

Committente



X-Elio Italia 7 S.r.l.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15465391009

Progettista



Viale Jonio 95 - 00141 Roma - info@architetturasostenibile.com

PROGETTO AGROVOLTAICO "ORTA NOVA"

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico di potenza pari a 68,475 MWp e relative opere di connessione alla RTN

Località

REGIONE PUGLIA

COMUNI DI ORTA NOVA, CERIGNOLA E MANFREDONIA (FG)

Titolo

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Data: 20 luglio 2020

Revisione: 18 agosto 2020-19 ottobre 2021

Codice Elaborato: AS_ORN_R07



Sommario

- Premessa.....	1
- Localizzazione.....	4
- Riferimenti geologici.....	10
- Piano indagini geognostiche.....	11
- Indagine geofisica.....	14
- Sismicità.....	35
- Pozzetti di prova.....	50
- Misure di resistività termica.....	52
- Trivellazione a carotaggio continuo.....	54
- Prove penetrometriche.....	60
- Prove di laboratorio.....	62
- Verifica di stabilità pendii.....	65
Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.....	66
- Conclusioni.....	69
- Colonne stratigrafiche.....	70

Premessa

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica con inseguitori ad asse inclinato con rotazione monoassiale e azimuth fisso, ed alloggerà 155.624 moduli fotovoltaici da 440 W, con una potenza complessiva pari a 68.475 kWp, collegati a 35 inverter con $P_{nom} = 1,64$ MW ciascuno, inclusa la sottostazione utente di trasformazione MT/AT e le relative opere di connessione alla SSE Terna S.p.A. di Manfredonia. Tutte le opere saranno realizzate nei Comuni di Orta Nova (FG), Cerignola (FG), Manfredonia (FG) e Foggia.

Il soggetto proponente della pratica è la società X-ELIO ITALIA 7 S.r.l., con sede legale a Roma in Corso Vittorio Emanuele II, n. 349, iscritta nella Sezione Ordinaria della Camera di Commercio Industria Agricoltura ed Artigianato di Roma, Partita IVA e Codice Fiscale n. 15465391009. La Società è soggetta alla direzione e al coordinamento del socio unico X-ELIO ITALIA S.r.l., società a sua volta appartenente al gruppo X-ELIO; tale gruppo nasce nel 2005 in Spagna come Gestamp Asetym Solar, è presente in 12 Paesi al mondo e conta circa 200 impiegati.

Dal 2005 X-ELIO ha progettato e gestito la costruzione di circa 80 impianti solari fotovoltaici in 12 Paesi, tra cui USA, Medio Oriente, Giappone, Sud Africa, Sud America, Australia, Sud Est asiatico, Italia e Spagna. Ad oggi X-ELIO ha partecipato allo sviluppo di impianti fotovoltaici per oltre 650 MW.

Dal 2009 X-ELIO ha goduto di una crescita costante nella sua rete di sviluppo aziendale e svolge la maggior parte delle proprie attività al di fuori del territorio spagnolo, prevalentemente nei Paesi dell'OCSE. X-ELIO è certificata secondo i principi standard di riferimento ISO 9001, ISO 14001, compresa la certificazione secondo la norma OHSAS 18001 per le attività di "Ingegneria, Costruzione e Messa in servizio".

Resta inteso che questi dati potrebbero subire delle leggerissime variazioni in fase esecutiva in base ai modelli di pannelli ed inverter che si troveranno in commercio al momento della costruzione. La potenza nominale finale dell'impianto sarà comunque uguale o al massimo inferiore a 68,475 MW.

Le opere di connessione alla RTN elettrica di Terna SPA, prevedono una nuova sottostazione utente di trasformazione MT/AT e la linea di connessione in AT alla Sottostazione di Manfredonia di proprietà Terna SpA alla tensione di 150 kV. La centrale fotovoltaica sarà suddivisa in due sottocampi ("Campo Nord" e "Campo Sud") posti rispettivamente a circa 8,3 km (per il "Campo Nord") e a circa 10,4 km (per il "Campo Sud") dalla nuova sottostazione elettrica di Utente che sarà condivisa con altri due utenti. La potenza nominale dei pannelli è pari a 68,475 MW mentre la potenza nominale degli inverter lato corrente alternata

di immissione è pari a 57,4 MW, infine la potenza nominale di immissione permessa da Terna Spa come da STMG è pari a 50 MW.

La sottostazione utente "Xelio 7" sarà ubicata in località Macchia Rotonda, lungo la strada provinciale SP70, nel Comune di Manfredonia (FG), nelle vicinanze della stazione elettrica Terna di Manfredonia e si collegherà a uno stallo che dovrà essere realizzato da Terna sempre all'interno del sedime della attuale stazione Terna (come previsto dalla STMG di Terna); la sottostazione di trasformazione sarà provvista di un trasformatore di almeno 70 MVA 150/30 kV e di tutte le infrastrutture necessarie al collegamento con la Stazione Terna di Manfredonia. Il "Campo Nord" ospiterà una Cabina di Smistamento, più tre Cabine di Trasformazione MT/BT, 30/0,63 kV ("Cabina 1 Campo Nord", "Cabina 2 Campo Nord" e "Cabina 3 Campo Nord"); il "Campo Sud" ospiterà sette Cabine di Trasformazione MT/BT, 30/0,63 kV ("Cabina 1 Campo Sud", "Cabina 2 Campo Sud", "Cabina 3 Campo Sud", "Cabina 4 Campo Sud", "Cabina 5 Campo Sud", "Cabina 6 Campo Sud" e "Cabina 7 Campo Sud") e una cabina di smistamento.

Per maggiori dettagli, fare riferimento alla "Relazione tecnica impianto elettrico".

Elementi dell'impianto

L'impianto sarà costituito dai seguenti elementi:

Strutture per il supporto dei moduli, ciascuna in grado di alloggiare 56 o 84 moduli fotovoltaici, disposti in verticale su due file, in modo da costituire 2 o 3 stringhe da 28 moduli; ogni struttura sarà dotata di motorizzazione per l'inseguimento monoassiale Est-Ovest della radiazione solare opportunamente fondate a mezzo di battitura ed infissione al suolo;

n. 155.642 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino LR4-72HPH-440M da 440 Wp della LongiSolar, per una potenza complessiva di picco pari a 68.474,56 kWp montati sui tracker;

n. 350 quadri di campo, ciascuno capace di raccogliere al massimo 16 stringhe tipo StringBox 160 della Ingeteam, con tensione massima di sistema pari a 1.500 V montati sotto i tracker;

n. 10 Cabine di Trasformazione 30/0,63 kV da ubicare all'interno delle proprietà, secondo le disposizioni indicate negli elaborati planimetrici allegati, disposte una nel "Campo Nord" e una nel "Campo Sud" opportunamente fondate;

n.2 Cabine di Smistamento con funzione di collettori dei cavi provenienti dalle Cabine di trasformazione rispettivamente dei Campi Nord e Sud opportunamente fondate;

n.2 Cabine Servizi Ausiliari dove afferiscono i controlli dei sistemi di sorveglianza (Telecamere, barriere, ecc.), del sistema di monitoraggio (SCADA) e delle stazioni meteo opportunamente fondate;

n. 5 container ISO con funzione di magazzino opportunamente fondati (3 nel Campo Sud e 2 nel Campo Nord);

n. 35 inverter INGECON SUN 1640TL B630 con potenza nominale pari a 1.640 kVA;

n. 8 trasformatori in olio, con potenza pari a 6.560 kVA e rapporto di trasformazione 0,63/30 kV, con tettoia, recinzione e vasca di raccolta per eventuali perdite d'olio;

n. 1 trasformatore in olio con potenza pari a 3.280 kVA e rapporto di trasformazione 0,63/30 kV, ubicato nella cabina 1 del "Campo Nord" con tettoia, recinzione e vasca di raccolta per eventuali perdite d'olio;

n. 1 trasformatore in olio con potenza pari a 2.000 kVA e rapporto di trasformazione 0,63/30 kV, ubicato nella cabina 4 del "Campo Sud" con tettoia, recinzione e vasca di raccolta per eventuali perdite d'olio;

Cavidotto interrato MT (30 kV) per il collegamento tra le cabine di campo e le cabine di smistamento partenze e da queste fino alla stazione di utenza MT/AT secondo il percorso su strada indicato più avanti;

Stazione di Utenza MT/AT in condominio, ubicata in prossimità della stazione RTN di consegna a 150 kV;

Elettrodotto in AT (150 kV) interrato e di collegamento tra la stazione di utenza e la stazione RTN di consegna;

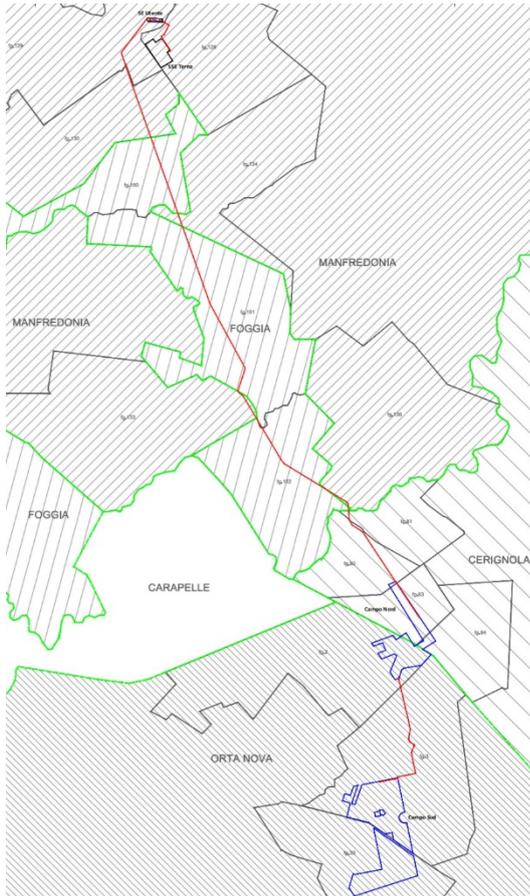
Rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati;

Sistema di videosorveglianza con telecamere e pali perimetrali, barriere ad infrarossi, stazione meteo collegati alla stazione di controllo.

Localizzazione

L'impianto fotovoltaico, denominato "Orta Nova" sarà realizzato in Puglia, in provincia di Foggia, sul territorio del comune di Orta Nova e Cerignola coprendo un' area di circa 118 ha.

Specificamente sono previste due aree di impianto fotovoltaico, uno denominato “Campo Nord” ricadente sia nell’agro di Orta Nova che in quello di Cerignola, in località “Rubbia” e l’altro come “Campo Sud” ricadente nel solo agro di Orta Nova in Località “Michieletto”, poste tra loro ad una distanza in linea d’aria di circa 1,3 Km.



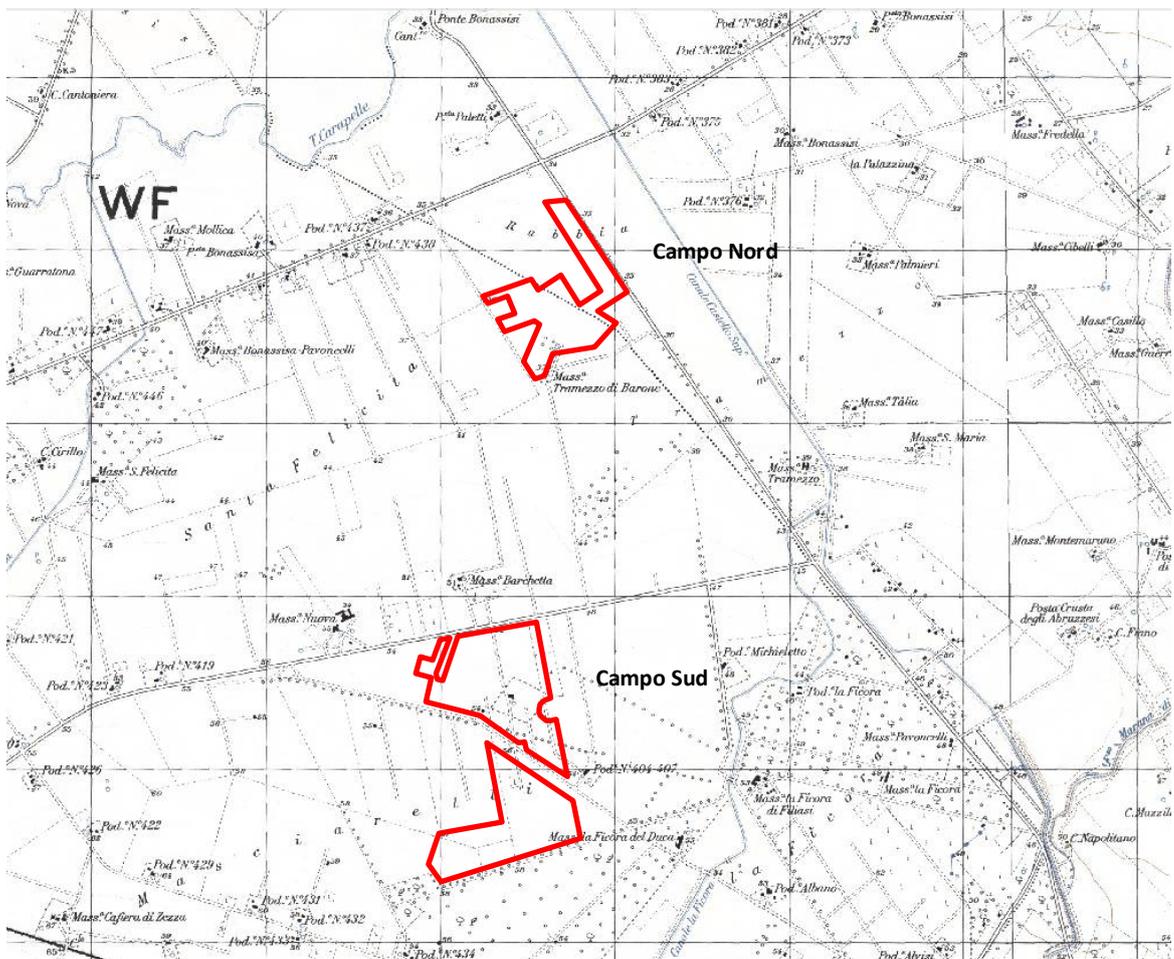
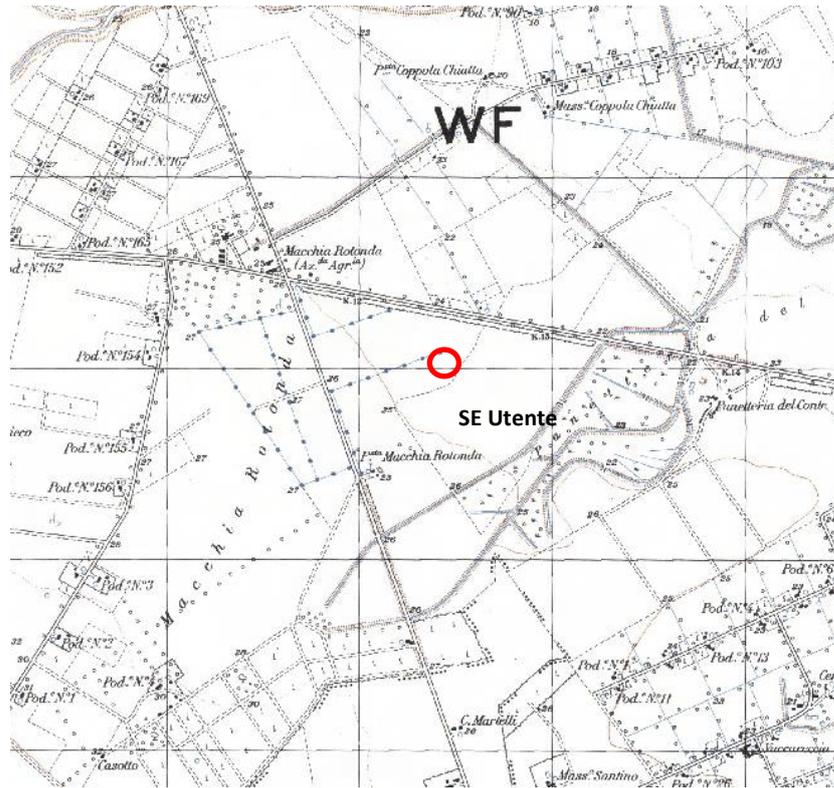
L’accesso alle aree in cui si intende realizzare l’impianto non presentano particolari difficoltà, potendo sfruttare le infrastrutture stradali preesistenti.

