

# Hybrid Energy S.r.l.

**Impianto agro-fotovoltaico da 64.470 kWp  
(50.000 kW in immissione) ed opere connesse**

**Comuni di Grazzanise e Falciano del Massico (CE)**

**Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete**

Allegato 05 – Relazione geologica dell'Impianto di Rete



Professionista incaricato: dott. Geol. Pasquale Iavarone – Ordine dei Geologi della Campania n° 493  
dott. Geol. Vincenzo Iavarone – Ordine dei Geologi della Campania n° 2747

Rev. 0

Febbraio 2022

**wood.**

**COMUNE DI FALCIANO DEL MASSICO**  
(Provincia di Caserta)

**OGGETTO:** PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DELLA STAZIONE RTN  
150 kV DI SMISTAMENTO GRAZZANISE

**UBICAZIONE**

Vedi riferimenti catastali

**RIFERIMENTI CATASTALI**

**Foglio 117** P.lla 5004 (Comune di Carinola)

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA**  
- Relazione Geologica -

**RICHIEDENTE**

*HYBRID ENERGY S.r.l.*

**ALLEGATI**

- Stralcio Carta Geologica, Geolitologica, Complessi Idrogeologici, Rischio Frana, Rischio Alluvioni, Zonazione e Individuazione degli Squilibri.
- Carta ubicazione delle indagini
- Elaborazione prove: DPSH, MASW, SISMICA A RIFRAZIONE, PERMEABILITA'

**I GEOLOGI**

*Dott. Pasquale Iavarone*



*Pasquale Iavarone*

*Dott. Vincenzo Iavarone*



*Iavarone Vincenzo*

**DATA:** Febbraio 2022

## **INDICE**

Premessa	Pag. 3
1. Inquadramento geografico comunale	Pag. 5
2. Rilevamento geologico territoriale	Pag. 7
3. Inquadramento geologico strutturale dell'area	Pag. 9
4. Assetto stratigrafico dell'area	Pag. 13
5. Geomorfologia e stabilità dell'area	Pag. 16
6. Aspetti idrogeologici generali	Pag. 18
6.1 Cenni sulla pericolosità e rischio alluvione	Pag. 21
7. Sismicità dell'area	Pag. 23
8. Indagini eseguite	Pag. 28
8.1 Prova penetrometrica dinamica pesante (DPSH)	Pag. 28
8.2 Prova sismica di superficie (MASW)	Pag. 29
8.3 Prova sismica a rifrazione (metodo G.R.M.)	Pag. 33
8.4 Prova di permeabilità (metodo Lefranc)	Pag. 35
9. Modellazione geologica del sito	Pag. 37
10. Conclusioni	Pag. 44
Bibliografia	Pag. 46

## **ALLEGATI**

- ✓ Stralcio Carta Geologica (scala 1:25000) individuazione area in esame
- ✓ Stralcio Carta Geolitologica (scala 1:25000)
- ✓ Stralcio Carta Complessi Idrogeologici (fuori scala)
- ✓ Stralcio Carta Rischio Frana (scala 1:75000)
- ✓ Stralcio Carta Rischio Alluvioni (scala 1:25000)
- ✓ Stralcio Carta della Zonazione e individuazione degli squilibri (scala 1:25000)
- ✓ Carta Ubicazione delle Indagini (scala 1:10000)
- ✓ Elaborazione prova penetrometrica dinamica pesante
- ✓ Elaborazione prova sismica di superficie
- ✓ Elaborazione profilo sismico a rifrazione
- ✓ Elaborazione prova di permeabilità

## PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Soc. "HYBRID ENERGY S.r.l." con sede in via S. Caboto n.15 CORSICO (MI), gli scriventi, dott. Geol. Pasquale Iavarone iscritto all'O.R.G. della Campania al n.493 e dott. Geol. Vincenzo Iavarone iscritto all'O.R.G. della Campania al n.2747, hanno redatto la seguente Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica su un'area sita nel Comune di Falciano del Massico (CE) per il progetto di **"REALIZZAZIONE DELLA STAZIONE RTN 150 kV DI SMISTAMENTO GRAZZANISE"**; i terreni interessati dall'opera sono riportati in catasto al **Foglio 117 P.IIa 5004** del Comune di Carinola (CE).

Il progetto prevede la realizzazione di una stazione RTN su un'area complessiva di circa 1,5 ha di terreni.

Il presente **"Studio Geologico"** ha lo scopo di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area in esame e di fornire indicazioni circa la stabilità morfologica e gli eventuali rischi legati alla pericolosità idraulica dell'area interessata dagli interventi previsti, così da definire la compatibilità geologica del progetto.

In questa prima fase è stata effettuata una ricerca bibliografica e cartografica di dettaglio dell'area in esame ed eseguito un rilevamento geologico di superficie esteso in un'ampia zona circostante l'area di stretto interesse di studio.

Al fine di acquisire elementi di carattere generale circa la caratterizzazione geomeccanica, sismica ed idrogeologica dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto, sono state eseguite indagini in situ di seguito specificate:

- N. 1 prova penetrometrica penetrometrica dinamica pesante (DPSH)
- N. 1 prova sismica di superficie (MASW)
- N. 1 prova sismica a rifrazione con metodo G.R.M.
- N. 1 prova di permeabilità con metodo Lefranc.

Le indagini suindicate sono riportate nella Carta Ubicazione delle Indagini allegata alla presente Relazione.

Il presente studio è propedeutico alla finalizzazione del progetto definitivo della nuova Stazione RTN "Grazzanise" e si assume che in fase di redazione del progetto esecutivo saranno eseguite ulteriori indagini geognostiche, geotecniche, sismiche e di laboratorio (es: aggiuntivi sondaggi a c.c., prove penetrometriche DPSH, MASW, HVSR), se e dove necessario, in coordinamento con il Tecnico progettista strutturale.

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

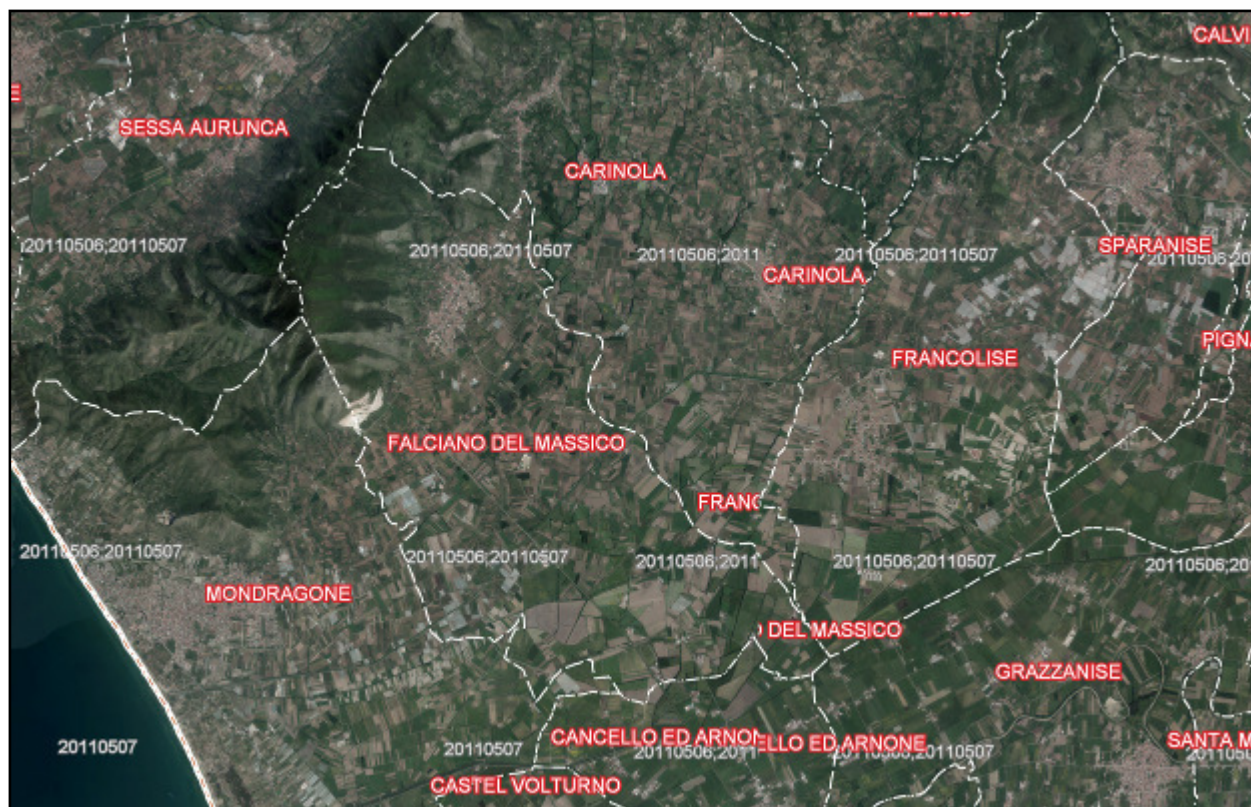
Lo studio è stato condotto in ottemperanza della vigente legislatura:

- **Legge n.64/1974** - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- **L. R. n. 9/1983** - “Norme per l’esercizio delle funzioni in materia di difesa del territorio dal Rischio Sismico e successive i.m.”
- **D. M. LL. PP. 11/03/1988** - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- **Legge 183/1989** - “Progetto di Piano per l’assetto idrogeologico”
- **Delibera G. R. della Campania n.5447 del 07/11/2002** - “Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania”
- **Delibera G. R. della Campania n.248 del 24/01/2003** - “Circolare applicativa dell’Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania”
- **OPCM 3274/2003** - “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”
- **D.M. 14/01/2008** - “Norme tecniche per le costruzioni”
- **D.M. 17/01/2018** - “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- **P.A.I. “Piano Assetto Idrogeologico”** - Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno
- **P.S.D.A. “Piano Stralcio Difesa Alluvioni”** – Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale
- **P.G.R.A. “Piano di Gestione del Rischio Alluvione”** – Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale.

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO COMUNALE

Il Comune di Falciano del Massico (CE) confina a Nord con i Comuni di Sessa Aurunca e Carinola, ad Est con il Comune di Carinola, ad Ovest con il Comune di Mondragone e a Sud con il Comune di Cannello ed Arnone e Grazzanise (*Fig. 1.1*).

Il territorio comunale è collocato parte nella Piana del Volturno e parte su un'area pedemontana dei versanti calcarei meridionali del Monte Massico.



*Fig. 1.1 – Ortofoto con confini territoriali*



## 2. RILEVAMENTO GEOLOGICO TERRITORIALE

Il territorio del Comune di Falciano del Massico (CE) ricade nei FOGLI GEOLOGICI n°171 "GAETA" e n°172 "CASERTA" in scala 1:100.000; i litotipi geologici affioranti e prossimi alla superficie sono di seguito rappresentati:

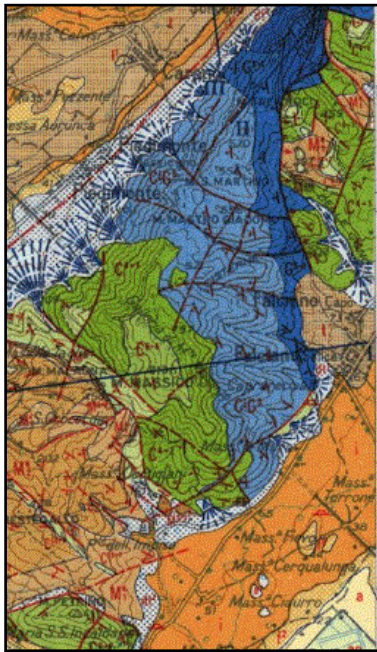


Fig. 2. 1– Stralcio Carta Geologica n°171

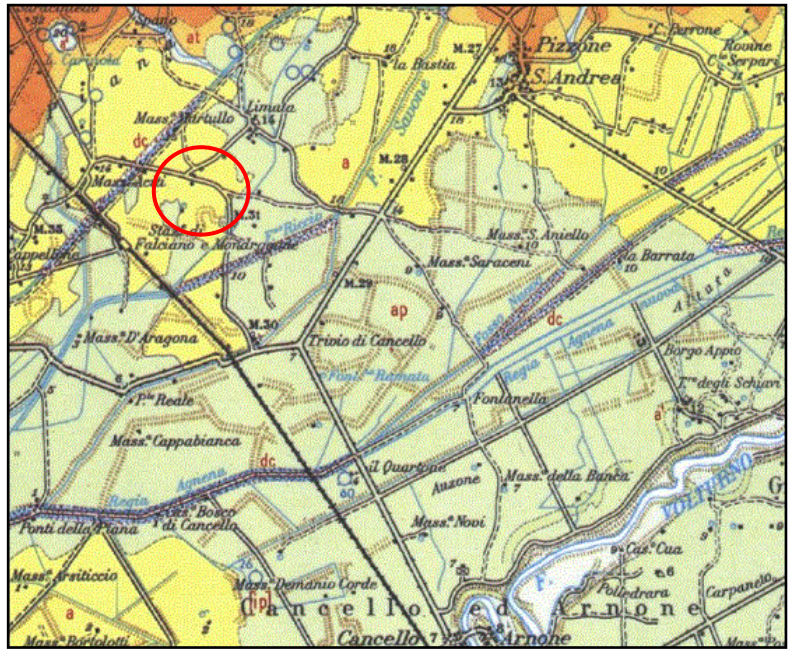

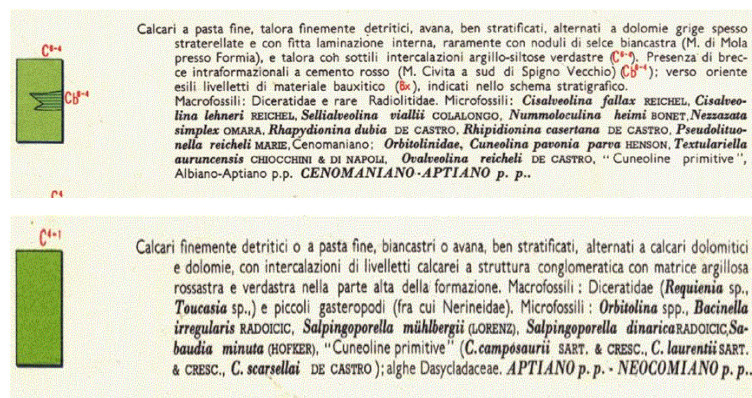


Fig. 2. 2– Stralcio Carta Geologica n°172

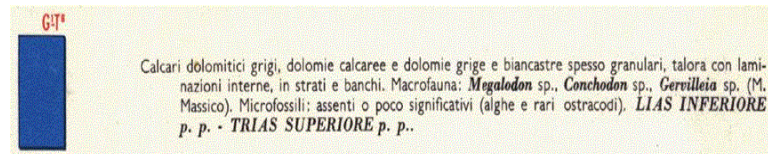
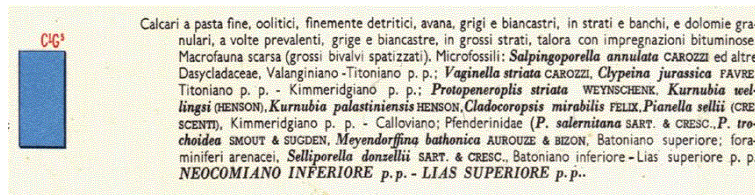
 Area in esame

Come si evince dalla suindicata cartografia, il territorio comunale di Falciano del Massico (CE) è interessato geologicamente sia da elementi della dorsale carbonatica (Fig.2.1) che da sedimenti alluvionali e vulcanici della Piana Campana (Fig.2.2).

La dorsale è caratterizzata dalla presenza di strutture carbonatiche di seguito indicate:



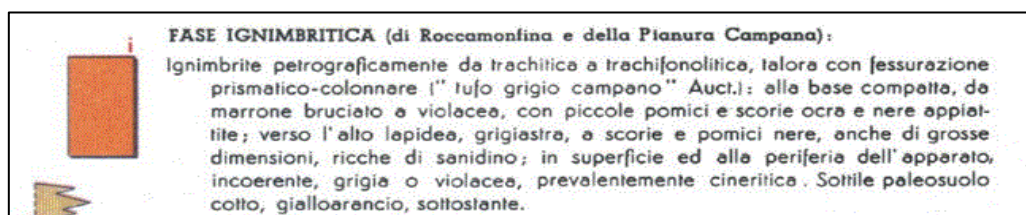
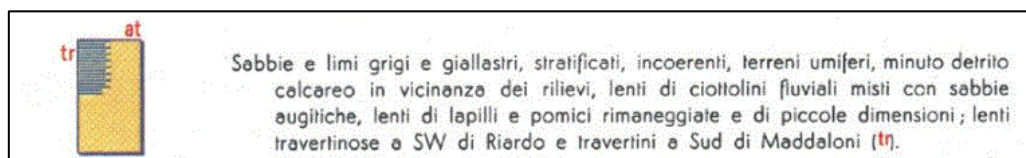
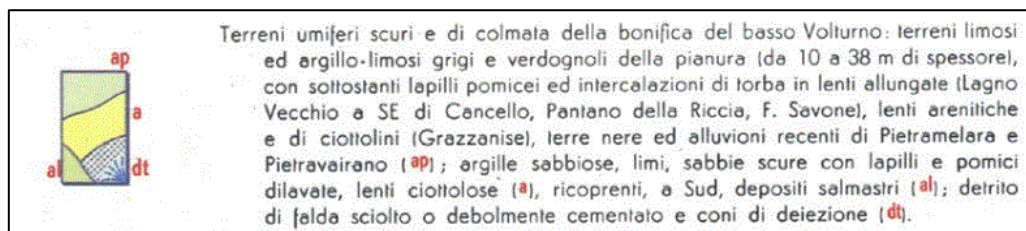




L'area oggetto di studio, ubicata nella parte meridionale del territorio comunale di Falciano del Massico (vedi Fig. 2.2), è caratterizzata dalla presenza di litotipi di origine alluvionale e di origine vulcanica, che la suindicata Carta Geologica riporta come:

- **a**: argille sabbiose, limi, sabbie scure con lapilli e pomice dilavate, lenti ciottolose;
- **ap**: terreni umiferi scuri e di colmata della bonifica del Basso Volturno: terreni limosi ed argilloso-limosi di pianura, con sottostanti lapilli pomiceo ed intercalazioni di torba in lenti allungate, lenti arenitiche e di ciottolino, terre nere ed alluvioni recenti;
- **at**: sabbie e limi grigi e giallastri, stratificati, incoerenti, terreni umiferi, detrito minuto calcareo in vicinanza dei rilievi, lenti di ciottolino fluviali, misti con sabbie augitiche, lenti di lapilli e pomice rimaneggiate e di piccole dimensioni.

### LEGENDA



### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE DELL'AREA

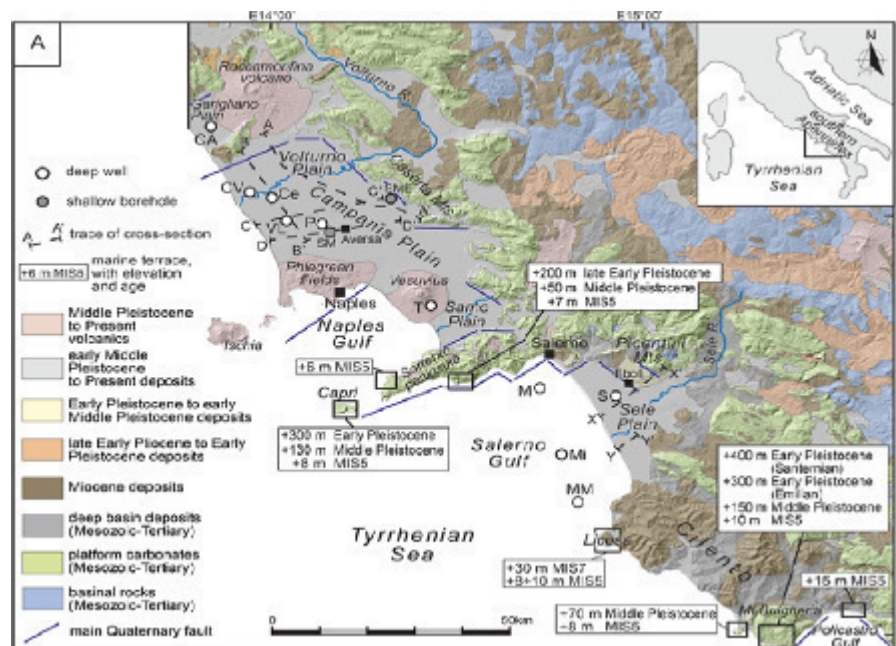
Dal punto di vista Geologico, *l'area ove sono previsti gli interventi di progetto*, ricade nella vasta area della “*Piana Campana*” che strutturalmente rappresenta una “*zona di ribassamento*” (**graben**) posta sul margine tirrenico dell'Appennino Meridionale, secondo la direzione NW-SE, impostatasi durante il Pliocene superiore.

Essa è delimitata a Nord Ovest dall'apparato vulcanico di Roccamonfina e dal Monte Massico, a Nord Est dai Massicci Carbonatici di Pignataro Maggiore e di Monte Tifata, a Sud Est dai Campi Flegrei e dal Somma Vesuvio e a Sud Ovest dal Mar Tirreno.

Le facies geologiche che caratterizzano la Piana sono prodotti sedimentari e vulcanici questi ultimi collegati ai distretti vulcanici del Roccamonfina, dei Campi Flegrei e del Vesuvio.

L'evoluzione geologico-strutturale della Piana Campana e le relazioni con il vulcanismo quaternario sono state oggetto di diversi lavori scientifici (Ippolito et al.,1973; Aprile & Ortolani,1978; Brancaccio et al.,1991; Cassano & La Torre,1987; Bruno et al.,1998), da cui risulta che la Piana si è imposta fisiograficamente in un graben peritirrenico, di età plio-pleistocenica, esteso dal Monte Massico all'alto strutturale della Penisola Sorrentina e governato da sistemi di faglie dirette, con notevoli rigetti, sia in direzione Appenninica che Antiappenninica.

Al suo interno, favorita anche da fenomeni subsidenti, si è verificata una intensa aggradazione sedimentaria che ne ha determinato il parziale colmamento (Fig. 3.1).



