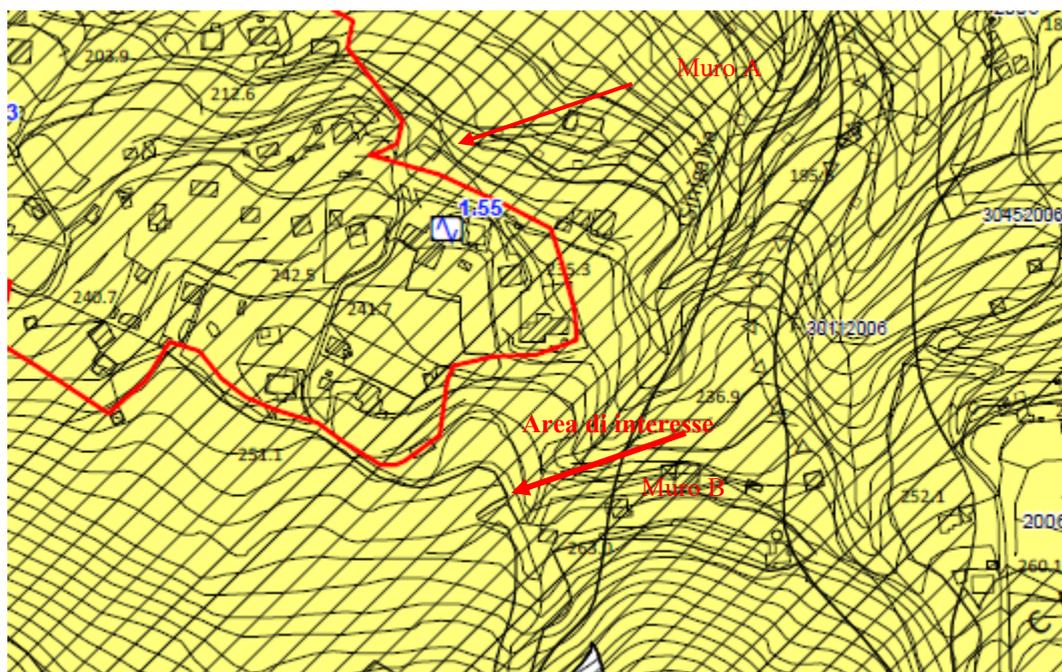
In letteratura il range di periodo sul quale eseguire il calcolo del Fattore di Amplificazione viene definito a seconda della tipologia di costruzione che deve essere realizzata. Di norma il range che va

da 0.1 a 0.5 secondi viene assunto come rappresentativo di edifici con strutture particolarmente rigide a sviluppo verticale indicativamente fino a 5 piani. Il periodo che va da 0.5 a 1.5 secondi viene assunto come rappresentativo del periodo proprio di edifici con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra 5 e 15 piani.

Nell'ambito degli studi di MS di III livello, i FA sono stati quantificati all'interno di ogni MOPS per tre periodi di riferimento (0.1 - 0.5 s; 0.4 - 0.8 s; 0.7 - 1.1 s) eseguendo sia analisi monodimensionali 1D che bidimensionali 2D.

Questi hanno portato alla definizione, di concerto con il gruppo di lavoro del Centro MS, alla carta di Microzonazione di III livello, in cui sono riportati i valori degli FA più elevati per ogni MOPS e per ogni periodo, individuati dal confronto tra le modellazioni 1D e 2D.

Si riportano, nelle seguenti figure, gli stralci cartografici che illustrano, per le aree di interesse, quanto indicato

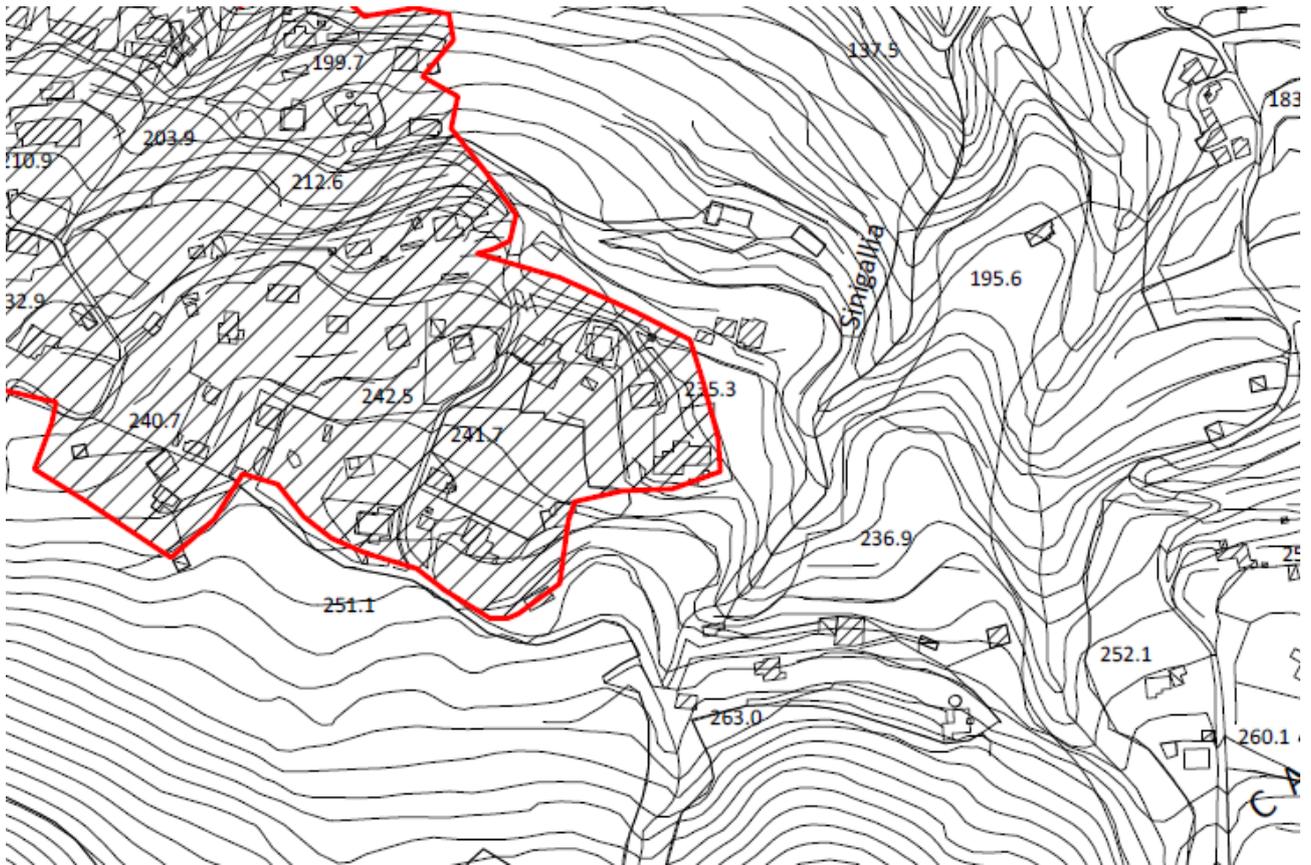


2006 Depositi eluvio colluviali e limo sabbiosi argillosi poco coesivi (ML ec), eterometrici di versante e frana (GM fd) e piroclastici sabbioso-limosi poco addensati (SM fd) con spessori da 5 a 10m, poggianti su substrati geologici costituiti da depositi epiclastici siltosi con spessore da 40 a 60m e da alternanze di depositi tufacei massivi e depositi epiclastici siltosi fratturati (SFGRS) con spessori massimi di 300m. Per le caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area sono possibili fenomeni di amplificazione sismica locale.

 Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore F_0 .

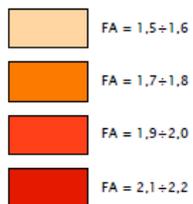
 ZA_{FR} - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 6

Fig. 1) Stralcio di Carta delle MOPS_ Tratto da MS3_Casamicciola Terme



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone instabili

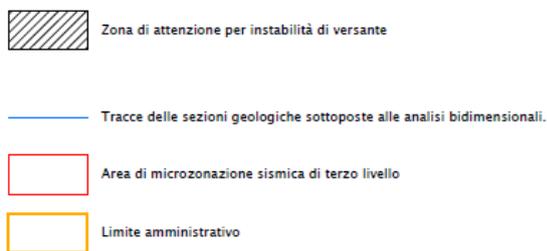


Fig. 2) Stralcio di Carta MS_01_05 [Tratta da MS3_Casamicciola Terme]

L'area di interesse, sulla base della valutazione di dati pregressi, presenti in letteratura o in database consultabili (Frane IFFI, PSAI dell'A.d.B.), è stato inserito nella carta delle MOPS di livello 1 (Fig. 1) in "Zone potenzialmente suscettibili di instabilità", definite secondo i protocolli degli studi di MS come "Zone di Attenzione $Z_{A_{FR}}$ " cioè "Zone di attenzione per instabilità di versante".

Il livello III di MS, sulla base delle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (Fr), versione 1.0" (2017) è finalizzato a definire con metodi semplificati e/o avanzati le "Zone di Suscettibilità (ZS) per le instabilità" e le "Zone di Rispetto (ZR) per le instabilità".

Tuttavia, come si legge nella relazione illustrativa MS3_Casamicciola Terme, che si riporta integralmente: "Con riferimento ai tre comuni dell'isola di Ischia, il disciplinare di incarico afferma che le zone di instabilità rimangono definite zone di attenzione ($Z_{A_{FR}}$) anche nel livello 3 di analisi e quindi non devono essere caratterizzate da un fattore di amplificazione nella carta di livello 3. Ciò si rende opportuno vista la necessità di eseguire indagini specifiche e approfondimenti ulteriori per la definizione dei terreni che definiscono i pendii.

Ricadendo alcune di queste zone lungo le sezioni 2D sottoposte a modellazione numerica della risposta sismica locale, essendo alcune aree in $Z_{A_{FR}}$ densamente edificate e danneggiate dal recente sisma, si è ritenuto comunque opportuno restituire solo in relazione, anche per questi poligoni, il calcolo del fattore di amplificazione...omissis."

Di conseguenza, sulla base di tale assunto, l'area in oggetto (Fig. 2) rientra all'interno della MOPS 2006 (all'interno dell'areale definito come 30112006) a cui compete, per il range di periodo di interesse (0.1 - 0.5 s), un

$$FA = 1.60$$

Tabella 80 - Fattori di amplificazione attribuibili alle MOPS del comune di Casamicciola Terme

	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2099
$FA_{0.1-0.5s}$	1.45	2.22	1.95	1.76	1.60	1.88	1.76
$FA_{0.4-0.8s}$	1.85	3.21	2.43	1.94	1.88	1.69	1.94
$FA_{0.8-1.1s}$	2.58	3.22	2.25	1.33	1.52	1.24	1.33

Tratta da Relazione Illustrativa_MS3_Casamicciola Terme

Conclusioni

Il presente studio, redatto in conformità a quanto disposto dal punto 6.2.1. del D.M. 17/01/2018 " Norme tecniche per le costruzioni 2018", ha permesso di ricostruire con sufficiente grado di determinazione, i caratteri litologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici del territorio interessato dall'intervento di ripristino di due preesistenti muro di contenimento, crollati a causa dei recenti eventi franoso/alluvionali che hanno interessato l'area.

Entrambi i settori di interesse nell'ambito del *Progetto di Aggiornamento del Piano per L'Assetto Idrogeologico dell'Isola d'Ischia - Primo Stralcio funzionale - Comune di Casamicciola Terme* redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale e adottato con DGS n. 561 del 4 agosto 2023, ricadono in area a Rischio da frana molto elevato R4.

Il muro di contenimento situato in sinistra alveo di Cava Sinigallia (denominato muro B) è potenzialmente anche a rischio per fenomeni di scalzamento al piede.

Le unità geologiche presenti nel substrato sono state studiate mediante indagini in sito, da cui si evince la presenza in affioramento di depositi massivi grossolani di debris –flow, costituiti da clasti di tufo verde e di rocce epiclastiche eterometriche in genere arrotondati, immersi in matrice limo sabbiosa (*detriti a elementi prevalente*), a copertura di depositi epiclastici limo sabbiosi, di cui si è fornita la parametrizzazione utile ai fini progettuali. Si sottolinea che mentre per il muro A non si pongono limitazioni a soluzioni di fondazioni superficiali, evitando però di porre le basi della fondazione, in parte sui terreni detritici e in parte sui blocchi tufacei imballati in essa, per il muro B, data la vicinanza con la sponda dell'alveo si consigliano fondazioni profonde, da attestare all'interno dell'unità litotecnica 2, a non meno di 12 m dal p.c.

Per le caratteristiche dei terreni presenti e l'assenza di falda sub superficiale si escludono fenomeni di liquefazione, per entrambi i siti investigati.

La microzonazione sismica del sito di interesse, secondo un approccio semplificato, ha permesso di classificare il sottosuolo di fondazione, nei due siti, come appartenente alla Cat. C, con categoria topografica T2.

La microzonazione sismica di III livello inserisce l'area di interesse in "Zone di Attenzione Z_{AFR}" cioè "*Zone di attenzione per instabilità di versante*".

La sottoscritta, ai sensi della normativa vigente che regola l'attività professionale del Geologo, rimane a disposizione della committenza per eventuali chiarimenti e/o approfondimenti tecnici per quanto di competenza.

Forio, 24 agosto 2023

Il Geologo
Dott.ssa Filomena Miragliuolo



Bibliografia consultata

- Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania - AA.VV. (2002) - *Piano per l'assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania*. TPS srl Napoli - SELCA srl Firenze, 4 vol.
- Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania - AA.VV. (2010) - *Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania* - Aggiornamento anno 2010.
- Autorità di Bacino della Campania Centrale - AA.VV. (2015) - *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) AdB Campania Centrale* - Delibera di C.I. n. 1 del 23/02/15.
- ACOCELLA V. & FUNICIELLO R. (1999). *The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming, the case of the Island of Ischia, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 88, 109 - 123.
- BERRINO G., CORRADO G. & RICCARDI U. (2008). *Sea gravity data in the Gulf of Naples. A contribution to delineating the structural pattern of the Phlegraean Volcanic District*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 175, 241-252.
- CELICO P., STANZIONE D., ESPOSITO L., FORMICA F., PISCOPO V., DE ROSA B.M. (1999) - *La complessità idrogeologica di un'area vulcanica attiva: l'isola d'Ischia (Napoli - Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 118, pp. 485 -504.
- DEL PRETE S. & MELE R. (1999) - *L'Influenza dei fenomeni di instabilità di versante nel quadro morfoevolutivo della costa dell'isola d'Ischia*. Boll. Soc. Geol. It., 118 (2), 339-360.
- DEL PRETE S., MELE R. (2006) - *Il contributo delle informazioni storiche per la valutazione della propensione al dissesto nell'isola d'Ischia (Campania)*. Rend. Soc. Geol. It., n. sr., 2 pp. 29-47.
- de VITA S., SANSIVERO F., ORSI G. & MAROTTA E. (2006) - *Ciclycal slope instability and volcanism related to volcano-tectonism in resurgent calderas: the Ischia island (Italy) case study*. Engineering Geology, v 86, pp. 148 - 165.
- Gruppo di lavoro INGV sul terremoto dell'isola d'Ischia (2017). Rapporto di sintesi preliminare sul Terremoto dell'isola d'Ischia (Casamicciola) M4.0 del 21 agosto 2017 (6 settembre 2017), doi: 10.5281/zenodo.886045
- GUADAGNO F.M., MELE R. (1995) - *La fragile Isola d'Ischia*. Vol. Speciale di Geologia Applicata ed Idrogeologia, vol. XXX- parte I, pp. 177-187.
- IPPOLITO F., ORTOLANI F. & RUSSO M. (1973). *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino Campano, reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 227 - 250.
- LUONGO et. Al. (2006) - *Il terremoto di Casamicciola del 1883: una ricostruzione mancata*. Alfa Tipografia, Napoli, 64 pp.
- MELE R. & DEL PRETE S. (1998) - *Fenomeni di instabilità dei versanti in Tufo Verde di Monte Epomeo (isola d'Ischia - Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 117 (1), 93 - 112.
- Note Illustrative Carta Geologica della Regione Campania "Foglio 464 Isola di Ischia". - AA.VV. (2011)
- ORSI G., GALLO G. & CIVETTA L. (1990) - *Evoluzione geologica e magmatologica dell'isola d'Ischia*. Soc. It. Mineral. Petrol. - Conv. Autunnale " Genesi e differenziazione del magmatismo potassico del bordo tirrenico".