Le aree di impianto distano a circa 7 Km a Est dell’abitato di Orta Nova.

La sottostazione utente "Xelio 7" sarà ubicata in località Macchia Rotonda, lungo la strada provinciale SP70, nel Comune di Manfredonia (FG), nelle vicinanze della stazione elettrica Terna di Manfredonia e si collegherà a uno stallo che dovrà essere realizzato da Terna sempre all’interno del sedime della attuale stazione Terna (come previsto dalla STMG di Terna).

Il cavodotto in media tensione di connessione dell’impianto fotovoltaico in progetto, della lunghezza di circa Km 8, sarà interrato e interesserà il territorio comunale della città di Orta Nova, Cerignola, Foggia e Manfredonia.

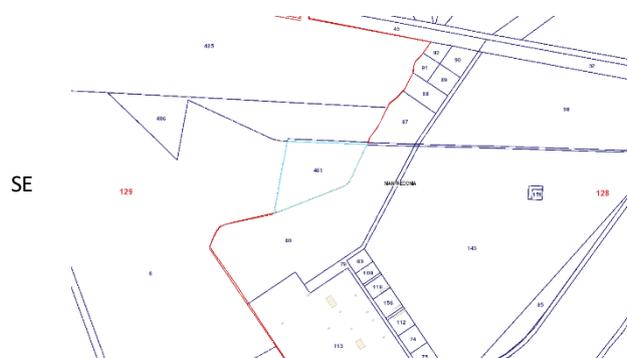
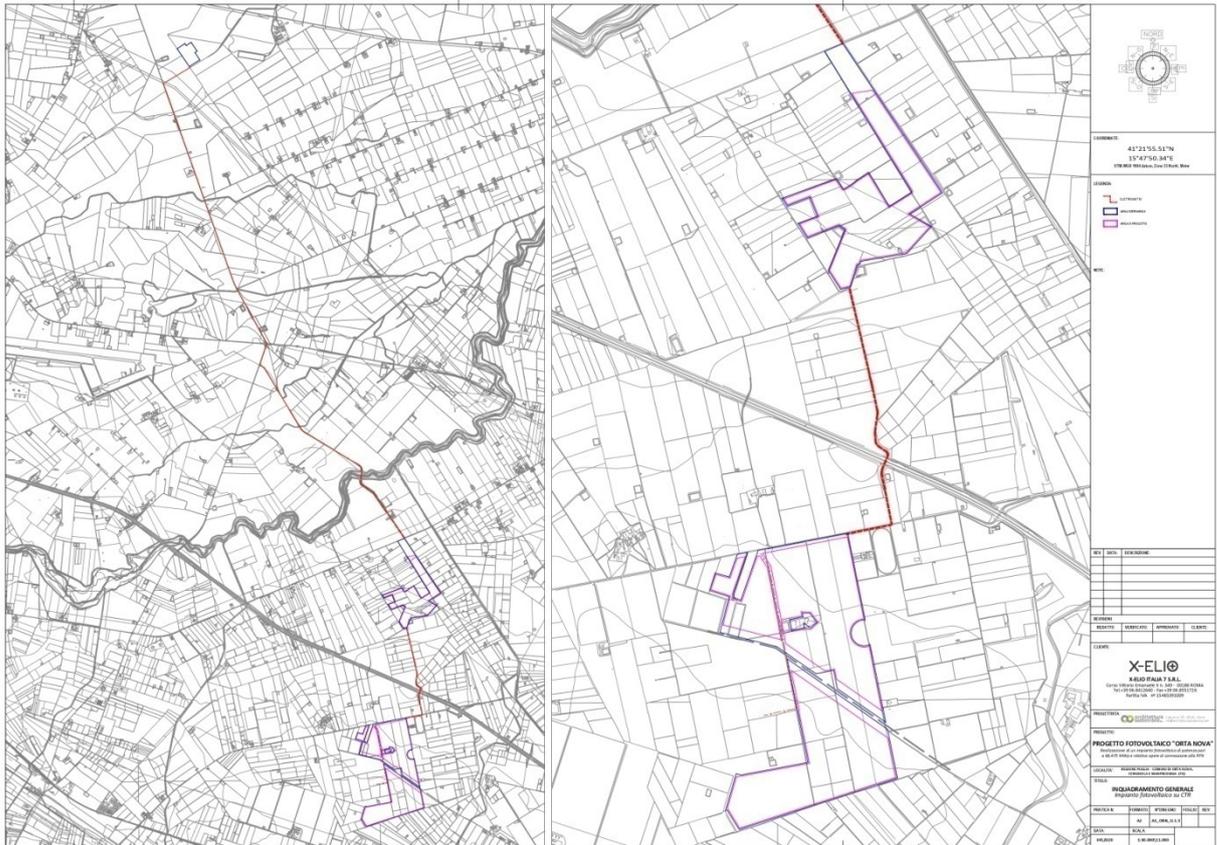
Dal punto di vista cartografico, le aree di progetto degli impianti ricadono nel F°164 della Carta I.G.M., tav. Il SO “Stazione di Orta Nova” mentre la sottostazione rientra nel F° 164, tav. Il NO “Borgo Mezzanone”.



Inquadramento su IGM

Dati catastali

Per l'elenco delle particelle catastali coinvolte dal progetto si rimanda all'elaborato QO4UTP2_Esproprio+Disponibilità.pdf



Inquadramento su base catastale

SE		
WGS84 UTM 33N	X: 563317.09325	Y: 4588771.28735
WGS84 UTM 32N	X: 1064655.85343	Y: 4610591.76171
Gauss Boaga Est	X: 2583319.9786	Y: 4588851.85747
lat/lon WGS84	X: 15.75802	Y: 41.44803

Campo Nord			Campo Sud		
WGS84 UTM 33N	X: 566641.82457	Y: 4580509.94623	WGS84 UTM 33N	X: 566436.9075	Y: 4578171.25104
WGS84 UTM 32N	X: 1068561.23961	Y: 4602549.8862	WGS84 UTM 32N	X: 1068518.85076	Y: 4600193.39212
Gauss Boaga Est	X: 2586644.8602	Y: 4580590.27316	Gauss Boaga Est	X: 2586439.93345	Y: 4578251.50904
lat/lon WGS84	X: 15.79691	Y: 41.37335	lat/lon WGS84	X: 15.7942	Y: 41.3523

RIFERIMENTI GEOLOGICI

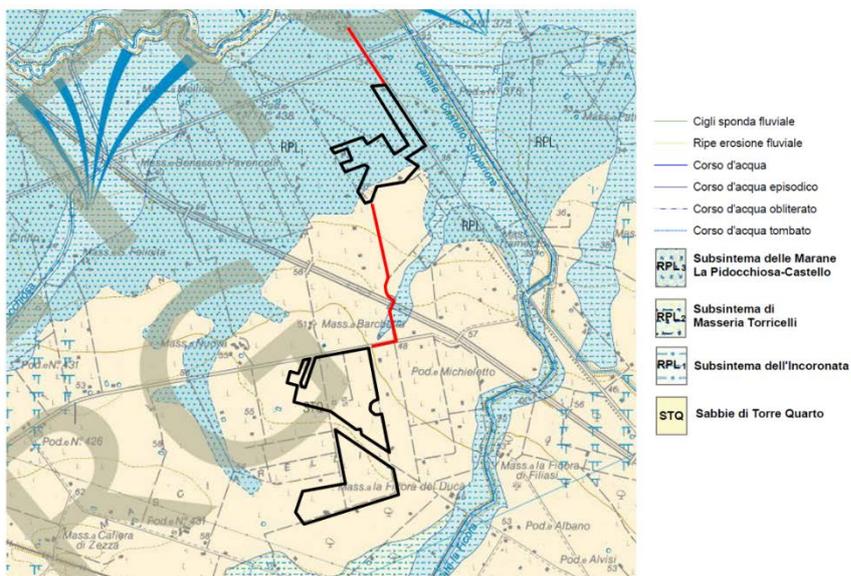
Come riportato nella relazione geologica, l'area in oggetto è caratterizzata da una successione di sabbie limoso-argillose, ghiaie e argille.

Al di sotto dello strato agrario affiorano strati alternati di sabbie argillose e argille sabbiose per uno spessore medio di 12 m. Inferiormente si passa alle ghiaie e sabbie con intercalazioni argillose, sino ad una profondità che può raggiungere i 50 m dal p.c..

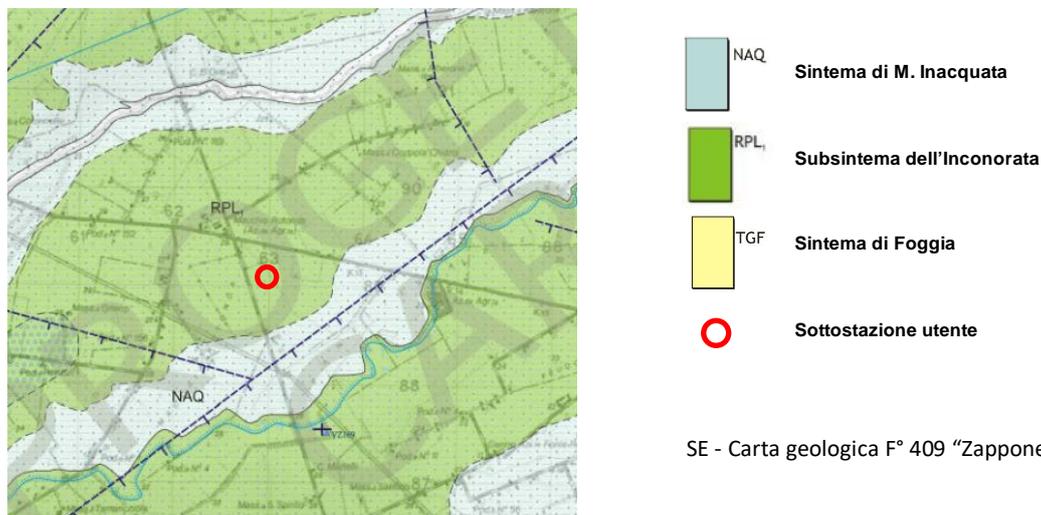
Questo pacchetto litologico generalmente ospita una falda idrica stagionale, molto influenzata, per portata e spessore, dagli eventi metereologici che si susseguono nell'alto Tavoliere. Inoltre, la maggior parte di queste falde sono alimentate anche dagli apporti idrici provenienti dai numerosi reticoli idrografici presenti in zona.

Alla base delle sabbie troviamo la formazione delle argille grigio-blu, con spessori superiori ai 200 m.