**Fig. 3.1** -Carta Geologica semplificata della parte settentrionale dell'Appennino Meridionale (modificata dopo Ascione et al.,2013), che mostra i graben peritirrenici che ospitano le più grandi pianure costiere e le principali faglie Quaternarie

L'attuale assetto tettonico regionale sembra essere correlabile anche con le spinte tangenziali che dal Miocene, in seguito all'apertura del bacino tirrenico, hanno dato luogo alla formazione della Catena Appenninica, secondo la tipica architettura a falde di ricoprimento.

Successivamente, dal Pliocene in poi, la regione è stata interessata da un'intensa tettonica verticale, responsabile dell'attuale conformazione dei rilievi (Ippolito et al.,1973).

Si sono delineate, pertanto, delle zone di alto strutturale, coincidenti con i massicci carbonatici, a cui si oppone la zona di basso strutturale della Piana, dove il substrato è sprofondato in una serie di blocchi ribassati a gradinata, per effetto di altrettante faglie dirette di notevole rigetto (Aprile & Ortolani,1979).

Lungo il bordo occidentale delle dorsali carbonatiche si sviluppano una serie di faglie dirette che hanno prodotto l'approfondimento progressivo verso Ovest di porzioni carbonatiche su cui si è venuto ad instaurare un dominio prevalentemente marino che ha determinato nel Pliocene una lunga fase di sedimentazione compensata da una parallela progressiva subsidenza.

Nel passaggio tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio, la direzione di estensione è cambiata da NW-SE a NE-SW causando la formazione o la riattivazione di faglie normali ad alto angolo ad orientazione E-W (G. Corrado et al., 2020).

Gli stessi assi di estensione caratterizzano il campo di stress del Tardo Pleistocene-Olocene ed attuali accompagnato da una rilevante attività vulcanica.

Le faglie ad andamento Appenninico si immergono verso Sud-Ovest e sono l'evidenza più superficiale di un complesso sistema di faglie listriche che hanno dato origine alle strutture estensionali asimmetriche che condizionano fortemente la fisiografia della regione.

L'analisi strutturale eseguita lungo la porzione più a Sud del M.te Massico ha permesso di evidenziare i differenti indicatori cinematici sui piani di faglia da cui si evince che le faglie orientate NW-SE sono caratterizzate da una componente normale, trascorrente e transpressiva, mentre i piani di faglia NE-SW (direzione anti-appenninica) gli indicatori di immersione sono assenti.

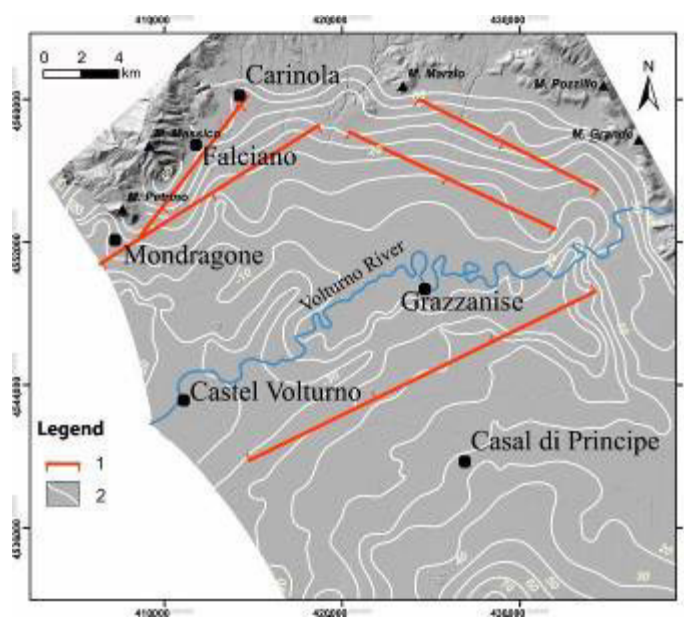
Pertanto, le faglie ad andamento anti-appenninico analizzate nella porzione Nord-Ovest nei confini monostrutturali della Piana possono essere interpretate come faglie di una seconda fase (es. riattivate) e indicano deformazioni estensionali più recenti.

Le evidenze a larga scala (vulcanismo, fenomeni idrotermali, anomalie morfologiche, sinkholes) suggeriscono che gli allineamenti anti-appenninici sono espressioni di attività tettonica recente.

Con l'esaurirsi della fase distensiva e subsidente, nel Pleistocene si è sviluppata una intensa attività vulcanica di natura prevalentemente esplosiva (Roccamonfina, Campi Flegrei e Vesuvio) che ha portato alla deposizione di enormi quantità di materiali piroclastici con il passaggio dal dominio marino ad uno fluvio-lacustre e quindi a quello sub-aereo.

I prodotti piroclastici che afferiscono alle attività vulcaniche degli apparati vulcanici sopracitati sono caratterizzati prevalentemente da ceneri, pozzolane, lapilli, pomici e in subordine da colate laviche.

Tra i prodotti vulcanici maggiormente presenti in affioramento nella Piana Campana, si individua l'Ignimbrite Campana (Pleistocene) che si presenta sia in facies di tufo giallo che in facies di tufo grigio talora con fessurazioni prismatico colonnari (*Fig. 3.2*).



*Fig 3.2 - Mappa che mostra la superficie morfologica superiore dell'Ignimbrite Campana e le principali faglie Quaternarie. Legenda: (1) faglie; (2) linee di contorno del tetto dell'Ignimbrite Campana. In blu, il Fiume Volturno (G. Corrado et al., 2020)*

Il grado di cementazione di questo materiale (IC) è elevato nella parte alta, dove sono presenti pomici e scorie nere anche di grosse dimensioni, e più ridotto in profondità ove il litotipo assume le caratteristiche di una sabbia compatta.

Verso Sud, in prossimità dei Regi Lagni, l'Ignimbrite Campana passa a depositi alluvionali dell'Olocene, costituiti da sabbie e limi inglobanti lenti di ciottoli fluviali e di lapilli, oltre che pomici rimaneggiate e livelli di torba.

I prodotti eruttivi di questi distretti vulcanici, di stirpe potassica, hanno colmato, per spessori dell'ordine di migliaia di metri, la zona ribassata (graben), con l'intercalazione di episodi alluvionali e marini.

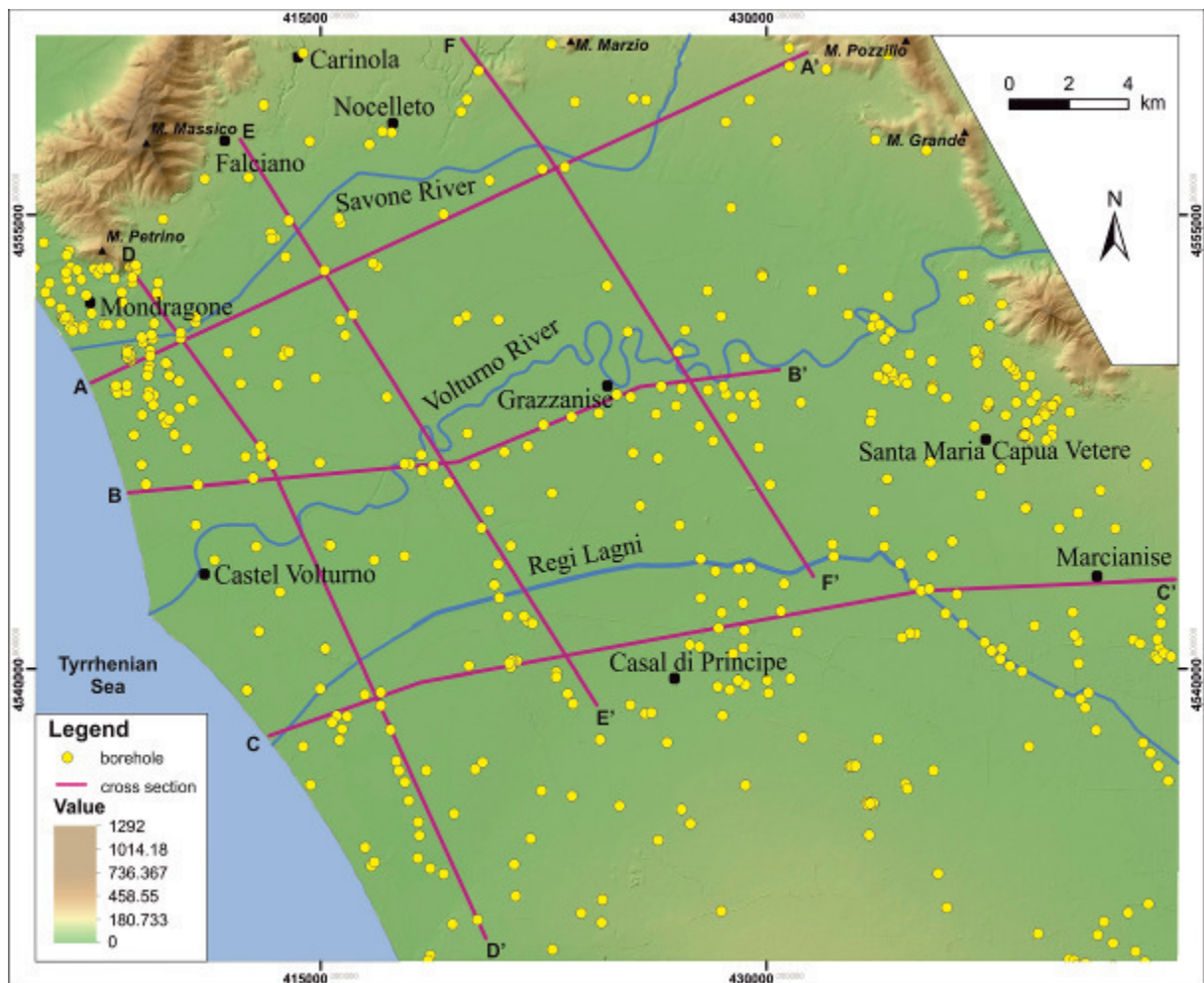
Particolarmente numerosi risultano gli studi sulla storia vulcanica della Piana Campana, molti di questi sono mirati alla comprensione della genesi dell'Ignimbrite Campana, il deposito ignimbrico trachitico che con i suoi 150-300 km<sup>3</sup> di volume (Rosi & Sbrana, 1987; Orsi et al., 1999; Rolandi et al., 2003) costituisce la formazione vulcanica più largamente rappresentata nella regione (*Fig. 3.2*).

L'area sorgente dell'Ignimbrite Campana viene posizionata da alcuni autori nell'area calderica Flegrea (Rosi & Sbrana,1987; Fisher et al.,1993; Orsi et al.,1999) o nella cosiddetta "Fossa di Acerra" a NE di Napoli (Scandone et al.,1991); altri autori ne ipotizzano l'origine da una o più eruzioni fessurali posizionate lungo preesistenti linee tettoniche con direzione NE-SW, NW-SE ed E-W associate all'evoluzione della Catena Appenninica (Di Girolamo et al.,1984; Barberi et al.,1978; Lirer et al.,1987; De Vivo et al.,2001; Rolandi et al.,2003).

De Vivo et al. (2001) hanno individuato e datato radiometricamente altri prodotti piroclastici – sia in affioramento che nel sottosuolo della Piana Campana – di età più antica della IC, spostando all'indietro fino ad oltre 300 ka B.P. l'inizio dell'attività vulcanica nella Piana; Brocchini et al., (2001) invece, ritengono che a partire da 400-300 ka B.P. e fino all'emissione della Ignimbrite Campana non esistevano evidenze di attività vulcanica nella parte vesuviana della Piana Campana.

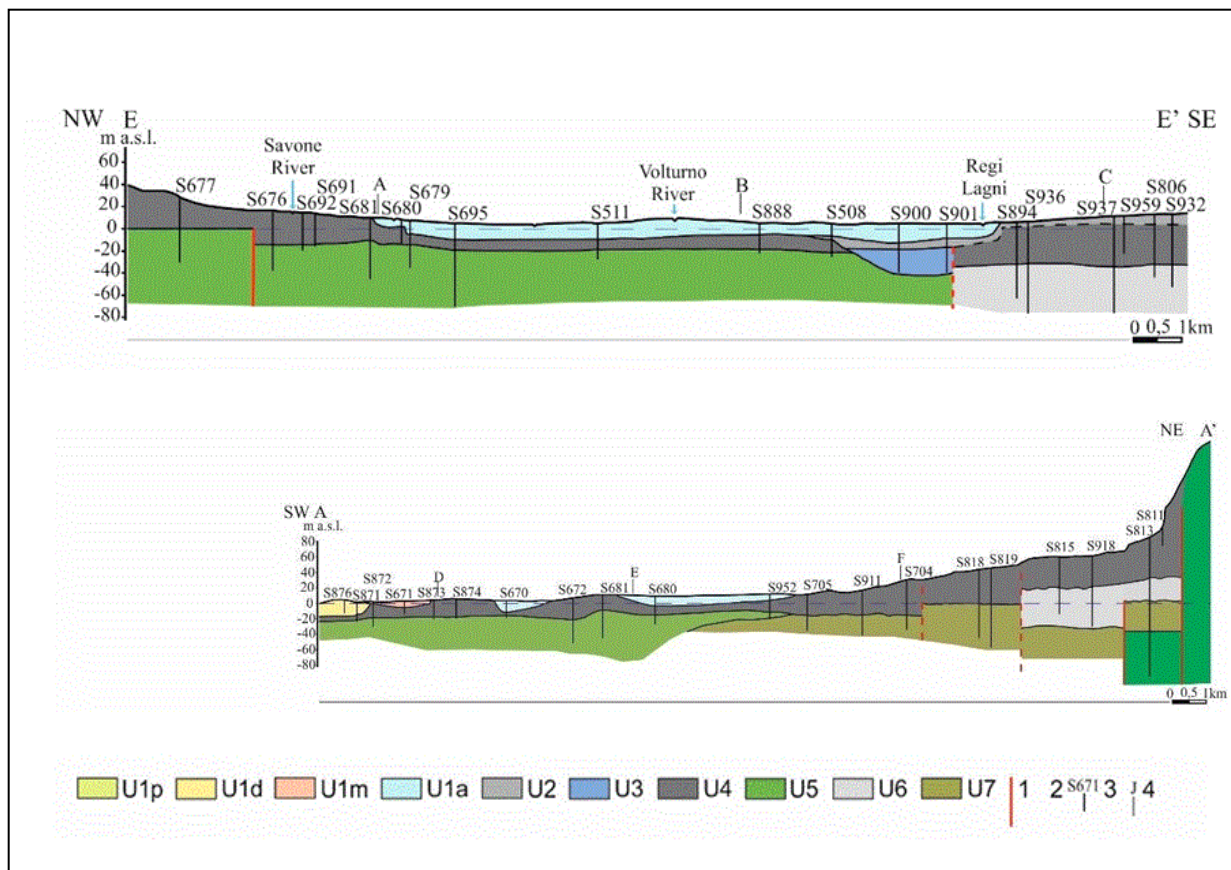
#### 4. ASSETTO STRATIGRAFICO DELL'AREA

Per definire le condizioni stratigrafiche su larga scala ed in particolare per l'area oggetto di studio, si è fatto riferimento a importanti e recenti studi bibliografici che hanno consentito, mediante numerosi sondaggi eseguiti da Istituzioni Pubbliche e dati dell'ISPRA, di ricostruire l'assetto stratigrafico delle successioni quaternarie della Piana Campana e di elaborare sezioni geologiche alcune delle quali interessano l'area strettamente in esame, in particolare le sezioni E-E' ed A-A' (vedi Fig. 4.1).



*Fig. 4.1 – Localizzazione dei sondaggi e sezioni geologiche (G. Corrado et al., 2020)*

Le sezioni geologiche suindicate, sono riportate di seguito in Fig. 4.2.



*Fig. 4.2 – Sezioni geologiche E-E' e A-A' (G. Corrado et al., 2020)*

L'analisi stratigrafica ha permesso di individuare 7 Unità litostratigrafiche basate su criteri di omogeneità sedimentologica e paleontologica (G. Corrado et al., 2020).

Tali Unità possono essere così schematizzate:

- **Unità 1 (U1): Depositi Olocenici (0-12 mila anni).** Rappresentano un complesso ed articolato corpo sedimentario formato da 4 sottounità: depositi di delta (U1p); depositi di spiaggia (U1d), depositi di laguna (U1m) e depositi alluvionali (U1a).
- **Unità 2 (U2): Depositi piroclastici da flusso e da caduta (12-23 mila anni).** Questa unità vulcanoclastica è formata dall'Ignimbrite di Giugliano alla base (18-23 mila anni) e dal Tufo Giallo Napoletano al di sopra, entrambi depositati in condizioni subaeree.
- **Unità 3 (U3): Depositi Alluvionali di piana Pleistocenici (23-37 mila anni).** Questa Unità discontinua è rappresentata da riempimenti canalizzati di paleovalli incise o da terrazzi fluviali generati da materiale piroclastico rielaborato dalla sottostante U4.

- **Unità 4 (U4): Ignimbrite Campana** (circa 40 mila anni). Questa Unità è riferita alla più grande eruzione esplosiva che ha interamente coperta la Piana Campana.
- **Unità 5 (U5): Depositi Costieri Marini e Transizionali con episodi alluvionali** (40-50 mila anni). Questa Unità è considerato il substrato dell'U4 a profondità maggiori di 40 metri sotto il livello del mare; il limite superiore è molto irregolare ed è molto variabile nei vari settori della Piana del Volturno.
- **Unità 6 (U6): Depositi Vulcanoclastici pre-Ignimbrite Campana** (50-105 mila anni). Questa Unità è molto più discontinua nel settore nord rispetto a quella centrale e meridionale della Piana; inoltre è situata stratigraficamente sotto U5 nel settore sud, mentre direttamente sotto U4 nell'area tra Villa Literno- Casal di Principe.
- **Unità 7 (U7): Depositi Costieri Marini e Transizionali** (105-130 mila anni). Questa Unità sembra essere continua anche se si trova a diverse profondità nei vari settori della Piana il che suggerisce una dislocazione tettonica; il minimo spessore individuato è di circa 50 metri.



## 5. GEOMORFOLOGIA E STABILITA' DELL'AREA

La Piana Campana, di cui l'area di interesse è parte, si estende dal Monte Massico ai Monti Lattari e si articola in due settori, uno attraversato dal Fiume Volturno e l'altro, più meridionale, percorso dal Fiume Sarno.

La Piana corrisponde ad una depressione strutturale, come già detto, che si è individuata nel corso del Pleistocene superiore; il settore attraversato dal Fiume Volturno, grazie ad una generale tendenza alla subsidenza, ha fatto parte di ambienti marini che, sino a circa 130.000 anni fa (Romano et alii, 1994; Cinque & Romano, 2001), si sono spinti fino ai monti di Caserta.

Successivamente si realizzarono condizioni favorevoli alla sua crescita come area emersa; infatti i ritmi della subsidenza tettonica si ridussero sin quasi ad azzerarsi e l'area venne investita dai prodotti piroclastici da flusso e da caduta di provenienza flegrea e vesuviana.

Il Fiume Volturno penetra nella Piana Campana attraverso la stretta di Triflisco (a Nord-Est di Capua) e, prima che le attività antropiche intervenissero significativamente sul suo corso, le sue acque trascinarono grandi quantità di materiale solido in genere di dimensione assai ridotte essendosi già depositati quelli più grossolani (sabbie e sabbie grosse) nelle piane ad est di Triflisco (Biggiero et alii, 1994).

Giunto nella Piana Campana, il Volturno presentava tendenza a divagare e le esondazioni dall'alveo delle portate di piena provocavano il sopralzo dei terreni limitrofi tanto che attualmente, da Capua fino al mare, il fiume ha l'alveo incassato nel tratto più alto di un largo ed esteso conoide da lui stesso realizzato nel corso dei millenni.

Sempre sotto il profilo morfologico una notazione particolare è da riservare alle forme crateriche presenti al piede del M. Massico; si tratta di depressioni circolari, delimitate da pareti più o meno ripide e con rilievo esterno mancante o poco accentuato (Fossa Barbata, Fossa dell'Annunziata, la duplice Fossa del Ballerino e la depressione che accoglie il lago di Carinola).

Si ritengono (Scherillo et alii, 1965) dei maaren prodotti da esplosioni dovute all'incontro tra acque sotterranee e gas ad alta temperatura veicolati verso la superficie soprattutto attraverso una discontinuità tettonica SW-NE, lungo la quale in effetti tutte queste forme crateriche risultano allineate.

Meno verosimile è invece l'ipotesi che si tratti di sinkholes (Faccenna et alii, 1993; Del Prete et alii, 2004) dal momento che tutte le perforazioni della zona, anche se approfondite fino a 80 metri, non hanno mai incontrato un substrato carbonatico.

Più in particolare, nell'area in esame, per quanto sopra esposto non sussistono evidenti condizioni di instabilità geomorfologica collegate alle caratteristiche litologiche dei terreni; difatti, il territorio in esame

si presenta stabile per le buone condizioni di giacitura primaria e secondaria delle formazioni geologiche presenti nel sottosuolo, caratterizzato da bassissime pendenze (<2%).

La stabilità dell'area è stata valutata anche in relazione ai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico delle Unit of Management Volturno e Liri-Garigliano, prodotti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

In particolare, dalla consultazione della “*Carta Rischio Frana*” del PSAI l'area oggetto di intervento non rientra in aree considerate a rischio frane e non rientra nella Fascia R (*Fascia Retroarginale*) che individua aree caratterizzate da un grado di potenziale instabilità come evidenziato nella “*Carta della Zonizzazione ed Individuazione degli Squilibri*” del PSDA (Piano Stralcio della Difesa Alluvioni - Variante del Basso Volturno).

In allegati si riportano gli stralci cartografici suindicati.

## 6. ASPETTI IDROGEOLOGICI GENERALI

I terreni dell'area in esame appartengono all'Unità Idrogeologica della Piana Campana; considerata la posizione altimetrica del sito e la particolare sequenza litostratigrafica del sottosuolo, l'acquifero di zona può essere considerato come un "acquifero alluvionale", caratterizzato da termini litologici di varia granulometria. I termini di origine sedimentaria e vulcanica presenti con notevoli spessori nella Piana Campana, hanno favorito l'instaurarsi di una circolazione idrica a falde sovrapposte, contenuta nei livelli a più alto grado di permeabilità relativa (terreni con maggiore componente sabbiosa), mentre nei materiali limo-argillosi la circolazione idrica è bassa o nulla (vedi *Stralcio Carta Complessi Idrogeologici* in allegati).