- PAOLETTI V., DI MAIO R., CELLA F. FLORIO G., MOTSCHKA K., ROBERTI N., SECOMANDI M., SUPPER R., FEDI M. & RAPOLLA A. (2009). *The Ischia volcanic island (Southern Italy), Inferences from potential field*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 179, 69-86.
- *Relazione Finale sui "Primi interventi urgenti di protezione civile conseguenti all'evento sismico che ha interessato il territorio dei comuni di Casamicciola Terme, di Forio e di Lacco Ameno dell'isola d'Ischia il giorno 21 agosto 2017" - Misure di carattere non strutturale finalizzate alla riduzione del rischio residuo (art. 8 del Ordinanza OCDPC n. 476 del 29 agosto 2017)- "Gruppi di Lavoro CNR - IGAG, ENEA, INGV, CNR-IAMC, DICEA"*
- *Relazione illustrativa Microzonazione sismica di III livello del Comune di Forio - Gruppo di lavoro OLIVIERO A., CUCCURULLO F., VERTA A. (2019)*
- *Relazione illustrativa Microzonazione sismica di III livello del Comune di Lacco Ameno - Gruppo di lavoro RIELLO G., PETRICCIONE A., DI GRAZIA A., IANNOTTA A., MIRAGLIUOLO F., LOTITO A. (2019)*
- *Relazione illustrativa Microzonazione sismica di III livello del Comune di Casamicciola Terme - Gruppo di lavoro TOSCANO A., CUCCURULLO F., D'ANNA A. (2019)*
- RITTMANN A. & GOTTINI V. (1980) - *L'isola d'Ischia. Geologia*. Boll. Servizio Geologico It., 101, 131-274.
- SBRANA A., FULIGNATI P., MARIANELLI P., BOYCE A.J. & CECCHETTI A. (2009) - *Exhumation o fan active magmatic-hydrothermal system in a resurgent caldera environment. The example of Ischia Island (Italy)*. J. Geol. Soc. London., 166, 1061-1073.
- VEZZOLI V. (1988) - *Island of Ischia*. C.N.R., Quaderni de "La Ricerca Scientifica".
- ZUPPETTA A., SAVA A. & ZUPPETTA C. (1993) - *Evoluzione tettonica dell'isola d'Ischia: un modello per gli ultimi 35 ka di attività*. Boll. Soc. Geol. It., 112, 353-369.

COMUNE

CASAMICCIOLA TERME (NA)

**INDAGINI GEOGNOSTICHE
GEOTECNICHE E GEOFISICHE**

CANTIERE:

LAVORI DI ESTREMA URGENZA PER LA RICOSTRUZIONE MURI DI CONTENIMENTO

ALLA STRADA VIA CELARIO, NEL COMUNE DI CASAMICCIOLA TERME (NA)

CODICE INTERVENTO CD-CT-1-016.

COMMITTENTE:

STRUTTURA COMMISSARIALE EMERGENZA ISCHIA

Data 04/08/2023

INGE s.r.l.

Il direttore tecnico
Dott. Geol Antonio Petriccione



Certificate No.: SGQ 1123/D
EA Code: 28 | 34
Original Certification Date: 13/12/2005
Current Certification Date: 10/11/2017
Certificate Expiry Date: 12/12/2020



Attestazione di qualificazione
alla esecuzione di lavori pubblici
n. 4023/50/01
Categoria OS20B Classifica II
Valida dal 04/12/2019 al 03/12/2024



Aut. Min. N. R.0000566 del 13-11-2019 Circ. 7618/STC - Prove sulle terre
Aut. Min. N. 154 del 19-04-2011 Circ. 7619/STC - Prove in sito

1. INDICE

1. INDICE	2
2. PREMESSA	3
3. SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO.	4
3.1. Caratteristiche dell'attrezzatura	6
3.2. Standard Penetration Test (S.P.T.)	6
3.2.1. CARATTERISTICHE DELL'ATTREZZATURA	7
3.3. Prelievo di campioni indisturbati	7
4. Prove penetrometriche dinamiche pesanti (D.P.S.H.)	9
4.1.1. GENERALITÀ	9
4.1.2. CARATTERISTICHE	11
4.1.3. INTERPRETAZIONE	11
4.1.4. FORMULE DI CORRELAZIONE UTILIZZATE	12
5. Prove geotecniche di Laboratorio	15
5.1. Caratteristiche Fisiche Generali	15
5.1.1. PESO DI VOLUME PER FUSTELLAMENTO	15
5.1.2. PESO DI VOLUME SECCO E CONTENUTO D'ACQUA	15
5.1.3. PESO SPECIFICO DEI GRANI	15
5.2. Analisi Granulometrica	16
6. Misure sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	17
6.1. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI	18
6.2. STRUMENTAZIONE ADOPERATA	21
6.2.1. Disposizione e caratteristiche dello stendimento	23

ALLEGATI:

- 1. Planimetria ubicazione indagini geognostiche eseguite*
- 2. Certificati stratigrafia sondaggio geognostico S1*
- 3. Certificati prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH*
- 4. Certificati prove geotecniche di laboratorio*
- 5. Elaborati indagine sismica Masw*

2. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto con affidamento diretto ai sensi dell'art. 50, comma 1, lettera a, del D. Lgs. n. 36/2023, per lo svolgimento dei lavori di indagini geognostiche e geotecniche relativo ai "Lavori di estrema urgenza per la ricostruzione muri di contenimento alla strada via Celario, nel comune di Casamicciola Terme (NA) - codice intervento CD-CT-1-016 - DETERMINA DIRIGENZIALE n. 10 DEL 26 luglio 2023, la Struttura Commissariale Emergenza Ischia ha affidato alla INGE s.r.l. l'incarico di eseguire una campagna di indagini geognostiche propedeutica agli interventi suddetti.

Le prove ed analisi eseguite sono consistite in:

- ◆ 1 sondaggio geognostici a carotaggio continuo
- ◆ 3 prove penetrometriche dinamiche S.P.T. eseguite nel corso del sondaggio geognostico
- ◆ 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH
- ◆ prove geotecniche di laboratorio eseguite su 2 campioni indisturbati.
- ◆ 1 indagine sismica di superficie di tipo Masw

Nelle pagine successive si riporta una breve descrizione delle prove e delle indagini eseguite, in allegato il servizio fotografico ed i risultati ottenuti sotto forma di certificati.

3. SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO.

E' stato eseguito N. 1 sondaggio a carotaggio continuo indicato con la sigla S1, spinto sino alla profondità di 30.00 metri dal locale piano campagna.

Nella Tabella che segue vengono riportate in maniera sintetica le prove eseguite all'interno del sondaggio al fine di esibire un quadro di immediata lettura di quanto realizzato:

Sondaggio (Sigla)	Perforazione (m.l.)	Prelievo Campioni Indisturbati (da m a m)	S.P.T. (m)
S1	30.00	4.00-4.50	13.20
		12.80-13.20	19.00
			22.30

Il sondaggio geognostico è stato eseguito con una sonda cingolata MASSENZA MI6, con coppia della testa di rotazione pari a 1050 dN m con antenna di altezza di 6165 mm con corsa della testa di rotazione pari a 3600 mm e forza di estrazione pari a 63 kN.



Postazione Sondaggio geognostico S1

Per il campionamento dei materiali è stato adoperato un carotiere semplice di lunghezza pari a 300 cm con diametro esterno pari a 101 mm, munito di corona tagliente dentata con cilindri di widia. Il carotiere è collegato ad una batteria di aste di perforazione a filettatura tronco-conica di lunghezza utile pari a 1.50 e 3.00 metri. All'estremità superiore del carotiere è posizionata una valvola di non ritorno a sfera, che impedisce all'acqua presente nelle aste di perforazione di venire a contatto con la carota riducendone così il disturbo e la possibilità che la carota stessa fuoriesca dal carotiere.

La perforazione è avvenuta con acqua di circolazione solo laddove i litotipi si presentavano particolarmente consistenti o lapidei.

Le carote di materiale estratto sono state allocate in maniera ordinata e continua all'interno di cassette catalogatrici in PVC di dimensioni 1.00x0.60m provviste di setti separatori. Lungo di esse si sono disposte dei contrassegni indelebili in corrispondenza delle quote progressive del sondaggio (riferite al p.c.). Ogni cassetta è stata contraddistinta con la sigla del sondaggio, da un numero progressivo, dalle quote di prelievo e dal nome del cantiere.

Laddove il foro di sondaggio presentava problemi di stabilità si è provveduto ad introdurre opportuni tubi metallici di rivestimento provvisorio con diametro \emptyset est pari a 127 mm e lunghezza degli spezzoni pari a 150 cm e spessore di 8 mm.

Nell' infissione del rivestimento, così come nella perforazione quando eseguita con fluido di circolazione, si sono adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare ogni disturbo del terreno naturale.

3.1. Caratteristiche dell'attrezzatura

L'attrezzatura di perforazione aveva le seguenti caratteristiche ed i seguenti diametri:

- | | |
|---|-----|
| • Aste di manovra cave dal diametro ϕ (mm) | 76 |
| • Aste di manovra lunghezza (m) | 3.0 |
| • Carotiere da ϕ (mm) | 101 |
| • Carotiere doppio da ϕ (mm) | 101 |
| • Carotiere lunghezza (m) | 3.0 |
| • Corona con denti in Widia da ϕ (mm) | 101 |
| • Corona diamantata da ϕ (mm) | 101 |
| • Tubi di rivestimento ϕ (mm) | 140 |

3.2. Standard Penetration Test (S.P.T.)

Le prove penetrometriche dinamiche S.P.T. sono state praticate nei fori dei sondaggi per verificare le caratteristiche meccaniche dei terreni in attraversamento. Queste prove consentono di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore *RAYMOND* battendo sulle aste di manovra per mezzo di un maglio normalizzato che cade da un'altezza standard.

3.2.1. CARATTERISTICHE DELL'ATTREZZATURA

- Maglio in acciaio da Kg 63.5
- Dispositivo di sgancio automatico del maglio
- Altezza di caduta del maglio cm 76
- Campionatore Raymond diametro cm 3.5
- Scarpa standard a punta aperta
- Punta conica standardizzata con angolo di apertura 60°

Il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione N_{SPT} è il numero di colpi N necessario ad una penetrazione del campionatore pari a 30 centimetri, dopo 15 centimetri di infissione dinamica per il posizionamento.

Tabella riassuntiva prove S.P.T.				
Sondaggio S1				
Prof. (m)	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}
13.20-13.65	12	15	18	33
19.00-19.45	16	19	23	42
22.30-22.75	10	12	13	25

3.3. **Prelievo di campioni indisturbati**

Il prelievo dei campioni viene realizzato adoperando un campionatore cilindrico “fustella” che viene montata alle aste di manovra e poi infisso nel terreno alle profondità prestabilite, con la sola pressione esercitata dalla macchina perforatrice. Riempita la fustella di materiale, essa si estrae e immediatamente deve essere paraffinata alle due estremità, per evitare che, al contatto con l’aria, il materiale perda la sua umidità naturale. Tra i diversi tipi di campionatori esistenti in commercio, è stato utilizzato il campionatore “a pareti sottili”, che tra tutti è quello che arreca minore disturbo al terreno. Durante l’esecuzione del sondaggio sono stati prelevati campioni indisturbati, alle profondità e con le sigle di seguito riportate:

campioni indisturbati		
Sigla Campione	Profondità iniziale	Profondità finale
S1-C1	4.00	4.50
S1-C2	12.80	13.20

4. Prove penetrometriche dinamiche pesanti (D.P.S.H.)

4.1.1. GENERALITÀ

Nel corso della campagna di indagini geognostiche sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH spinte rispettivamente alle profondità di 5.10 m (DPSH 01) – 6.90 m (DPSH 02) e 10.80 m (DPSH 03), per un totale di 22.80 metri totali di investigazione.



Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH 01



Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH 02



Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH 03

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti vengono eseguite con il Penetrometro Dinamico Pesante Pluristandard della Pagani TG 63-200 KN.

Pag. 10 a 23



Certificate No.: SGQ 1123/0
EA Code: 28134
Original Certification Date: 13/12/2005
Current Certification Date: 10/11/2017
Certificate Expiry Date: 12/12/2020



Attestazione di qualificazione
alla esecuzione di lavori pubblici
n. 4023/50/01
Categoria OS20B Classifica II
Valida dal 04/12/2019 al 03/12/2024



Aut. Min. N. R.0000566 del 13-11-2019 Circ. 7618/STC - Prove sulle terre
Aut. Min. N. 154 del 19-04-2011 Circ. 7619/STC - Prove in sito

Esse consistono nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

La prova fornisce una valutazione qualitativa e quantitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Le informazioni fornite dalle prove sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto, viene infatti eseguita in tutti i tipi di terreno sia coesivo che granulare (dalle argille alle ghiaie).

4.1.2. CARATTERISTICHE

La prova viene eseguita con attrezzatura e modalità standard EMILIA 30 appresso descritte:

- il maglio ha un peso $Q = 63.50$ Kg;
- l'altezza di caduta del maglio è costante ed è pari ad $H = 75$ cm;
- peso testa, guida, ecc. $q=15$ Kg
- lunghezza aste $L=1.00$ metri
- peso delle aste 6.00 Kg/m
- diametro della aste $\phi=32$ mm
- angolo di apertura della punta $\alpha=60^\circ$
- diametro della base della punta conica $D=50.5$ mm
- Area della punta 20 cm²
- la registrazione dei colpi N avviene ogni qual volta il gruppo di infissione ha un abbassamento nel terreno pari a 30 cm;
- Energia specifica del colpo 7.9375 Kg/cm²
- Coefficiente di correlazione con l'NSPT 1.01

4.1.3. INTERPRETAZIONE

Diagrammando su un grafico cartesiano il numero di colpi N_{spt} in funzione della profondità, è possibile individuare strati caratterizzati da un numero di colpi pressoché simile determinando una stratigrafia geotecnica dei terreni attraversati.

Mediando i valori della resistenza all'avanzamento del gruppo di infissione, rilevati nell'ambito di ognuno degli strati così individuati, si possono ricavare le caratteristiche geotecniche dei terreni che li compongono. In particolare, attraverso opportune formule di correlazione (riportate nel paragrafo seguente), si ricavano una serie di parametri identificativi: la resistenza alla punta del penetrometro statico (R_p), la resistenza a rottura non drenata che, opportunamente correlata, permette di quantificare

Pag. 11 a 23

l'angolo di attrito interno medio (ϕ) e la coesione non drenata (C_u), il modulo edometrico (E_{ed}) che fornisce le indicazioni sulla compressibilità dei terreni, la densità relativa (D_r) per la determinazione dello stato di addensamento dei terreni. Le caratteristiche geotecniche dei vari strati individuati vengono riportate, per ogni prova, in una tabella riassuntiva insieme al grafico e al listato del numero di colpi misurati ogni 30 cm.

4.1.4. FORMULE DI CORRELAZIONE UTILIZZATE

4.1.4.1. TERRENI DI NATURA GRANULARE

RESISTENZA ALLA PUNTA R_p (Kg/cm^2)

La correlazione con la resistenza alla punta del penetrometro statico viene ricavata mediante la formula:

$$R_p = 4N_{SCPT} \quad (D'Apollonia e altri 1970)$$

A tale formula è applicato un coefficiente correttivo in funzione del peso delle aste

DENSITÀ RELATIVA D_r (%)

$$D_r = \left[\frac{N_{SCPT}}{32 + 0.288 \cdot \sigma'} \right]^{0.5} \quad (\text{Skempton})$$

con σ' = pressione efficace in Kg/cm^2 ;

N_{SCPT} = numero di colpi medio nello strato.

Il metodo è valido per le sabbie da fini a grossolane, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di D_r (%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.