Stratigrafia media	
0.00-3.00	terreno organico limoso
3.00 – 12.00	Argille sabbiose
10.00-50.00	Ghiaia e sabbia con livelli argillosi e falda idrica
50.00 in poi	Argille grigio blu



Campi - Carta geologica F° 422
"Cerignola"



SE - Carta geologica F° 409 "Zapponeta"

PIANO INDAGINI GEOGNOSTICHE

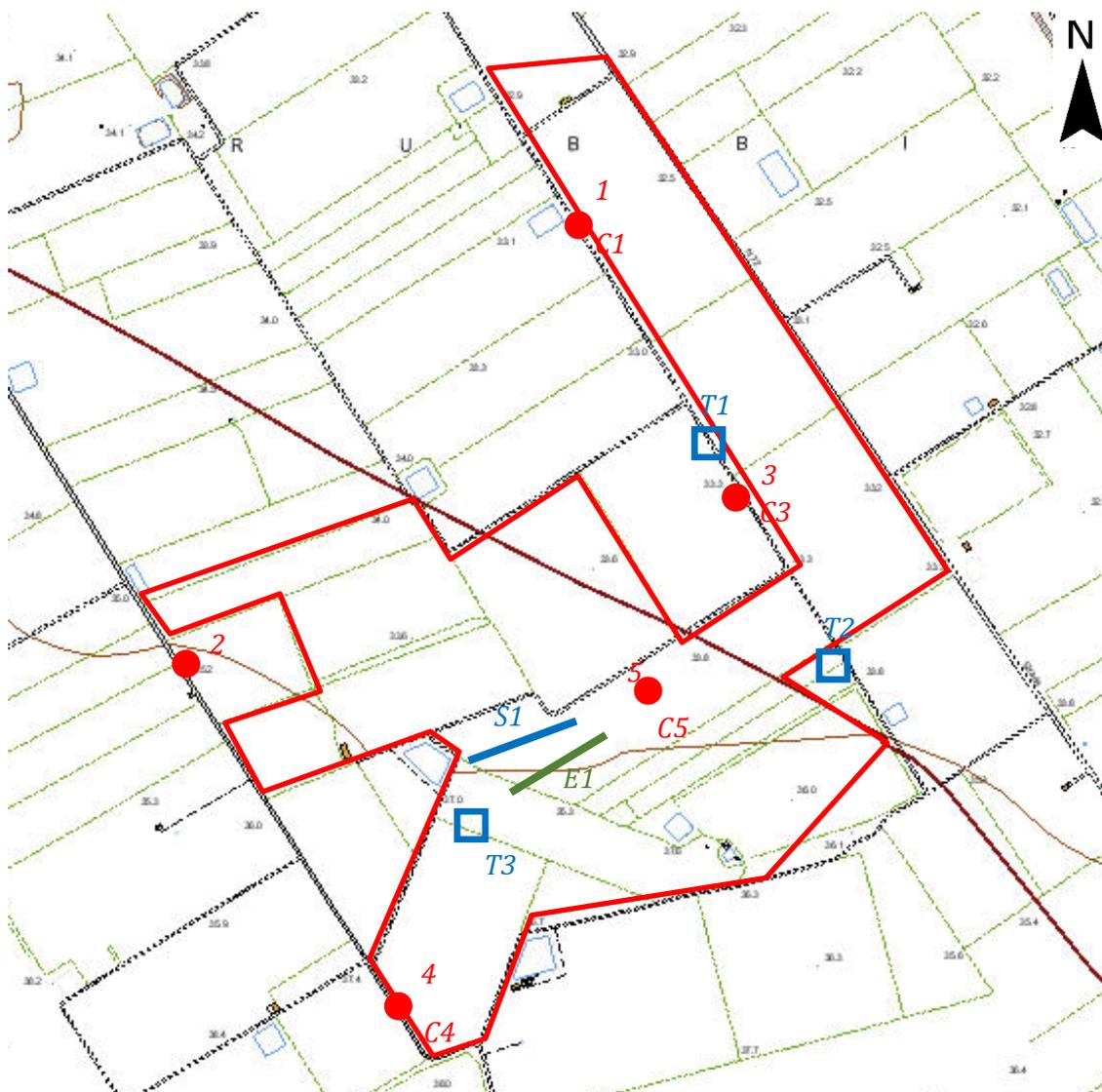
L'indagine geognostica ha previsto l'esecuzione di indagini dirette e indirette di tipo geofisico:

Campo Nord

- n° 3 pozzetti di prova: si tratta di scavi eseguiti nel terreno per studiare la composizione e struttura del sottosuolo. Ogni pozzetto, eseguito con pala meccanica, presenta una profondità di 1,5 m e una

larghezza di 2 m circa. In corrispondenza di alcuni di questi scavi è stata eseguita la prova di resistivitàconduttività termica;

- n° 5 trivellazioni a carotaggio continuo della profondità di m 4,00;
- n° 5 prove SPT in foro;
- prelievo n° 3 campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- prelievo n° 2 campioni da sottoporre a prove di laboratorio chimico;
- prelievo di n° 1 campioni di acqua di falda da sottoporre a prove di laboratorio chimico;
- n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- n° 1 indagine sismica MASW;
- n° 2 tomografia elettrica (ERT);
- n° 3 prove di resistività termica.



- 1  Pozzetto con prova di resistività termica
- 1  Trivellazione a carotaggio continuo con SPT
- S1  Sismica a rifrazione e MASW
- E1  Tomografia elettrica
- C1  Campione per laboratorio

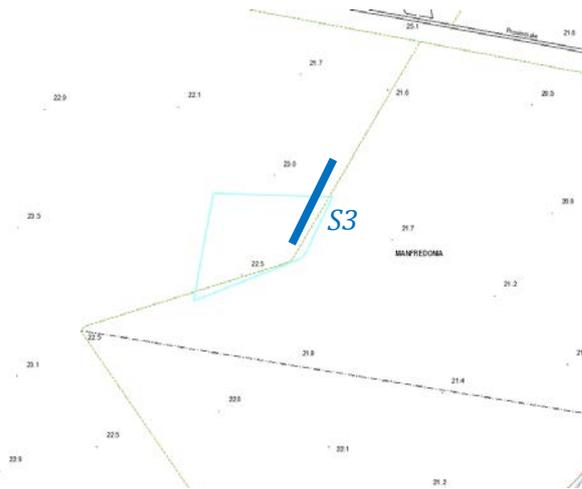
Campo Nord - Ubicazione indagini

Campo Sud

- n° 3 pozzetti di prova: si tratta di scavi eseguiti nel terreno per studiare la composizione e struttura del sottosuolo. Ogni pozzetto, eseguito con pala meccanica, presenta una profondità di 1,5 m e una larghezza di 2 m circa. In corrispondenza di alcuni di questi scavi è stata eseguita la prova di resistività termica;
- n° 6 trivellazioni a carotaggio continuo della profondità di m 4,00;
- n° 6 prove SPT in foro;
- prelievo n° 4 campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- prelievo n° 2 campioni da sottoporre a prove di laboratorio chimico;
- prelievo di n° 1 campioni di acqua di falda da sottoporre a prove di laboratorio chimico;
- n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- n° 1 indagine sismica MASW;
- n° 2 tomografia elettrica (ERT);
- n° 3 prove di resistività termica.

Sottostazione

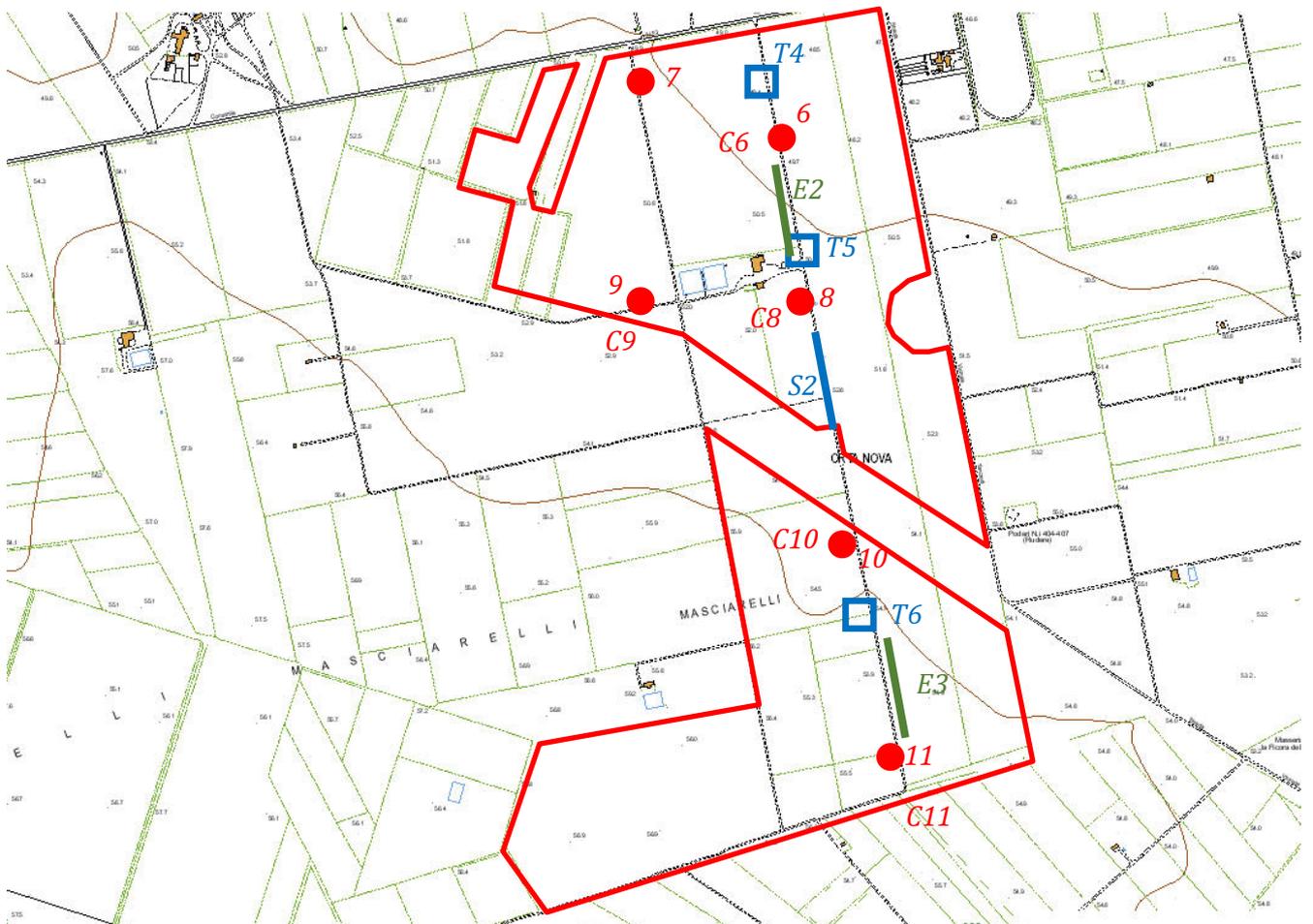
- n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- n° 1 indagine sismica MASW;



S1

— Sismica a rifrazione e MASW

Sottostazione - Ubicazione indagini



- 1 □ Pozzetto con prova di resistività termica
 - 1 ● Trivellazione a carotaggio continuo con SPT
 - S1 — Sismica a rifrazione e MASW
 - E1 — Tomografia elettrica
 - C1 — Campione per laboratorio
- Campo Sud - Ubicazione indagini

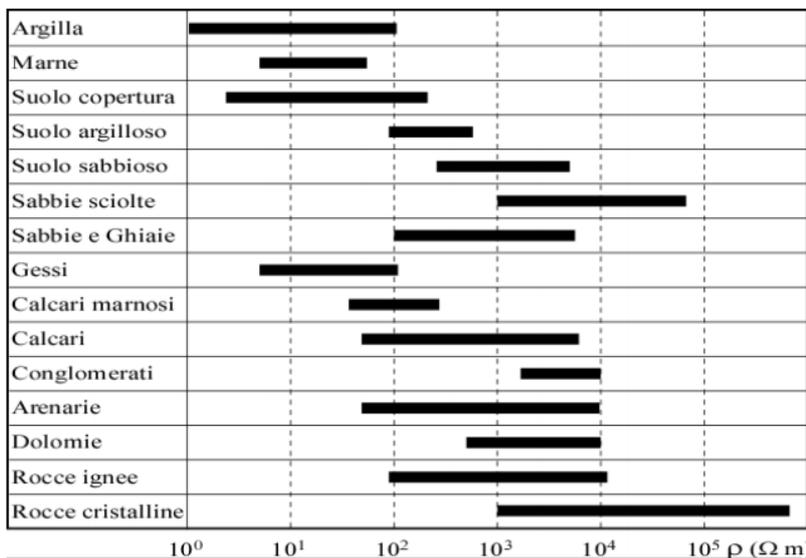
INDAGINE GEOFISICA

Tomografia elettrica

Proprietà elettriche di rocce e sedimenti

La resistività è una grandezza fisica posseduta dalle rocce, misurata in $\Omega \cdot m$ ed indica la resistenza incontrata dalla corrente elettrica nell'attraversare una formazione rocciosa.

Il valore di resistività che si misura, è una resistività apparente perché le linee di corrente che consentono di valutare tale parametro, hanno attraversato più formazioni rocciose: misuriamo cioè un valore anomalo rispetto al valore che si misurerebbe in un sottosuolo omogeneo ed isotropo. Questo dato non è semplicemente il valore medio delle resistività degli elettrostrati incontrati, ma è definito da una funzione più complessa in quanto dipende sia dalle resistività dei vari litotipi attraversati che dai loro spessori.



Tab. 1 – Valori indicativi di resistività (*Ohm·m*) di alcuni litotipi.

LITOTIPO	ρ (Ω m)	ϕ (%)
Acqua	10÷100	-
Acqua di mare	2÷3	-
Arenarie	200÷5000	7÷30
Argille	1÷50	40÷70
Calcari	300÷10000	2÷30
Detrito alluvionale	50÷1000	15÷60
Dolomie	500÷10000	2÷20
Sabbie e Ghiaie	70÷700	30÷60
Graniti	1000÷20000	0,2÷0,8
Marne	100÷500	8÷15
Piroclastiti	50÷600	15÷60
Rocce ignee	100÷10000	30÷10
Suolo di copertura	10÷200	60÷90
Tufi	150÷900	10÷40

Tab. 2 – Valori indicativi di resistività (*Ohm·m*) e di porosità (%) di alcuni litotipi.

Ed è proprio grazie al fatto che la distribuzione della resistività apparente è legata allo spessore, alla localizzazione, alla forma e alla resistività dei litotipi che la corrente ha oltrepassato, che da questa misura si possono ottenere informazioni sulle discontinuità presenti nel sottosuolo. Il parametro resistività è influenzato da: tessitura e porosità, grado di cementazione, temperatura della roccia, contenuto argilloso, permeabilità, temperatura e salinità della soluzione acquosa che imbibisce la formazione. Inoltre, a parità di condizioni litologiche, vi sono alcuni processi geologici che causano un'immediata variazione della resistività perché ne modificano la porosità.