La falda più superficiale, alimentata dalle acque meteoriche, risulta relativamente scarsa dal punto di vista produttivo, al contrario della falda più profonda che risulta più cospicua e produttiva.

In *Fig. 6.1* è riportato lo schema idrogeologico e l'assetto piezometrico dell'area di studio, da cui si evince la presenza pressoché continua in tutta l'area dell'Ignimbrite Campana (IC): una cinerite grigiastra associata a scorie nere ed a brandelli di lava, con grado di diagenesi variabile e permeabilità in genere assai bassa; l'IC affiora soprattutto al margine della Piana con spessori assai significativi, che vanno però riducendosi, fin quasi ad annullarsi, verso il Volturno che su di essi ha esercitato un'energica azione erosiva. Al di sopra dell'IC poggiano piroclastiti sciolte di deposizione diretta, o prodotte da alterazione di sottostanti complessi tufacei od ancora legate a risedimentazioni.

La granulometria è assai variabile e gli spessori variano da pochi metri ad alcune decine di metri.

Alla base dei versanti carbonatici le piroclastiti s.l. passano (o si associano) a detriti di versante calcarei e calcareo-dolomitici mentre, in corrispondenza della rete idrografica, vengono sostituite da depositi alluvionali legati agli espandimenti fluviali del Volturno, a fasi palustri antiche e recenti, nonché ad episodi marini.

In questi sedimenti sono frequenti, a diverse altezze stratigrafiche, livelli di materiale torboso potenti e di notevole continuità areale.

Al di sotto dell'Ignimbrite Campana si ritrovano depositi alluvionali antichi associati a formazioni piroclastiche (lapidee e non, originatesi durante cicli diversi di attività vulcanica flegrea e del Roccamonfina), a depositi transizionali e marini e ad estesi livelli torbosi.

Tutti questi materiali, che non affiorano e che sono stati riconosciuti solo in perforazioni, hanno variazioni granulometriche assai frequenti e complessi rapporti spaziali.

Questo accumulo piroclastico-alluvionale-marino presenta, a seconda delle dimensioni degli elementi e dell'assortimento granulometrico, una permeabilità che varia da bassa a medio-alta e di fatto costituisce l'acquifero principale della Piana.

Verso Nord-Ovest e ad Est, la Piana è limitata dai rilievi carbonatici del M.te Massico e della dorsale del M.te Maggiore e a Nord dal vulcano di Roccamonfina.

Nei rilievi carbonatici l'infiltrazione è elevata per l'alta permeabilità di queste successioni litologiche e l'assenza di significativi impermeabili intercalari.

Si formano così cospicue falde di base che alimentano grosse sorgenti e/o importanti travasi sotterranei in direzione dei terreni contermini più ricettivi (Celico et alii, 1977; Celico, 1983; Corniello et alii, 1990; Budetta et alii, 1994; Corniello, 1994), sempre che alla base dei versanti non siano giustapposti terreni poco permeabili come avviene per ampi settori del Massico (es.: complesso marnoso-arenaceo-argilloso) e, più limitatamente, in corrispondenza dell'altra dorsale carbonatica.

Nei settori al piede dei rilievi, la linea piezometrica si colloca in corrispondenza di forti spessori tufacei poco permeabili e la falda ha carattere nettamente confinato.

Verso il Volturno, dove il complesso tufaceo manca del tutto o si fa più discontinuo, meno potente e diagenizzato, si determina una qualche continuità idraulica tra i materiali piroclastico/alluvionale/marini dell'acquifero ed i sovrastanti terreni alluvionali più recenti e la falda risulta semiconfinata o libera.

La piezometria, con curve pressoché parallele ai versanti della dorsale di M.te Maggiore, del Roccamonfina e del M.te Massico (*Fig. 6.1*), rivela l'esistenza di travasi sotterranei dalle falde basali di tali rilievi verso l'acquifero della Piana come indicano i pochi dati piezometrici disponibili per i rilievi carbonatici, il chimismo delle acque sotterranee nella piana ed i dati di letteratura (Celico, 1983).

Gli apporti idrici con origine nel M.te Maggiore sono verosimilmente assai significativi data la notevole potenzialità delle falde di base di questi rilievi (Celico et alii, 1977); relativamente meno cospicui i travasi dal Roccamonfina per la più ridotta permeabilità degli acquiferi locali.

Al M.te Massico i travasi sono probabilmente attivi solo nel settore sud-occidentale (vedi *Fig. 6.1*). Altrove la falda di base è infatti efficacemente tamponata dai terreni arenaceo-marnoso-argillosi poco permeabili interposti tra il rilievo ed i materiali piroclastico/sedimentari della Piana e/o presenta quote piezometriche inferiori rispetto a quelle della Piana.

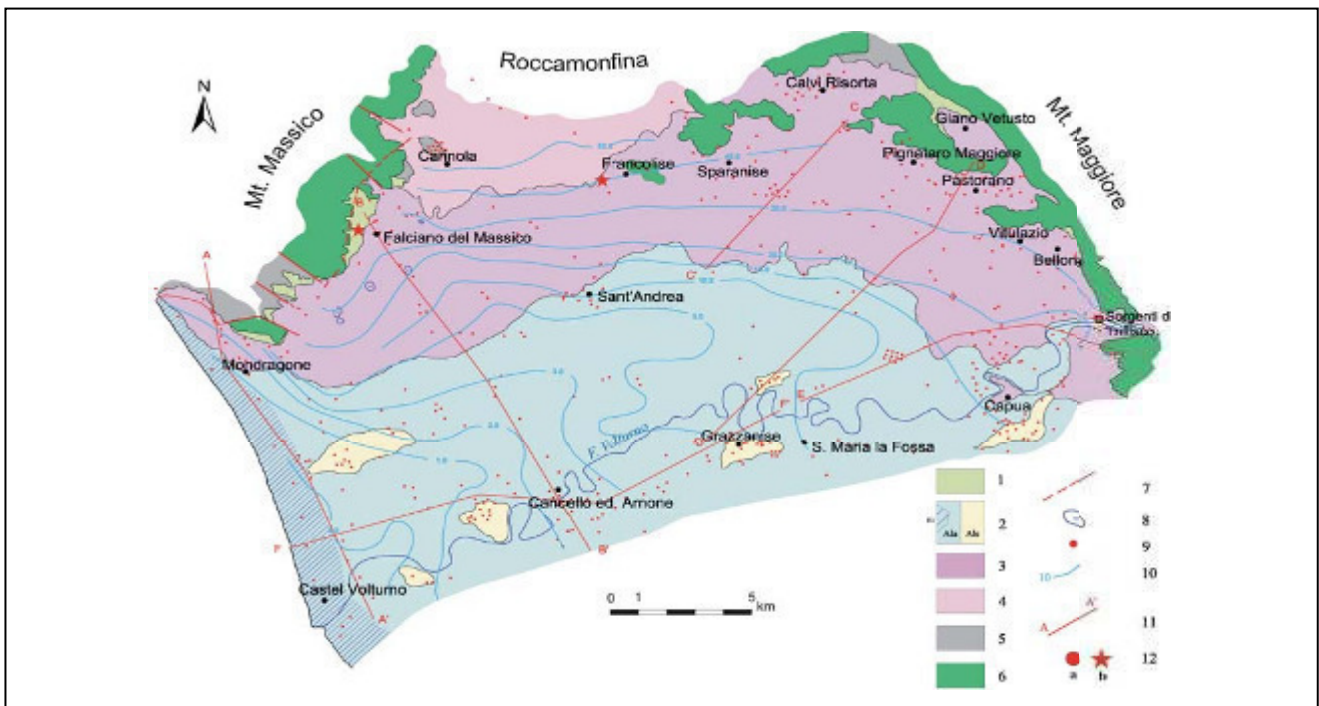
Nel Comune di Falciano del Massico, ad esempio, la falda si attesta intorno ai 20 m s.l.m., mentre quella della Piana a quote variabili tra i 30 ed i 50 m s.l.m.

Il recapito definitivo della falda, il cui disegno piezometrico non evidenzia significative variazioni rispetto a rilievi precedenti (Celico, 1983), è rappresentato dal mare; la falda sembrerebbe inoltre affiorare anche in corrispondenza del lago di Carinola (infatti le portate dell'emissario superano quelle affluenti) ed in diffuse venute d'acqua nella depressione della Regia Agnena. In effetti alcuni sondaggi eseguiti nella zona del lago di Carinola evidenziano la presenza nel sottosuolo di forti spessori tufacei. Ciò nei fatti dovrebbe impedire alla falda contenuta nell'acquifero sottostante di alimentare lo specchio

d'acqua; tuttavia è verosimile che tale alimentazione sia in realtà possibile per il locale disturbo del tufo (tettonico e/o legato ad alterazione) in conseguenza dei fenomeni che hanno portato alla individuazione delle forme crateriche.

Poco significativi sono infine i rapporti della falda col F. Volturno il cui alveo è impostato in terreni poco permeabili; solo verso il mare il disegno piezometrico parrebbe indicare un'alimentazione dal fiume alla falda. Falde superficiali, poco importanti e di interesse solo puntuale, sono segnalate nella parte più allentata delle potenti coltri tufacee (es.: zona di Capua) e nei terreni del complesso alluvionale superiore (partecentrale della Piana).

In diverse aree sono infine presenti sorgenti o pozzi ad elevata mineralizzazione; i più significativi sono i pozzi di Francolise (Corniello,1988), di Falciano del Massico e le sorgenti di Triflisco (Celico et alii, 1977; Corniello,1988).



**Fig. 6.1** - Schema idrogeologico ed assetto piezometrico. 1) Detriti carbonatici. Permeabilità da media a medio-alta; 2) Depositi alluvionali, lacustri, palustri e marini limosi e argillosi (Ala; m, se di origine marina) o sabbiosi (Als). Permeabilità da bassa a media; 3) Ignimbrite Campana sovente coperta da piroclastiti sciolte. Permeabilità bassa; 4) Tufi antichi. Permeabilità ridotta; 5) Depositi marnoso-arenaceo-argillosi. Permeabilità assai ridotta; 6) Calcari e calcari dolomitici. Permeabilità alta; 7) Faglie principali (tratteggiate se presunte o sepolte); 8) Depressioni morfologiche di origine vulcanica; 9) Dati stratigrafici; 10) Isopiezometriche della falda principale (in m s.l.m.; giugno - luglio 2006); 11) Traccia di sezione; 12) Sorgenti (a) e pozzi (b) in aree idrominerali (Corniello et al., 2010).

Per quanto riguarda l'area strettamente in esame, dal rilevamento del livello piezometrico effettuato in pozzi esistenti e dagli scavi eseguiti con mezzi meccanici, si evidenzia la presenza della falda acquifera ad una profondità variabile tra i 2,00 e i 3,00 metri circa dal p.c.; questa prima falda, poco produttiva, viene alimentata principalmente dagli apporti zenitali diretti.

Trattasi di livelli idrici contenuti negli strati litologici più superficiali, suscettibili pertanto ad oscillazioni stagionali tra il periodo estivo e quello invernale, a differenza di una falda basale molto produttiva, che si rinviene ad una profondità di circa 20,00 metri dal p.c., come già precedentemente accennato.

### 6.1 Cenni sulla pericolosità e rischio alluvione

La pericolosità alluvionale è stata valutata in base alla consultazione della Mappa della Pericolosità Alluvione relativa al Piano di Gestione Rischio di Alluvione (PGRA – II ciclo 2016-2021) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale – Unit of Management Volturno.

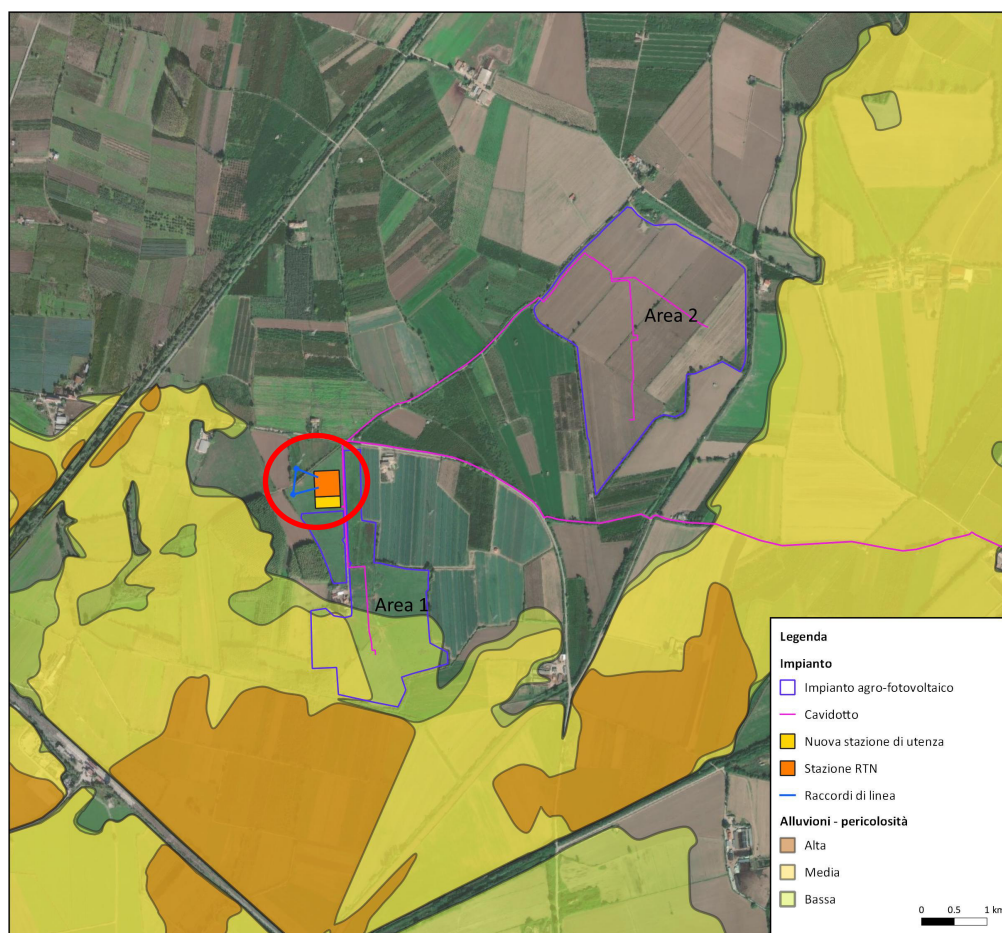


Fig. 6.1.1 – Stralcio della Mappa della Pericolosità Alluvione (II ciclo 2016-2021)

○ Area in esame

Come riportato nella Cartografia precedente, l'area oggetto di intervento **non rientra** nelle aree a Pericolosità Alluvione come definito dalle Proposte di Misure di Salvaguardia dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri – Garigliano e Volturno (Fig. 6.1.1).

La stessa area **non rientra** nelle aree a Rischio Alluvione (Fig.6.1.2).

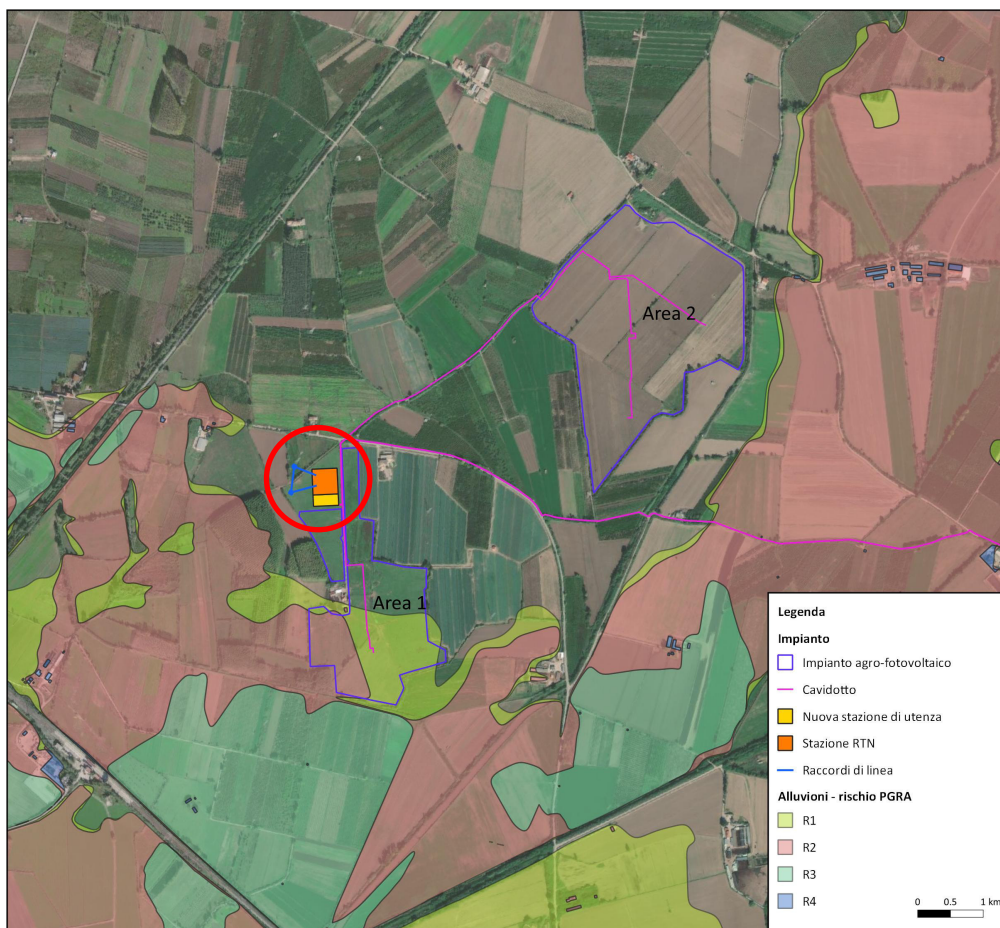


Fig. 6.1.2 – Stralcio della Mappa del Rischio Alluvione (II ciclo 2016-2021)

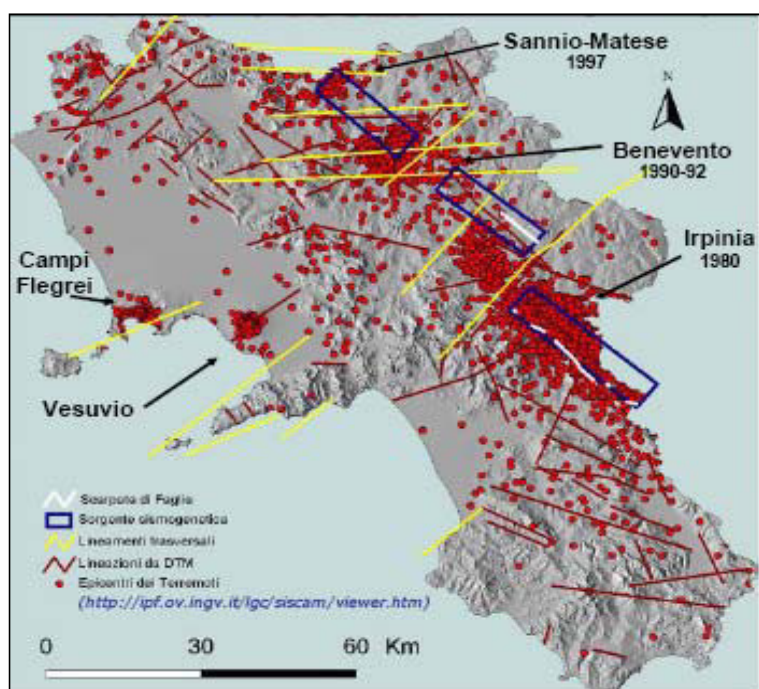
○ Area in esame

## 7. SISMICITA' DELL'AREA

Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Falciano del Massico (CE) presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla Catena Appenninica.

La Catena Appenninica, ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici.

Le isosisme dei maggiori terremoti dell'Appennino Campano-Lucano mostrano che le aree a più elevata intensità sono allungate secondo l'asse della Catena (vedi Fig. 7.1).



*Fig 7.1 – Distribuzione delle principali sorgenti sismogenetiche regionali*

Per quanto concerne la sismicità dell'intera area comunale, con particolare riferimento alla macrosismologia, la ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi e dalla documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) ed in particolare, è stato preso in considerazione il Database Macrosismico Italiano "DBMI 15 versione 3.0", il quale fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e di interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2019.

I dati relativi all'area comunale di Falciano del Massico sono riassunti nella tabella seguente (Tab. 7.2) e mostrano come la massima intensità sismica risentita è relativa ai terremoti della Marsica del 1915, con Magnitudo momento ( $M_w$ ) superiore a 7 e del terremoto dell'Irpinia del 1982 con  $M_w$  sup. a 6.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1905	03	14	19	16		Avellinese	94	6-7	4.90
NF	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
5	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
5	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919	10	22	06	10		Anzio	142	6-7	5.22
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
5	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
5	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
3	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
2	2005	05	21	19	55	19	Area Nolana	271	5	4.07

Tab. 7.2 – Database Macrosismico Italiano “DBMI 15”

Di seguito (Fig. 7.3) è riportato uno stralcio della mappa relativa al territorio italiano, con porzioni delle aree e dei mari confinanti, relativa principalmente al territorio regionale campano, contenente 4860 terremoti nella finestra temporale 1000-2019; il catalogo, quindi, ha considerato ed ha armonizzato il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza.

La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (Mw) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza (Catalogo Parametrico dei terremoti “CPTI 15” v.3.0).