ANGOLO DI ATTRITO ϕ (°)

Questo metodo correla ϕ (°) con la densità relativa dello strato:

$$\phi = 26 + 0.14 \cdot D_r \quad (\text{Schmertmann})$$

in cui D_r = densità relativa(%);

Il metodo è valido per sabbie e ghiaie in genere.

MODULO DI DEFORMAZIONE O EDOMETRICO E (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E = 3 \cdot R_p \text{ (Schmertmann)}$$

con R_p = Resistenza alla punta media nello strato.

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace che, parità di N_{scpt} determina una diminuzione di E con la profondità.

MODULO DI TAGLIO PER BASSE DEFORMAZIONI G_0 (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$G_0 = 7.84 \cdot \phi \cdot \sigma' \text{ (Sherif \& Ishibashi)}$$

con ϕ = angolo di resistenza al taglio(°);

σ' = pressione efficace (Kg/cm²);

Il metodo è valido per tutti i terreni di tipo incoerente.

4.1.4.2. TERRENI DI NATURA COESIVA

COESIONE NON DRENATA C_u (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$C_u = \frac{R_p - \sigma_v}{20}$$

con R_p = Resistenza alla punta (Kg/cm²);

σ_v = pressione verticale totale (Kg/cm²);

MODULO EDOMETRICO E_{ed} (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E_{ed} = N_{SCPT} \cdot 10^{1.163 - 0.029 \cdot N_{SCPT}} \text{ (Sanglerat)}$$

con N_{scpt} = numero di colpi medio misurato nello strato;

Il metodo è valido per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille).

GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$OCR = \left[\frac{Cu}{\sigma' \cdot KK} \right]^{1.25} \quad (\text{Ladd \& Foot})$$

con Cu (Kg/cmq) = coesione non drenata dello strato;

σ' (Kg/cmq) = pressione efficace a metà strato;

KK = parametro correttivo in funzione della profondità = $7 - Kp$

Kp viene calcolato come segue:

se la profondità media dello strato è ≤ 1 m:

$$Kp = 0.2 \cdot \frac{P}{l}$$

P (m) = profondità media dello strato

l (m) = passo di lettura della prova

se la profondità media è compresa fra 1 e 4 m:

$$Kp = \frac{0.2}{l} + \left[\frac{0.35 \cdot (P - 1)}{l} \right]$$

se la profondità media è superiore a 4 m:

$$Kp = \frac{0.2}{l} + \left[0.35 \left(\frac{3}{l} \right) \right] + \left[\frac{0.5(P - 4)}{l} \right]$$

MODULO DI TAGLIO DINAMICO G_0 (t/m^2)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$G_0 = a \cdot (N_{SCPT})^{0.78} \quad (\text{Ohsaki \& Iwasaki})$$

Il metodo è valido per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille).

5. Prove geotecniche di Laboratorio

Sui 2 campioni indisturbati sono state effettuate analisi di laboratorio consistenti in prove preliminari di identificazione e di misura della resistenza al taglio (*Pocket Penetrometer e Vane Test*) e poi nelle seguenti prove:

- ◆ *Caratteristiche fisiche generali*
- ◆ *Analisi granulometrica per setacciatura e per sedimentazione*
- ◆ *Prova di taglio diretto consolidata drenata (C.I.D.)*

5.1. Caratteristiche Fisiche Generali

Per la determinazione delle caratteristiche fisiche naturali del terreno si è proceduto in laboratorio come segue:

5.1.1. PESO DI VOLUME PER FUSTELLAMENTO

Dal campione estratto, mediante piccole fustelle, a bordo tagliente e di volume noto, si ricavano provini indisturbati da pesare con una precisione di 0.01 g. Conoscendo sia il peso sia il volume del materiale, se ne calcola il peso di volume. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi

5.1.2. PESO DI VOLUME SECCO E CONTENUTO D'ACQUA

I campioni di cui al punto precedente sono riposti in una stufa ad essiccare ad una temperatura di 105-110° per la durata di 12 ore. Conoscendo il volume, il peso ed il peso secco dei provini, viene ricavato il peso di volume del secco ed il contenuto d'acqua. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi

5.1.3. PESO SPECIFICO DEI GRANI

Per la determinazione del peso specifico dei grani è inserito all'interno di un picnometro una quantità nota (circa 30-50 g) di materiale secco, riempito per metà di acqua distillata e riposto sotto vuoto per il tempo necessario ad espellere tutti i gas. Dopodiché si procede a riempire il picnometro esattamente fino al segno riportato sul collo e a pesare il tutto con una precisione di 0.01 g. Viene poi ripetuta la pesata del picnometro pieno solo di acqua distillata fino alla tacca riportata sul collo e, per

differenza, si ricava il volume spostato dalle particelle solide. Da questi dati è possibile ricavare il peso specifico delle particelle solide dopodiché, per correlazione, vengono calcolati l'indice dei vuoti, la porosità ed il grado di saturazione del campione. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

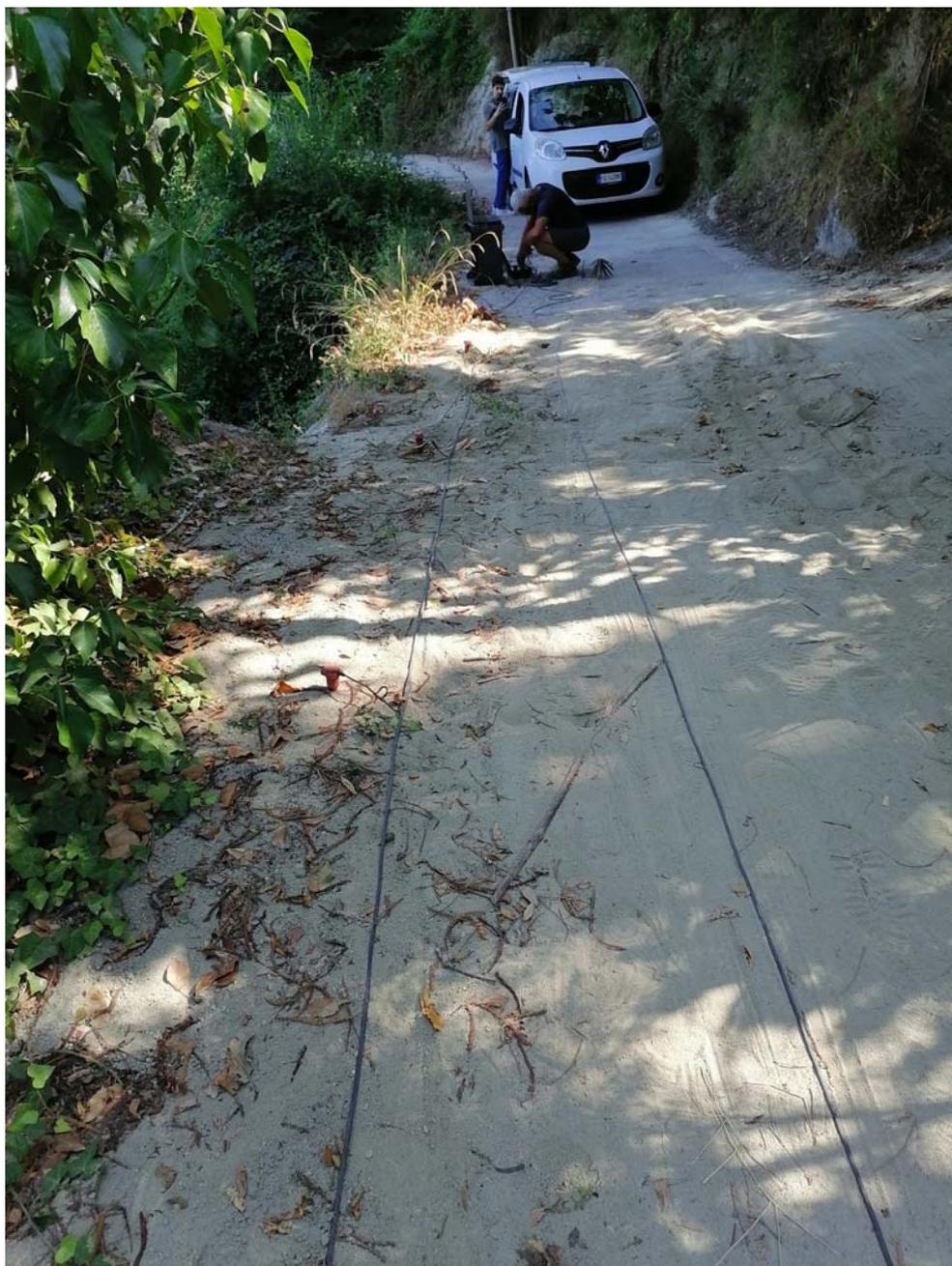
5.2. Analisi Granulometrica

L'obiettivo dell'analisi granulometrica di un terreno è quello di raggruppare, in diverse classi di grandezza, le particelle che lo costituiscono e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe, riferite al peso secco iniziale del campione. La distribuzione granulometrica delle particelle che costituiscono un campione risulta indispensabile per avere indicazioni circa il comportamento meccanico del terreno, la sua permeabilità, il decorso dei cedimenti nel tempo, ecc.

La procedura per effettuare un'analisi granulometrica per *vagliatura* è quella di scegliere, per quartature successive, una quantità sufficiente di materiale rappresentativo del campione, essiccare questo materiale in stufa e pesarlo. Quest'ultimo si ripone quindi sulla pila di setacci muniti di fondo e coperchio e riposti con apertura via via decrescente; essi vengono fatti vibrare in modo da separare i granuli in frazioni di dimensioni pressoché uguali, ciascuna trattenuta al corrispondente setaccio. Successivamente si pesa il trattenuto ad ogni setaccio e si ricava la percentuale di passante al setaccio stesso. Con questa tecnica è possibile determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle fino al diametro di 0.075 mm. La distribuzione dei granuli di dimensioni inferiori a questo valore (cioè le particelle di limo ed argilla) viene effettuata per via indiretta, basandosi sui tempi di *sedimentazione* delle particelle in acqua distillata. In questo modo si arrivano ad identificare elementi di dimensioni minime dell'ordine di 1 micron. Le pesate sono state eseguite con una bilancia SARTORIUS con precisione 0.01 grammi.

6. Misure sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Nel corso della campagna di indagini geognostiche è stata eseguita un'indagine sismica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare spessori e geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e per classificare sismicamente il suolo dell'area oggetto di studi ai fini della recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).



Indagine sismica Masw M1

Pag. 17 a 23



Indagine sismica Masw M2

6.1. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di

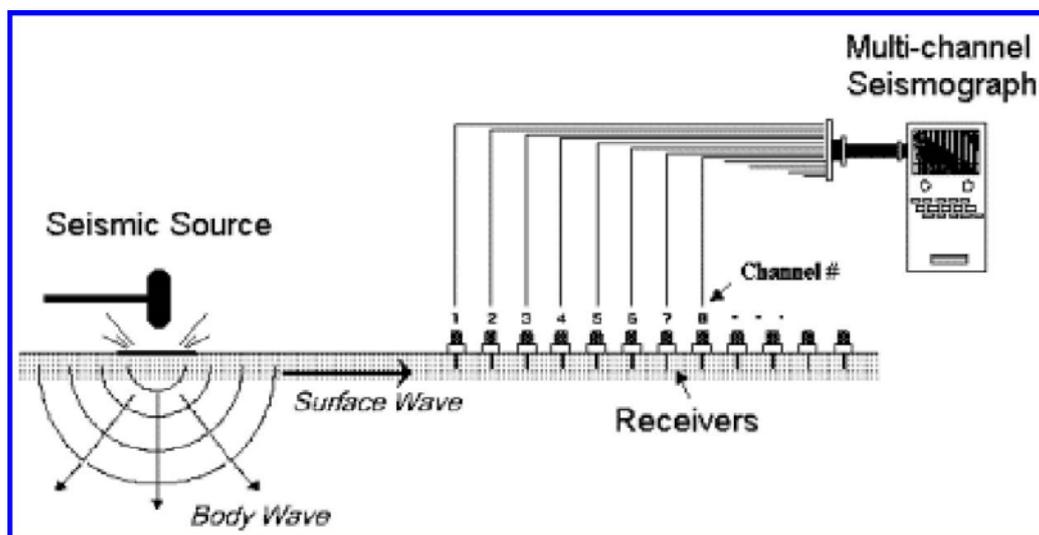
propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

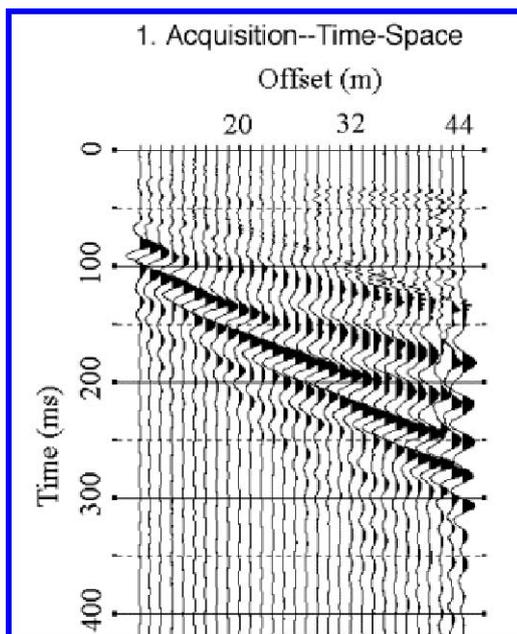
La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

- ◆ *Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra o fucile sismico), lungo uno stendimento rettilineo di sorgenteofoni;*

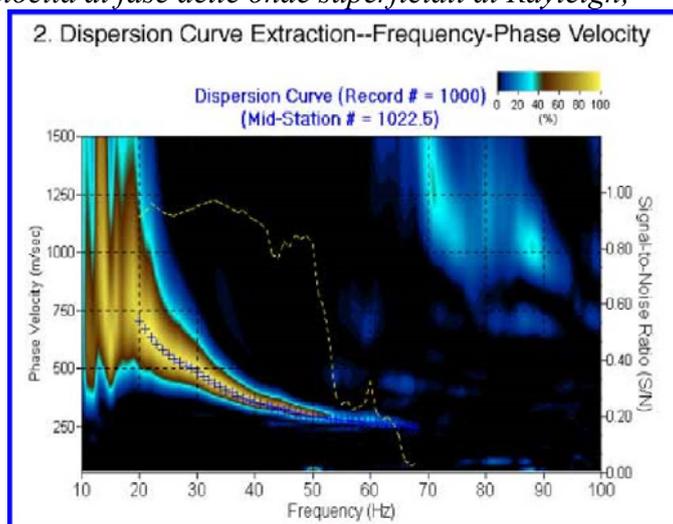


Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.



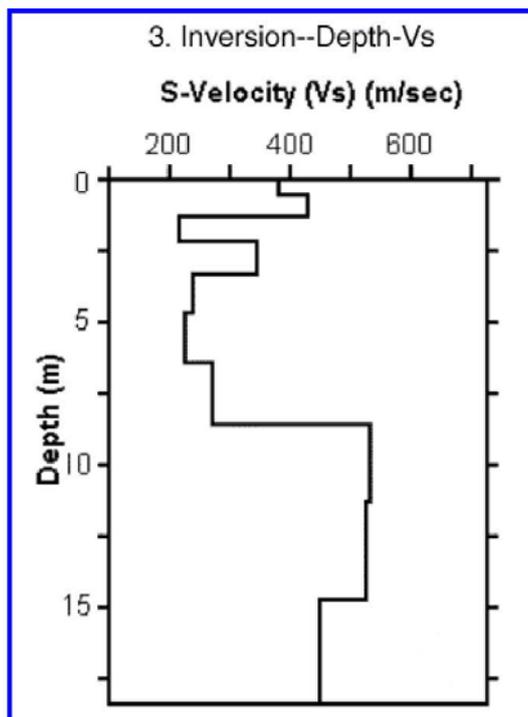
Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

- ◆ Estrazione del modo fondamentale ed eventualemte, se presenti, dei moti superiori dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;



Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

- ◆ 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);
- ◆ Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).