In generale molti di questi processi portano ad una riduzione della resistività. Essi sono: alterazione dell'argilla, dissoluzione, fratturazione della roccia, intrusione d'acqua salata, scollamento e/o alterazione superficiale. Per questo motivo la resistività delle rocce e dei terreni non possono essere definite da un solo valore, ma da un intervallo più o meno ampio entro il quale esso può variare. Inoltre, come si vede dalla tabella riportata, i range di resistività delle varie litologie, spesso si sovrappongono comportando ulteriori problemi in fase di elaborazione dati e di identificazione della roccia.

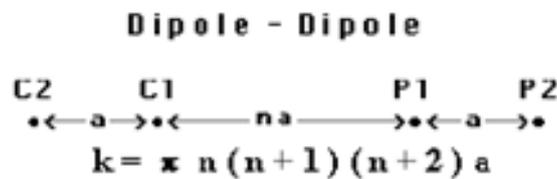
Cenni metodologici

La tomografia elettrica è utilizzata a supporto di altri metodi geofisici nell'investigazione delle strutture sepolte e nella ricerca di acque sotterranee. Questa tecnica permette di indagare la struttura resistiva del terreno, mettendo in evidenza i contrasti di resistività elettrica che sono connesse con la natura dei terreni e del loro contenuto in acqua. In pratica, il metodo tomografico in corrente continua consente di ricostruire sezioni bidimensionali di resistività. Un profilo tomografico viene realizzato tramite lo stendimento di un cavo multipolare che collega una serie di elettrodi, i quali vengono utilizzati tanto per l'immissione della corrente I che per la misura della differenza di potenziale V . Tramite queste due grandezze fisiche è possibile calcolare la resistività elettrica apparente ρ_a relativa alla configurazione elettrodica utilizzata. Gli elettrodi di corrente vengono indicati come C1 e C2, quelli di potenziale P1 e P2.

Spostando lateralmente il quadripolo si registrano le variazioni orizzontali della resistività, mentre con il progressivo allargamento della spaziatura n e di a si acquisiscono informazioni sugli strati via via più profondi; si ottiene così una pseudosezione di resistività apparente che, attraverso opportuni algoritmi di calcolo, può essere invertita per fornire una sezione

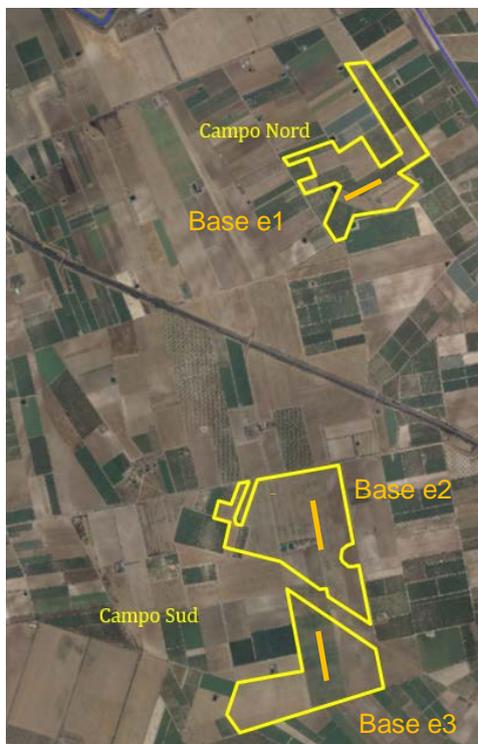
bidimensionale di resistività.

Nel caso in oggetto è stata utilizzata la configurazione Dipolo-dipolo dove la prima misura inizia con spaziatura 1a tra elettrodi di potenziale e corrente, poi si varia solo il rapporto tra le distanza C1-P1 e C1-C2 (“n” factor), fino ad un valore di accuratezza minima (legato alla debolezza del segnale) pari a 6. La spaziatura tra gli elettrodi di corrente C2-C1 e gli elettrodi di potenziale P1 e P2, resta fissa. Si prosegue incrementando la distanza elettrodica, ed aumentando di conseguenza la profondità di investigazione.



Modalità esecutive

Nel caso specifico è stato utilizzato un georesistimetro per tomografia elettrica multielettrodo A3000E della MAE, cavi a 24 elettrodi; L'alimentazione è assicurata da pacchi batteria esterni gestiti a microprocessore in grado di fornire ampia autonomia di acquisizione. La distanza elettrodica è pari a 3 m per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 69 m.

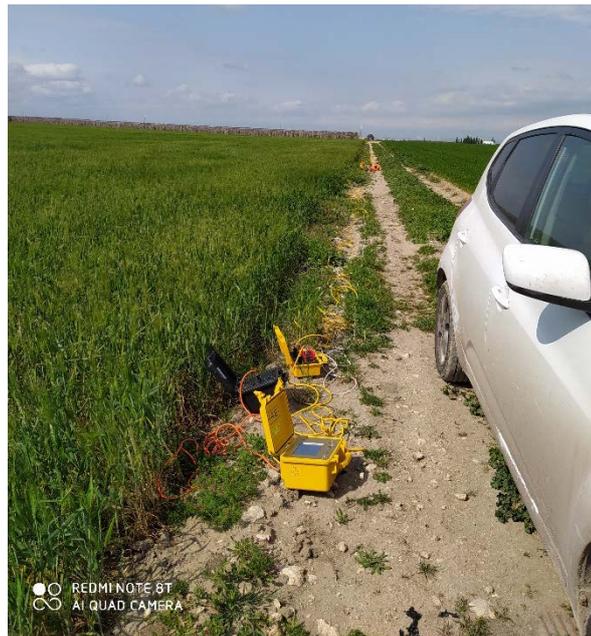


Base e1 - Campo Nord

Ubicazione indagine elettrica



Base e2 - Campo Sud



Base e3 - Campo Sud

Elaborazione e analisi dei risultati

Di seguito verranno descritti i due modelli elaborati, la scala colorimetrica permette di cogliere immediatamente le variazioni di resistività, in quanto i valori minimi sono associati ai toni blu, mentre le zone ad elevata resistività sono in colorate in rosso. Il software utilizzato per l'elaborazione è il ZondRes2D.

I dati ricavati da un'indagine geoelettrica forniscono informazioni sulla distribuzione del potenziale o, analogamente, sulla distribuzione della resistività apparente nel sottosuolo. Per avere la resistività reale, e quindi per poter ricostruire l'andamento delle resistività reali nel sottosuolo, è necessario realizzare un'inversione dei dati. Lo scopo dell'inversione è quello di trovare quei valori dei parametri che restituiscono la risposta del modello che più si adatta ai valori misurati. Nel caso della geoelettrica si deve risolvere un problema sovradeterminato, non lineare, che utilizza parametri realmente discreti o che possono essere considerati tali. Il programma Zondres2d è progettato per l'interpretazione bidimensionale dei dati di tomografia elettrica mediante resistività e metodo di polarizzazione indotta

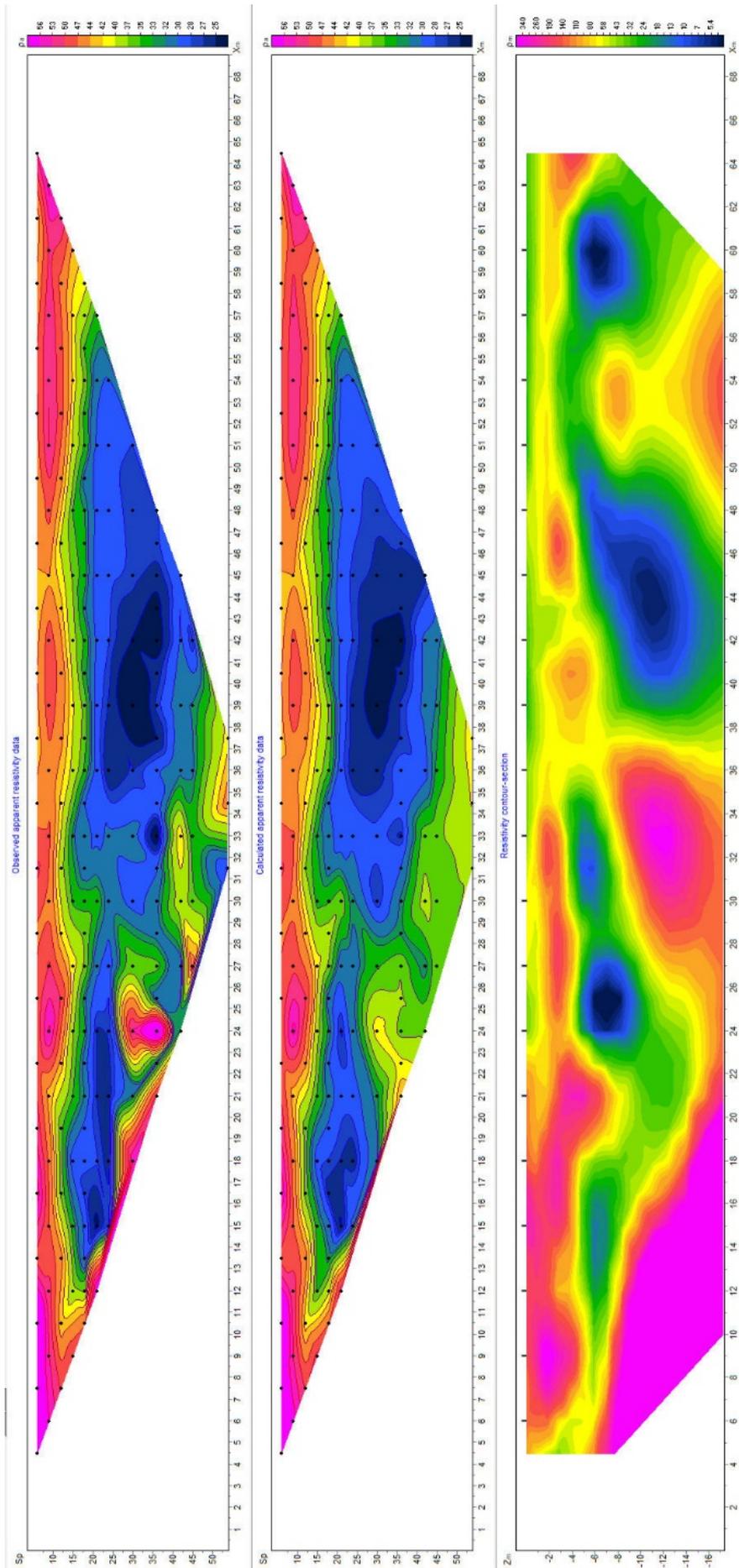
Analisi dei risultati e conclusioni

A seguito dell'elaborazione dei dati acquisiti si è pervenuti ad un modello elettrostratigrafico della fascia di sottosuolo indagata, distinto in base alle caratteristiche fisica "resistività elettrica" che ha permesso di ottenere informazioni circa la risposta elettrica dei differenti livelli stratigrafici presenti nell'area di interesse e valutare, per quanto possibile, il diverso grado di uniformità litologica. La profondità massima di investigazione ottenuta dalle indagini è stata pari a circa 16 m dal p.c. L'analisi delle sezioni tomografiche elettriche 2D ottenute, mostrano un range di resistività apparente variabile da 25 Ohm x m a 300 Ohm x m circa. Il processo di inversione mostra una distribuzione pressoché orizzontale dei valori di resistività, che variano da 10 Ohm x m a 400 Ohm x m circa.

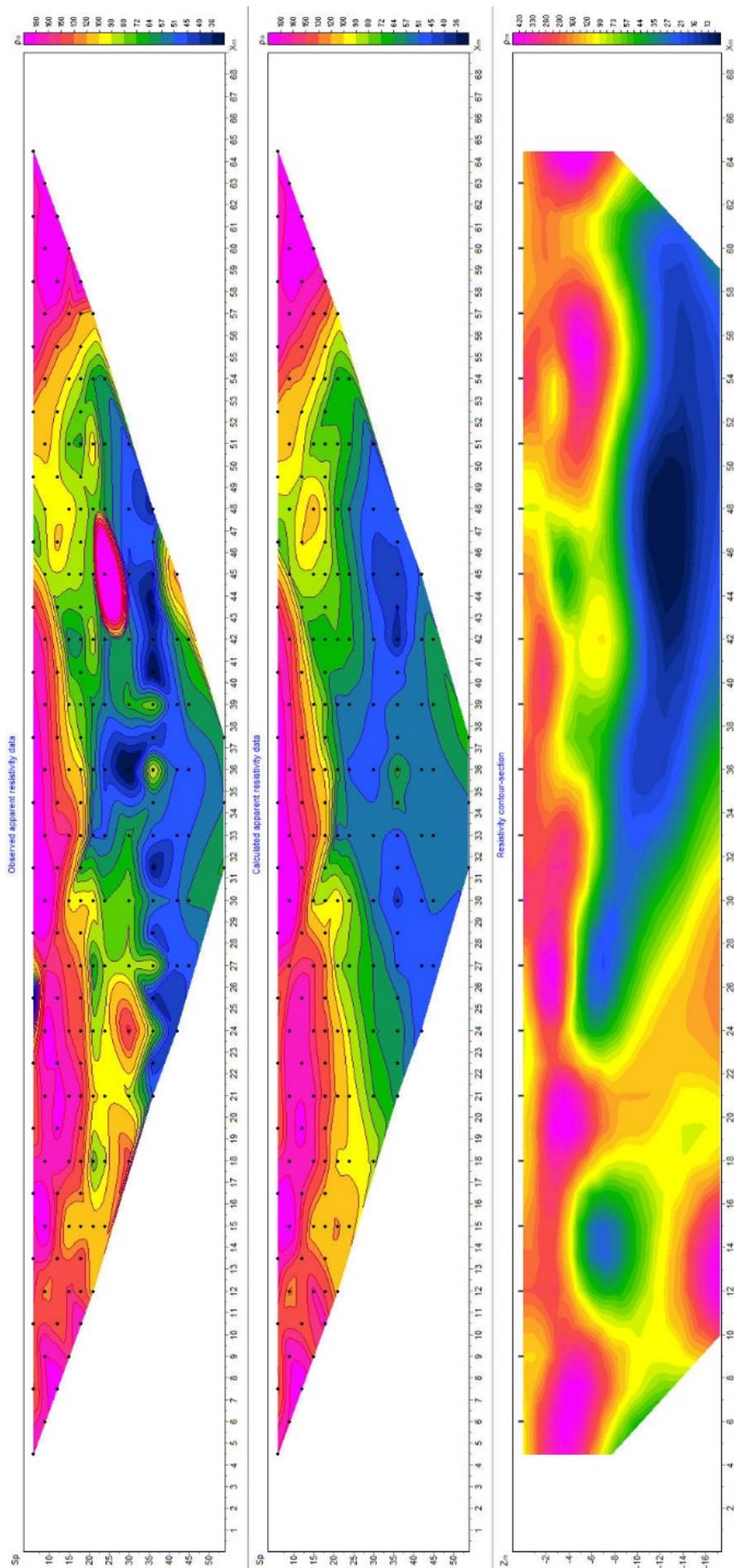
Da un'analisi d'insieme dei risultati ottenuti è possibile suddividere il sito indagato in orizzonti:

- Orizzonte 1: rappresenta lo strato superficiale, caratterizzato da una variazione del range di resistività da 90 a 200 ohm x m, lo spessore massimo arriva a 5 m circa ed è correlabile con sabbie limose e ghiaie a luoghi litificate.
- Orizzonte 2: il valore della resistività tende a diminuire raggiungendo, in alcune zone, valori inferiori ai 25 ohm x m, il limite inferiore di questo orizzonte mediamente si mantiene intorno ai 10 m (base e3) ma, in alcune zone, può raggiungere anche profondità maggiori (base e2); è correlabile con limi argillosi con valori della resistività più bassi per la presenza di acqua meteorica drenata dagli strati superiori.
- Orizzonte 3: rappresenta la porzione di sottosuolo con la resistività più alta, raggiungendo e superando anche i 400 ohm x m; è correlabile con sabbie limose e ghiaie asciutte e compatte.

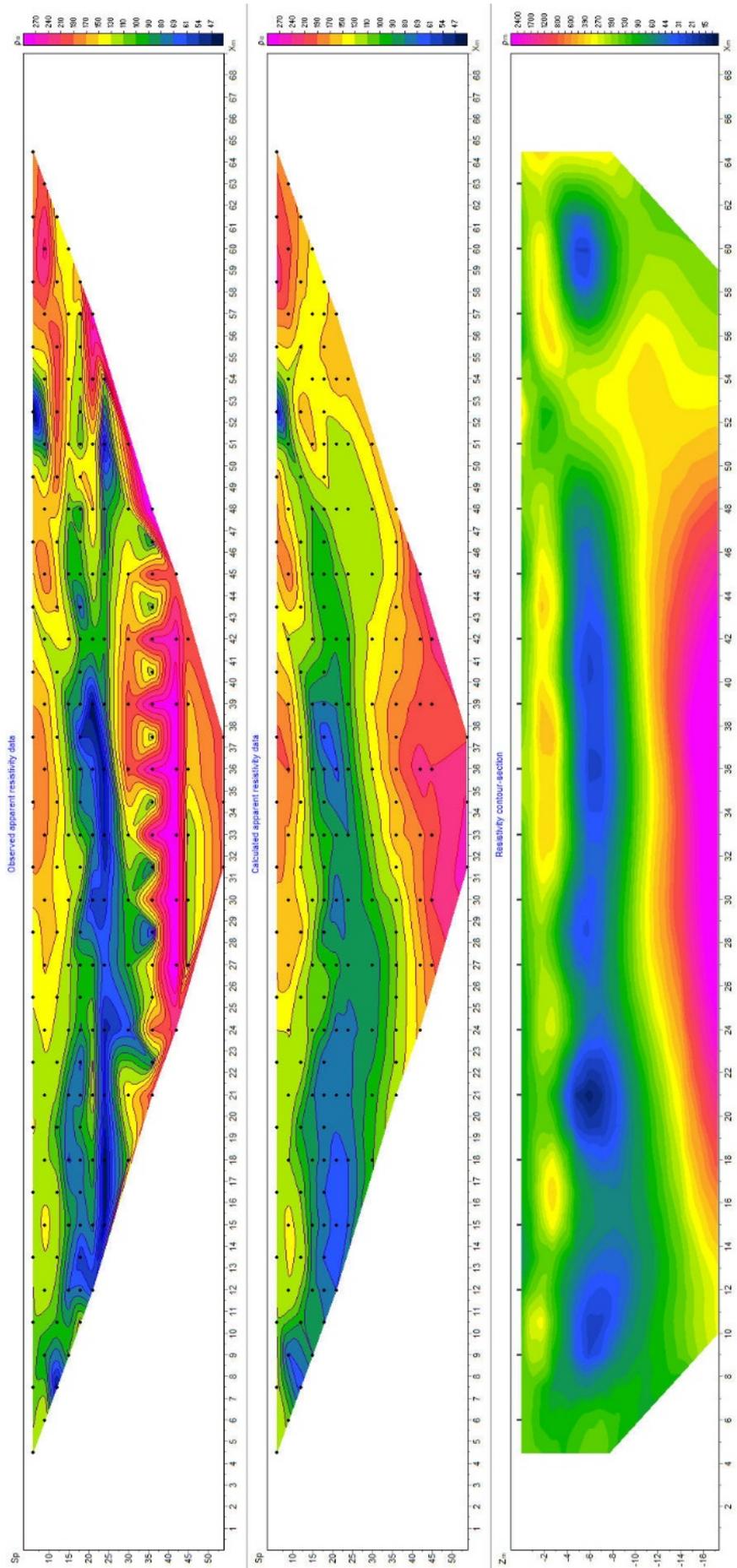
Non sono state individuate falde idriche e/o cavità.



Base e1



Base e2



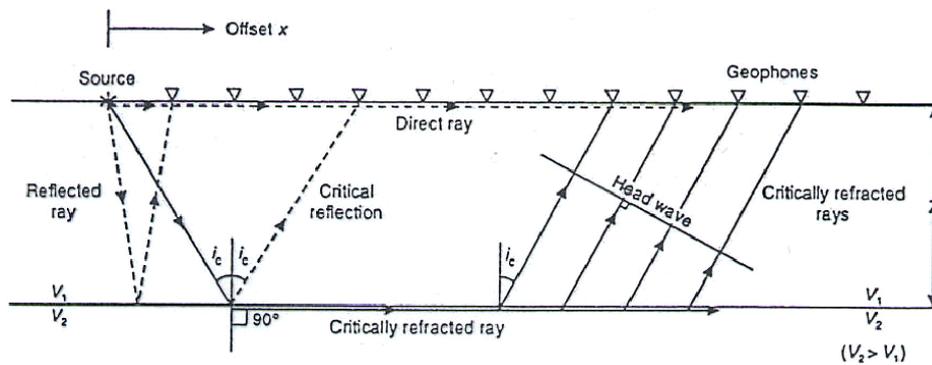
Base e2

Sismica a rifrazione

Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. É basata sulla bifrazione delle onde elastiche a seguito del formarsi di un fronte d’onda conico, che consente, attraverso l’acquisizione e l’elaborazione di dati, la costruzione d’immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica.

Dati ad esempio 2 terreni, a velocità v_1 e v_2 , con la sorgente posta nel mezzo 1 (solitamente sulle superficie del suolo) ed uno stendimento di geofoni disposti lungo il profilo, condizione necessaria è quindi che la velocità delle onde nel mezzo 2 sia maggiore rispetto al mezzo 1.



Ad ogni geofono arriveranno le onde generate dalla sorgente: onde dirette, onde riflesse e onde coniche o bifratte (head wave). Quelle analizzate sono quest’ultime, ovvero quelle che giungono sulla superficie di separazione (p.c.) con un angolo d’incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° , propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d’incidenza.

Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di “densità” dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o “celle elementari” (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

L’interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P e S è articolata nelle seguenti fasi:

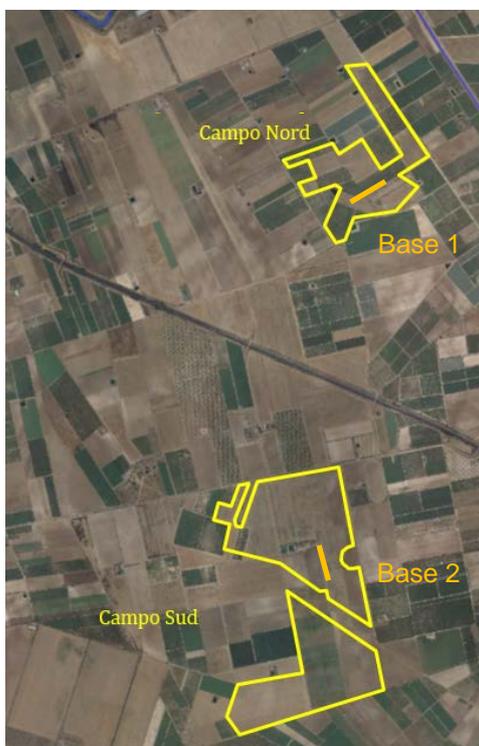
- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- elaborazione dei dati.

Modalità esecutive

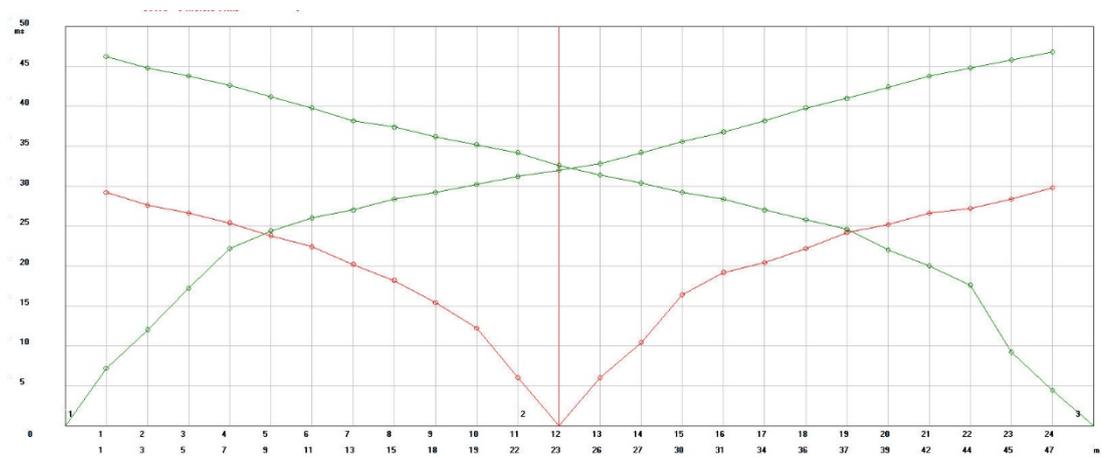
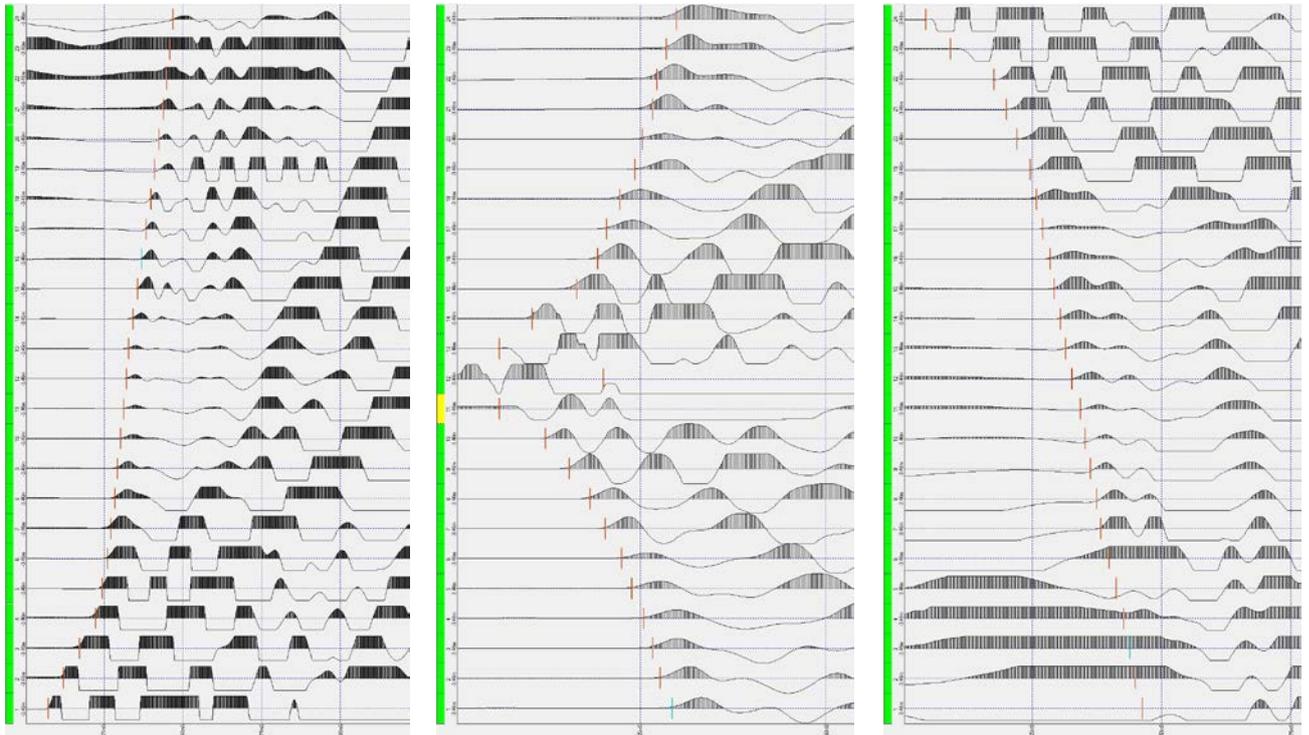
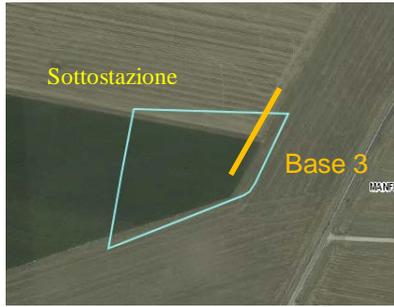
Nel caso in oggetto, l'indagine è stata realizzata con n° 3 stendimenti lungo i quali sono stati disposti e collegati in serie 24/26 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2 m per le basi 1 e 2, 1.50 m per la base 3. Sono stati eseguiti n° 3 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento (0 m e 37.50/50 m);
- 1 shot centrale, in corrispondenza del 12° geofono;