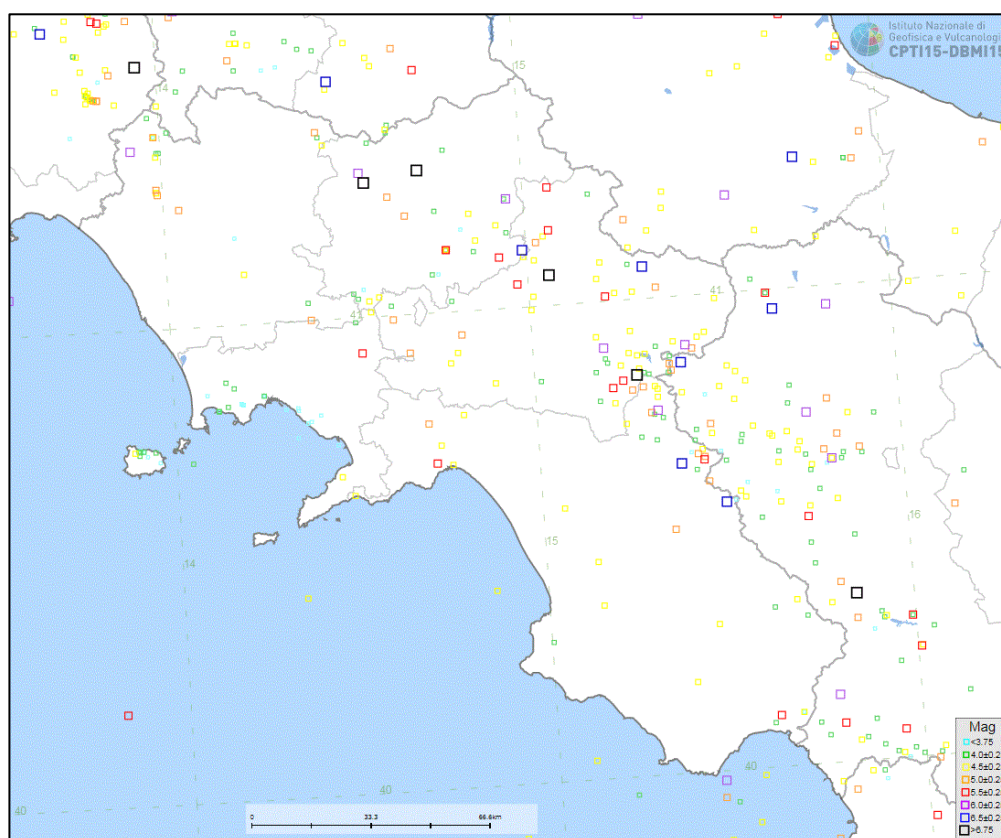


Fig. 7.3 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), (lavoro di Rovida et al. 2021)

Il D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche) stabilisce che 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. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche (Fig. 7.4).

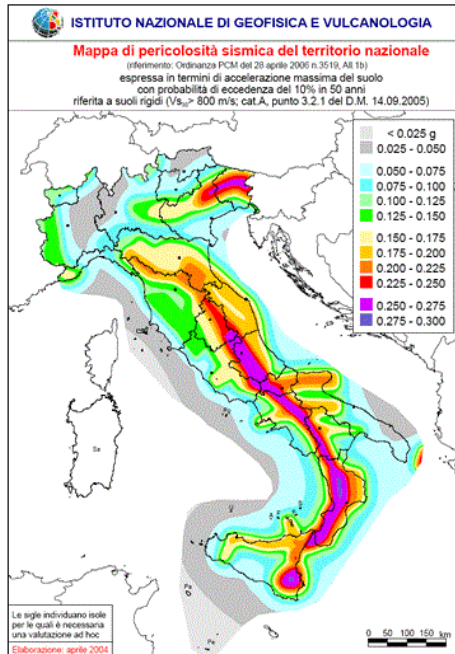


Fig. 7.4 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, da I.N.G.V.

In particolare, per la Regione Campania la pericolosità sismica è mostrata nella seguente Fig. 7.5.

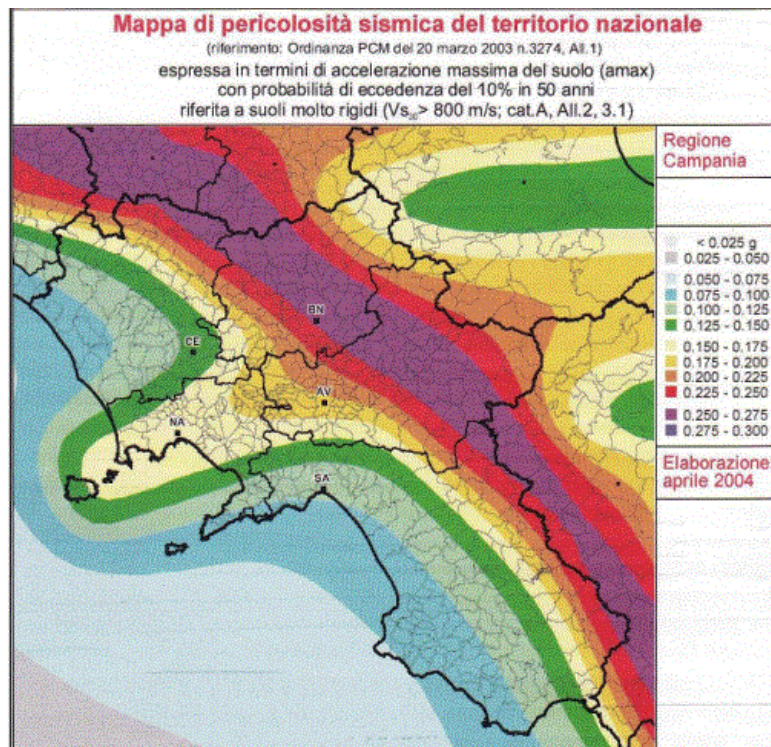


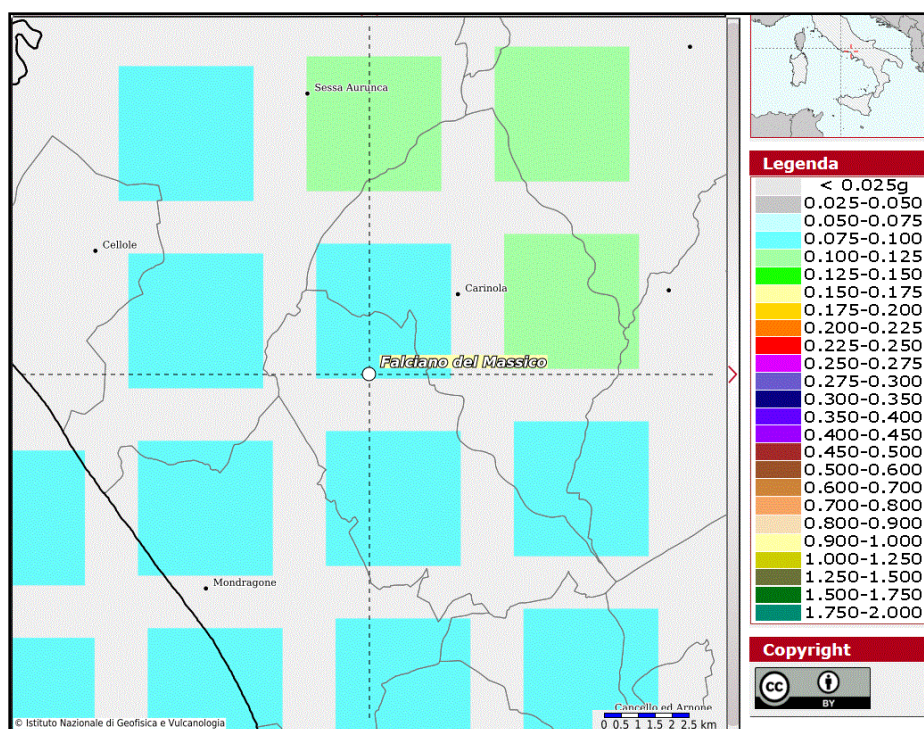
Fig. 7.5 – Mappa della pericolosità sismica della Regione Campania

L'entrata in vigore delle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 17/01/2018), ha imposto di procedere ad una diversa definizione del profilo stratigrafico dei suoli di fondazione, in funzione delle azioni sismiche di progetto (*cf.* NTC C3- Azioni sulle Costruzioni).

La pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) (*cf.* NTC § 3.1.2) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata  $P_{VR}$ , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima attesa ( $a_g$ ) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione. I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica  $P_{VR}$ :

- $a_g$  - accelerazione massima al sito;
- $F_0$  - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{C^*}$  - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{C^*}$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale, con passo di circa 15 Km per nodo (*Fig. 7.6*).



**Fig. 7.6** – *Mapa di pericolosità sismica MPS04 –S1*

Le nuove norme tecniche in materia di rischio sismico (OPCM 3274/2003), indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali  $a_g/g$  di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle zone è fissato in 4.

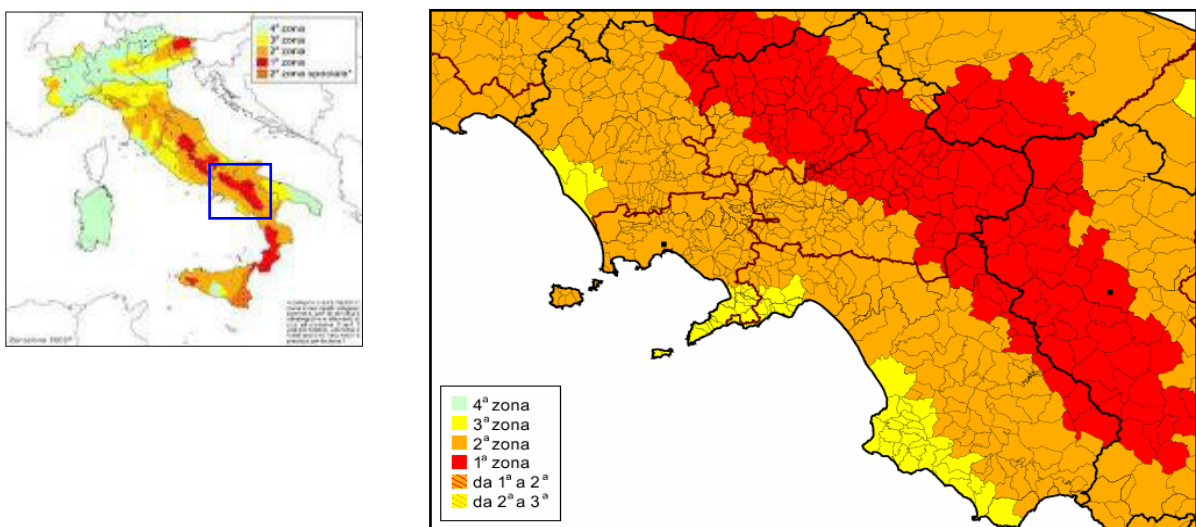
Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) e da un valore del parametro  $a_g$  max (accelerazione orizzontale max. convenzionale su suolo di categoria A).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; tali valori sono riportati nella Tabella 7.7.

Zona	Accelerazione orizzontale con la probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni valore di $a_g/g$	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico valore di $a_g/g$
1	> 0,25	0,35
<b>2</b>	<b>0,15 – 0,25</b>	<b>0,25</b>
3	0.05 – 0.15	0,15
4	< 0.05	0.05

**Tabella 7.7** - Valori di  $a_g$  espressi in frazione dell'accelerazione di gravità (g) da adottare in ciascuna delle Zone Sismiche del territorio nazionale.

Pertanto, il Comune di Falciano del Massico (CE), in riferimento alla macrozonizzazione sismica del territorio italiano (Fig. 7.8), rientra nella **Zona Sismica n°2, caratterizzata da una pericolosità sismica media, dove possono verificarsi terremoti di forte intensità.**



**Fig. 7.8** - Macrozonazione sismica del territorio italiano e in particolare della Regione Campania

## **8. INDAGINI ESEGUITE**

Le indagini effettuate in sito, concordate con la Committenza nella quantità e nella tipologia, hanno consentito di acquisire elementi utili (anche se di massima) per la caratterizzazione del sottosuolo dell'area oggetto di studio.

In particolare, sono state eseguite:

- n.1 prova penetrometrica dinamica pesante (D.P.S.H)
- n.1 prova sismica di superficie (M.A.S.W.)
- n.1 prova sismica a rifrazione con metodo G.R.M.
- n.1 prova di permeabilità con metodo Lefranc.

Nei paragrafi successivi si riporta la descrizione delle caratteristiche delle attrezzature e delle metodologie adottate.

L'ubicazione delle prove è riportata nella Carta allegata alla presente Relazione.

Nella esecuzione delle indagini sono state impiegate attrezzature e strumentazioni molto affidabili i cui risultati sono ampiamente documentati nella Letteratura specifica esistente; i dati raccolti in sito sono stati poi elaborati al computer che ha anche fornito i relativi grafici.

Si riporta, di seguito, la descrizione delle suddette indagini.

### **8.1 – PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)**

Al fine di definire il comportamento geomeccanico dei terreni, è stata eseguita, come già detto, una prova penetrometrica dinamica pesante (DPSH) spinta fino ad una profondità geotecnica significativa di 13,20 m. rispetto all'attuale quota del piano campagna.

La prova è stata eseguita dalla Soc. INGE. s.r.l. di Castel Morrone (CE) via Taverna Vecchia n.19, in possesso del Decreto di Autorizzazione Ministeriale n°154 del 19/04/2011 per l'esecuzione e certificazione di prove geotecniche in sito settore C (vedi gli elaborati certificati in allegati). Il test penetrometrico identificato con la sigla **DPSH** (Dynamic Probing Super Heavy) della procedura ISSMFE è, come è noto, assimilabile alle prove S.P.T. (Standard Penetration Test). Lo strumento utilizzato è un penetrometro dinamico pesante modello TG 63-200 KN della Pagani le cui funzioni, caratteristiche tecniche, interpretazione dei dati e formule di correlazione sono di seguito descritte.

#### **Generalità**

La prova penetrometrica dinamica pesante consiste 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 dalla prova 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).

## **Caratteristiche**

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

- maglio peso  $Q = 63.50 \text{ Kg}$
- altezza caduta del maglio è costante ed è pari ad  $H = 75 \text{ cm}$
- peso testa, guida, ecc.  $q = 15 \text{ Kg}$
- lunghezza aste  $L = 1.00 \text{ metro}$
- peso delle aste  $6.00 \text{ Kg/m}$
- diametro della aste  $\phi = 32 \text{ mm}$
- angolo di apertura della punta  $\alpha = 60^\circ$
- diametro della base della punta conica  $D = 50.5 \text{ mm}$
- Area della punta  $20 \text{ cm}^2$
- la registrazione dei colpi  $N$  avviene ogni qual volta il gruppo di infissione ha un abbassamento nel terreno pari a  $30 \text{ cm}$
- Energia specifica del colpo  $7.9375 \text{ Kg/cm}^2$
- Coefficiente di correlazione con l'Nspt è  $1,01$ .

## **Interpretazione**

Diagrammando su un grafico cartesiano il numero di colpi  $N$  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 in bibliografia, si ricavano una serie di parametri identificativi quali la resistenza alla punta del penetrometro ( $R_p$ ), la resistenza a rottura non drenata che, opportunamente correlata, permette di quantificare l'angolo di attrito interno medio ( $\phi$ ) e la coesione non drenata ( $C_u$ ), il modulo edometrico ( $E_{ed}$ ) che fornisce le indicazioni sulla compressibilità dei terreni e la densità relativa ( $D_r$ ) per la determinazione dello stato di addensamento dei terreni.

Le caratteristiche geotecniche dei vari strati individuati vengono riportate in una tabella riassuntiva insieme al grafico e al listato del numero di colpi misurati ogni  $30 \text{ cm}$  (vedi allegati).

## **8.2 - PROVA SISMICA DI SUPERFICIE (MASW)**

Per valutare le caratteristiche geofisiche dell'area in esame e determinare il valore di  $V_{s30,eq}$  (*velocità equivalente nei primi 30 metri di profondità*) e la relativa Categoria Sismica di Sottosuolo, ai sensi

dell'OPCM 3274/03 e succ. mod. e D.M. 17/01/2018, è stata eseguita, dalla Soc. INGE srl, una prova sismica di superficie denominata M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh).

### **Analisi multicanale delle onde superficiali**

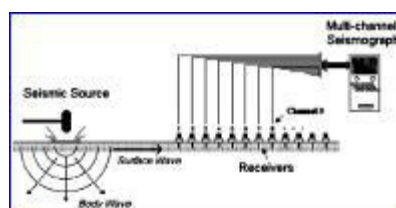
Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso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

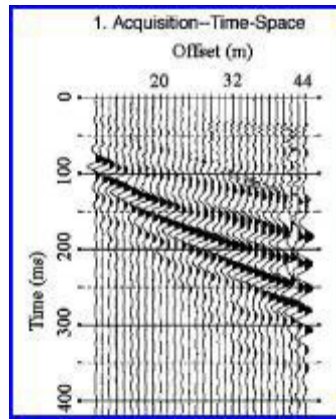
La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce 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 sorgente-geofoni;*

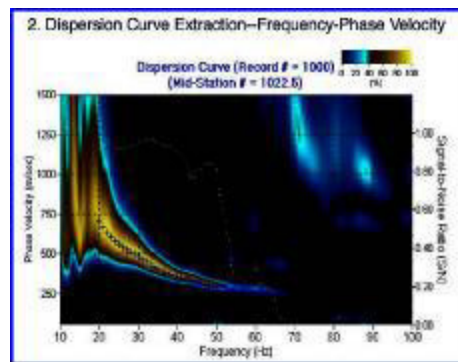


*Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.*



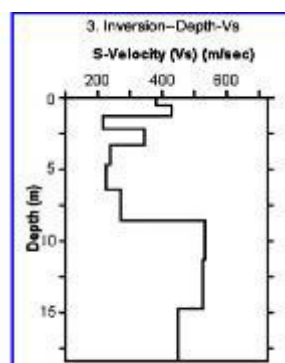
Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

- ◆ Estrazione del modo fondamentale ed eventualmente, 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 Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato del terreno



## 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.*

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 (compattibile con geofoni analogici a cui si sia frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto" - fino a 125 microsec (5000sp/s) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sp/s) con 6 can. Acquisizione continua - fino a 4000 microsec (250sp/s) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sp/s) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174000 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni limitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di Ingresso	2M Ohm @ 20Hz
Range Dinamico	144dB (sistema) > 117dB (istantaneo, misurato @ 1Hz)
Distorsione	0.30% @ 10kHz
Largh.Banda -3dB	6.5kHz @ 0.1sp/s - 0.27 kHz @ 1ksp/s
Largh.Banda +/-0.1dB	3.5 kHz @ 0.1ksp/s - 0.11 kHz @ 1ksp/s
Filtri	Passa Basso: 120-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-160-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esolab), segnale analogico (geofono start), starter piezoelettrico, trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-invoice (formato osciloscopio) / 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 (si fornisce Chiave)
Formato Dati	SEED, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	EVDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +60°C
Umidità	80% umidità relativa non condensante
Dimensioni	240mm x 19.5cm x 11cm
Peso	2 Kg

*Scheda tecnica Sismografo Gea 24*



*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 per l'energizzazione del terreno.

### Disposizione e caratteristiche dello stendimento

Lo stendimento è stato eseguito disponendo 24 geofoni da 4.50 Hz ad una distanza di 1 metro uno dall'altro, per una lunghezza complessiva di 23 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.

Si esegue una energizzazione con piastra metallica impattata da una 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.

### 8.3 - PROVA SISMICA A RIFRAZIONE CON METODO G. R. M.

Per definire le caratteristiche sismiche delle unità litologiche presenti nel sottosuolo in esame, è stata eseguita dalla Soc. INGE srl una prova sismica a rifrazione con metodo G. R. M.

È stato effettuato uno stendimento sismico, a 24 geofoni denominati R1, di lunghezza pari a 60 metri lineari; per lo stendimento sono stati realizzati due scoppi diretti, uno centrale e due scoppi inversi.

In particolare i geofoni sono stati posti alla distanza di 2.50 metri uno dall'altro (il primo coincide con la distanza pari a 0.00 metri dall'origine dello stendimento (**Zero**), mentre l'ultimo a 57.50 m. Sono stati poi realizzati 3 scoppi (il primo a - 2.50 m dall'origine dello stendimento), denominato (**D**), il secondo all'interno dello stendimento alla distanza di 28.75 m dall'origine dello stendimento, denominato (**C**), il terzo ubicato alla distanza di 60 m dall'origine dello stendimento, denominato (**I**).

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa riportante la lunghezza dello stendimento e l'ubicazione precisa degli scoppi realizzati.

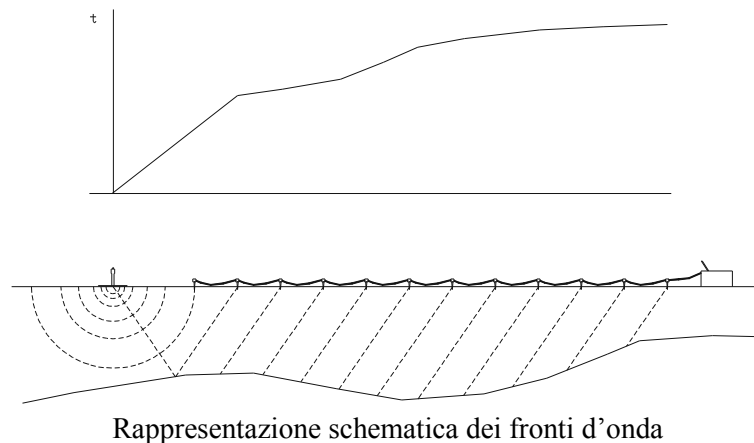
Sigla	Lunghezza stendimento (m)	Spaziatura intergeofonica n° 24 (m)	Scoppio 1 (m)	Scoppio 2 (m)	Scoppio 3 (m)
R1	60.00	2.50	D -2.50	C 28.75	I 60.00

Per tutte le prospezioni la posizione degli scoppi è riferita all'origine degli stendimenti eseguiti ossia allo **(Zero)**.

Per ogni stendimento la risposta sismica dei terreni è stata rilevata mediante l'utilizzo di un sismografo digitale PASI 16S24P a 24 canali di registrazione.

L'indagine geosismica è stata realizzata avvalendosi del metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel sottosuolo.

Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno, ogniqualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, masse battenti, ecc.).