Modello di velocità delle onde di taglio V_s ottenuto dalla curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Reylegh attraverso l'inversione di un modello multistrato del terreno

6.2. STRUMENTAZIONE ADOPERATA

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- *GEA24 - sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 can.) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno.*

www.pasigeophysics.com

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2M Ω // 22nF
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB Largh.Banda +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filtri	Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

Scheda tecnica Sismografo Gea 24

Pag. 22 a 23



Certificate No.: SGQ 1123/0
EA Code: 28134
Original Certification Date: 13/12/2005
Current Certification Date: 10/11/2017
Certificate Expiry Date: 12/12/2020



Attestazione di qualificazione
alla esecuzione di lavori pubblici
n. 4023/50/01
Categoria OS20B Classifica II
Valida dal 04/12/2019 al 03/12/2024



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Aut. Min. N. R.0000566 del 13-11-2019 Circ. 7618/STC - Prove sulle terre
Aut. Min. N. 154 del 19-04-2011 Circ. 7619/STC - Prove in sito



Sismografo Pasi GEA24

- *24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, con risposta lineare a partire dalla frequenza di 4.5 Hz e relativo cavo di collegamento;*



Geofono

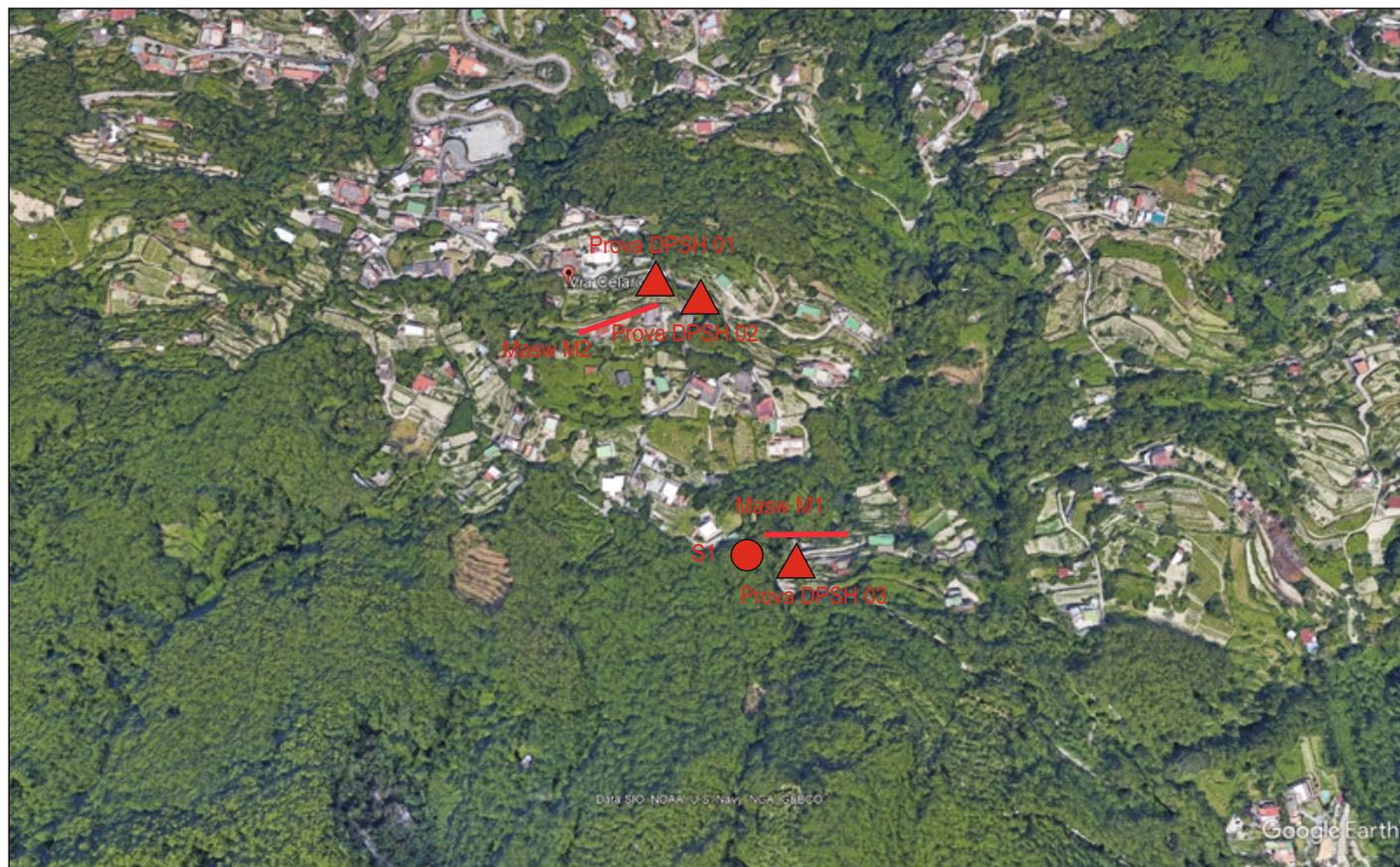
- *massa battente e cannoncino sismico per l'energizzazione del terreno.*

6.2.1. Disposizione e caratteristiche dello stendimento

Lo stendimento è stato eseguito disponendo 24 geofoni da 4.50 Hz ad una distanza di 2 metri uno dall'altro, per una lunghezza complessiva di 46 metri di stendimento. La sorgente energizzante è posta ad una distanza variabile da 2.00 a 10.00 metri di distanza dal primo geofono, a seconda della natura dei terreni investigati. In prima analisi si esegue una energizzazione con piastra metallica impattata da un mazza da 10 Kg, per la verifica della risposta dei terreni, dei guadagni da impostare sui vari canali e per verificare se le impostazioni relative al passo di campionamento, il tempo di registrazione, ecc. siano adeguate ai terreni presenti nel sottosuolo. Successivamente, l'energizzazione si esegue con l'ausilio di un fucile sismico che utilizza cartucce calibro 8 industriali; questo permette di avere un'energia nettamente superiore al rumore ambientale e rende più chiare e leggibili le tracce registrate.

Aut. Min. N°154 del 19/04/2011 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR, perforazioni inclinate e orizzontali, monitoraggio e controlli.

Planimetria Ubicazione Indagini



- ▲ Prova penetrometrica dinamica DPSH
- Sondaggio Geognostico
- Prova penetrometrica statica CPT
- ▲ Prova penetrometrica DPSH con prel. campione
- Prova penetrometrica CPT con prel. campione
- Indagine sismica Masw M1

Dati e legenda

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamiciola Terme (NA)



Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giuseppe Riello

Certificato n° 0431/23 del 04/08/2023		Commessa: 173/23
Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia		Sondaggio: S1
Riferimento: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)		Data: Dal 26/07/2023 al 27/07/2023
Coordinate: Lat. 404411.98 N Long. 135418.20 E		Quota:
Perforazione: Carotaggio Continuo		

SCALA 1 :80

SONDAGGIO - S1

Pagina 2/2

metri	B	σ mm	R v	A r	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test					
										m	S.P.T.	N	Pt	Cass	Pz
17					Piroclastite di colore grigio verdastro a granulometria sabbioso limosa con presenza diffusa di pomici di dimensioni eterometriche variabile dal millimetro a 1-2 centimetri. Materiale moderatamente addensato.										
18															
19										19.0	16-19-23	42	A		
20						20.00	8.00								
21					Piroclastite di colore grigio verdastro a granulometria limoso sabbiosa con presenza diffusa di pomici verdastre di dimensioni eterometriche variabile dal millimetro a 1-2 centimetri. Materiale moderatamente consistente.										
22															
23															
24															
25															
26					Limi argillosi di colore grigio parzialmente alterati con presenza di tracce di alterazione. Materiale poco consistente.	25.80	5.80								
27															
28															
29					Piroclastite di colore grigio verdastro a granulometria limoso sabbiosa con presenza diffusa di pomici verdastre di dimensioni eterometriche variabile dal millimetro a 1-2 centimetri. Materiale moderatamente consistente.	28.00	2.20								
30							30.00	2.00							

IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino
Responsabile del sito
Dott. Geol. Mauro Sammartino

Il Direttore
Dott. Geol. Giuseppe Riele

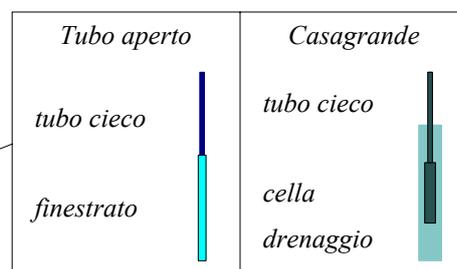
Dott. Geol. Giuseppe Riele



LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia	Sondaggio: S1
Riferimento: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)	Data: Dal 26/07/2023 al 27/07/2023

Fotografie - Pagina 1/4

Pagina 1



Postazione Sondaggio S1

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Sondaggio: S1

Riferimento: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Data: Dal 26/07/2023 al 27/07/2023

Fotografie - Pagina 2/4

Pagina 2



Sondaggio S1 - Cassetta C1



Sondaggio S1 - Cassetta C2

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia	Sondaggio: S1
Riferimento: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)	Data: Dal 26/07/2023 al 27/07/2023
Fotografie - Pagina 3/4	Pagina 3



Sondaggio S1 - Cassetta C3



Sondaggio S1 - Cassetta C4

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia	Sondaggio: S1
Riferimento: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)	Data: Dal 26/07/2023 al 27/07/2023

Fotografie - Pagina 4/4

Pagina 4



Sondaggio S1 - Cassetta C5



Sondaggio S1 - Cassetta C6

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Id Int. 173 / 23

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.738740 / E13.903590 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): DPSH 01

Certificato n° 0432/23

del 04/08/2023

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	13								
0.60	10								
0.90	5								
1.20	2								
1.50	2								
1.80	1								
2.10	2								
2.40	2								
2.70	5								
3.00	6								
3.30	7								
3.60	7								
3.90	9								
4.20	17								
4.50	31								
4.80	50								
5.10	60								

IL RESPONSABILE DI SITO
IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammarino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Riello

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

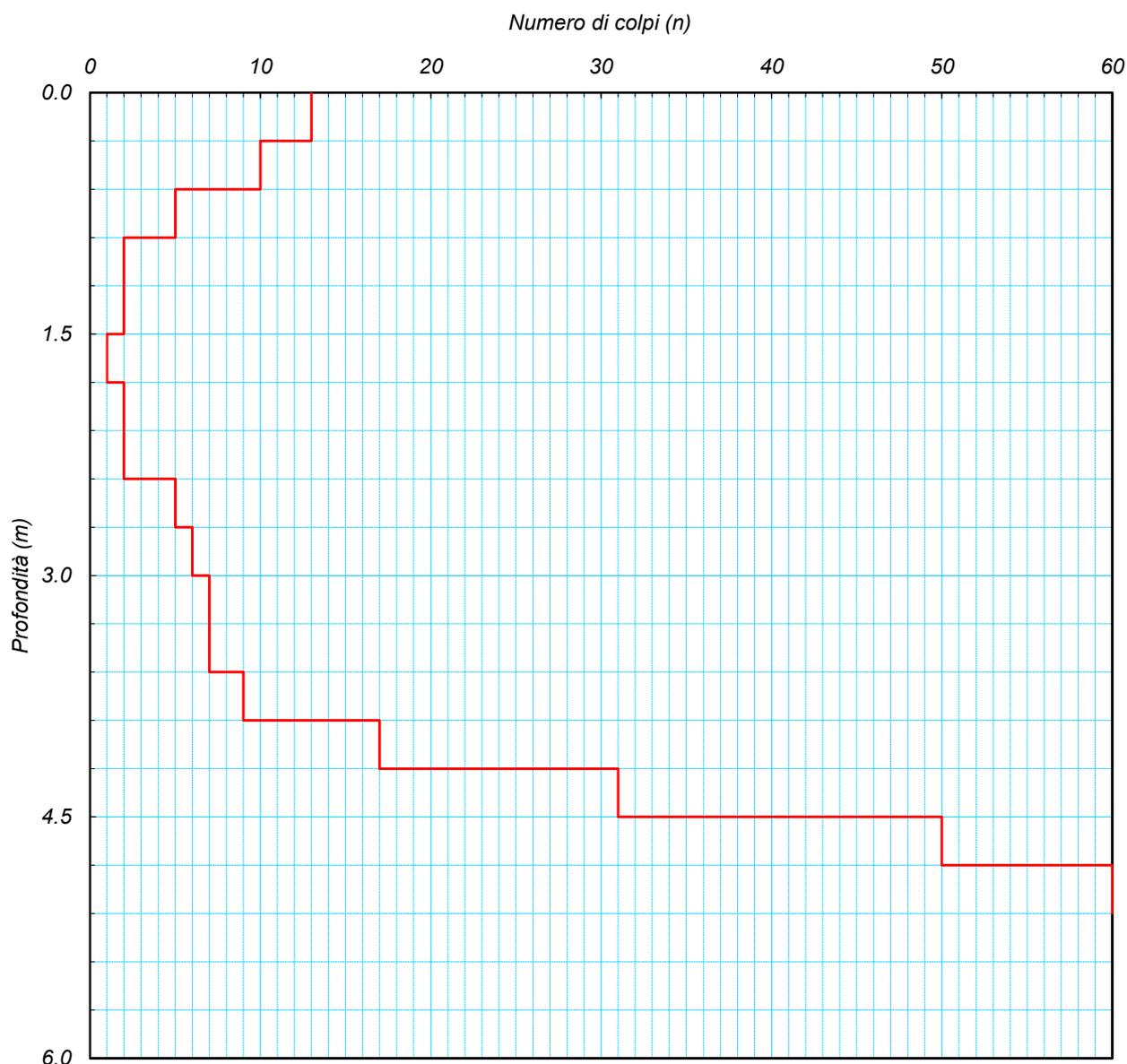
Id Int. 173 / 23

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.738740 / E13.903590 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): **DPSH 01** Certificato n° **0432/23** del 04/08/2023

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO
IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Rielo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.738740 / E13.903590 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): DPSH 01

STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	0.90	2.10	3.90
Profondità finale (m)	0.90	2.10	3.90	5.10
Potenza dello strato (m)	0.90	1.20	1.80	1.20
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	1.45	1.40	1.45	1.55
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.13	0.29	0.57	0.79
Media numero colpi (N)	9	2	6	40
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	29.00	9.00	20.00	114.00

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	32	28	31	>38
Densità relativa (%)	53	25	43	100
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	87	27	60	342
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	33	65	137	236
Stato di addensamento	S	M S	S	D

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm ²)	1.44	0.44	0.97	5.66
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	63.00	19.00	44.00	250.00
Grado di sovracons. OCR (-)	18.44	0.76	0.42	1.19
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	7'770	2'404	5'664	24'873
Stato di consistenza	C	T	Med	D

LEGENDA

Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Id Int. 173 / 23

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.738740 / E13.903780 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): **DPSH 02**

Certificato n° 0433/23

del 04/08/2023

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	16								
0.60	11								
0.90	4								
1.20	3								
1.50	3								
1.80	4								
2.10	3								
2.40	8								
2.70	12								
3.00	8								
3.30	8								
3.60	9								
3.90	10								
4.20	13								
4.50	12								
4.80	13								
5.10	8								
5.40	14								
5.70	16								
6.00	17								
6.30	21								
6.60	41								
6.90	60								

IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO

Dott. Geol. Mauro Sammarino

(Signature)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: **Struttura Commissariale Emergenza Ischia**