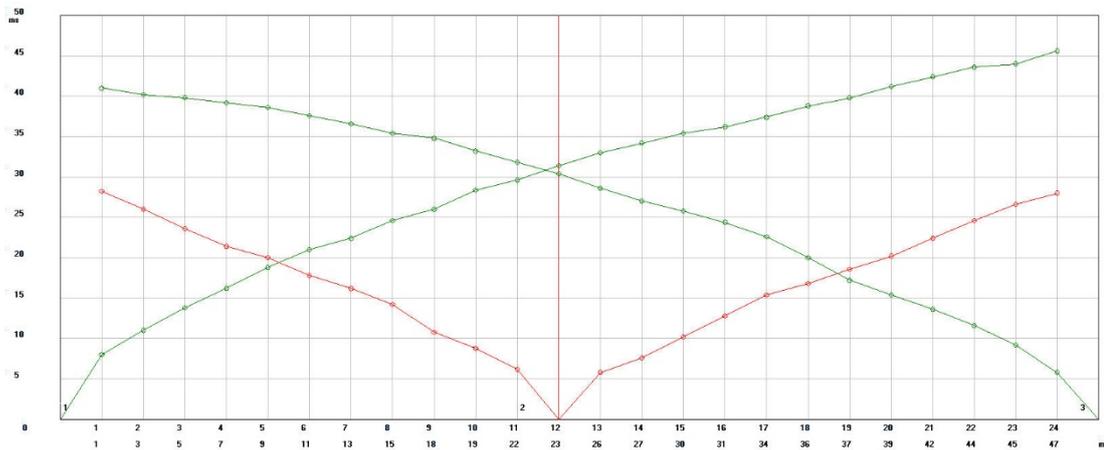
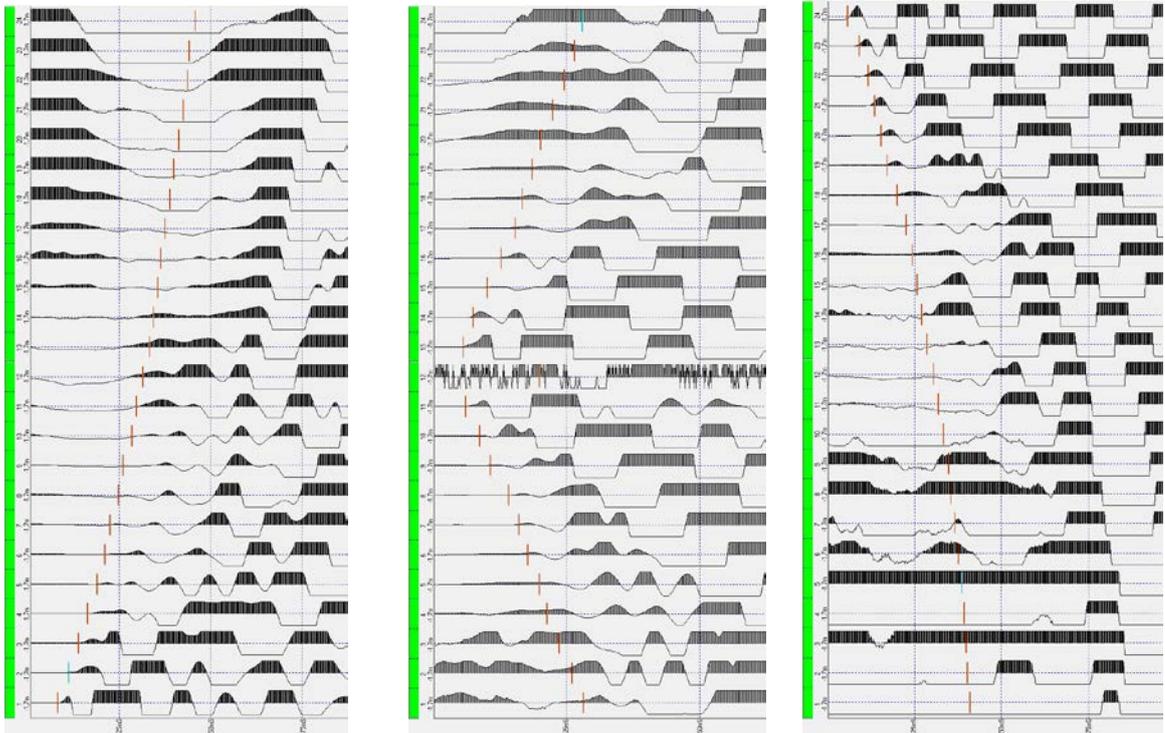
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit; il processing dei dati è stato eseguito con il programma Winsism.



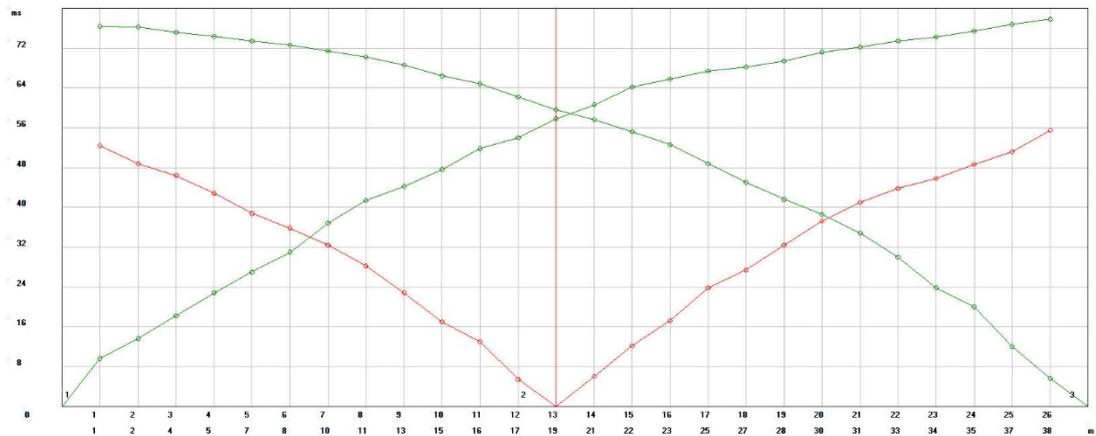
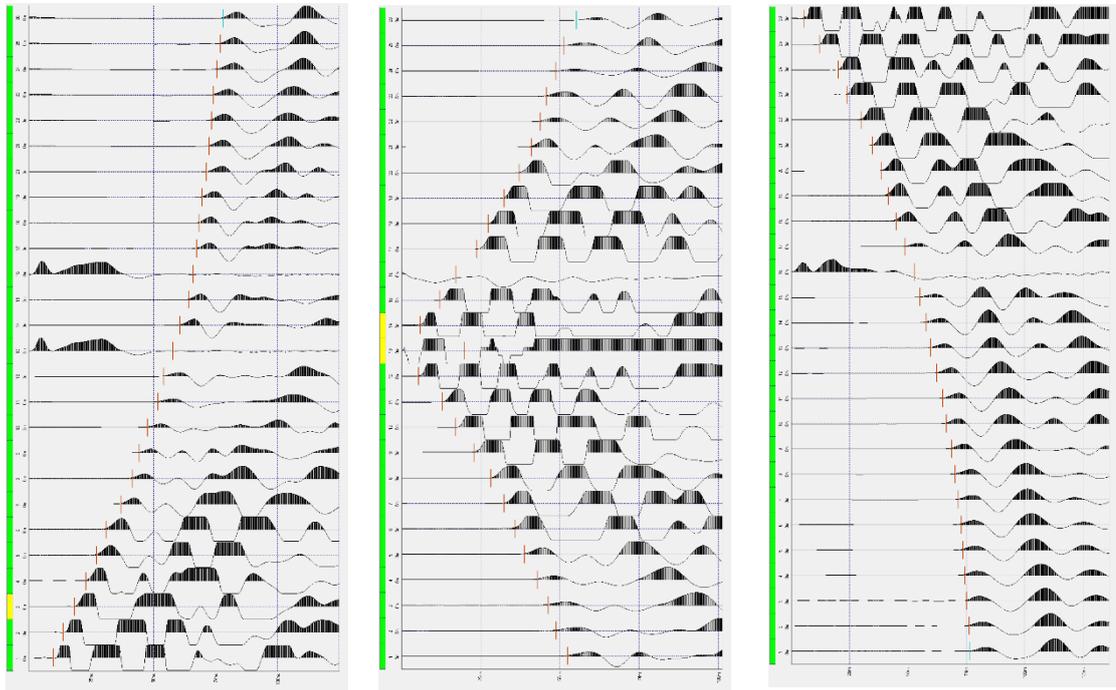
Ubicazione indagine sismica



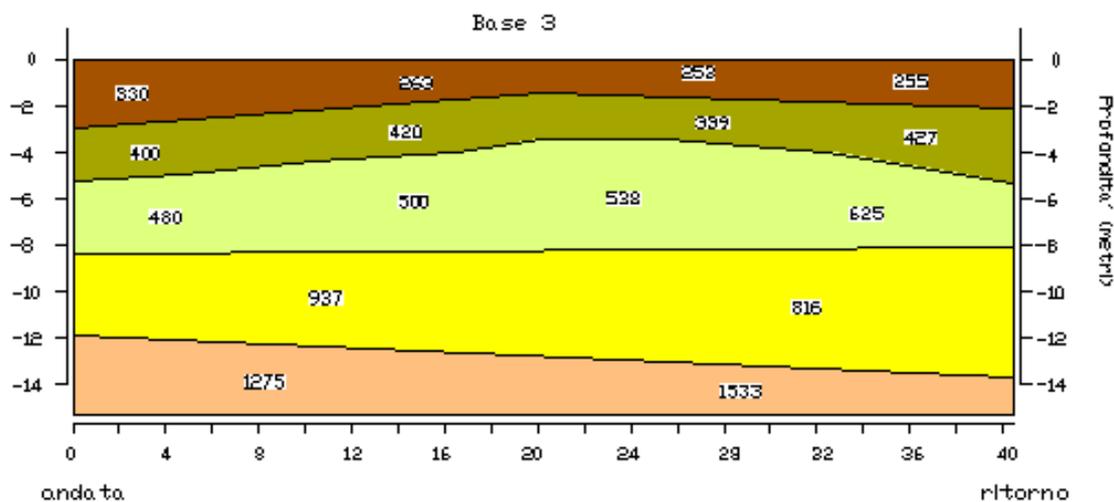
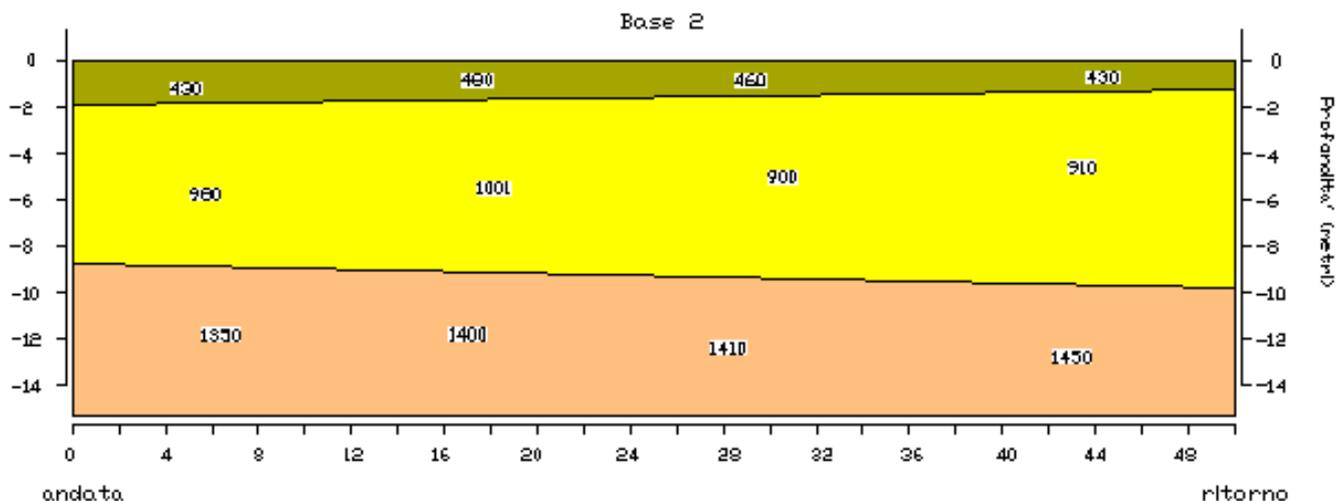
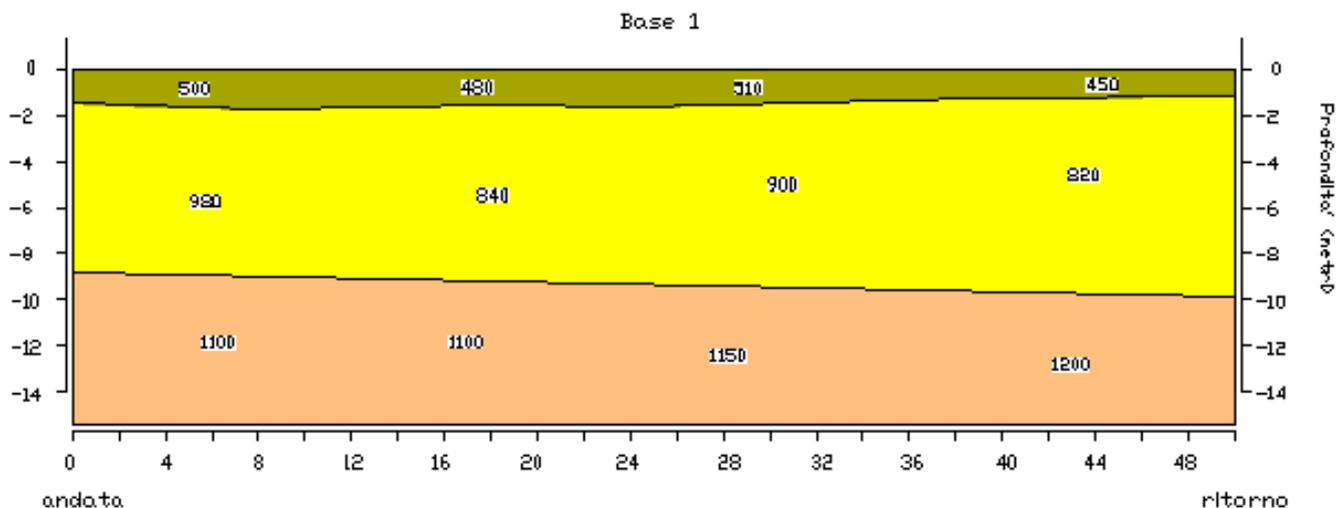
Base 1 - Sismogrammi e dromocrona, V_p