Nel nostro caso sono stati creati artificialmente degli impulsi mediante l'utilizzo di una massa battente.

Quando il suolo viene energizzato artificialmente si propagano in esso vari tipi di onde sismiche, quelle superficiali di maggiore ampiezza e quelle più veloci longitudinali (onde P) e trasversali (onde S); tra tutte queste si utilizzano, per i nostri scopi, esclusivamente le più veloci onde P rifratte dalle varie unità del sottosuolo.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità a cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica.

Un limite invece è costituito dal fenomeno di mascheramento dovuto all'impossibilità di rivelare strati a bassa velocità sottostanti strati ad alta velocità o di rivelare strati di scarso spessore.

La presenza di uno strato a bassa velocità introduce errori nella valutazione della profondità dei rifrattori più profondi.

Tali errori possono correggersi tramite alcuni elementi di taratura forniti da sondaggi geognostici o da altri tipi di indagini dirette.

### ***Strumentazione utilizzata***

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

1. GEA24 - sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 can.) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno;
2. 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;
3. massa battente per l'energizzazione del terreno.

La descrizione e le caratteristiche della strumentazione sismica utilizzata sono riportate a pag. 32 e 33 della presente Relazione.

### ***Elaborazione dati***

L'algoritmo utilizzato dal programma di calcolo è stato pubblicato nel 1986 da Dereck e Palmer in un articolo dal titolo "The Generalized Reciprocal Methods of Seismic Refraction Interpretation" (Society of Exploration Geophysicists).

Mediante questa procedura di analisi dei dati è possibile ricostruire la morfologia del contatto fra il materiale di copertura e il substrato veloce e, a differenza di altre procedure, di valutare le variazioni di velocità in direzione orizzontale al suo interno.

Qualora i dati registrati siano di ottima qualità e il rifratore veloce mostri una morfologia sufficientemente mossa, è possibile ubicare correttamente in profondità il rifratore, anche in presenza di inversioni di velocità (strati lenti sottoposti a strati più veloci).

Per una corretta procedura di analisi è inoltre necessario che la linea sismica sia correttamente dimensionata in relazione alla profondità del rifratore di interesse.

Ciò consente di disporre di ampi tratti di progressive di sezione in cui il rifratore viene evidenziato sia con energizzazione diretta sia con energizzazione inversa.

Le procedure di filtraggio e l'applicazione delle opportune tecniche di riconoscimento dei primi arrivi consentono di riconoscere il fronte d'onda rifratto e di procedere ad una interpretazione affidabile.

### ***8.4 - PROVA DI PERMEABILITA' (metodo Lefranc)***

Al fine di determinare le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in esame, è stata effettuata una prova di permeabilità in foro adottando il metodo Lefranc.

La prova è stata eseguita negli spessori di terreni sopra la falda ed è stata adottata la metodologia Lefranc, a carico variabile, secondo gli schemi di riferimento dell'Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (1977)".

La prova di permeabilità Lefranc permette di stimare il coefficiente di permeabilità di un terreno superficiale e non roccioso; può essere eseguita in pozzetti di forma cilindrica o a base quadrata e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili; nel nostro caso, la prova è stata eseguita all'interno di uno scavo (foro) di forma quadrata, eseguito con mezzo meccanico, di profondità pari a 70 cm dal p.c.; alla base dello scavo è stato realizzato un pozzetto quadrato di dimensioni B=30 cm, L=30 cm e H=30 cm.

Successivamente il foro è stato riempito d'acqua e poi misurata la velocità di abbassamento del livello in funzione del tempo (prove a carico variabile).

Le coordinate del punto di ubicazione della prova sono le seguenti:

**Lat. 41.129070      Long 13.980530**

Quindi, come già accennato in precedenza, la prova di permeabilità consiste nell'effettuare alcune letture di livello dell'acqua in foro (h) a certi intervalli di tempo (t) annotando sia il livello dell'acqua sia il tempo di ciascuna lettura. Il foro è stato riempito d'acqua fino alla sommità e successivamente si è misurato il livello dell'acqua all'interno del foro stesso (senza immissioni) a distanza variabile di 5'', 10'', 20'', 30'', 1', 2', 5', 10', 15', 20' fino all'esaurimento del medesimo.

In sintesi le prove sono state eseguite secondo le seguenti modalità:

- riempimento con acqua del foro, fino alla sommità;
- interruzione dell'immissione di acqua;
- misura nel tempo della diminuzione del livello dalla testa del foro fino alla stabilizzazione.

I risultati ottenuti hanno consentito di determinare il **Coefficiente di Permeabilità (K)** adottando la Relazione nota in Letteratura, che tiene conto delle dimensioni del foro, dell'altezza dell'acqua all'interno e della variazione del livello dell'acqua nel tempo; il calcolo della permeabilità è stato eseguito su un intervallo di tempo ritenuto significativo; la Relazione è la seguente:

$$K = \frac{A}{C_L \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

*A = Area di base del foro;*

*h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> = Altezza dei livelli d'acqua agli istanti t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub>;*

*t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> = Tempi ai quali si misurano h<sub>1</sub> e h<sub>2</sub>;*

*C<sub>L</sub> = Coefficiente di forma.*

In allegati si riporta la scheda su cui sono rappresentati lo schema geometrico dello scavo, i dati del pozzetto e il valore del Coefficiente di Permeabilità.

## 9. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

### 9.1 Caratterizzazione geotecnica

La prova DPSH eseguita nell'area in esame ha consentito, *in modo puntuale*, di definire le caratteristiche geotecniche degli orizzonti litostratigrafici e i corrispondenti valori dei parametri geomeccanici.

La stratigrafia locale del sito investigato si inquadra perfettamente con quanto già noto sulla Geologia della zona; il confronto del diagramma penetrometrico (DPSH) con i risultati del profilo sismico a rifrazione, ha consentito di conoscere in dettaglio la costituzione del sottosuolo. Trattasi, come già detto, di terreni alluvionali costituiti da alternanze di depositi limo-argillosi e limo-sabbiosi con presenza di inclusi di natura piroclastica; al di sotto di tali orizzonti si rinvengono elevati spessori di materiali argillosi.

Dall'esame dei dati forniti dalla prova **DPSH** si evince una correlazione tra il Numero di colpi (**N**) necessari all'avanzamento di 30 cm la punta penetrometrica e il Numero di colpi SPT equivalenti (**Nspt**) cioè il risultato che si sarebbe ottenuto effettuando prove SPT in foro (Standard Penetration Test); si ricorda che il coefficiente di correlazione tra N e Nspt è 1,01.

Nella seguente tabella si forniscono gli spessori litostratigrafici individuati, la descrizione litologica degli stessi e il valore medio di Nspt (media Numero dei colpi).

Schematicamente il sottosuolo investigato viene suddiviso in cinque diversi orizzonti stratigrafici di seguito riportati:

#### ***STRATIGRAFIA e valori di Nspt***

<b><i>PROFONDITA' IN METRI DAL P.C.</i></b>	<b><i>LITOLOGIA</i></b>	<b><i>MEDIA NUMERO COLPI (N) N = Nspt</i></b>
<b>Orizzonte A</b> 0.00 – 0.60	Terreno vegetale	///////
<b>Orizzonte B</b> 0.60 – 2.40	Materiale di natura alluvionale: limi, sabbie fini e sabbie limose.  <i>Granulometria: sabbia e limi</i> <i>Stato di addensamento: molto sciolto</i>	Nspt = 2

<b>Orizzonte C</b> 2.40 – 3.00	Livello di limi sabbiosi e limi argillosi.  <i>Granulometria: limi sabbiosi</i> <i>Stato di addensamento: sciolto</i>	Nspt = 6
<b>Orizzonte D</b> 3.00 – 9.30	Vari strati di sabbie, limi e sabbie ghiaiose con inclusioni di piccole pomici.  <i>Granulometria: sabbia e ghiaia</i> <i>Stato di addensamento: molto sciolto</i>	Nspt = 3
<b>Orizzonte E</b> 9.30 – 13.20	Strato di sabbie limose e limi-argillosi.  <i>Granulometria: limi e argille</i> <i>Stato di addensamento: sciolto</i>	Nspt = 7

*Legenda: Nspt = Numero colpi Spt equivalenti (coefficiente di correlazione tra N e Nspt è 1,01)  
p . c. = attuale piano campagna*

Di seguito si riportano i valori dei parametri geotecnici in funzione di Nspt (alcuni valori sono bibliografici\*) riferiti agli orizzonti litostratigrafici individuati ed espressi nella precedente tabella.

#### **VALORI DEI PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>Orizzonte</b> <i>stratigrafico</i>	<b>Nspt</b> <i>Media numero colpi</i>	<b>Rp</b> <i>Media Resistenza alla punta (Kg/cmq)</i>	<b><math>\Phi</math></b> <i>Angolo di attrito (gradi)</i>	<b>Dr</b> <i>Densità relativa (%)</i>	<b>E</b> <i>Modulo di deform. o edometrico (Kg/cmq)</i>	<b>C*</b> <i>Coesione (Kg/cmq)</i>	<b><math>\gamma^*</math></b> <i>Peso di volume (g/cm<sup>3</sup>)</i>
<b>A</b>	---	---	---	---	---	---	---
<b>B</b>	<b>2</b>	8	25	24	24	0,00	1,20
<b>C</b>	<b>6</b>	23	30	43	69	0,00	1,40
<b>D</b>	<b>3</b>	10	28	31	30	0,00	1,30
<b>E</b>	<b>7</b>	21	31	46	63	0,00	1,40

*NOTE: \* valori bibliografici; il valore della coesione (C=0) è riferito a terreni di natura granulare*

Analizzando i dati espressi nelle precedenti tabelle si può notare che con la profondità varia sia lo stato di addensamento che i valori dei parametri geotecnici dei litotipi investigati; difatti i terreni, al di sotto dello spessore di terreno vegetale (orizzonte A), sono caratterizzati da uno scarso grado di addensamento e scadenti valori dei parametri geotecnici fino a circa 9,30 m di profondità rispetto all'attuale quota del piano campagna (orizzonti B, C e D delle tabelle); seguono strati sabbiosi e limo-sabbiosi in parte argillosi caratterizzati da un modesto grado di addensamento e mediocri valori dei parametri geomeccanici fino alla profondità investigata di 13,20 m dal p.c. (orizzonte E delle tabelle).

## 9.2 Caratterizzazione sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 aggiornamento delle **"Norme Tecniche per le Costruzioni"** (NTC 2018), per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni da determinare con specifiche indagini e prove (§3.2.2 delle NTC 2018).

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

La classificazione di sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e 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, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato (H) 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, come nel nostro caso, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  che si ottiene ponendo



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

Pertanto, dai risultati della prova sismica MASW effettuata nell'area in esame, sono stati individuati tre sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S ( $V_s$ ) i cui risultati sono riportati nella seguente tabella (per dettagli vedi l'elaborazione della prova in allegati):

PROFONDITA' z (m)	SPESSORE h (m)	$V_s$ (m/s)
da 0.00 a – 8.00	8.00	140
da – 8.00 a – 18.00	10.00	250
da – 18.00 a – 35.00	17.00	300

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S ( $V_s$ ) portano alla determinazione di un valore di  $V_{S30,eq}$  (velocità equivalente nei primi 30 metri di profondità) pari a **219 m/s**; tale valore risulta compreso tra 180 e 360 m/s per cui l'area in esame appartiene sismicamente ad una **Categoria di Sottosuolo di tipo C**.

*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 (NTC 2018).*

Dai risultati della prova sismica a rifrazione con metodo G.R.M., sono stati rilevati due strati di terreno con diverse velocità delle onde P e quindi diverso comportamento sismico.

Il primo strato, dello spessore variabile dai 7.00 agli 8.00 metri dal p.c., è caratterizzato da una velocità media delle onde P di circa 271,96 m/sec, mentre il secondo strato di spessore 22.00-23.00 metri è caratterizzato da una velocità media delle onde P di 534,55 m/sec (Fig. 9.3.1).

Tali velocità indicano un evidente contrasto di caratteristiche fisico-meccaniche tra i terreni presenti nel sottosuolo esaminato; difatti il primo strato si presenta scarsamente consistente, mentre il secondo presenta caratteristiche fisico-meccaniche decisamente migliori (vedi Tab. 9.3.2).

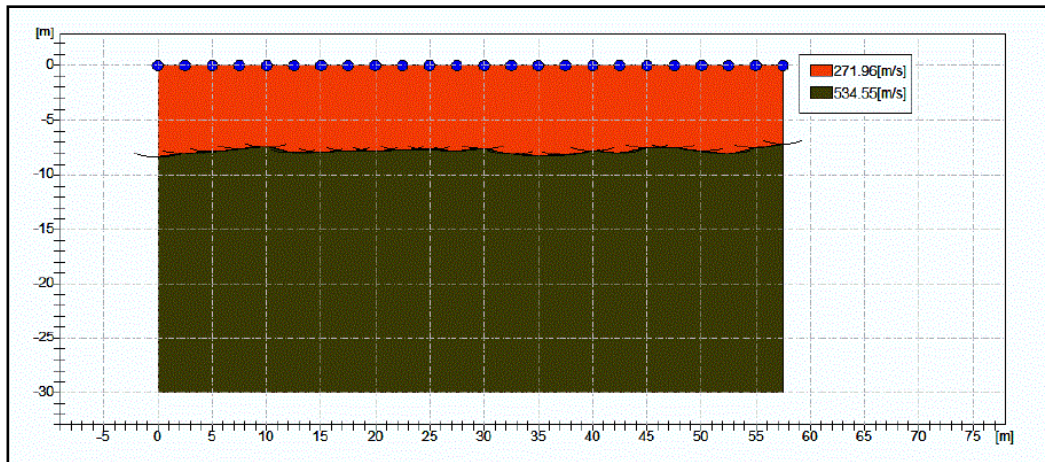


Fig. 9.3.1 – Modello interpretativo di Vp (velocità onde P)

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	271.96	534.55
Vs [m/s]	130.65	256.79
G0 [MPa]	30.72	118.69
Ed [Mpa]	133.14	514.34
M0 [MPa]	102.41	395.65
Ey [Mpa]	82.95	320.48

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;

Tab. 9.3.2 – Tabella dei parametri geotecnici

### 9.3 Caratterizzazione idrogeologica

La prova di permeabilità con il metodo Lefranc ha permesso di determinare il valore del Coefficiente di Permeabilità (K), adottando la Relazione nota in Letteratura (cfr. a pag. 36), utile per classificare i terreni dal punto di vista granulometrico.

I valori della prova eseguita sono riportati nella seguente tabella (Tab. 9.4.1)

Prova, n°	Tratto Indagato, m	Coeff. di Permeabilità, m/sec	Coeff. di Permeabilità, cm/sec
1	0,70 – 1,00	$3,64 \times 10^{-4}$	$3,64 \times 10^{-2}$

Tab. 9.4.1 – Risultato Prova LeFranc

Come si evince dalla Tabella 9.4.2 il valore del Coefficiente di Permeabilità indica la presenza di terreni con un **grado di permeabilità medio**.

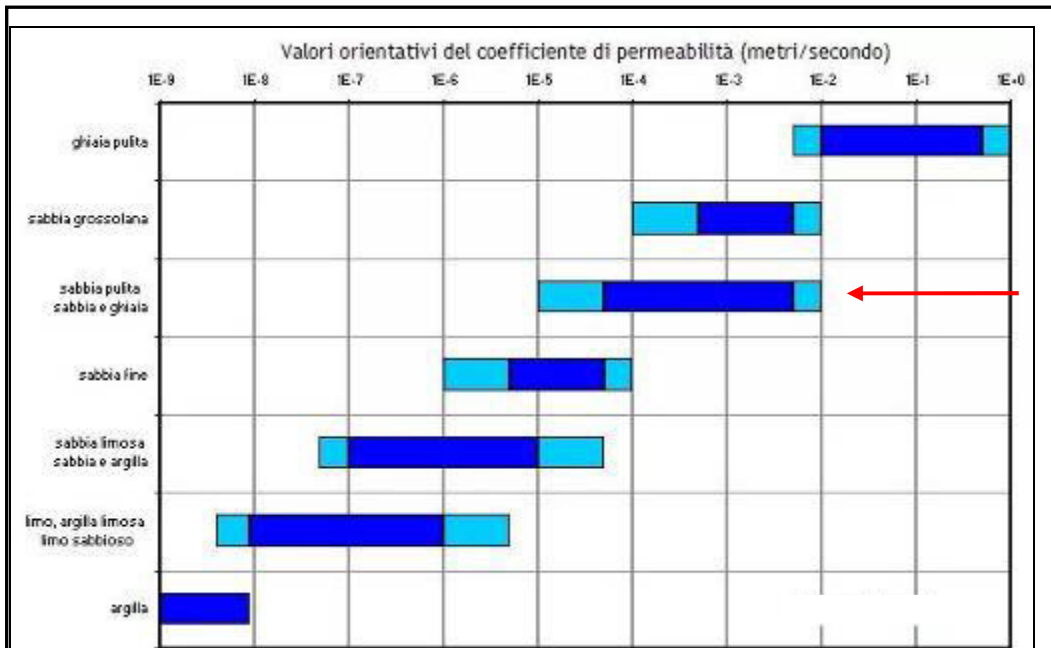
Grado di permeabilità	Valore di K	
	(m/s)	(cm/s)
Alto	$K > 10^{-3}$	$K > 10^{-1}$
Medio	$10^{-3} < K < 10^{-5}$	$10^{-1} < K < 10^{-3}$
Basso	$10^{-5} < K < 10^{-7}$	$10^{-3} < K < 10^{-5}$
Molto basso	$10^{-7} < K < 10^{-9}$	$10^{-5} < K < 10^{-7}$
Impermeabile	$K < 10^{-9}$	$K < 10^{-7}$

Tab. 9.4.2 – Grado di permeabilità

Inoltre dall'analisi del valore del Coefficiente di Permeabilità si evince che i terreni in esame rientrano, dal punto di vista granulometrico, nel campo delle sabbie aventi una buona capacità di drenaggio (vedi Tabelle 9.4.3 e 9.4.4).

k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio	basso			molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono				povero				praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita		sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
					terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo							

Tab. 9.4.3 – Permeabilità e capacità drenante dei terreni



Tab. 9.4.4 - Valori orientativi del coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec per terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille

## 10. CONCLUSIONI

Il presente Studio Geologico propedeutico al Progetto Definitivo della nuova Stazione RTN “Grazzanise” nel Comune di Falciano del Massico (CE), ha avuto lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell’area interessata dall’opera di progetto.

Dopo aver effettuato un rilevamento geologico di superficie esteso in un’ampia zona circostante l’area strettamente in esame, al fine di conoscere le caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni del sottosuolo in esame sono state eseguite le seguenti prove in sito: DPSH, MASW, sismica a rifrazione (metodo G.R.M.) e prove di permeabilità (metodo Lefranc).

Per la redazione delle presente Relazione sono stati, inoltre, consultati i principali lavori noti in Letteratura e analizzata la Cartografia di dettaglio.

Sulla base delle informazioni bibliografiche e degli elementi acquisiti e descritti nei paragrafi precedenti, è possibile trarre le seguenti conclusioni e valutazioni:

- I terreni dell’area oggetto di studio sono depositi alluvionali di colmata della Piana del Volturno costituiti essenzialmente da sabbie, limi, sabbie limose e limi argillosi.
- L’area in esame, situata ad una quota topografica di circa 8-9 m s.l.m., si presenta nel complesso pianeggiante e non interessata da movimenti franosi sia superficiali che profondi (in atto o potenziali) per cui si ritiene geomorfologicamente stabile.
- L’area oggetto di studio non ricade nella fascia a rischio frane come evidenziato nella “Carta Rischio Frana” del PSDA redatta dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno e non rientra nella Fascia R (Fascia Retroarginale) con grado di potenziale instabilità legato alla distanza dal Fiume Volturno (vedi gli stralci cartografici in allegati).
- Dal punto di vista Idrogeologico, l’area in esame fa parte della “Unità Idrogeologica della Piana Campana”; dai dati riportati in bibliografia si evince che le differenti caratteristiche granulometriche e di permeabilità che si rinvencono nei terreni del sottosuolo determinano una continuità idraulica tra i materiali piroclastico-alluvionali dell’acquifero di base e i sovrastanti terreni alluvionali più recenti per cui la falda risulta semiconfinata o libera; la falda acquifera superficiale (di scarsa produttività) si rinviene ad una profondità variabile tra i 2,00-3,00 metri dal p.c., profondità suscettibile di oscillazioni stagionali tra il periodo estivo e quello invernale, mentre una cospicua falda basale si rinviene intorno ai 20,00 metri dal p.c. (*cf. a pag. 21*).
- In riferimento alla Pericolosità e Rischio Alluvione, si fa presente che l’area in esame non rientra nelle “Aree a Pericolosità Alluvione” e nelle “Aree a Rischio Alluvione” come rilevato

dal Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA – II ciclo 2016-2021) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (*cf. a pag. 21 e 22*).

- La stratigrafia, ricavata dall'esecuzione della prova penetrometrica e della prova di permeabilità, ha confermato la presenza nel sottosuolo di terreni sabbiosi e limosi e limo-argillosi; per la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei litotipi attraversati, si rimanda alla descrizione delle tabelle presenti a *pagg. 37 e 38* della presente Relazione.
- Dal punto di vista Sismico, il territorio del Comune di Falciano del Massico (CE) è classificato Zona Sismica di II<sup>^</sup> Categoria e riclassificato secondo l'OPCM 3274/03 ZONA SISMICA N°2; nell'area di stretto interesse di studio è stata effettuata una prova sismica di superficie (**MASW**) al fine di procedere alla caratterizzazione e classificazione sismica dei terreni in ottemperanza all'OPCM 3274/03 e s.m. e D.M. 17/01/2018; i risultati sismici ottenuti hanno permesso di ricavare il valore  $V_{s30,eq}$  (*velocità equivalente nei primi 30 metri di profondità*); tale valore ( $V_{s30,eq} = 219$  m/sec) risulta compreso tra 180 e 360 m/sec per cui l'area in esame appartiene sismicamente ad una **Categoria di Sottosuolo di tipo C**.
- La prova sismica a rifrazione con metodo G.R.M., effettuata nell'area in esame, ha permesso di rilevare due strati di terreno con diverse velocità delle onde P e quindi diverso comportamento sismico; tali velocità indicano un evidente contrasto delle caratteristiche fisico-meccaniche tra i terreni superficiali che si presentano da scarsamente a mediamente addensati rispetto a quelli più profondi che presentano caratteristiche fisico-meccaniche decisamente migliori.