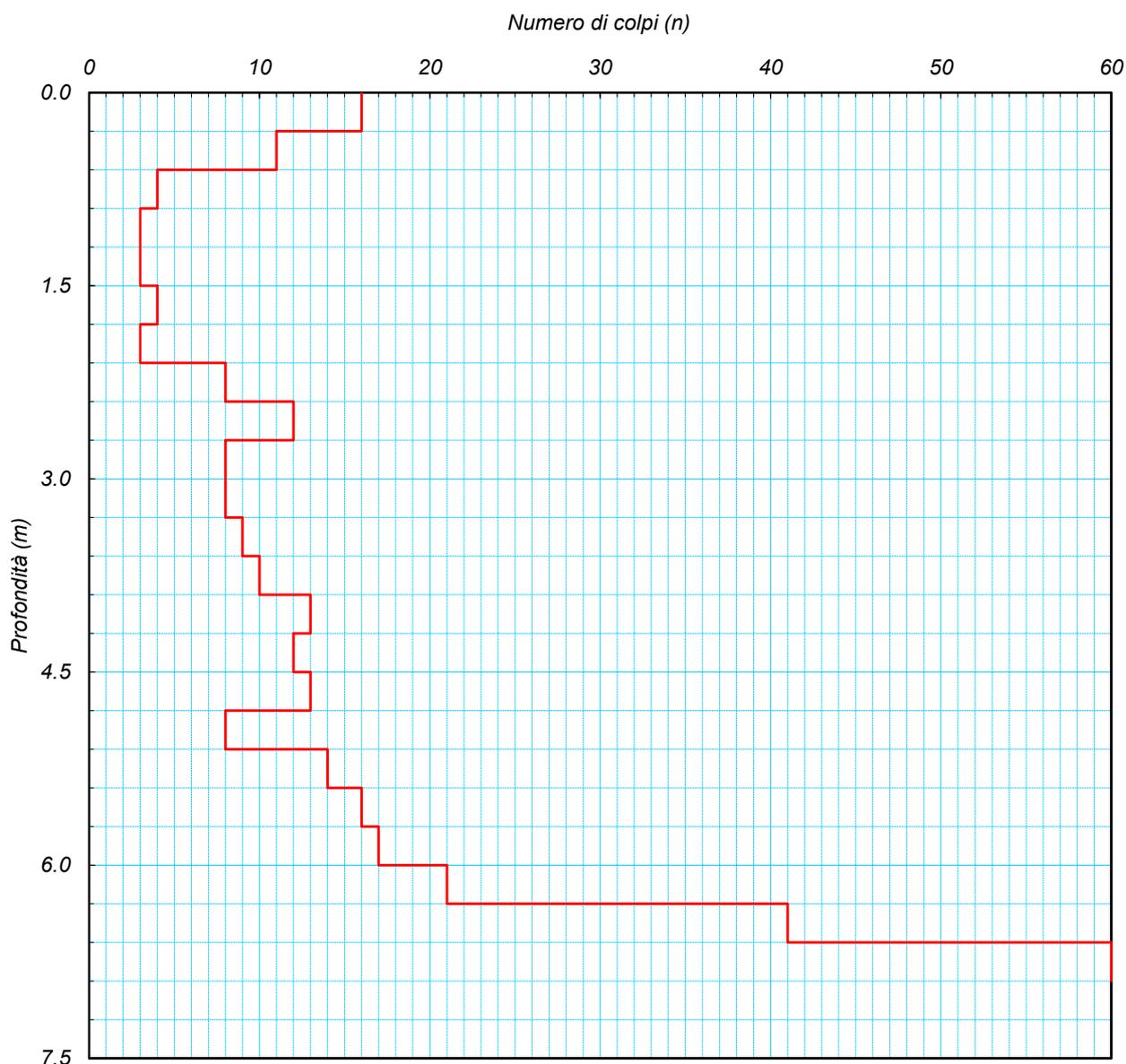
Id Int. 173 / 23

Cantiere: **Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)**

Coordinate lat. e long.: **N40.738740 / E13.903780** Data esecuz. prova: **26/07/2023**

Prova (n): DPSH 02 Certificato n° **0433/23** del **04/08/2023**

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO
IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Riello



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.738740 / E13.903780 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): DPSH 02

STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	0.60	2.10	6.00
Profondità finale (m)	0.60	2.10	6.00	6.90
Potenza dello strato (m)	0.60	1.50	3.90	0.90
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	1.45	1.40	1.45	1.55
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.09	0.29	0.87	1.07
Media numero colpi (N)	14	5	11	41
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	38.00	19.00	37.00	110.00

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	34	30	33	>38
Densità relativa (%)	66	39	58	100
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	114	57	111	330
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	23	69	225	319
Stato di addensamento	M	S	M	D

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm ²)	1.90	0.94	1.81	5.45
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	83.00	41.00	81.00	242.00
Grado di sovracons. OCR (-)	54.47	1.63	0.28	0.57
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	10'968	4'913	9'087	25'357
Stato di consistenza	C	Med	C	D

LEGENDA

Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro

Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Id Int. 173 / 23

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.736710 / E13.904950 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): DPSH 03

Certificato n° 0434/23

del 04/08/2023

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)								
0.30	6	9.30	24						
0.60	3	9.60	23						
0.90	2	9.90	30						
1.20	4	10.20	39						
1.50	5	10.50	50						
1.80	7	10.80	60						
2.10	5								
2.40	3								
2.70	3								
3.00	4								
3.30	4								
3.60	5								
3.90	6								
4.20	7								
4.50	8								
4.80	9								
5.10	8								
5.40	7								
5.70	5								
6.00	11								
6.30	13								
6.60	10								
6.90	10								
7.20	19								
7.50	15								
7.80	18								
8.10	19								
8.40	21								
8.70	28								
9.00	25								

IL RESPONSABILE DI SITO
IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammarino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Fiello



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

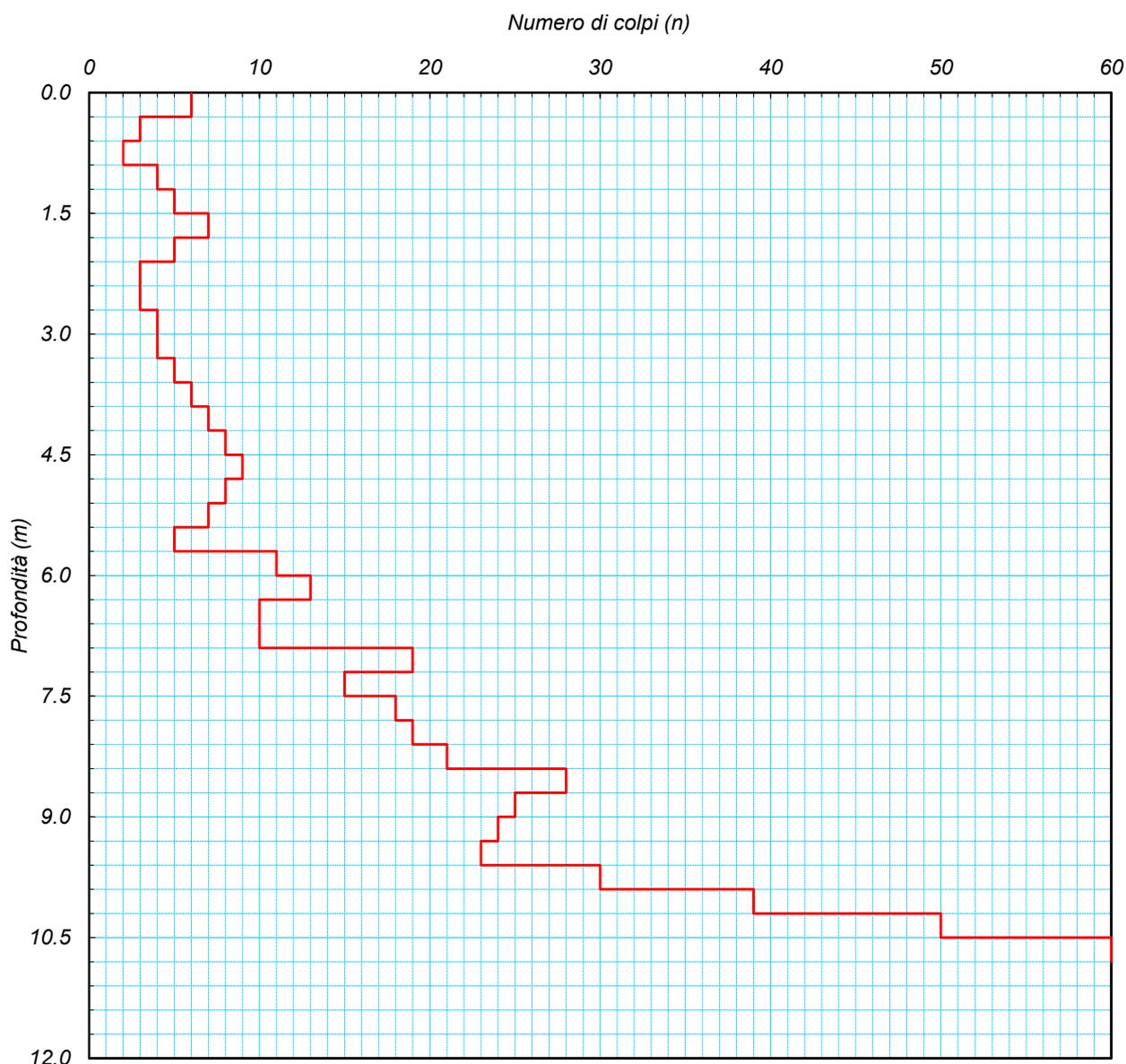
Id Int. 173 / 23

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.736710 / E13.904950 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): **DPSH 03** Certificato n° **0434/23** del 04/08/2023

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Rella



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.736710 / E13.904950 Data esecuz. prova: 26/07/2023

Prova (n): DPSH 03

STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4
Profondità iniziale (m)	0.00	5.70	6.90	9.60
Profondità finale (m)	5.70	6.90	9.60	10.80
Potenza dello strato (m)	5.70	1.20	2.70	1.20
Peso di volume attribuito (g/cm ³)	1.45	1.50	1.55	1.60
Pressione vert efficace (Kg/cm ²)	0.83	1.04	1.49	1.73
Media numero colpi (N)	5	11	21	40
Media resist. alla Punta (Kg/cm ²)	18.00	31.00	58.00	110.00

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	30	33	36	>38
Densità relativa (%)	39	58	80	100
Mod. di deformazione (Kg/cm ²)	54	93	174	330
Mod. taglio dinamico (Kg/cm ²)	194	268	420	515
Stato di addensamento	S	M	M	D

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm ²)	0.86	1.50	2.83	5.41
Modulo edometrico (Kg/cm ²)	39.00	68.00	127.00	242.00
Grado di sovracons. OCR (-)	0.15	0.16	0.14	0.20
Mod. di taglio dinam. (t/m ²)	4'913	9'087	15'047	24'873
Stato di consistenza	Med	C	M C	D

LEGENDA

Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro

Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Accettazione n: TER 065/23 Data ricevimento: 27/07/23 Data esecuzione prova: 27/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità di prelievo (m): **4.00-4.50**

IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO

(ASTM D2488-00)

CARATTERI IDENTIFICATIVI

Contenitore: *Fustella pareti sottili in acciaio inox* Diametro (cm): 8.20 Lungh. (cm): 40.50
Massa (Kg) 3.685 Condizione del campione estruso: *Buone* Classe di qualità (AGI): Q5

PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE

Pocket Penetrometer Test (MPa): > 0.600 Pocket Vane Test (MPa): > 0.200

CARATTERISTICHE VISIVE

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Materiale piroclastico sabbioso limosa con piccole pomici di dimensioni fino a 1 centimetro. Materiale addensato.

COLORE (Tavola di Munsell)

2.5Y marrone oliva chiaro 5/3.

Foto campione


LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00755/23**

Accettazione n: **TER 065/23**

Data ricevimento: **27/07/23** Data esecuzione prova: **27/07/23**

Committente: **Struttura commissariale emergenza Ischia**

Cantiere: **Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità di prelievo (m): **4.00-4.50**

CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

(CNR-UNI 10008-64 BS 1377/75 ASTM D854-83)

CONDIZIONI NATURALI

Peso specifico del terreno γ_s (KN/m ³)	26.02
Peso dell'unità di volume (fustellamento) γ (KN/m ³)	18.53
Peso dell'unità di volume (pesata idrostatica) γ (KN/m ³)	
Contenuto d'acqua W (%)	27.82
Peso secco dell'unità di volume γ_d (KN/m ³)	14.50
Indice di porosità e (-)	0.79
Porosità n (-)	0.44
Grado di saturazione S (-)	0.93

CONDIZIONI DI SATURAZIONE

Peso dell'unità di volume immerso in acqua γ' (KN/m ³)	9.03
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua γ_{sat} (KN/m ³)	18.84
Contenuto d'acqua W_{sat} (%)	29.96

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00756/23**

Accettazione n: **TER 065/23**

Data ricevimento: **27/07/23**

Data esecuzione prova: **28/07/23**

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità di prelievo (m): **4.00-4.50**

ANALISI GRANULOMETRICA

(ASTM D421-D422-D2217)

VALORI DETERMINATI MEDIANTE SETACCIATURA

Vaglio ASTM (No)	5	10	20	40	70	140	200
Diametro granuli (mm)	4.000	2.000	0.850	0.425	0.212	0.106	0.075
Peso passante compl. (%)	90.68	83.36	71.41	60.60	52.64	44.40	42.44

VALORI DETERMINATI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

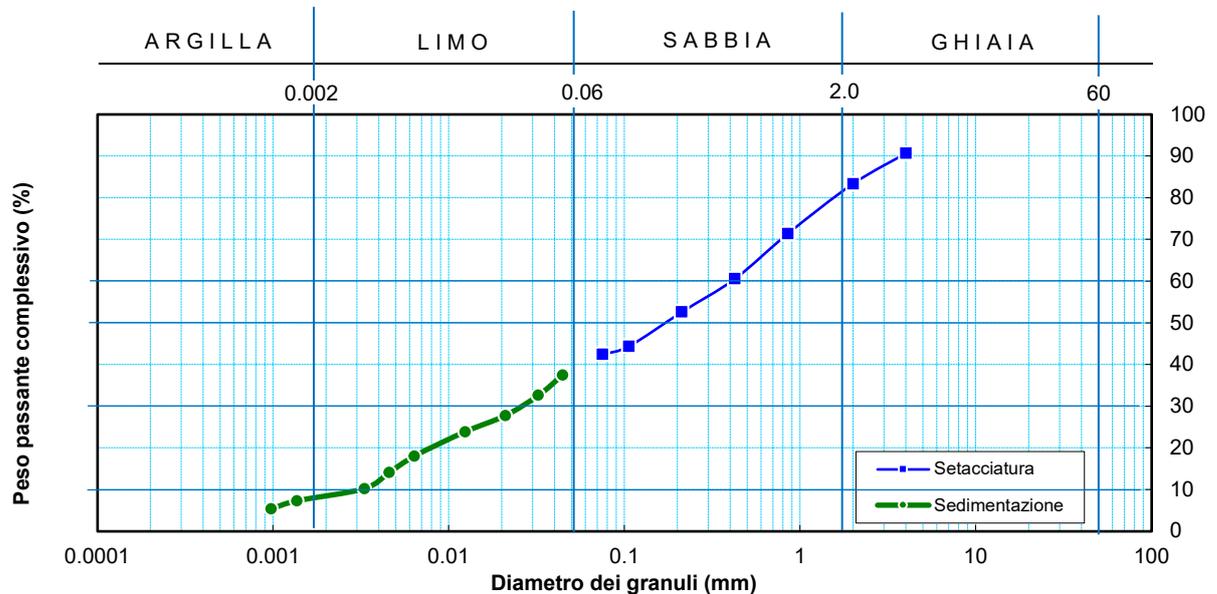
Diametro granuli (mm)	0.044	0.032	0.021	0.012	0.006	0.005	0.003	0.0014	0.0010
Peso passante compl. (%)	37.50	32.64	27.77	23.88	18.04	14.15	10.26	7.34	5.40

FRAZIONI GRANULOMETRICHE E PARAMETRI CORRELATI

Frazione argillosa < 0.002 mm (%)	8.30	Diametro efficace D_{10} (mm)	0.003129
Frazione limosa < 0.06 mm (%)	31.72	Diametro medio D_{30} (mm)	0.026179
Frazione < 0.074 mm (%)	42.44	Diametro medio D_{50} (mm)	0.178051
Frazione sabbiosa < 2 mm (%)	50.67	Diametro medio D_{60} (mm)	0.408917
Frazione ghiaiosa > 2 mm (%)	9.32	Coefficiente di uniformità C_u (-)	130.69
		Coefficiente di curvatura C_c (-)	0.54