Base 2 - Sismogrammi e dromocrona, Vp



Base 3 - Sismogrammi e dromocrona, Vp



- terreno aerato
- limi poco compattii
- limi mediamente compattii
- sabbie argillose
- sabbie addensate con livelli argillosi

Interpretazione sismo-stratigrafica, Vp

Risultati dell'indagine sismica

- I orizzonte - presenta uno spessore compreso tra 1 ed 1,50 m ed una velocità media delle onde P pari a 400-500 m/s ed è correlabile col terreno vegetale sabbioso-ghiaioso. La zona d'imposta della sottostazione presenta uno spessore superficiale particolarmente aerato;
- Il orizzonte – caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 900-1000 m/sec, è correlabile con sabbie limose-ghiaiose con grado di compattezza da medio a buono;
- III orizzonte – la velocità delle onde P presenta un discreto aumento rispetto allo strato superiore, ad indicare un aumento dell'addensamento e la presenza di livelli argillosi.

PROVA "MASW"

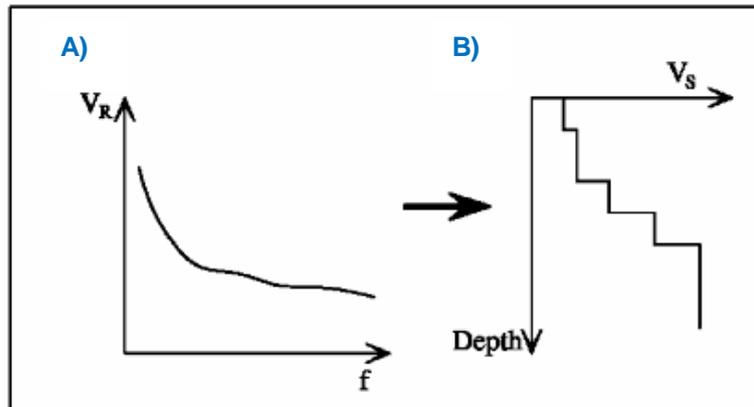
Cenni metodologici

Il metodo "MASW" è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; B) profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un

soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio Vs e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Modalità esecutive

La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento singolo di lunghezza di 46 metri, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2 m. Gli shots eseguiti, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa sono stati disposti nel secondo seguente modo:

Campo Nord: 2 shot esterni allo stendimento (-15 m e 65 m);

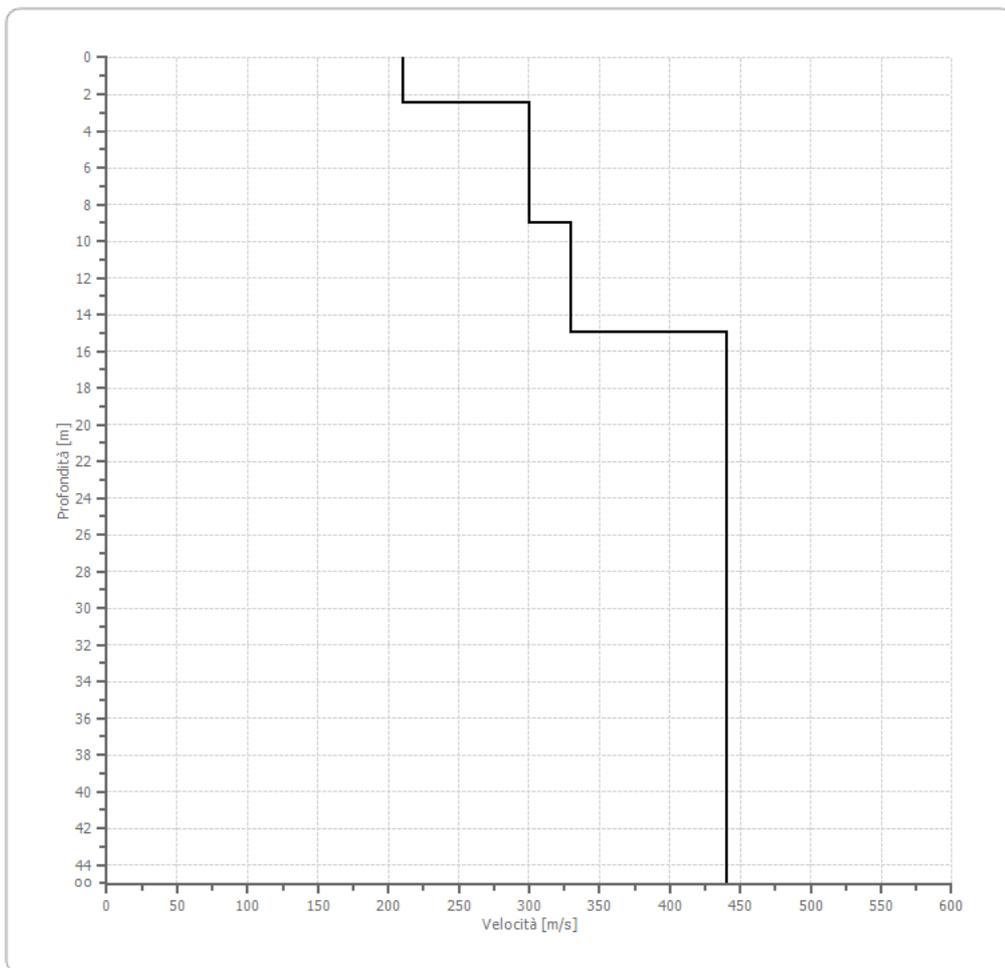
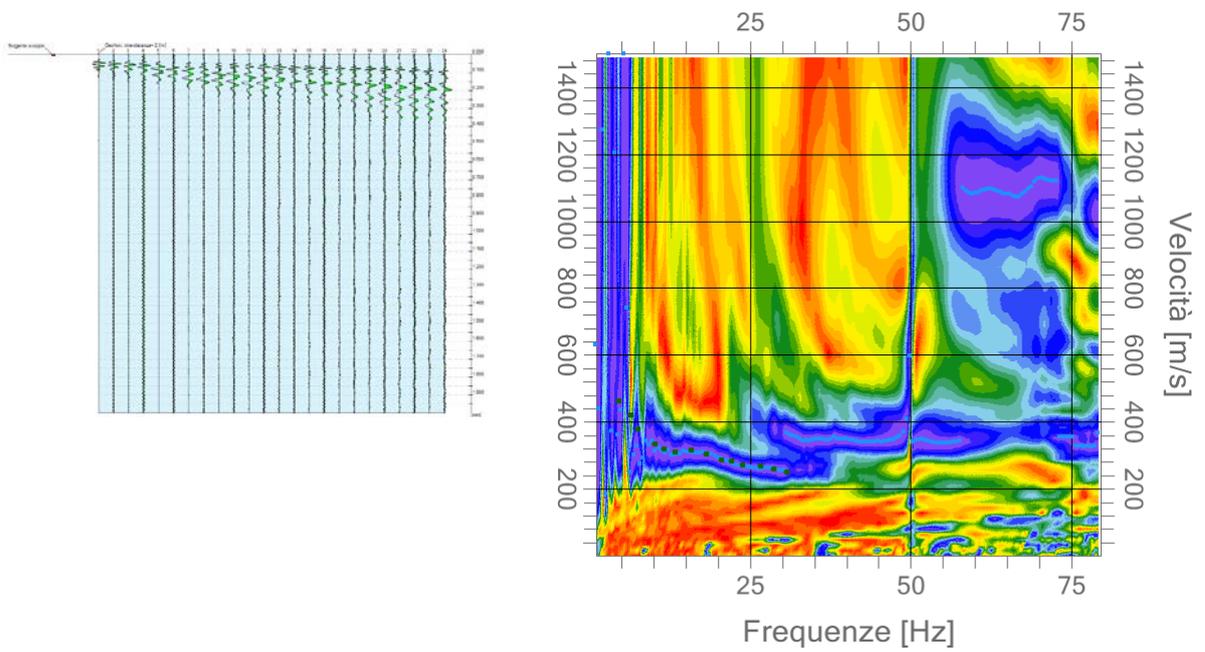
Campo Sud: 2 shot esterni allo stendimento (-15 m e 65 m);

Sottostazione: 2 shot esterni allo stendimento (-15 m e 55 m);

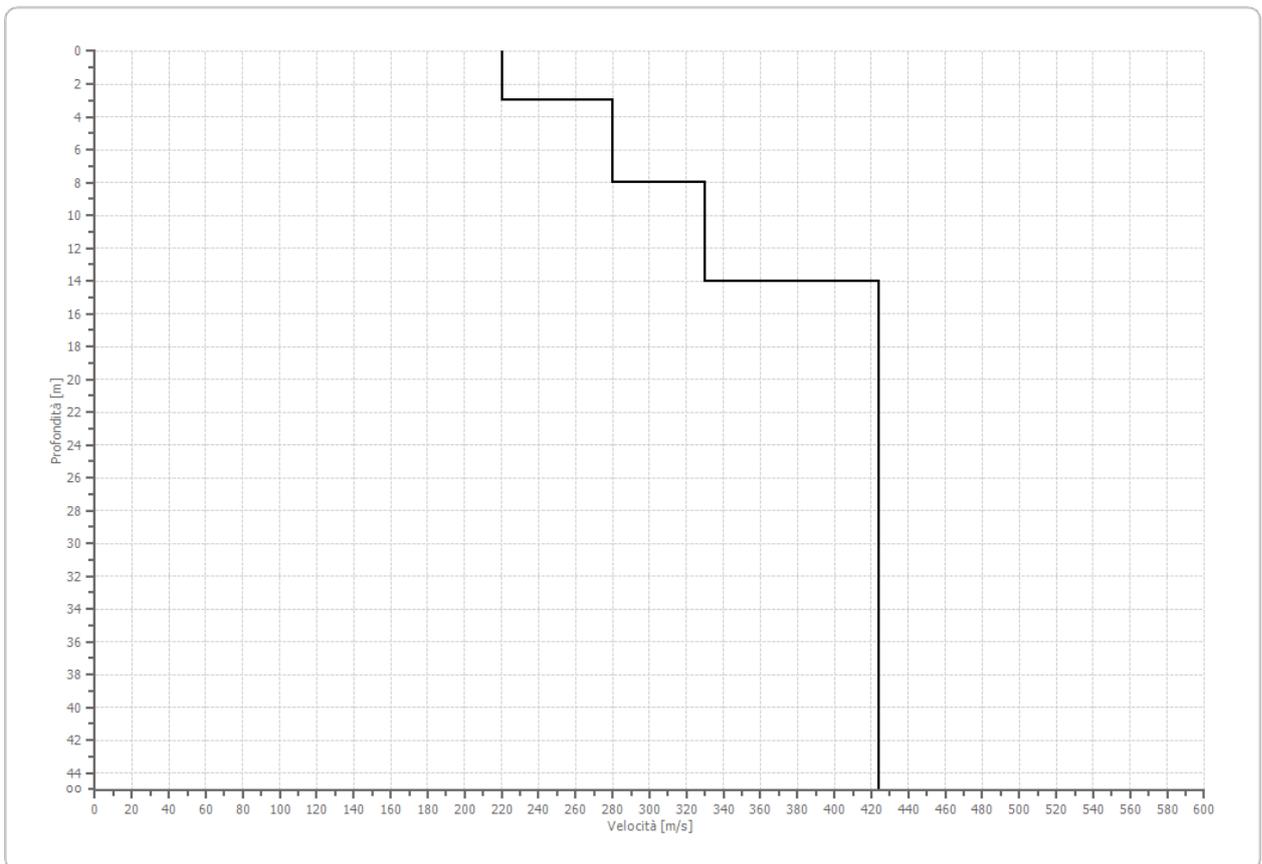
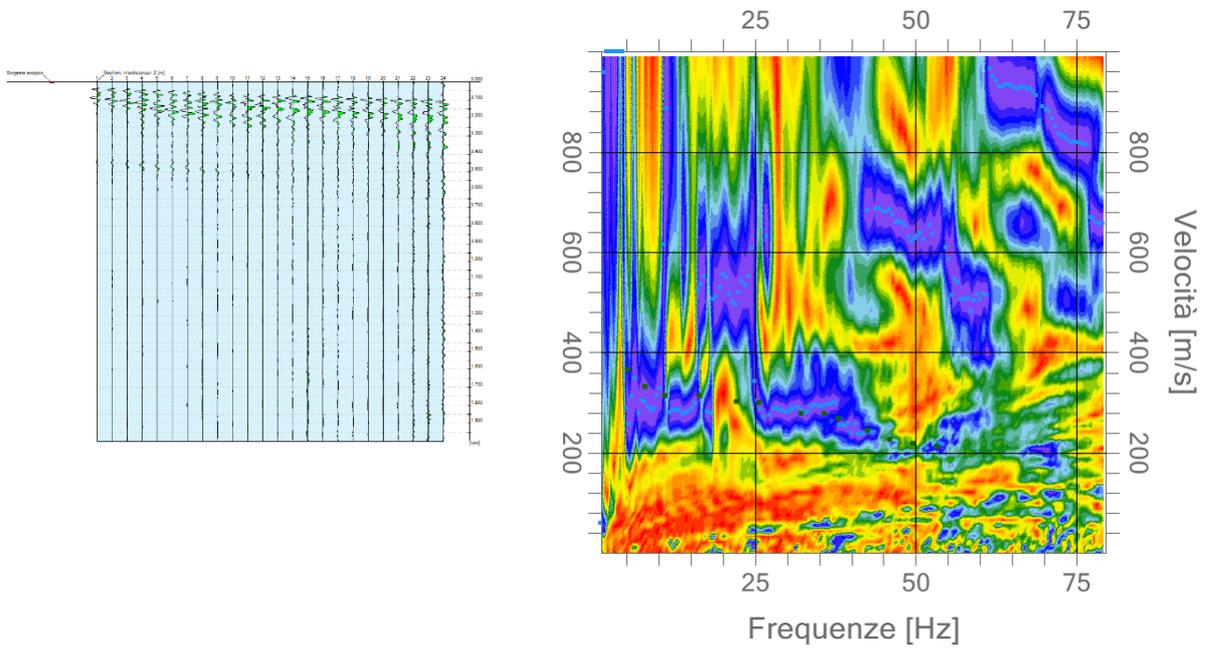
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