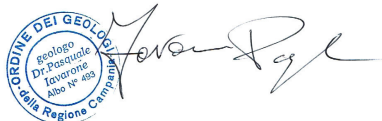
***Per quanto detto in riferimento alle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni investigati, si conferma la compatibilità geologica del progetto della nuova Stazione RTN.***

*Tanto per l'incarico ricevuto*

Parete (CE), Febbraio 2022

#### I GEOLOGI

*Dott. Pasquale Iavarone*



*Dott. Vincenzo Iavarone*



## BIBLIOGRAFIA

**Ascione A., Amoroso O., Mazzoli S., Virieux J., Zollo A. (2013)** - Seismic imaging of a fluid storage in the actively extending Apennine mountain belt, southern Italy – Geoph. Res. Lett.: Volume 41, Issue 11, pag. 3802–3809.

**Aprile F., Ortolani F. (1978)** - Nuovi dati sulla struttura profonda della Piana Campana a Sud Est del Fiume Volturno - Boll. Soc. Geol. It., 97,591-608.

**Barberi F., Innocenti F., Lirer L., Munno R., Pescatore T., Santacroce R. (1978)** – The Campanian Ignimbrite: a Major Prehistoric Eruption in the Neapolitan Area (Italy). – Bull. Vulcanol., 41-1, 1-22.

**Biggiero V., Fiorentino M., Pianese D. (1994)** - *Analisi dell'evoluzione d'alveo del tronco vallivo del fiume Volturno*. Atti del Meeting Annuale UU.OO. MURST 40% “Processi Fluviali: osservazioni analisi e controllo”, Padova, 10/1992: 48 pp.

**Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N., Santo A. (1991)** – Geomorfology and neotectonic evolution of a sector of the tyrrhenian flank of the southern Appennines (region of Naples, Italy) – Z. Geom.,82. Suppl. Bd. 47-58.

**Brocchini D., Principe C., Castradori D., Laurenzi M. A., Gorla L. (2001)** - Quaternary evolution of the southern sector of the Campanian Plain and early Somma-Vesuvius activity: insights from the Trecase 1 well – Mineralogy and petrology, Volume 73, Issue 1–3, pp 67–91.

**Bruno G., Cippitelli G., Rapolla A. (1998)** - Seismic study of the Mesozoic carbonate basement around Mt. Somma – Vesuvius, Italy. Journal of Volcanology and Geothermal research 84, 311-322.

**Budetta P., Celico P., Corniello A., De Riso R., Ducci D. & Nicotera P. (1994)** - *Carta idrogeologica della Campania 1/200.000 e relativa memoria illustrativa*. Atti IV Geoen지니어ing International Congress: Soil and Groundwater Protection, Geda, 2: 565-586.

**Cassano E., La Torre P. (1987)** - Geophysics in Somma-Vesuvius - Quaderni della Ricerca Scientifica, CNR, 8,175-196.

**Celico P. (1983)** - *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania)*. Quaderni CASMEZ. 4/2: 225 pp..

**Celico P., Civita M., Corniello A. (1977)** - *Idrogeologia del margine nord-orientale della Conca Campana (Massicci dei Tifantini e del M. Maggiore)*. Mem. eNote Ist. Geol. Appl., 13: 29 pp.

**Cinque A. & Romano P. (2001)** - *Evoluzione geomorfologica e caratterizzazione oro-idrografica della Regione*. In L'ambiente geologico della Campania, a cura di A. Vallario, CUEN: 59-90.

**Corniello A., De Riso R., Ducci D. (1990)** - *Idrogeologia e idrochimica della Piana Campana*. Mem. Soc. Geol. It., 45: 351-360.

**Corniello A. (1988)** - *Considerazione idrogeologiche su talune acque minerali e termominerali della Provincia di Caserta*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 1053-1063.. **CORNIELLO A. (1994)** - *Lineamenti idrogeochimici dei principali massicci carbonatici della Campania*. Mem. Soc. Geol. It., 51: 333-342..

**Corniello A., Ducci D., Trifuoggi M., Rotella M., Ruggeri M. (2010)** – Idrogeologia e idrogeochimica della piana campana compresa tra il Mt. Massico e il F. Volturno (Campania) - Italian Journal of Engineering Geology and Environment,1.

**Corrado G., Amodio S., Aucelli P., Pappone G., Schiattarella M. (2020)** – The subsurface geology and landscape evolution of the Volturno Coastal Plain, Italy - Water 2020,12,3386.

- De Vivo, B., Rolandi, G., Gans, P.B., Calvert, A., Bohron, W.A., Spera, F.J., Belkin A.E. (2001)** – New constraints on the pyroclastic eruption history of the Campanian volcanic plain (Italy) – *Mineral. Petrol.* 73, 47–65.
- Del Prete S., De Riso R., Santo A. (2004)** - *Primo contributo sui sinkhole di origine naturale in Campania*. Atti I Conv. “Stato dell’arte sullo studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle Amministrazioni statali e locali nel governo del territorio”, 20-21 maggio 2004, APAT: 361-376.
- Di Girolamo, P., Ghiara, M.R., Lirer, L., Munno, R., Rolandi, G. Stanzione, D. (1984)** – Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei. – *Boll. Soc. Geol. It.* 103, 349- 413.
- Faccenna C., Florindo F., Funicello R. & Lombardi S. (1993)** - *Tectonic setting and sinkhole features: case histories from Western Central Italy* - *Quaternary Proceedings*, 3: 47-56.
- Fisher R.V., Orsi G., Ort. M., Heiken, G., (1993)** - Mobility of large volume pyroclastic flow emplacement of the Campanian Ignimbrite, Italy - *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 56, pp. 205-220.
- Ippolito F., Ortolani F., Russo M. (1973)** - Struttura marginale tirrenica dell’Appennino Campano: reinterpretazione di dati di ricerche di idrocarburi. - *Mem. Soc. Geol. It.*,12, 228-249.
- Lirer L., Mastrolorenzo G., Rolandi G. (1987)** – Un evento pliniano nell’attività recente dei Campi Flegrei – *Boll. Soc. Geol. It.*, 106, 461-473(a); 106, 447-460 (b).
- Orsi G., Cuna L., De Astis G., De Vita S., Di Vito M.A., Isaia R., Nave R., Pappalardo L., Piochi M., Postiglione C., Sansivero F. (1999)** – I vulcani napoletani: pericolosità e rischio – Editore dall’Osservatorio Vesuviano, Napoli.
- Rolandi G., Bellucci F., Heizler M., T., Belkin, H., E., De Vivo B. (2003)** - Tectonic controls on the genesis of ignimbrites from the Campanian Volcanic Zone Southern Italy. - *Mineralogy and Petrology*, 79, pp. 3-31.
- Romano P., Santo A. & Voltaggio M. (1994)** - *L’evoluzione morfologica della pianura del Fiume Volturno (Campania) durante il tardo Quaternario (Pleistocenemedio-superiore / Olocene)*. *Il Quaternario*, 7 (1): 41-56.
- Rosi M., Sbrana A. (1987)** – Phlegrean Fields - CNR, Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, 1-175.
- Scherillo A., Franco E., Di Girolamo P., Stanzione D. (1965)** - *Guida alle “forme crateriche” della Campania settentrionale*. Atti Accademia Pontaniana: 49-52.
- Scandone R., Bellucci F., Lirer L., Rolandi G. (1991)** – The structure of the Campanian Plain and the activity of the Neapolitanvolcanoes (Italy). – *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 48, 1-31.



# Comune di Falciano del Massico (CE)


Committente: Soc. Hybrid Energy S.r.l.


Oggetto: Realizzazione della Stazione RTN

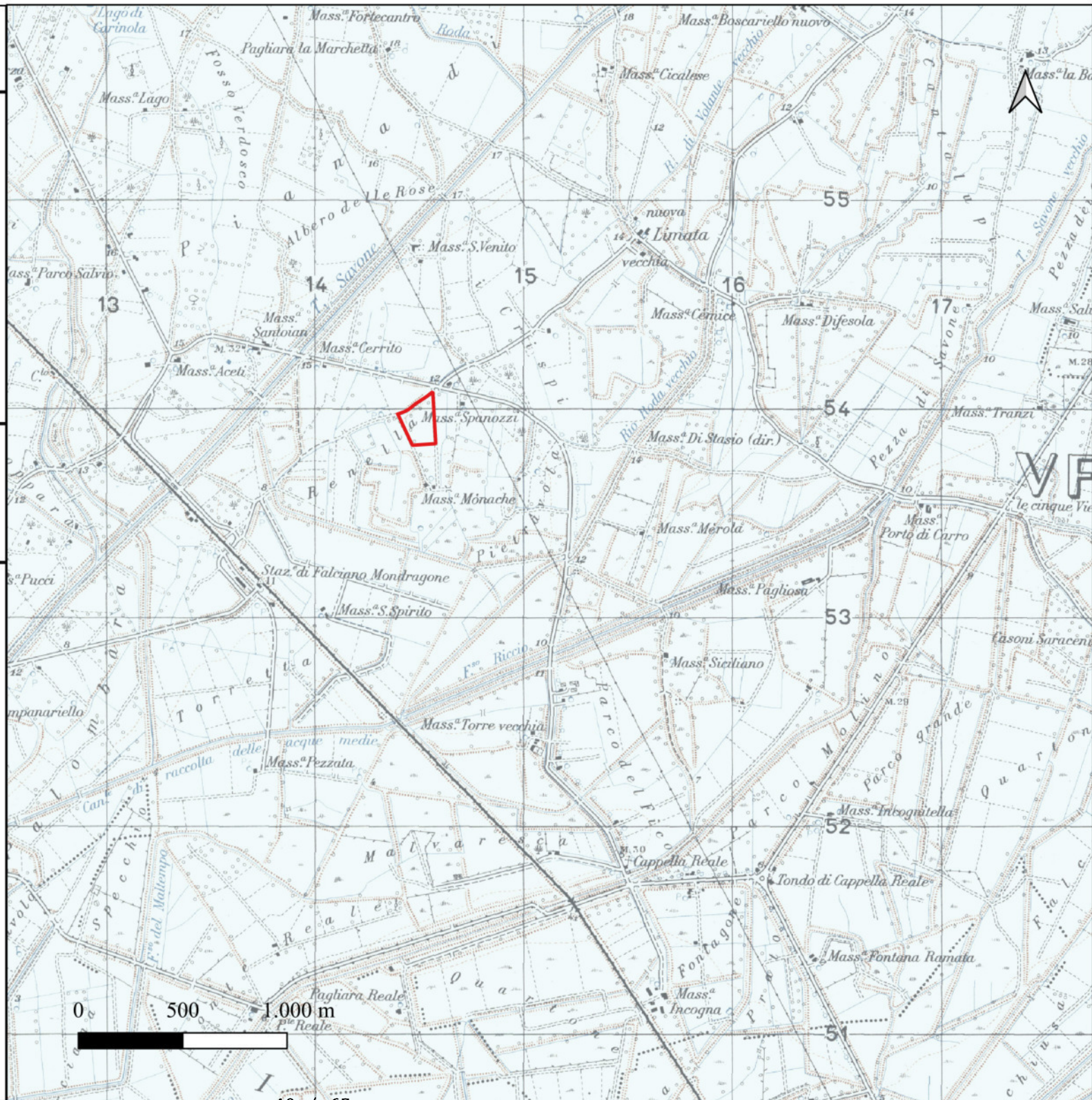
Dati catastali: Foglio 117 P.IIa 5004 del Comune di Carinola (CE)

## Carta Geologica in scala 1:25.000

### Legenda

 Limite area in esame

 R1 - Detriti, depositi alluvionali e fluvioacustri, spiagge attuali (Olocene)



# Comune di Falciano del Massico (CE)

Committente: Soc. Hybrid Energy S.r.l.

Oggetto: Realizzazione della Stazione RTN

Dati catastali: Foglio 117 P.IIa 5004 del Comune di Carinola (CE)

## Carta Geolitologica in scala 1:25.000

### Legenda

— Limite area in esame

Carta geolitologica d'Italia

■ Alluvioni e terreni misti



# Comune di Falciano del Massico (CE)


Committente: Soc. Hybrid Energy S.r.l.

Oggetto: Realizzazione della Stazione RTN

Dati catastali: Foglio 117 P.IIa 5004 del Comune di Carinola (CE)


## Carta dei Complessi Idrogeologici

### Legenda








 Area in esame

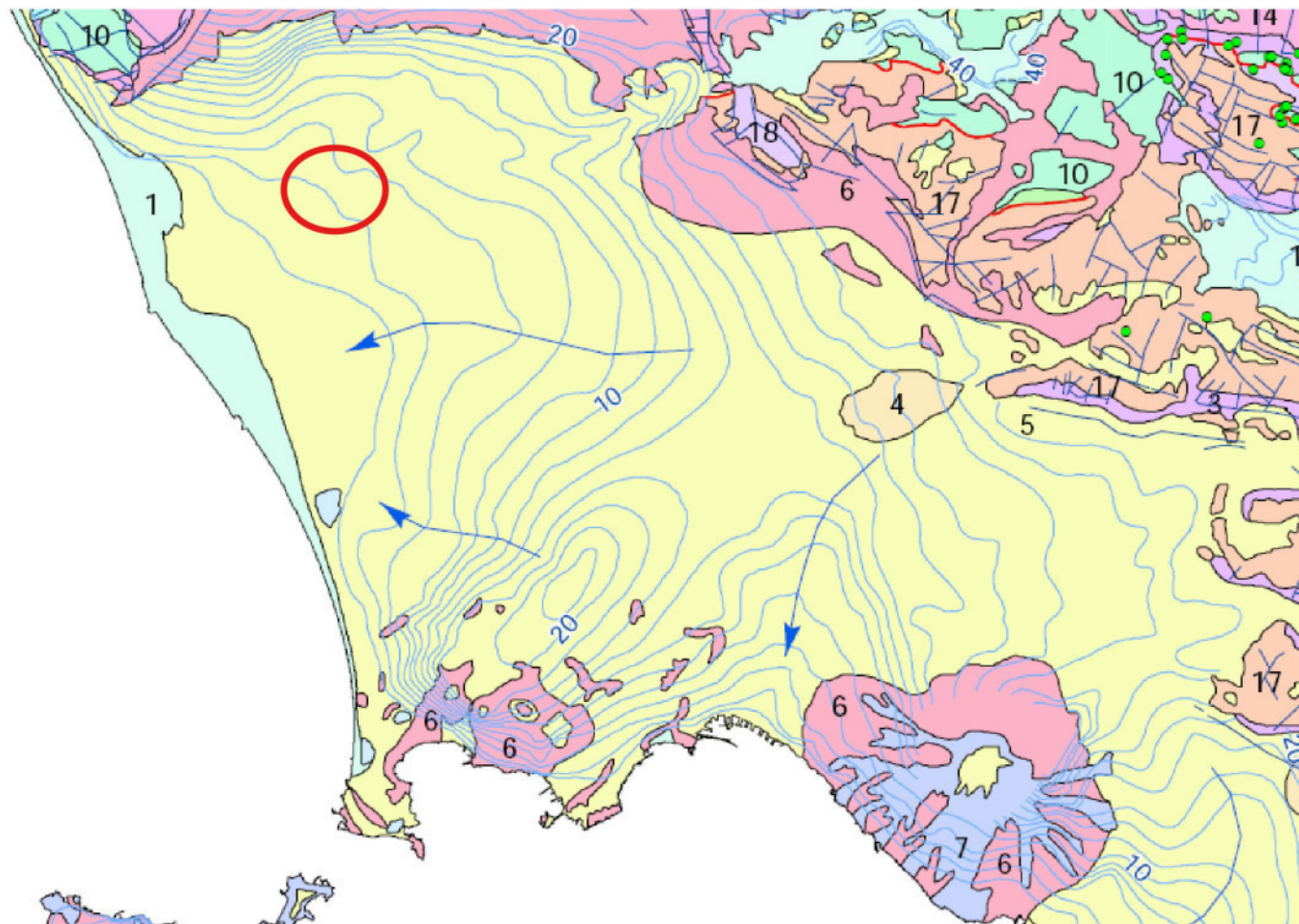
 Sorgenti potabili

 Piezometriche

 Assi di drenaggio

### Complessi Idrogeologici

-  1. Complesso alluvionale-costiero
-  2. Complesso lacustre
-  3. Complesso dei depositi epiclastici continentali
-  4. Complesso dei travertini
-  5. Complesso delle piroclastiti da caduta
-  6. Complesso delle piroclastiti da flusso
-  7. Complesso delle lave



# Comune di Falciano del Massico (CE)


Committente: Soc. Hybrid Energy S.r.l.

Oggetto: Realizzazione della Stazione RTN

Dati catastali: Foglio 117 P.IIa 5004 del Comune di Carinola (CE)

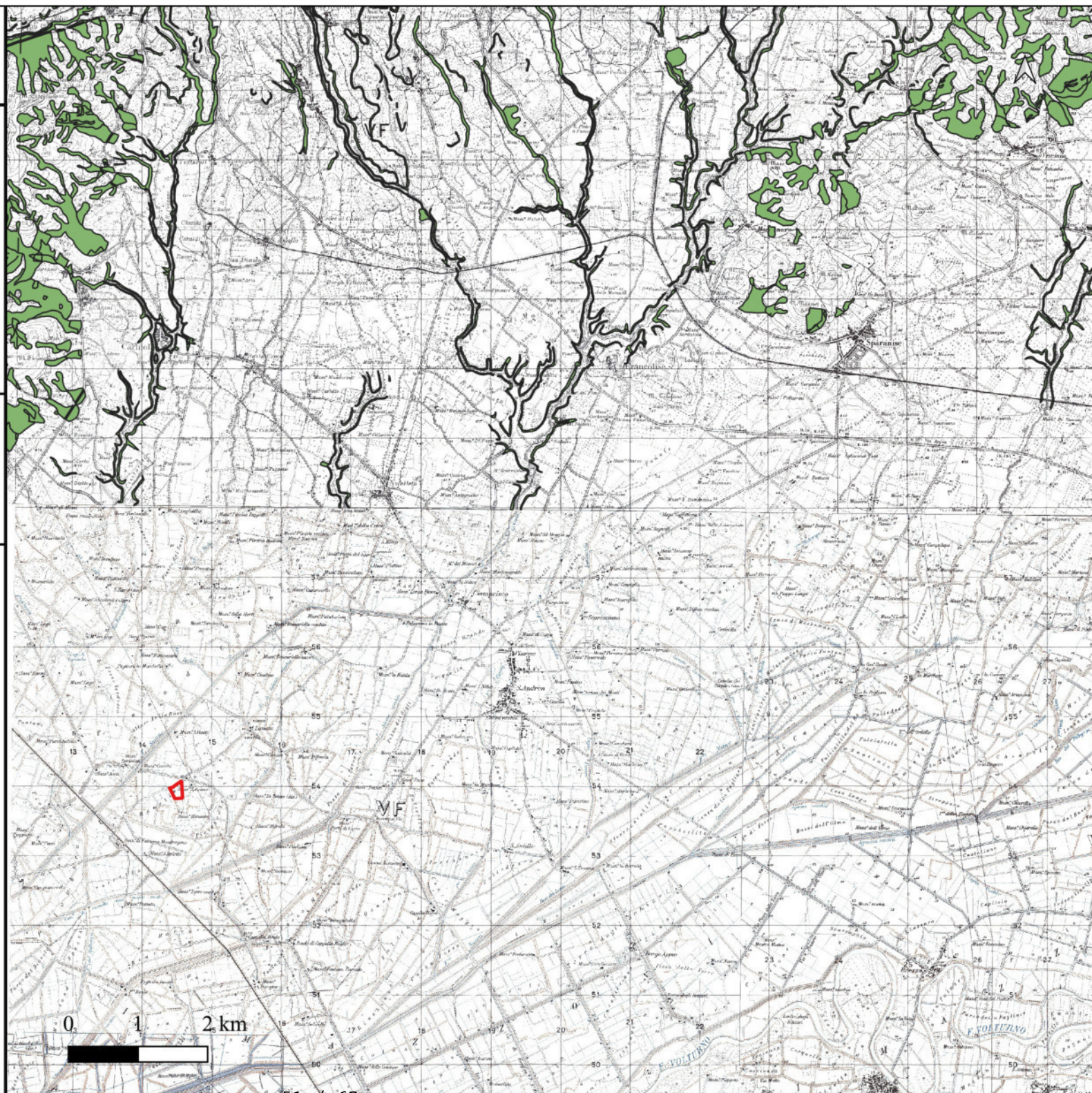
## Carta Rischio Frana Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PSAI) in scala 1:75.000

### Legenda

 Limite area in esame

 RISCHIO FRANA

 NESSUN RISCHIO



# Comune di Falciano del Massico (CE)

Committente: Soc. Hybrid Energy S.r.l.

Oggetto: Realizzazione della Stazione RTN

Dati catastali: Foglio 117 P.lla 5004 del Comune di Carinola (CE)

## Carta Rischio Alluvioni Piano Assetto Idrogeologico (PAI) in scala 1:25.000

### Legenda

- Limite area in esame
- Rischio alluvione - PAI
  - ▨ Area retroarginale
  - Nessun rischio





# Comune di Falciano del Massico (CE)

Committente: Soc. Hybrid Energy S.r.l.