Class. A.G.I. (1977): **Sabbia limosa debolmente ghiaiosa debolmente argillosa**

DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA



LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00757/23**

Accettazione n: TER 065/23 Data ricevimento: 27/07/23 Data esecuzione prova: 28/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità di prelievo (m): **4.00-4.50**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIMENSIONI DEI PROVINI				VALORI A INIZIO CONSOLIDAZ.		PARAMETRI DELLA CONSOLIDAZIONE			
Prov.	Lungh. lato l (cm)	Altezza iniziale h (cm)	Area di base A _b (cm ²)	Peso di volume γ _i (KN/m ³)	Contenuto d'acqua w _i (%)	Durata consol. δt (ore)	Pressione di consolidazione σ _n (MPa)	Cedim. finale δh (mm)	Tempo T ₁₀₀ (min)
1 ■	6.00	2.50	36.00	13.55	29.98	24.00	0.049	0.192	10.46
2 ◆	6.00	2.50	36.00	13.80	28.90	24.00	0.098	1.258	3.63
3 ●	6.00	2.50	36.00	14.06	27.87	24.00	0.196	2.205	2.54

CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI						VALORI A FINE CONSOLIDAZ.		
Provino n.1 ■		Provino n.2 ◆		Provino n.3 ●		Prov.	Peso di volume γ _f (KN/m ³)	Contenuto d'acqua w _f (%)
Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	(n)		
0.1	0.04	0.1	1.03	0.1	1.92	1 ■	14.90	41.86
0.25	0.04	0.25	1.03	0.25	1.92	2 ◆	15.80	40.15
0.4	0.05	0.4	1.08	0.4	2.01	3 ●	16.70	38.53
0.5	0.06	0.5	1.10	0.5	2.03			
1	0.07	1	1.12	1	2.05			
2	0.09	2	1.13	2	2.07			
4	0.10	4	1.15	4	2.09			
8	0.11	8	1.17	8	2.11			
15	0.13	15	1.18	15	2.12			
30	0.14	30	1.20	30	2.13			
60	0.16	60	1.21	60	2.15			
120	0.17	120	1.22	120	2.16			
240	0.17	240	1.23	240	2.17			
480	0.18	480	1.25	480	2.19			
960	0.19	960	1.26	960	2.20			
1440	0.19	1440	1.26	1440	2.21			

CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Prov. (n)	Condizione del provino	Orientazione del provino (°)	Velocità di def. orizz. V _i (mm/min)
1 ■	Indisturbato	n.d.	0.001
2 ◆	Indisturbato	n.d.	0.001
3 ●	Indisturbato	n.d.	0.001

Note: Prova di taglio eseguita con la scatola di Casagrande.

LO SPERIMENTATORE

Geom. Alfonso Casapulla



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00757/23**

Accettazione n: TER 065/23 **Data ricevimento:** 27/07/23 **Data esecuzione prova:** 28/07/23

Committente: Struttura commissariale emergenza Ischia

Cantiere: Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016

Sondaggio: S1 **Campione:** C1 **Profondità di prelievo (m):** 4.00-4.50

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIAGRAMMA DELLA CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI

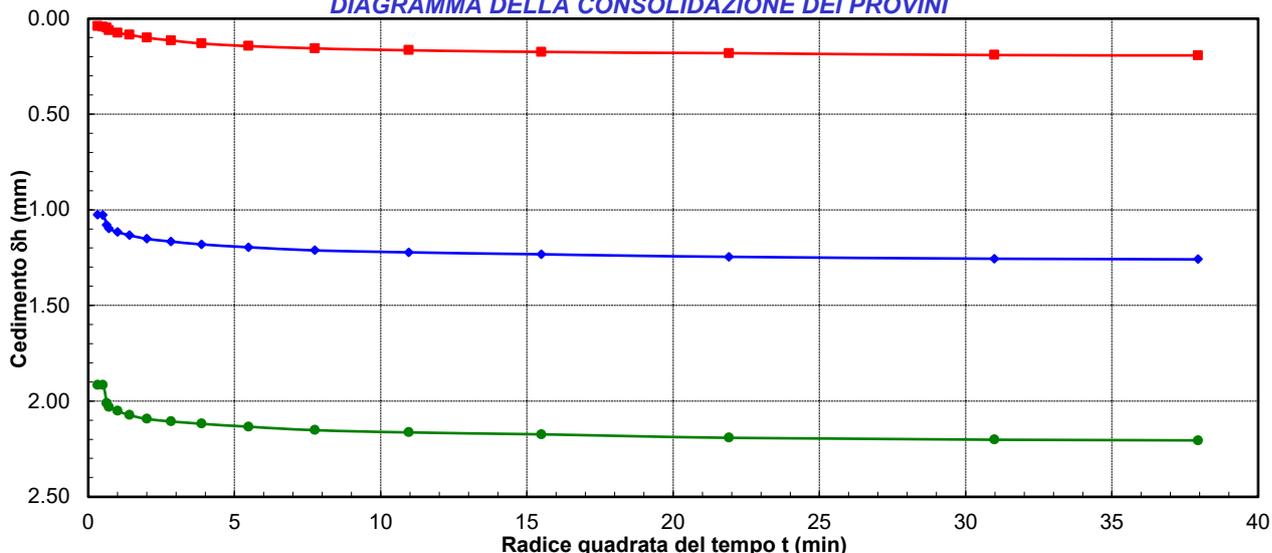
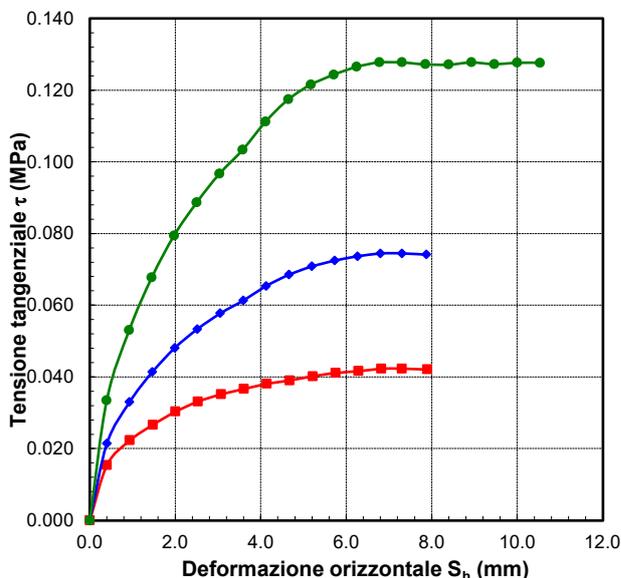
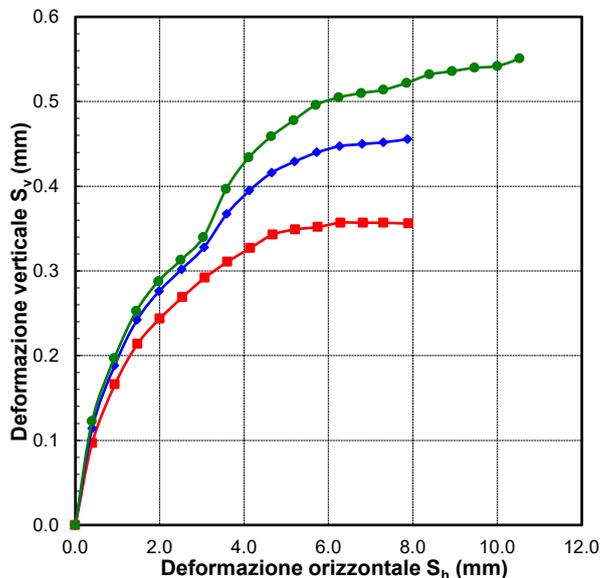


DIAGRAMMA DEFORMAZIONE-TENSIONE



LO SPERIMENTATORE
 Geom. Alfonso Casapulla

DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
 Dott. Geol. Antonio Petriccione

Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00757/23**

Accettazione n: TER 065/23 Data ricevimento: 27/07/23 Data esecuzione prova: 28/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità di prelievo (m): **4.00-4.50**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

VALORI RILEVATI AI COMPARATORI DELLA MACCHINA DI TAGLIO - CONDIZIONI DI PICCO

Provino n.1 ■			Provino n.2 ◆			Provino n.3 ●		
Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
0.40	0.10	0.015	0.40	0.11	0.021	0.39	0.12	0.034
0.94	0.17	0.022	0.93	0.19	0.033	0.92	0.20	0.053
1.47	0.21	0.027	1.46	0.24	0.041	1.45	0.25	0.068
2.00	0.24	0.030	1.99	0.28	0.048	1.97	0.29	0.079
2.53	0.27	0.033	2.52	0.30	0.053	2.50	0.31	0.089
3.07	0.29	0.035	3.05	0.33	0.058	3.03	0.34	0.097
3.61	0.31	0.037	3.59	0.37	0.061	3.57	0.40	0.103
4.14	0.33	0.038	4.12	0.39	0.065	4.11	0.43	0.111
4.68	0.34	0.039	4.66	0.42	0.069	4.64	0.46	0.117
5.22	0.35	0.040	5.19	0.43	0.071	5.17	0.48	0.122
5.75	0.35	0.041	5.73	0.44	0.072	5.70	0.50	0.124
6.29	0.36	0.042	6.26	0.45	0.074	6.24	0.51	0.127
6.82	0.36	0.042	6.80	0.45	0.074	6.78	0.51	0.128
7.30	0.36	0.042	7.30	0.45	0.074	7.30	0.51	0.128
7.90	0.36	0.042	7.87	0.46	0.074	7.85	0.52	0.127
						8.39	0.53	0.127
						8.93	0.54	0.128
						9.46	0.54	0.127
						10.00	0.54	0.128
						10.53	0.55	0.128

LO SPERIMENTATORE
 Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
 Dott. Geol. Antonio Petriccione



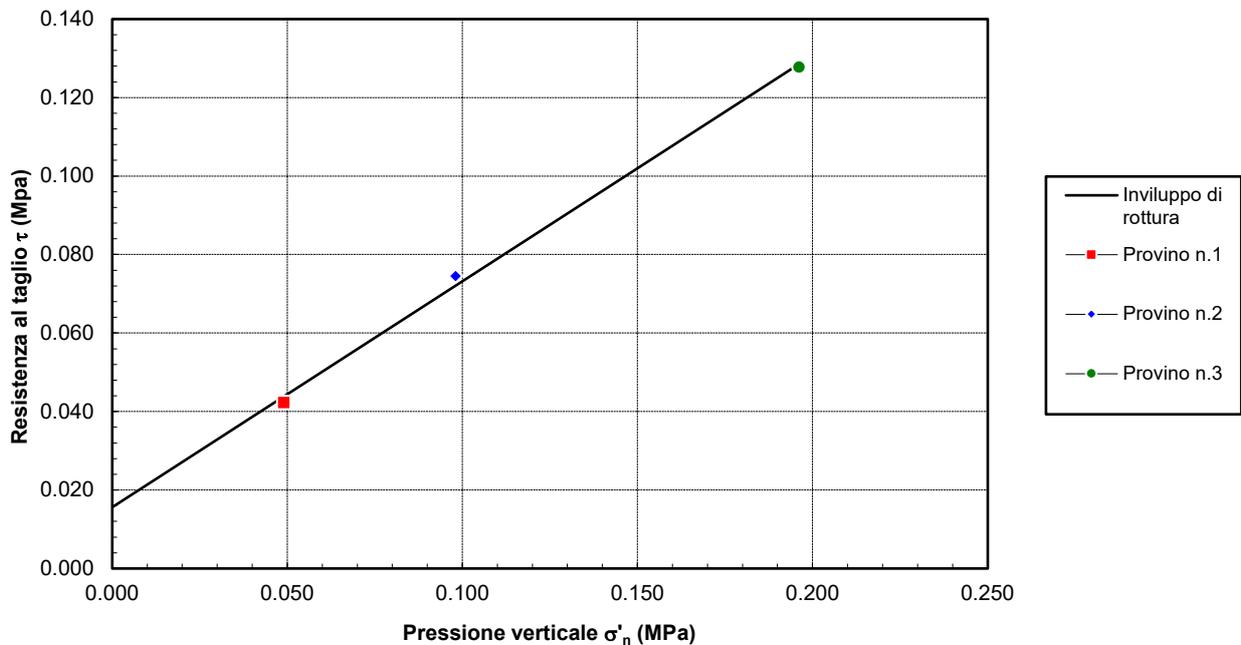
Sondaggio: **S1**Campione: **C1**Profondità di prelievo (m): **4.00-4.50**

TAGLIO DIRETTO

CONDIZIONI DI PICCO

Provino (n)	Pressione verticale σ'_n (MPa)	Deformazione orizzontale S_{hf} (mm)	Deformazione verticale S_{vf} (mm)	Resistenza al taglio τ_f (MPa)
1 ■	0.049	6.82	0.36	0.042
2 ◆	0.098	6.80	0.45	0.075
3 ●	0.196	6.78	0.51	0.128

DIAGRAMMA DELL'INVILUPPO DI ROTTURA - CONDIZIONI DI PICCO



PARAMETRI DELL'INVILUPPO

Coeff. di determinaz.	Errore stand. sulla stima di c	Angolo di attrito ϕ (gradi)	Coesione intercetta c (Mpa)
r^2 (-)	s_v (-)		
9.98E-01	3.06E-02	29.92	0.016

Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Accettazione n: TER135/22 **Data ricevimento:** 28/12/222 **Data esecuzione prova:** 27/07/23

Committente: Struttura commissariale emergenza Ischia

Cantiere: Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016

Sondaggio: **S1** **Campione:** **C2** **Profondità di prelievo (m):** **12.80-13.20**

IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO

(ASTM D2488-00)

CARATTERI IDENTIFICATIVI

Contenitore: Fustella pareti grosse in acciaio inox **Diametro (cm):** 8.45 **Lungh. (cm):** 32.30
Massa (Kg) 3.479 **Condizione del campione estruso:** Buone **Classe di qualità (AGI):** Q5

PROVE DI CONSISTENZA SPEDITIVE

Pocket Penetrometer Test (MPa):

Pocket Vane Test (MPa):

CARATTERISTICHE VISIVE

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Materiale Piroclastico argillificato a granulometria limoso argillosa con pminute pomici. Materiale moderatamente consistente.

COLORE (Tavola di Munsell)

5Y grigio oliva 4/2.

Foto campione


LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00758/23**

Accettazione n: *TER135/22*

Data ricevimento: *28/12/222* Data esecuzione prova: *27/07/23*

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1**

Campione: **C2**

Profondità di prelievo (m): **12.80-13.20**

CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRENO

(CNR-UNI 10008-64 BS 1377/75 ASTM D854-83)

CONDIZIONI NATURALI

Peso specifico del terreno γ_s (KN/m ³)	26.71
Peso dell'unità di volume (fustellamento) γ (KN/m ³)	18.88
Peso dell'unità di volume (pesata idrostatica) γ (KN/m ³)	
Contenuto d'acqua W (%)	30.98
Peso secco dell'unità di volume γ_d (KN/m ³)	14.41
Indice di porosità e (-)	0.85
Porosità n (-)	0.46
Grado di saturazione S (-)	0.99

CONDIZIONI DI SATURAZIONE

Peso dell'unità di volume immerso in acqua γ' (KN/m ³)	9.12
Peso dell'unità di volume saturo d'acqua γ_{sat} (KN/m ³)	18.93
Contenuto d'acqua W_{sat} (%)	31.34

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00759/23**

Accettazione n: TER135/22 Data ricevimento: 28/12/222 Data esecuzione prova: 28/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità di prelievo (m): **12.80-13.20**

ANALISI GRANULOMETRICA

(ASTM D421-D422-D2217)

VALORI DETERMINATI MEDIANTE SETACCIATURA

Vaglio ASTM (No)	5	10	20	40	100	140	200
Diametro granuli (mm)	4.000	2.000	0.850	0.425	0.149	0.106	0.075
Peso passante compl. (%)	97.68	94.30	89.33	84.36	76.06	75.08	73.53

VALORI DETERMINATI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

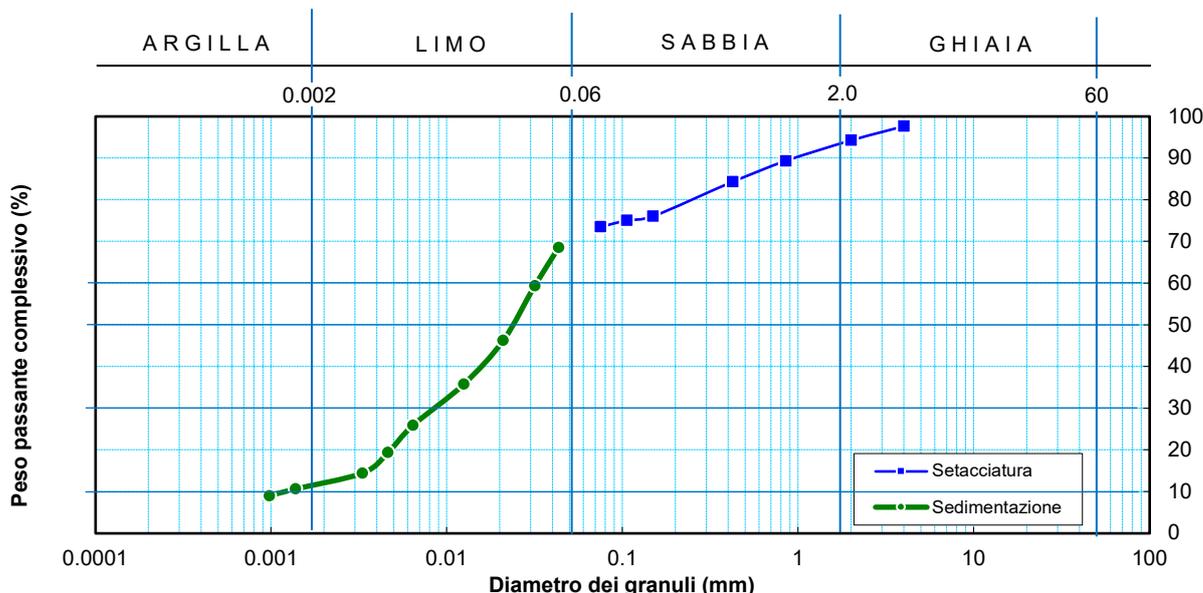
Diametro granuli (mm)	0.043	0.032	0.021	0.012	0.006	0.005	0.003	0.0014	0.0010
Peso passante compl. (%)	68.58	59.40	46.28	35.79	25.95	19.39	14.47	10.68	9.04

FRAZIONI GRANULOMETRICHE E PARAMETRI CORRELATI

Frazione argillosa < 0.002 mm (%)	11.90	Diametro efficace D_{10} (mm)	0.001211
Frazione limosa < 0.06 mm (%)	59.29	Diametro medio D_{30} (mm)	0.008912
Frazione < 0.074 mm (%)	73.53	Diametro medio D_{50} (mm)	0.023968
Frazione sabbiosa < 2 mm (%)	26.49	Diametro medio D_{60} (mm)	0.032433
Frazione ghiaiosa > 2 mm (%)	2.32	Coefficiente di uniformità C_u (-)	26.78
		Coefficiente di curvatura C_c (-)	2.02

Class. A.G.I. (1977): **Limo con sabbia argilloso**

DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA



LO SPERIMENTATORE
 Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
 Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00760/23**

Accettazione n: TER135/22 Data ricevimento: 28/12/222 Data esecuzione prova: 28/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità di prelievo (m): **12.80-13.20**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIMENSIONI DEI PROVINI				VALORI A INIZIO CONSOLIDAZ.		PARAMETRI DELLA CONSOLIDAZIONE			
Prov.	Lungh. lato l (cm)	Altezza iniziale h (cm)	Area di base A _b (cm ²)	Peso di volume γ _i (KN/m ³)	Contenuto d'acqua w _i (%)	Durata consol. δt (ore)	Pressione di consolidazione σ _n (MPa)	Cedim. finale δh (mm)	Tempo T ₁₀₀ (min)
1 ■	6.00	2.50	36.00	18.88	30.45	24.00	0.074	0.280	1.77
2 ◆	6.00	2.50	36.00	18.88	30.55	24.00	0.147	0.492	1.77
3 ●	6.00	2.50	36.00	18.89	30.64	24.00	0.245	0.658	1.77

CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI						VALORI A FINE CONSOLIDAZ.		
Provino n.1 ■		Provino n.2 ◆		Provino n.3 ●		Prov.	Peso di volume γ _f (KN/m ³)	Contenuto d'acqua w _f (%)
Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	Tempo t (min)	Cedim. δh (mm)	(n)		
0.1	0.01	0.1	0.02	0.1	0.02	1 ■	19.15	30.88
0.25	0.01	0.25	0.02	0.25	0.02	2 ◆	19.31	30.89
0.4	0.11	0.4	0.20	0.4	0.27	3 ●	19.44	30.89
0.5	0.15	0.5	0.26	0.5	0.35			
1	0.17	1	0.30	1	0.40			
2	0.19	2	0.33	2	0.43			
4	0.21	4	0.38	4	0.50			
8	0.24	8	0.42	8	0.56			
15	0.25	15	0.44	15	0.59			
30	0.26	30	0.46	30	0.62			
60	0.26	60	0.46	60	0.62			
120	0.27	120	0.47	120	0.62			
240	0.27	240	0.48	240	0.64			
480	0.27	480	0.48	480	0.64			
960	0.28	960	0.49	960	0.66			
1440	0.28	1440	0.49	1440	0.66			

CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Prov.	Condizione del provino	Orientazione del provino	Velocità di def. orizz. V _i (mm/min)
1 ■	Indisturbato	n.d.	0.001
2 ◆	Indisturbato	n.d.	0.001
3 ●	Indisturbato	n.d.	0.001

Note: Prova di taglio eseguita con la scatola di Casagrande.

LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00760/23**

Accettazione n: TER135/22 Data ricevimento: 28/12/222 Data esecuzione prova: 28/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità di prelievo (m): **12.80-13.20**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

DIAGRAMMA DELLA CONSOLIDAZIONE DEI PROVINI

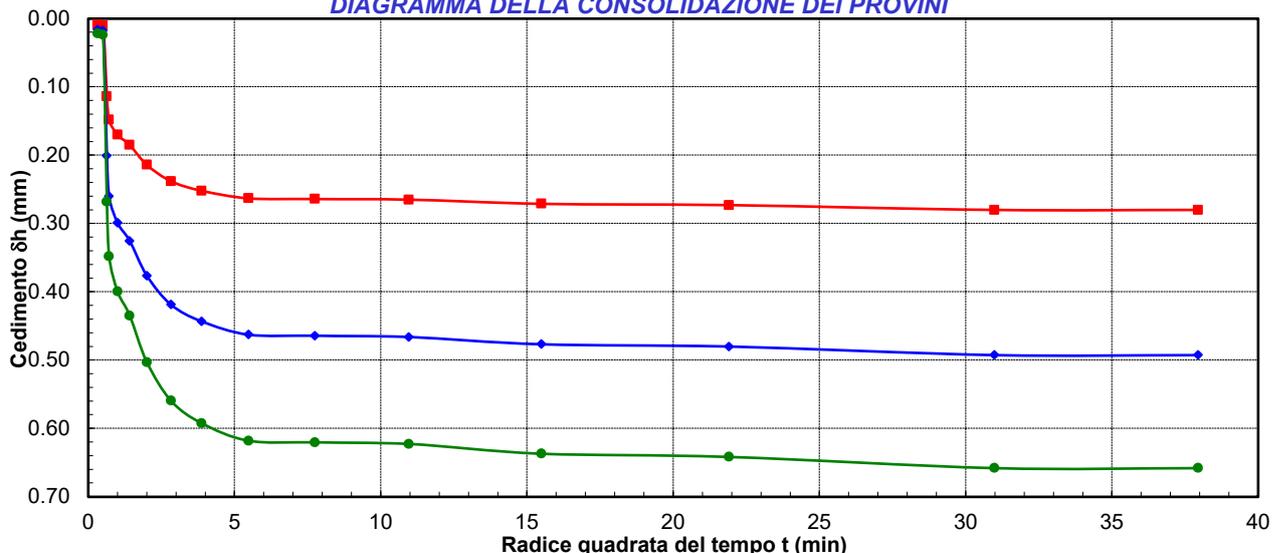


DIAGRAMMA DEFORMAZIONE-TENSIONE

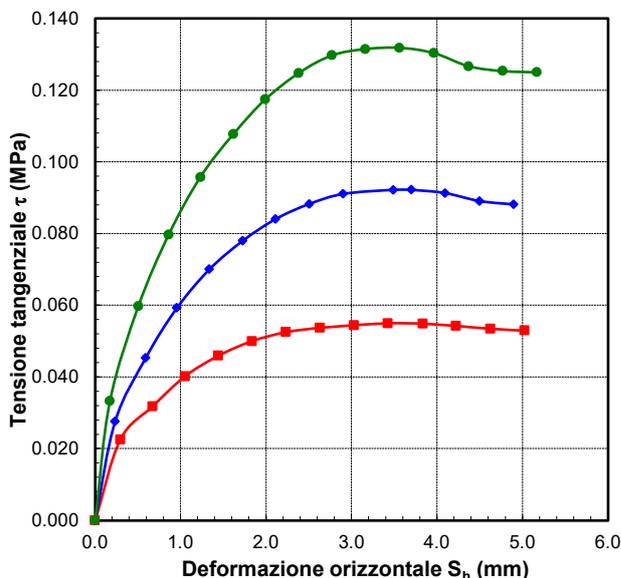
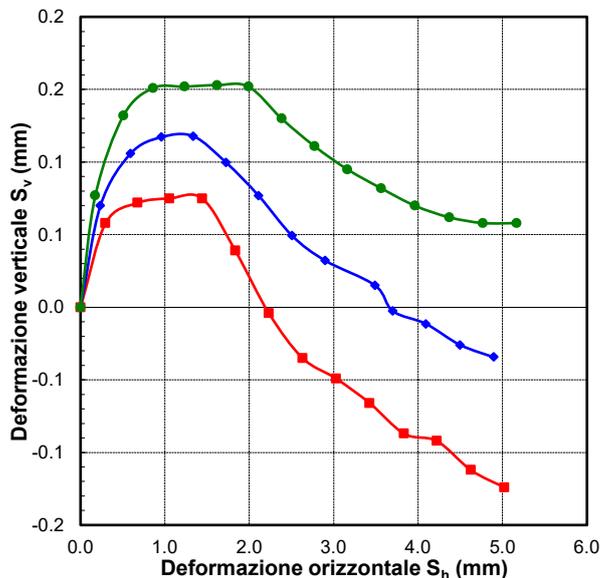


DIAGRAMMA DELLE DEFORMAZIONI



LO SPERIMENTATORE
 Geom. Alfonso Casapulla

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
 Dott. Geol. Antonio Petriccione



Castel Morrone (CE), **02/08/2023**

Certificato n. **00760/23**

Accettazione n: TER135/22 Data ricevimento: 28/12/22 Data esecuzione prova: 28/07/23

Committente: *Struttura commissariale emergenza Ischia*

Cantiere: *Via Celario Casamicciola Terme (NA) CD-CT-1-016*

Sondaggio: **S1** Campione: **C2** Profondità di prelievo (m): **12.80-13.20**

TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080-98)

VALORI RILEVATI AI COMPARATORI DELLA MACCHINA DI TAGLIO - CONDIZIONI DI PICCO

Provino n.1 ■			Provino n.2 ◆			Provino n.3 ●		
Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)	Def. orizz. S _h (mm)	Def. vert. S _v (mm)	Tensione tangenziale τ (MPa)
0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
0.30	0.06	0.023	0.23	0.07	0.028	0.17	0.08	0.033
0.67	0.07	0.032	0.59	0.11	0.045	0.51	0.13	0.060
1.05	0.08	0.040	0.96	0.12	0.059	0.86	0.15	0.080
1.44	0.08	0.046	1.34	0.12	0.070	1.23	0.15	0.096
1.84	0.04	0.050	1.73	0.10	0.078	1.62	0.15	0.108
2.23	0.00	0.053	2.11	0.08	0.084	1.99	0.15	0.117
2.63	-0.03	0.054	2.51	0.05	0.088	2.38	0.13	0.125
3.03	-0.05	0.054	2.90	0.03	0.091	2.77	0.11	0.130
3.43	-0.07	0.055	3.49	0.02	0.092	3.16	0.10	0.131
3.83	-0.09	0.055	3.70	0.00	0.092	3.56	0.08	0.132
4.22	-0.09	0.054	4.09	-0.01	0.091	3.96	0.07	0.130
4.62	-0.11	0.053	4.50	-0.03	0.089	4.37	0.06	0.127
5.02	-0.12	0.053	4.90	-0.03	0.088	4.77	0.06	0.125
						5.17	0.06	0.125


LO SPERIMENTATORE
Geom. Alfonso Casapulla


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Antonio Petriccione

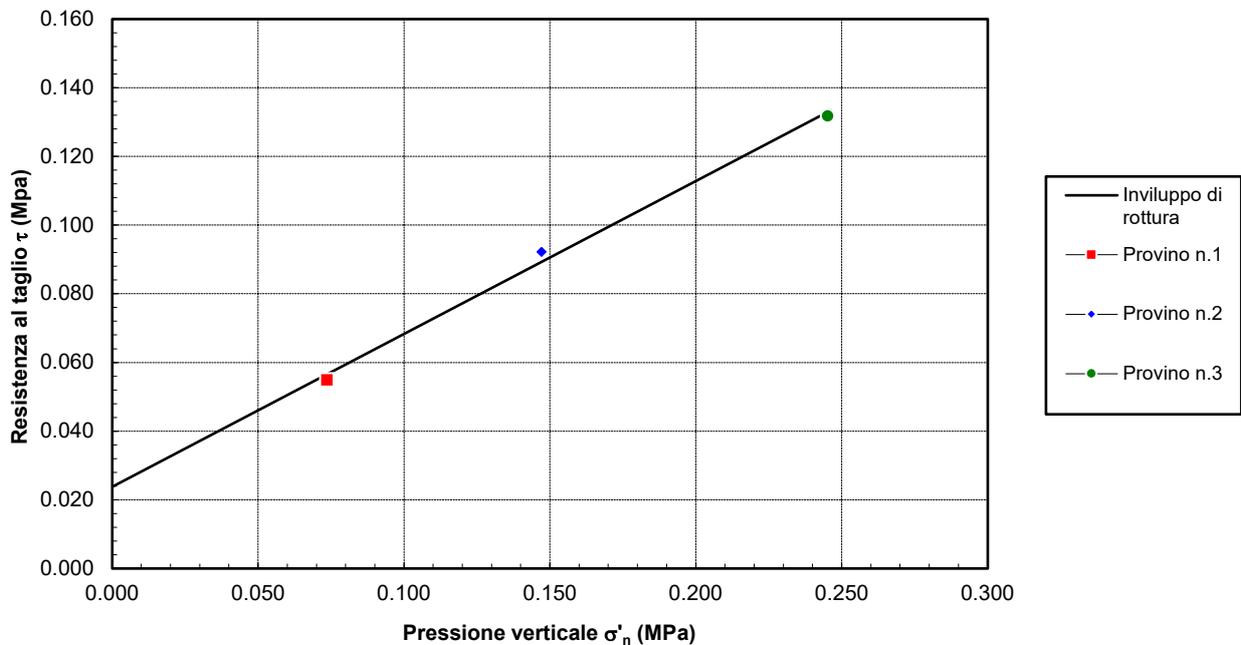
Sondaggio: **S1**Campione: **C2**Profondità di prelievo (m): **12.80-13.20**

TAGLIO DIRETTO

CONDIZIONI DI PICCO

Provino (n)	Pressione verticale σ'_n (MPa)	Deformazione orizzontale S_{hf} (mm)	Deformazione verticale S_{vf} (mm)	Resistenza al taglio τ_f (MPa)
1 ■	0.074	3.43	-0.07	0.055
2 ◆	0.147	3.49	0.02	0.092
3 ●	0.245	3.56	0.08	0.132