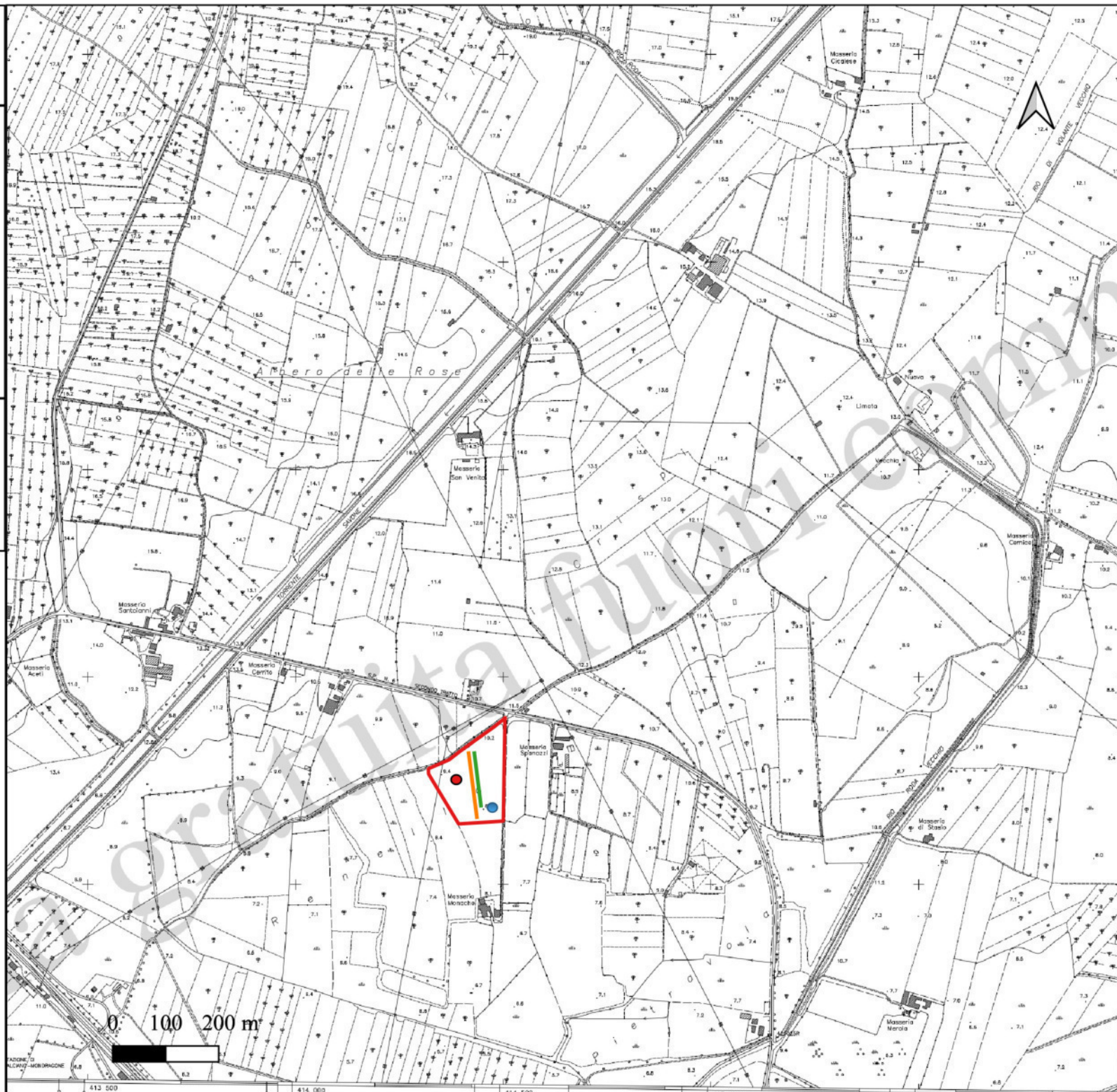
Oggetto: Realizzazione della Stazione RTN

Dati catastali: Foglio 117 P.IIa 5004 del Comune di Carinola (CE)

## Carta Ubicazione indagini in scala 1:10.000

### Legenda

- Limite area in esame
- Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH
- Profilo Sismico a rifrazione
- Indagine Sismica MASW
- Prova di permeabilità



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: Soc. HYBRID ENERGY Srl

Id Int. 307 / 21

Cantiere: Comune di Falciano del Massico (CE) STAZIONE RTN in catasto al F.117 P.Illa 5004 del Comune di Carinola (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.129540 / E13.980670 Data esecuz. prova: 15/07/2021

Prova (n): **DPSH 01**

Certificato n°

del 05/08/2021

### VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)
0.30	11	9.30	4						
0.60	7	9.60	6						
0.90	4	9.90	6						
1.20	2	10.20	7						
1.50	2	10.50	6						
1.80	1	10.80	8						
2.10	1	11.10	7						
2.40	1	11.40	5						
2.70	6	11.70	7						
3.00	12	12.00	8						
3.30	2	12.30	7						
3.60	2	12.60	9						
3.90	3	12.90	9						
4.20	3	13.20	9						
4.50	5								
4.80	3								
5.10	2								
5.40	2								
5.70	3								
6.00	5								
6.30	4								
6.60	3								
6.90	3								
7.20	3								
7.50	4								
7.80	4								
8.10	4								
8.40	4								
8.70	5								
9.00	6								

IL RESPONSABILE DI SITO

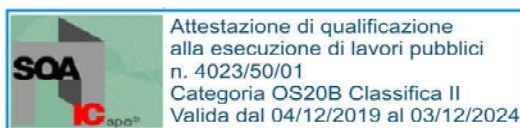
IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Riello



Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)  
Tel e Fax 0823399115/961  
www.ingesrl.it - info@ingesrl.it





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: Soc. HYBRID ENERGY Srl

Id Int. 307 / 21

Cantiere: Comune di Falciano del Massico (CE) STAZIONE RTN in catasto al F.117 P.Ila 5004 del Comune di Carinola (CE)

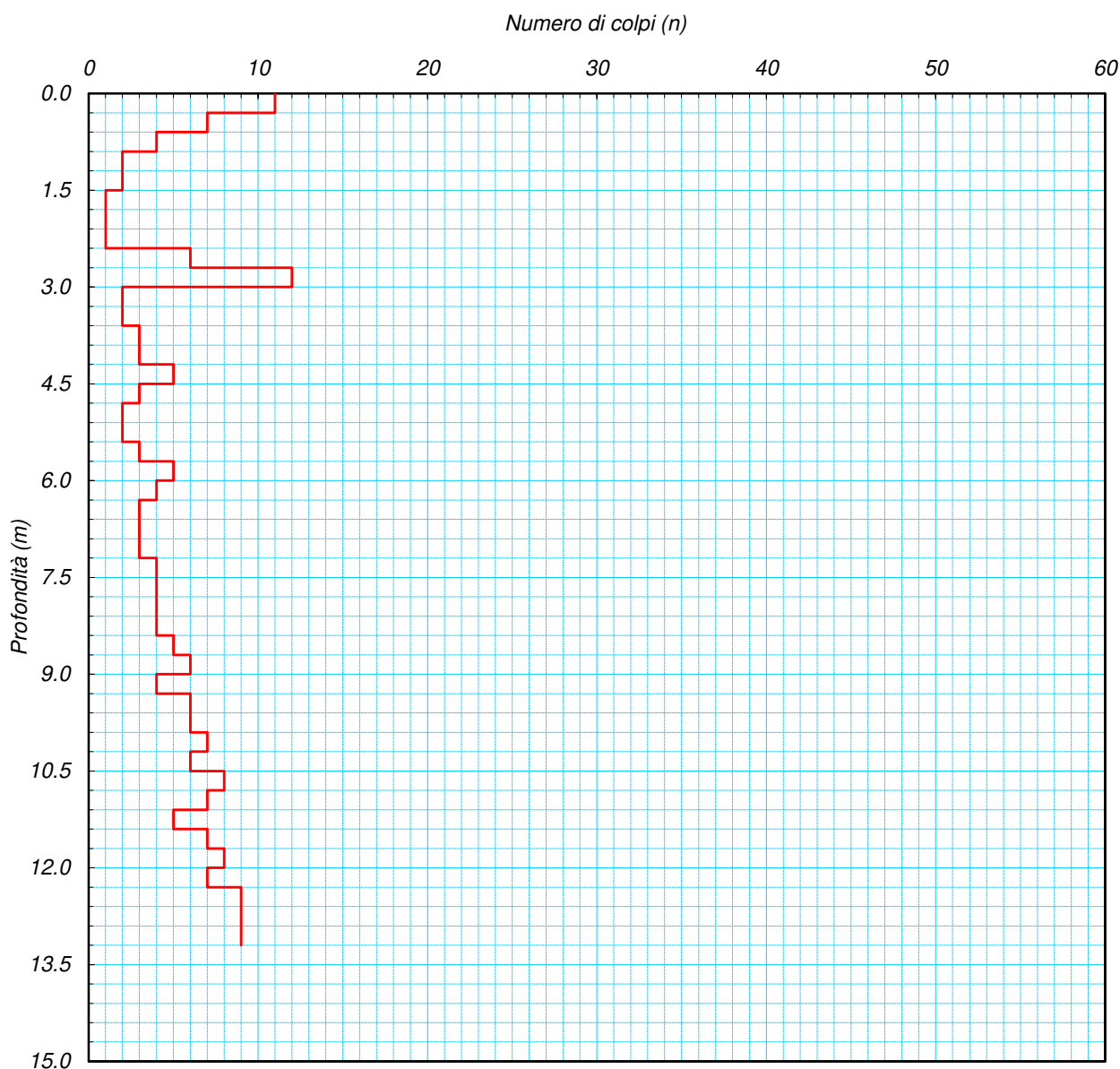
Coordinate lat. e long.: N41.129540 / E13.980670 Data esecuz. prova: 15/07/2021

Prova (n): **DPSH 01**

Certificato n°

del 05/08/2021

GRAFICO NUMERO DI COLPI



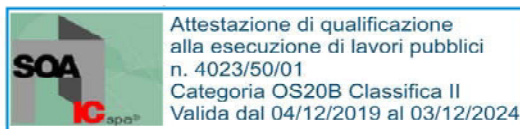
IL RESPONSABILE DI SITO

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Rieffo

Via Taverna Vecchia, 19  
81020 Castel Morrone (CE)  
Tel e Fax 0823399115/961  
www.ingesrl.it - info@ingesrl.it



Pag. 2 di 2

## PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Soc. HYBRID ENERGY Srl  
Cantiere: Comune di Falciano del Massico (CE) STAZIONE RTN in catasto al F.117 P.IIIa 5004 del Comune di Carinola (CE)

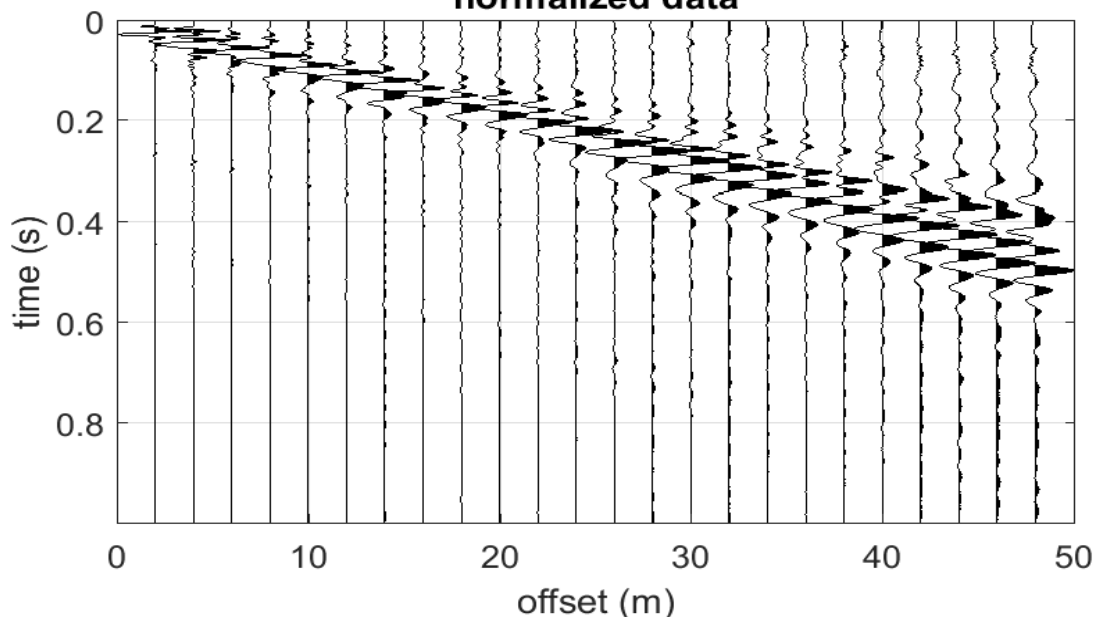
Protocollo n.: 307/21

Data esecuzione prova: 15/07/2021

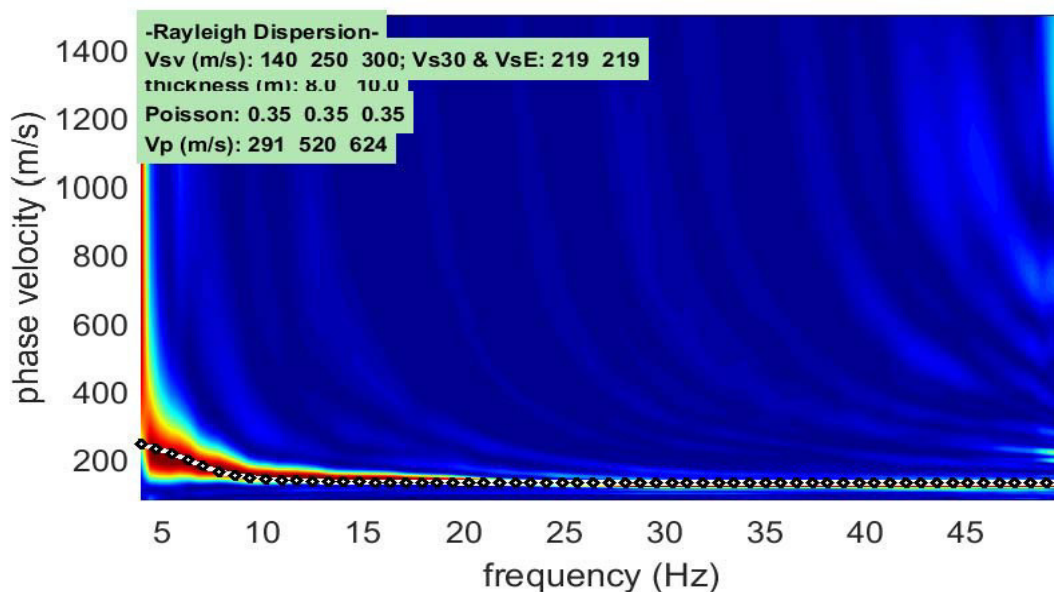
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 26/07/2021

### Registrazione di campagna delle tracce normalized data



### 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: Soc. HYBRID ENERGY Srl  
 Cantiere: Comune di Falciano del Massico (CE) STAZIONE RTN in catasto al F.117 P.Ila 5004 del Comune di Carinola (CE)

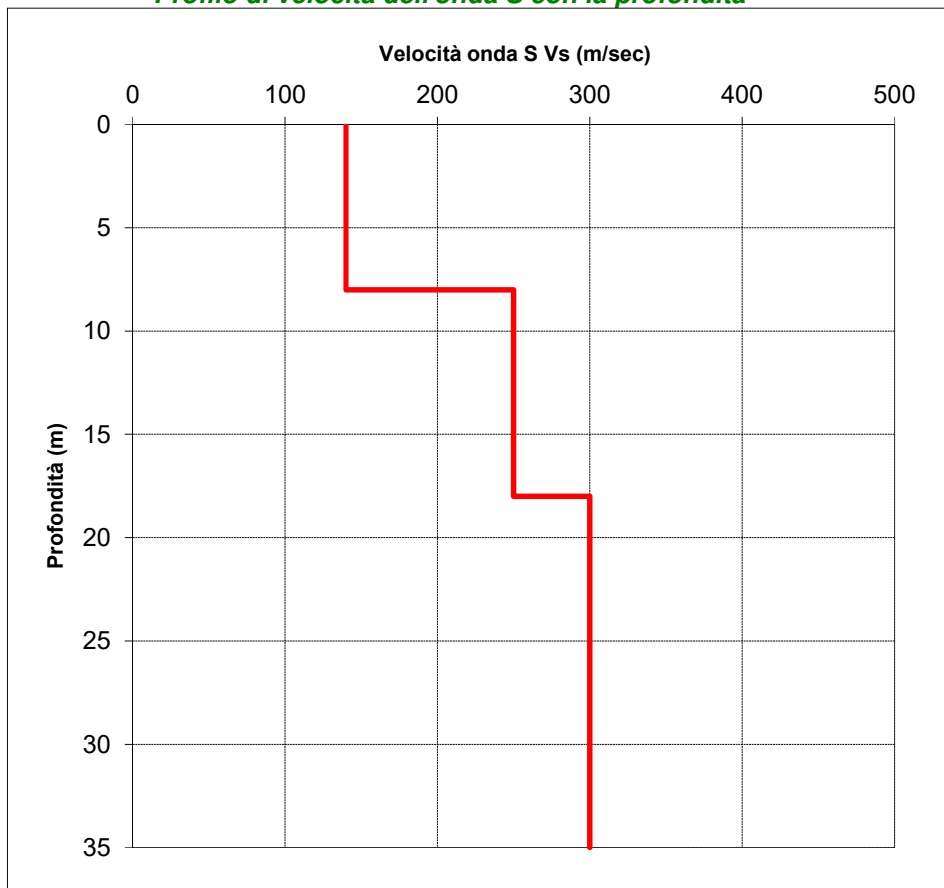
Protocollo n.: 307/21

Data esecuzione prova: 15/07/2021

**Prova MASW: M1**

Data emissione certificato: 26/07/2021

**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	8.00	140	0.0571
8.00	18.00	250	0.0400
18.00	35.00	300	0.0567

**VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)**  
**219**

**Categoria di sottosuolo**  
**C**

**IL RESPONSABILE DEL SETTORE**  
Dott. Geol. Carmencita Ventrone



## Soc. HYBRID ENERGY Srl

### INDAGINI GEOFISICHE

### STENDIMENTO SISMICO R1

Comune di Falciano del Massico (CE) STAZIONE RTN in catasto al F.117  
P.Ila 5004 del Comune di Carinola

Committente: **Soc. HYBRID ENERGY Srl**

#### Geometria geofoni

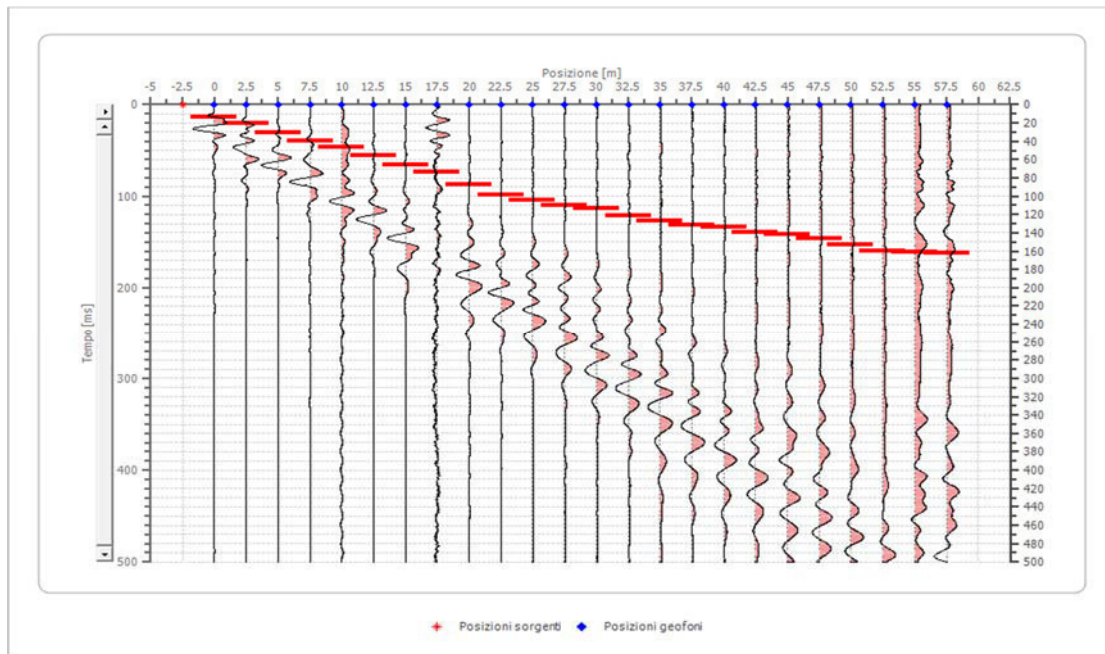
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.5	0.0
3	5.0	0.0
4	7.5	0.0
5	10.0	0.0
6	12.5	0.0
7	15.0	0.0
8	17.5	0.0
9	20.0	0.0
10	22.5	0.0
11	25.0	0.0
12	27.5	0.0
13	30.0	0.0
14	32.5	0.0
15	35.0	0.0
16	37.5	0.0
17	40.0	0.0
18	42.5	0.0
19	45.0	0.0
20	47.5	0.0
21	50.0	0.0
22	52.5	0.0
23	55.0	0.0
24	57.5	0.0



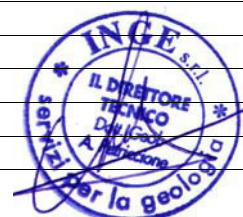
**Dati battute**

Battuta 1

Posizione sorgente X        -3 [m]  
Posizione sorgente Z        0 [m]