DIAGRAMMA DELL'INVILUPPO DI ROTTURA - CONDIZIONI DI PICCO



PARAMETRI DELL'INVILUPPO

Coeff. di determinaz.	Errore stand. sulla stima di c
r^2 (-)	s_v (-)
9.96E-01	3.55E-02

Angolo di attrito

 ϕ
(gradi)

24.01

Coesione intercetta

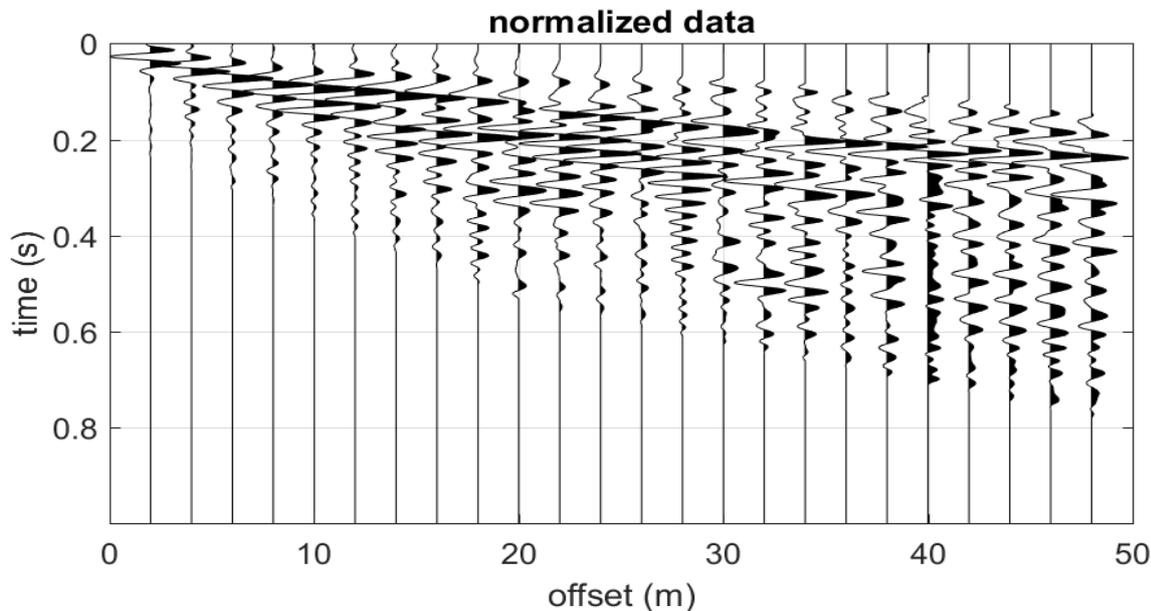
c
(Mpa)

0.024

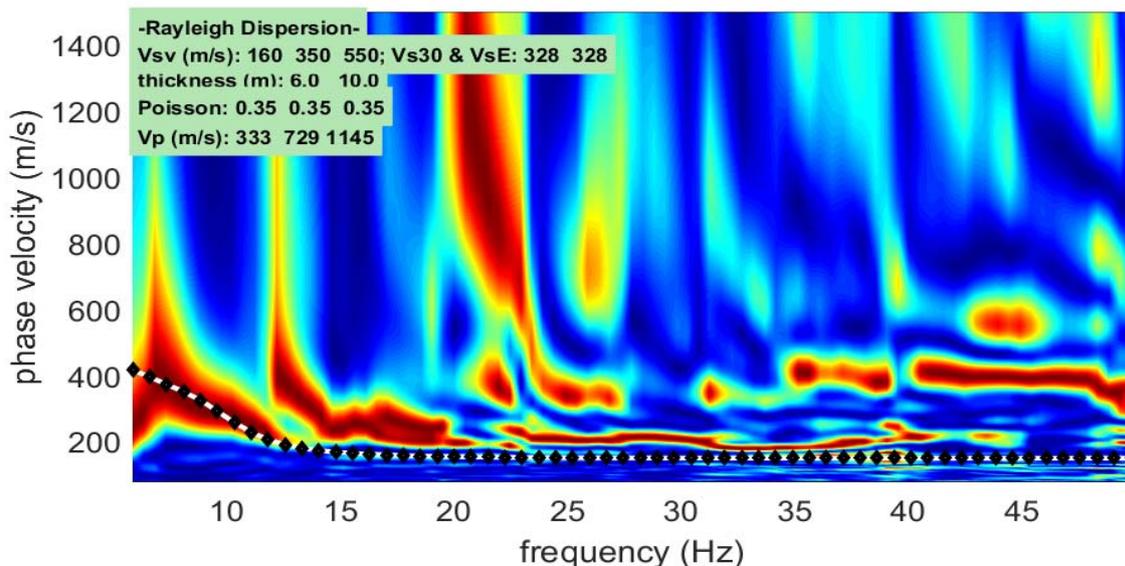
PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia	Protocollo n.: 173/23
Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)	Data esecuzione prova: 26/07/2023
Prova MASW: M1	Data emissione certificato: 04/08/2023

Registrazione di campagna delle tracce



Analisi delle frequenze e curva di dispersione calcolata dal modello del terreno



IL RESPONSABILE DEL SETTORE
Dott. Geol. Carmencita Ventrone



PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia

Protocollo n.: 173/23

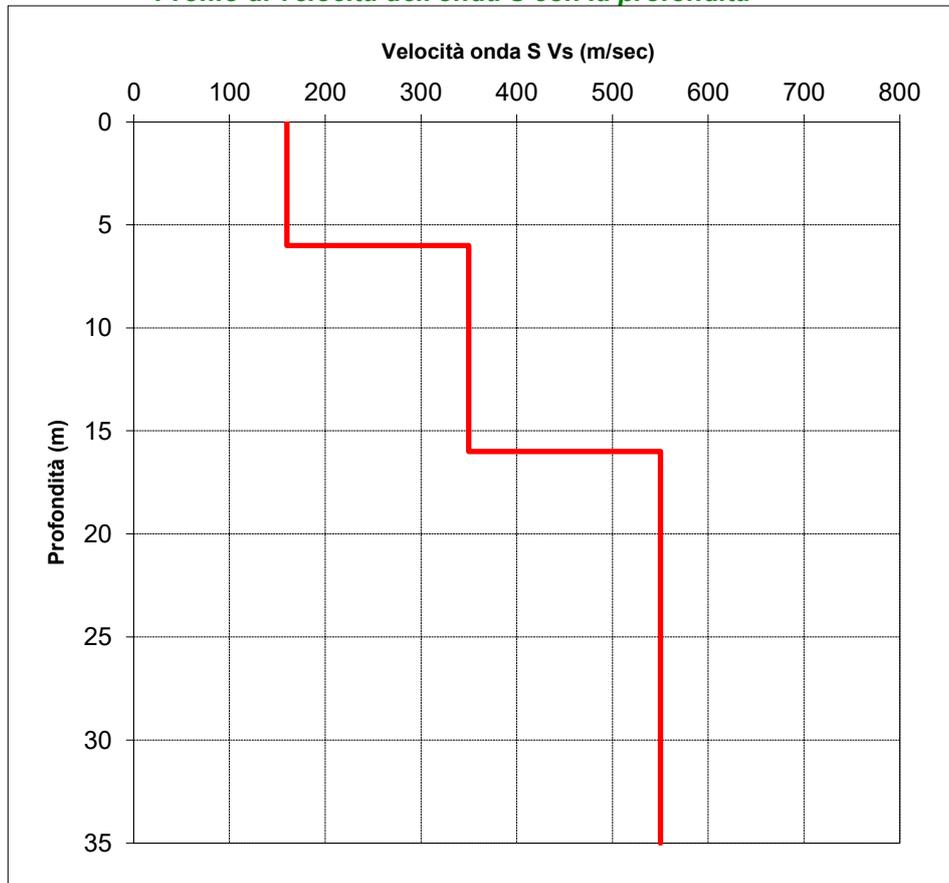
Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)

Data esecuzione prova: 26/07/2023

Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 04/08/2023

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs,eq

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	6.00	160	0.0375
6.00	16.00	350	0.0286
16.00	35.00	550	0.0345

VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)
328

Categoria di sottosuolo
C



IL RESPONSABILE DEL SETTORE

Dott. Geol. Carmencita Ventrone

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: *Struttura Commissariale Emergenza Ischia*

Protocollo n.: 173/23

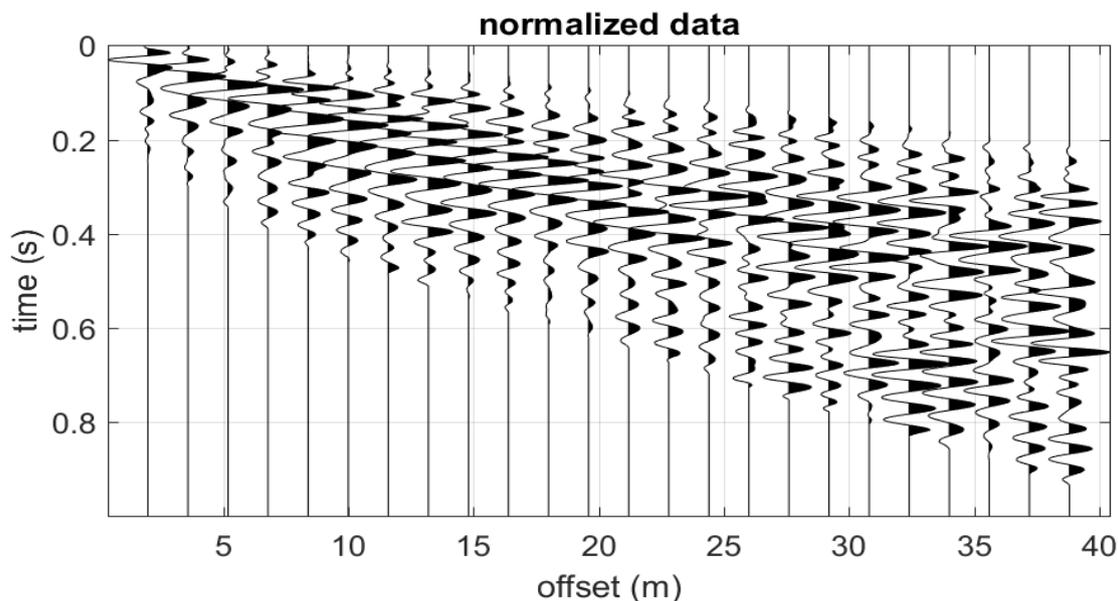
Cantiere: *Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)*

Data esecuzione prova: 04/08/2023

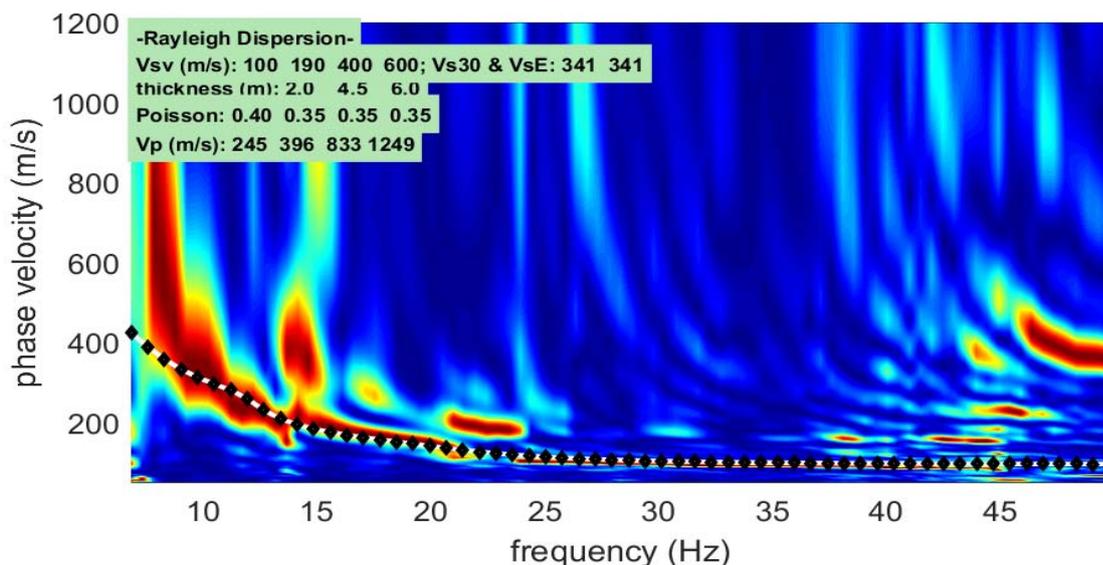
Prova MASW: **M2**

Data emissione certificato: 04/08/2023

Registrazione di campagna delle tracce



Analisi delle frequenze e curva di dispersione calcolata dal modello del terreno



IL RESPONSABILE DEL SETTORE

Dott. Geol. Carmencita Ventrone

INGE s.r.l.

Via Taverna Vecchia, 19
81020 Castel Morrone (CE)

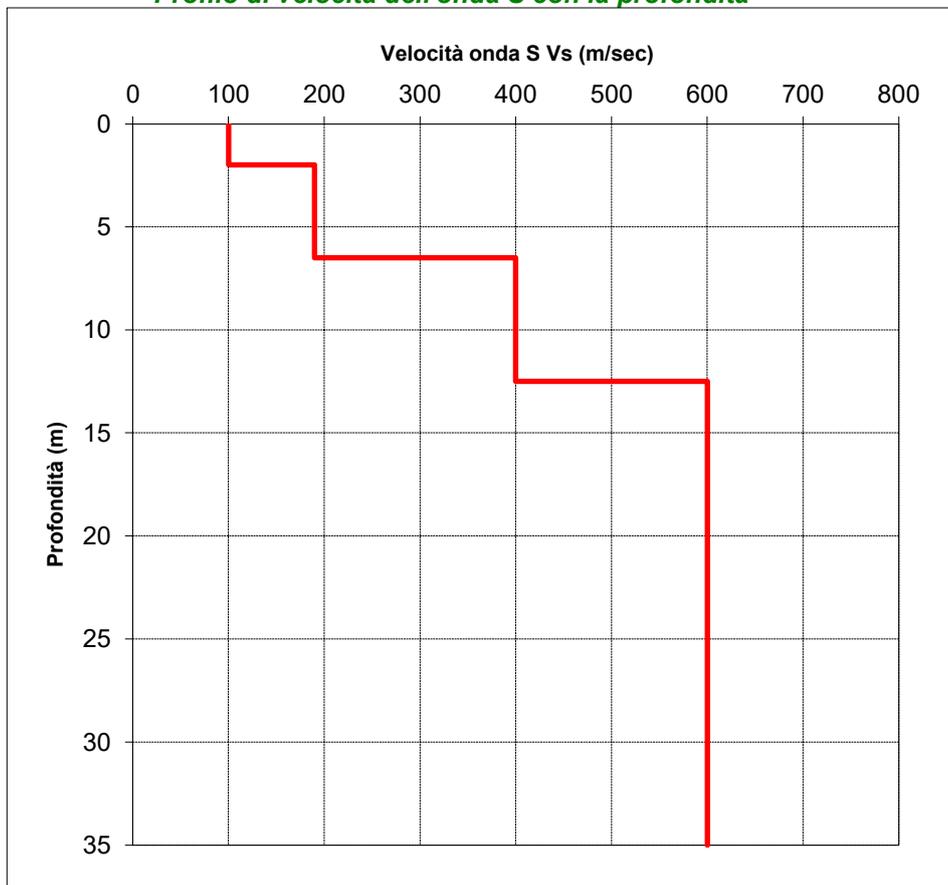
Tel/Fax 0823399115 Cell. 3483850177 - 3486033921

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Struttura Commissariale Emergenza Ischia
Cantiere: Ricostruzione muri di contenimento - Via Celario Casamicciola Terme (NA)
Prova MASW: M1

Protocollo n.: 173/23
Data esecuzione prova: 04/08/2023
Data emissione certificato: 04/08/2023

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs,eq

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	2.00	100	0.0200
2.00	6.50	190	0.0237
6.50	12.50	400	0.0150
12.50	35.00	600	0.0375

VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)
341

Categoria di sottosuolo
C



IL RESPONSABILE DEL SETTORE
Dott. Geol. Carmencita Ventrone