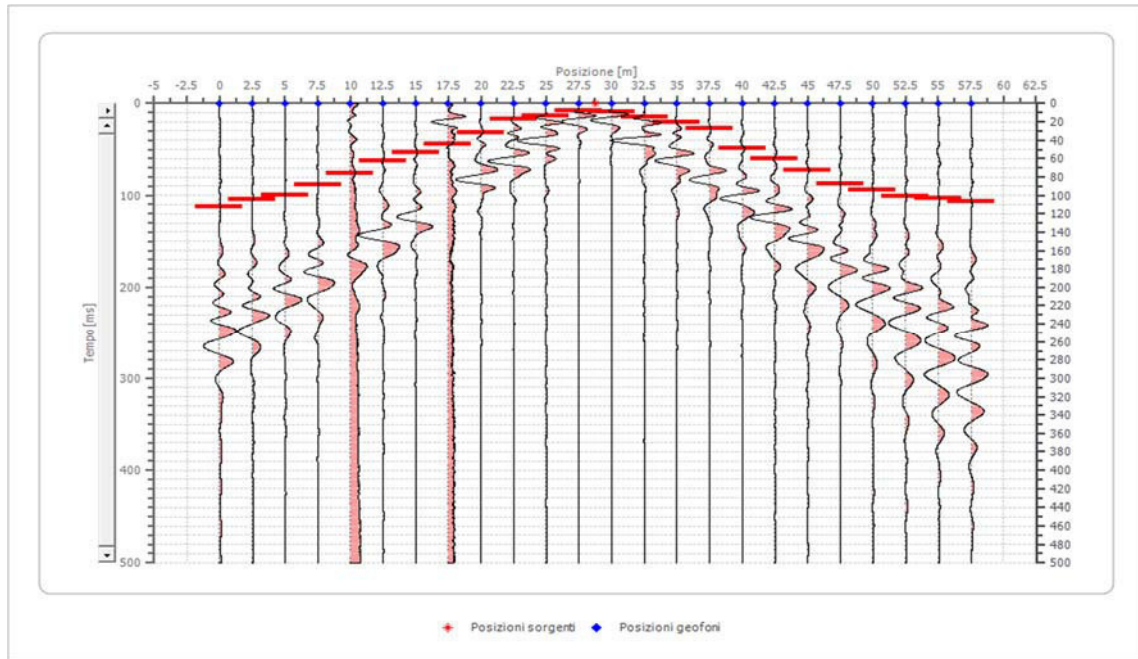


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.6122
2.5	20.4184
5.0	30.6276
7.5	39.7024
10.0	46.5085
12.5	55.5833
15.0	65.7925
17.5	73.7330
20.0	87.3452
22.5	98.6888
25.0	104.3606
27.5	110.0323
30.0	113.4354
32.5	121.3759
35.0	127.0476
37.5	131.5850
40.0	133.8538
42.5	139.5255
45.0	141.7942
47.5	146.3316
50.0	153.1378
52.5	159.9439
55.0	161.0782
57.5	162.2126



**Battuta 2**

Posizione sorgente X      29 [m]  
Posizione sorgente Z      0 [m]

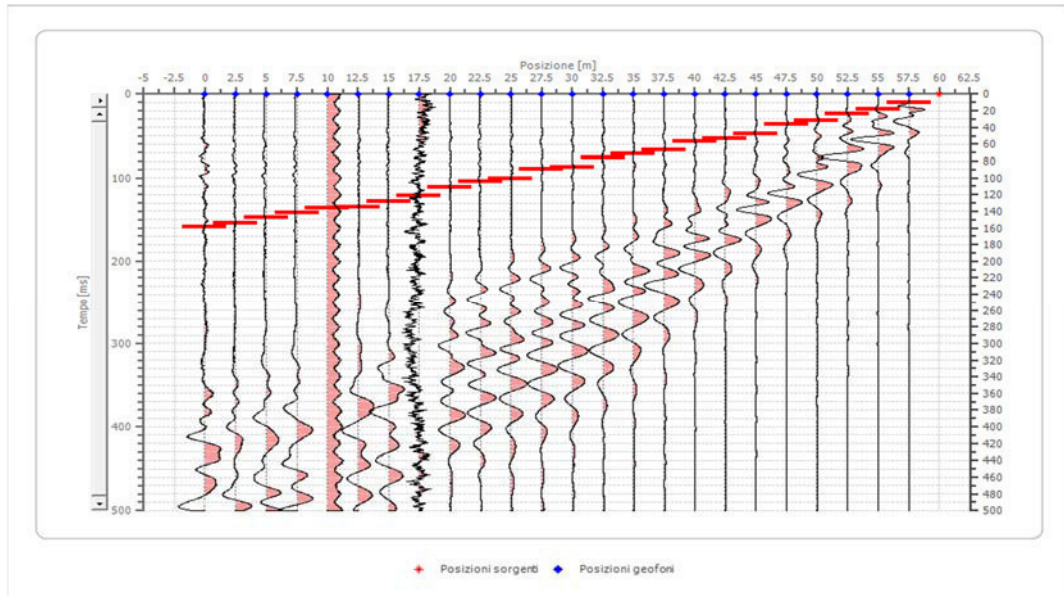


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	112.3010
2.5	104.3606
5.0	99.8231
7.5	88.4796
10.0	76.0017
12.5	62.3895
15.0	53.3146
17.5	44.2398
20.0	31.7619
22.5	17.0153
25.0	13.6054
27.5	8.1633
30.0	9.0703
32.5	14.7466
35.0	20.4184
37.5	27.2245
40.0	48.7772
42.5	60.1208
45.0	72.5986
47.5	87.3452
50.0	94.1514
52.5	100.9575
55.0	103.2262
57.5	106.6293



**Battuta 3**

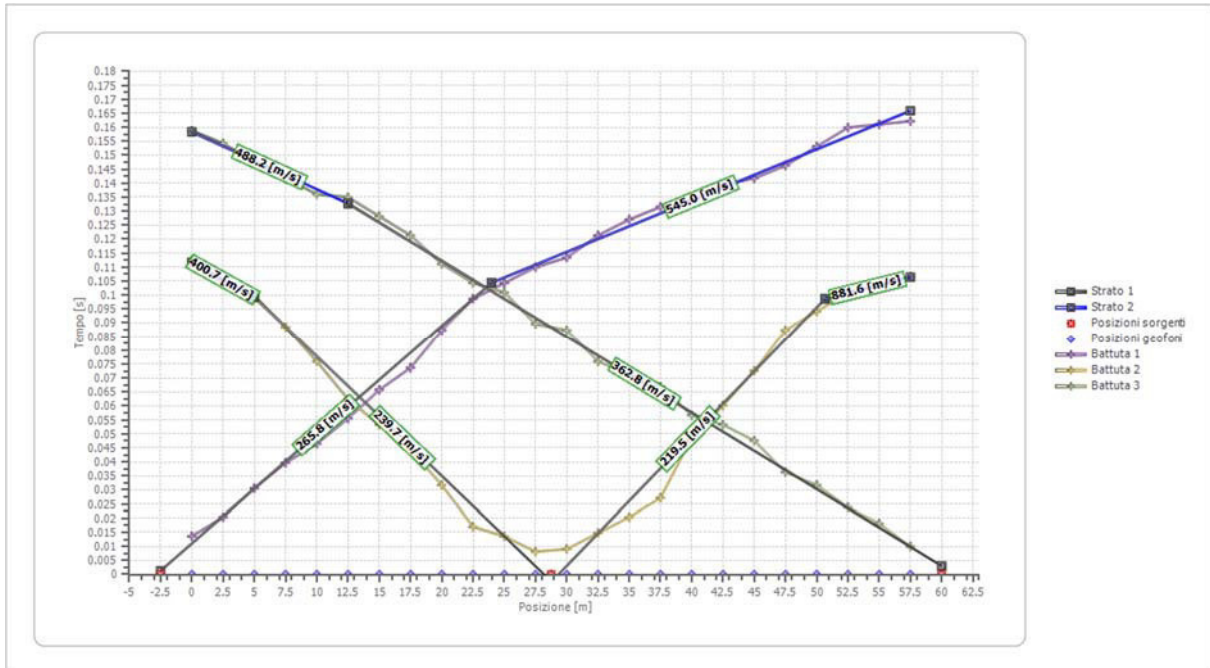
Posizione sorgente X            60 [m]  
Posizione sorgente Z            0 [m]



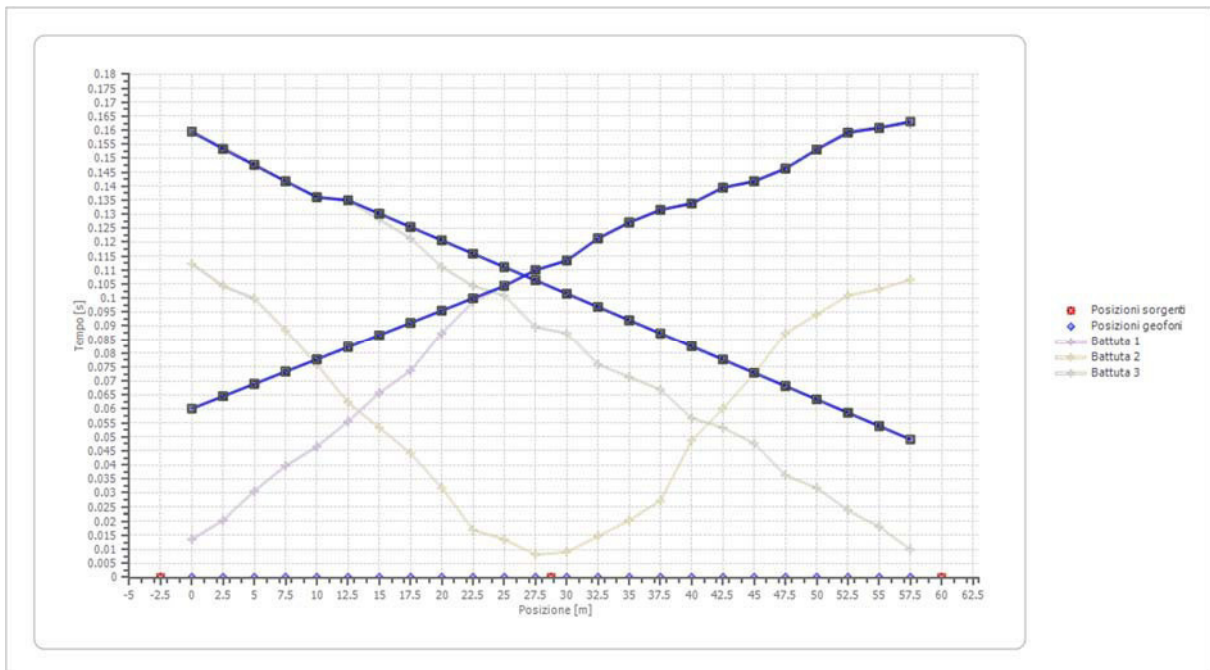
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	158.8095
2.5	154.2721
5.0	147.4660
7.5	141.7942
10.0	136.1225
12.5	134.9881
15.0	128.1820
17.5	121.3759
20.0	111.1667
22.5	104.3606
25.0	100.9575
27.5	89.6140
30.0	87.3452
32.5	76.0017
35.0	71.4643
37.5	66.9269
40.0	56.7177
42.5	53.3146
45.0	47.6429
47.5	36.2993
50.0	31.7619
52.5	23.8214
55.0	18.1497
57.5	9.9773



### Dromocrone



### Dromocrone traslate





### Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

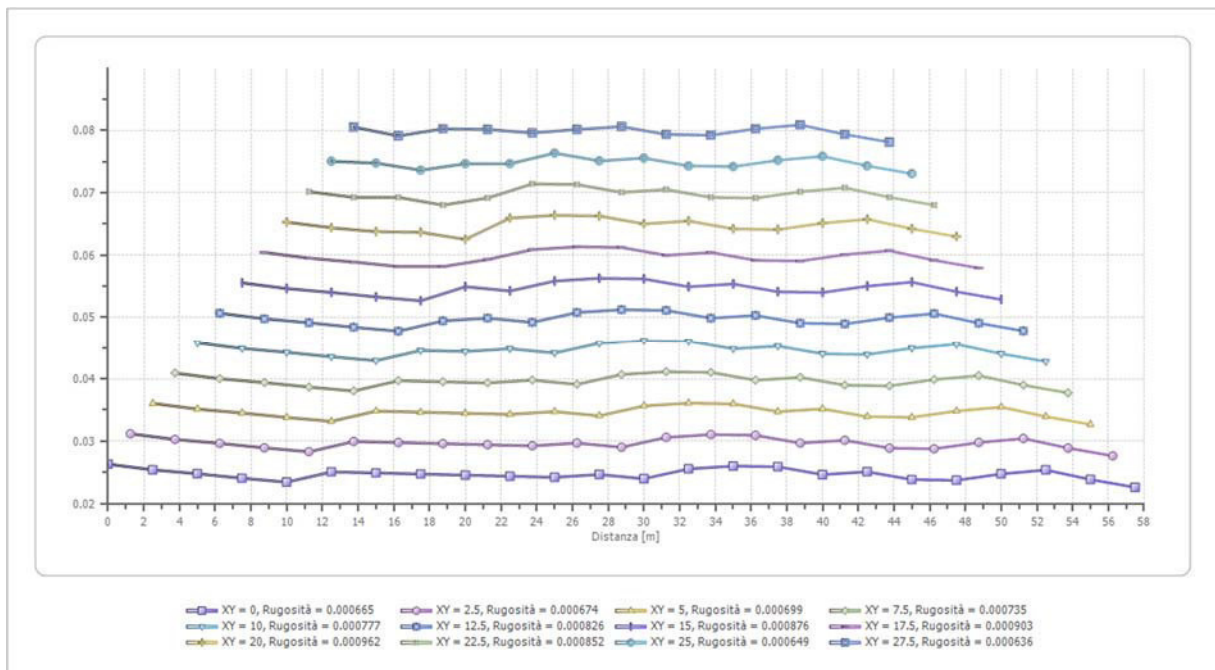
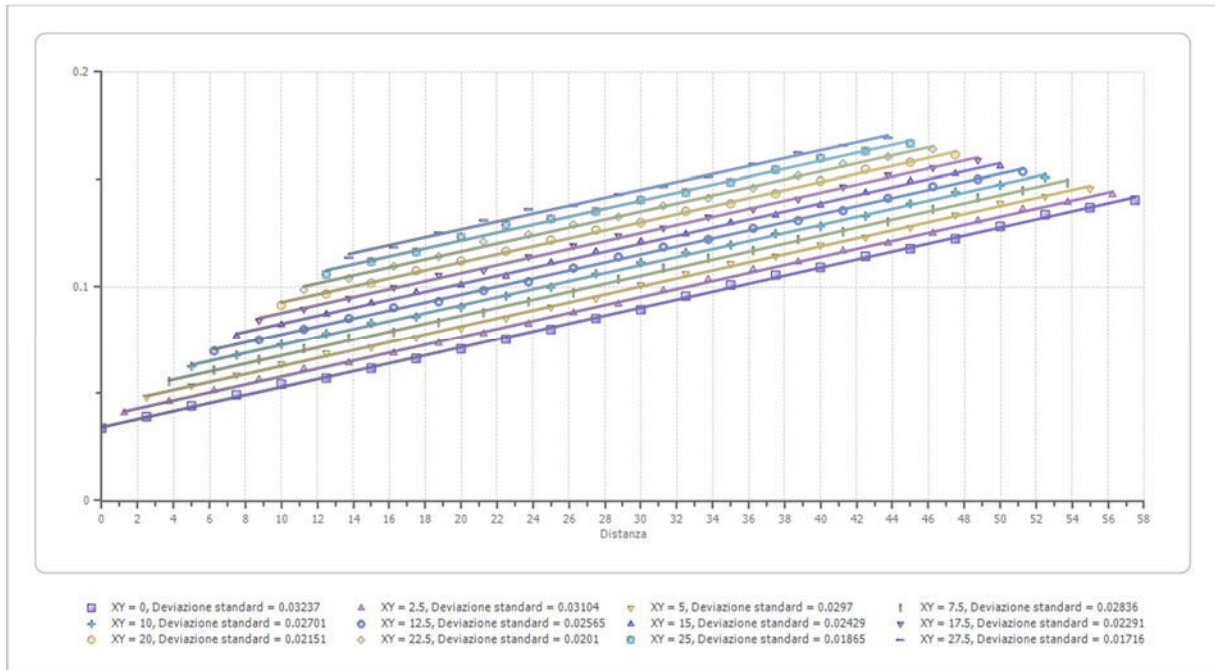
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	8.3	--
G= 2.5 [m]	8.0	--
G= 5.0 [m]	7.8	--
G= 7.5 [m]	7.6	--
G= 10.0 [m]	7.4	--
G= 12.5 [m]	7.9	--
G= 15.0 [m]	7.9	--
G= 17.5 [m]	7.8	--
G= 20.0 [m]	7.8	--
G= 22.5 [m]	7.7	--
G= 25.0 [m]	7.6	--
G= 27.5 [m]	7.8	--
G= 30.0 [m]	7.6	--
G= 32.5 [m]	8.1	--
G= 35.0 [m]	8.2	--
G= 37.5 [m]	8.2	--
G= 40.0 [m]	7.8	--
G= 42.5 [m]	7.9	--
G= 45.0 [m]	7.5	--
G= 47.5 [m]	7.5	--
G= 50.0 [m]	7.8	--
G= 52.5 [m]	8.0	--
G= 55.0 [m]	7.5	--
G= 57.5 [m]	7.1	--
Velocità [m/sec]	272.0	534.6
Descrizione		

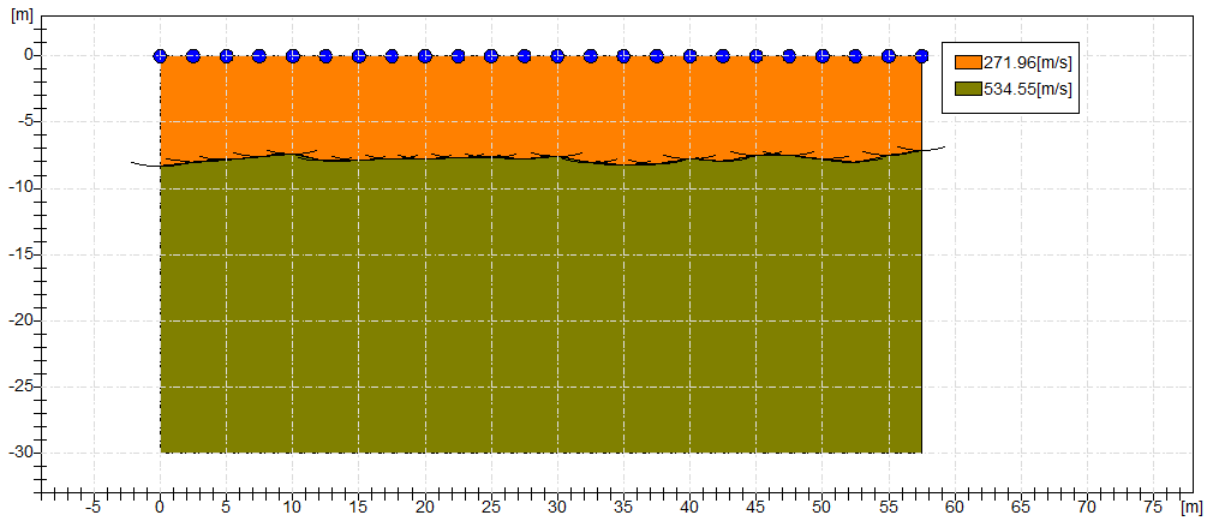
### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	271.96	534.55
Vs [m/s]	130.65	256.79
G0 [MPa]	30.72	118.69
Ed [Mpa]	133.14	514.34
M0 [MPa]	102.41	395.65
Ey [Mpa]	82.95	320.48

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;







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

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 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR; perforazioni inclinate e orizzontali; monitoraggio e controlli)

**Committente:** Soc. HYBRID ENERGY Srl

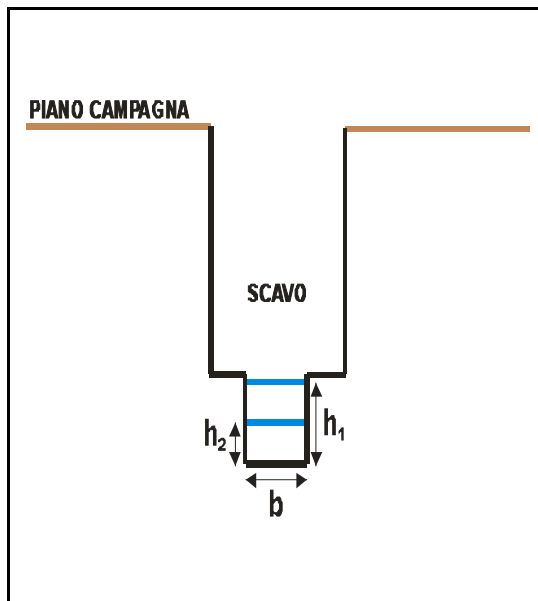
**Cantiere:** Comune di Falciano del Massico (CE) STAZIONE RTN in catasto al F.117 P.Illa 5004 del Comune di Carinola (CE)

**Coordinate lat:** 41.129070 **Long:** 13.980530 **Data esecuzione prova:** 01/09/21

**Pozzetto** P1 **Prova n.** Pz1 **da mt.** 0.70 **a** 1.00 **Certificato n°** /21 **del** 14/09/21

## PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO (CARICO VARIABILE)

### SCHEMA DI PROVA



### EQUAZIONI UTILIZZATE

#### Coefficiente di permeabilità

$$K = \frac{(h_2 - h_1)}{(t_2 - t_1)} * \frac{1 + \frac{2 h_m}{b}}{\frac{27 h_m}{b} + 3}$$

Raccomandazione sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche AGI 1977

Pozzetto a base quadrata - prova a carico variabile

### DATI

Altezza del pozzetto (m):	0.30
(b) Lato della base del pozzetto (m):	0.30
<b>h<sub>1</sub></b> Altezza iniziale del livello dell'acqua (m):	0.300
<b>h<sub>2</sub></b> Altezza finale del livello dell'acqua (m):	0.160
<b>h<sub>2</sub> - h<sub>1</sub></b> Variazione di livello dell'acqua nell'intervallo ( <b>t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub></b> ) (m):	0.140
<b>h<sub>m</sub></b> (altezza media tra <b>h<sub>1</sub></b> e <b>h<sub>2</sub></b> ) (m):	0.230
<b>t<sub>1</sub></b> = istante iniziale (sec):	0.000
<b>t<sub>2</sub></b> = istante finale (sec):	1200
<b>t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub></b> (tempo trascorso per il raggiungimento di <b>h<sub>2</sub></b> ) (sec):	1200
Profondità dello scavo dal piano campagna (m):	0.70

### CALCOLI

<b>K (coefficiente di permeabilità: m/sec)</b>	<b>3.64E-04</b>

IL RESPONSABILE DI SITO  
Dott. Geol. Mauro Sammartino

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Giuseppe Riello