Elaborazione e analisi dei risultati

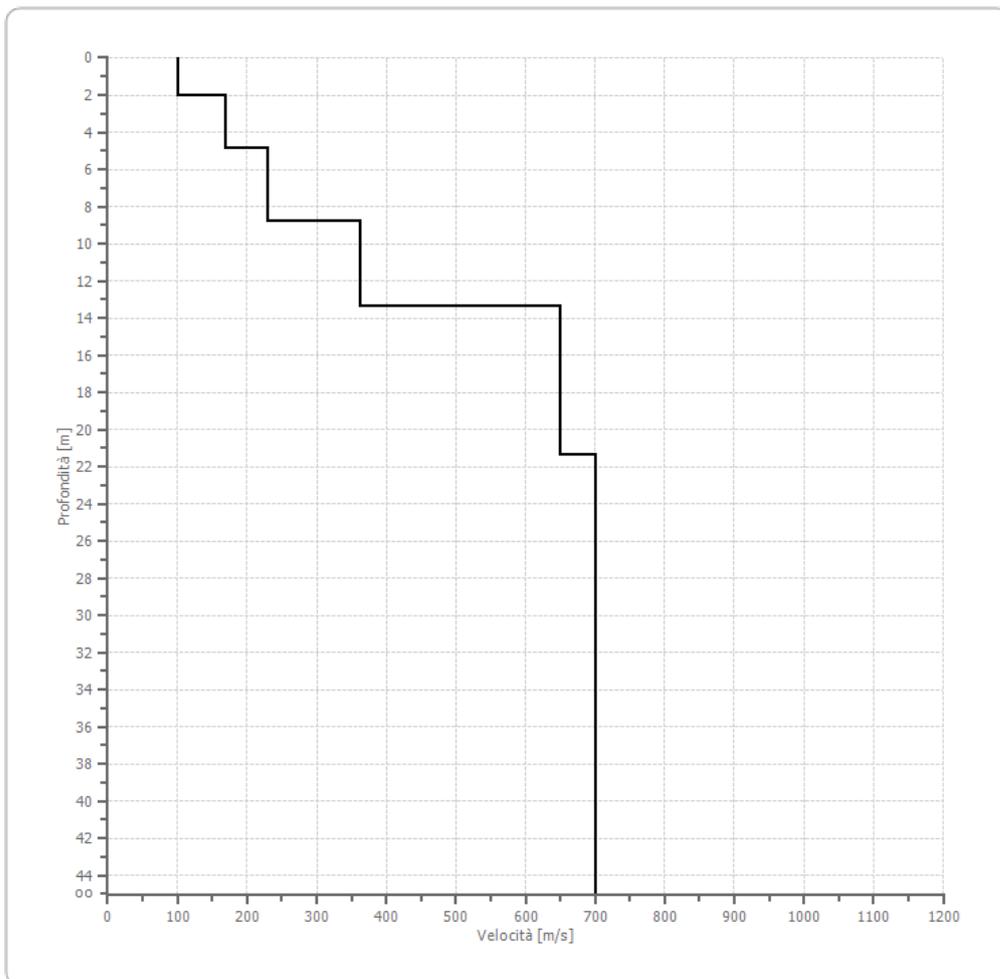
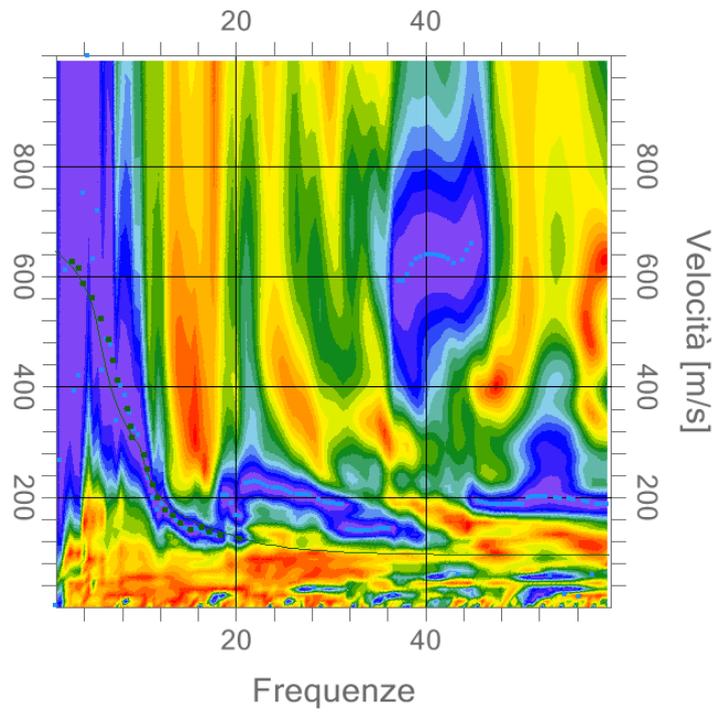
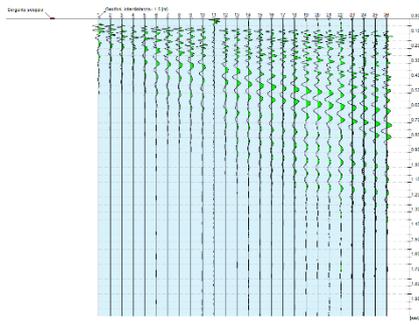
L'elaborazione, eseguita con il software della GeoStru "Easy Masw", ha consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.. La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.



Base 1 - MASW – profilo di velocità (Vs)



Base 2 - MASW – profilo di velocità (Vs)



Base 3 - MASW – profilo di velocità (Vs)

Parametri geofisici

- **Ed** (modulo di Young dinamico) - Brown e Robertshaw

$$E_{din} = 0,0102 \cdot \gamma \cdot V_p^2 \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)}$$

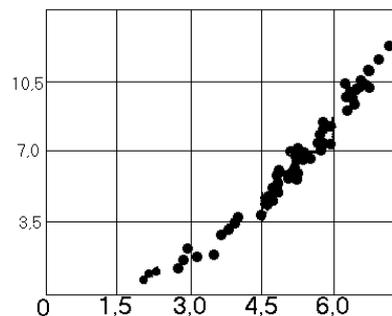
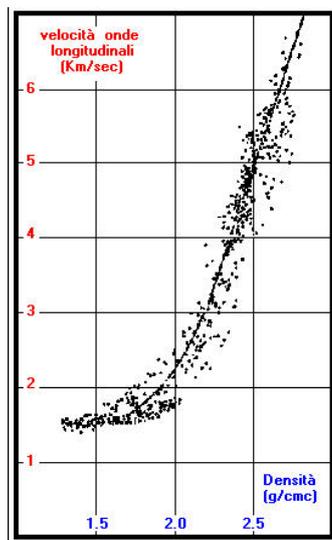
- **G** (modulo di taglio) - Ohta & Goto $G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$

- **γ** (densità geofisica del terreno) $\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0,19}$

- **R** (rigidità sismica) $R = V_s \cdot \gamma$

- **μ** (densità geofisica del terreno)

$$\mu = \frac{0,5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2}$$



Correlazione tra V_p/γ (Nate- Drake) e V_p/Ed (Brown e Robertshaw)

Parametri sismici Campi fotovoltaici				
Parametri sismici		I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte
velocità onde P	m/s	447	891	1168
velocità onde S	m/s	200	350	400
modulo di Poisson μ	-	0.37	0.41	0.43
densità geofisica γ	g/cm ³	1.63	1.85	1.95
modulo di taglio G	MPa	65	227	312
mod. dinamico Young Ed	MPa	179	640	895
rigidità sismica R	t/cm ² s	326	649	781

Parametri sismici - SSE					
Parametri sismici		I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte	III orizzonte
velocità onde P	m/s	256	408	522	831
velocità onde S	m/s	100	171	221	351
modulo di Poisson μ	-	0.41	0.39	0.39	0.39
densità geofisica γ	g/cm ³	1.46	1.60	1.67	1.83
modulo di taglio G	MPa	15	47	82	226
mod. dinamico Young Ed	MPa	41	131	228	628
rigidità sismica R	t/cm ² s	146	274	371	643

SISMICITA'

Il basamento calcareo - dolomitico del Mesozoico presenta in corrispondenza del Tavoliere di Foggia una struttura a Horste Graben, originata da un sistema di faglie appenniniche parallele alla faglia marginale del Gargano ("Faglia del Candelaro"). In senso trasversale a tale direttrice, all'incirca parallelamente al fiume Ofanto, è possibile individuare un ulteriore notevole sprofondamento da faglia (Faglia dell'Ofanto) che contribuisce alla formazione di un gradino notevole tra le ultime propaggini Nord-occidentali delle Murge ed il basamento mesozoico del Tavoliere.

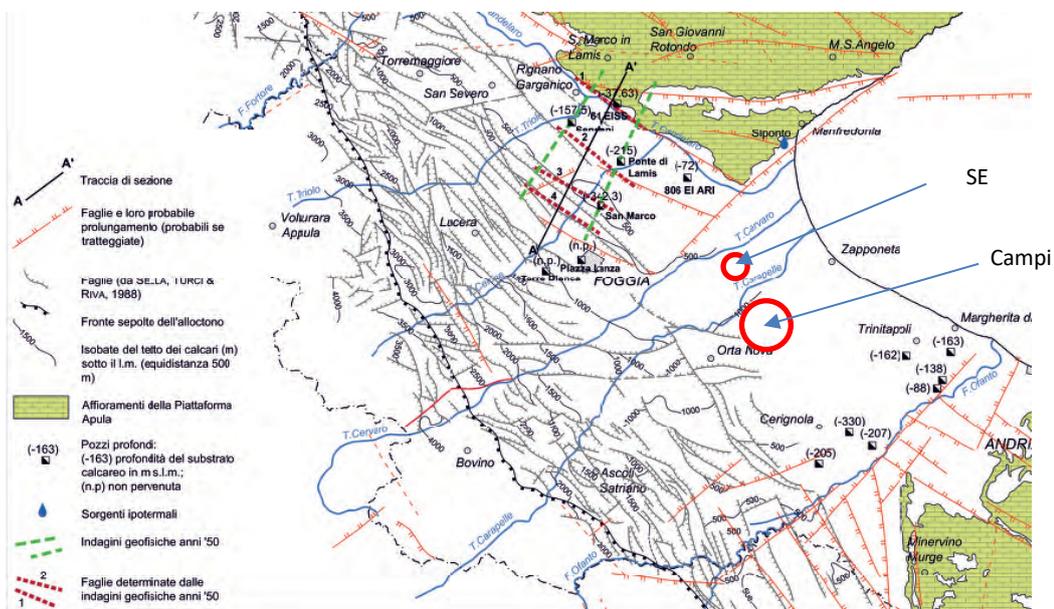


Fig. 14.6 - Lineamenti strutturali del Gargano e del Tavoliere con indicazione dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche condotte nella prima metà del secolo scorso. Indicazione dei pozzi profondi ubicati in destra Ofanto, delle sorgenti ipoterziali e della Punta del ...
 - Structural setting of Gargano and Tavoliere with indication of the results from geognostic and geophysical surveys carried out in the first half of the 20th century. The wells located on the right bank of the Ofanto river, the epithermal springs and Punta del ...

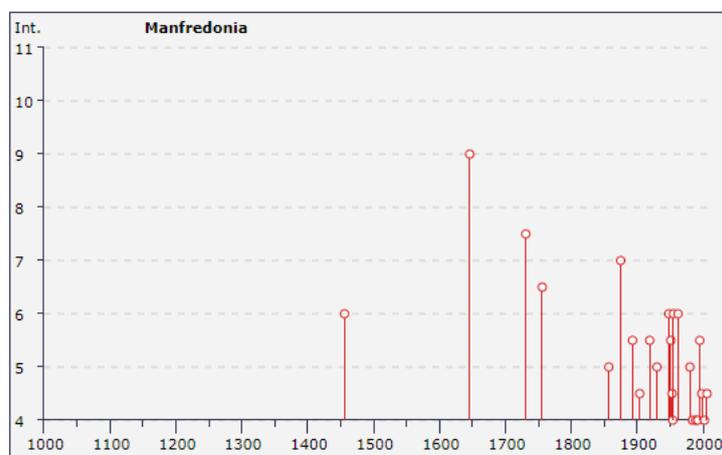
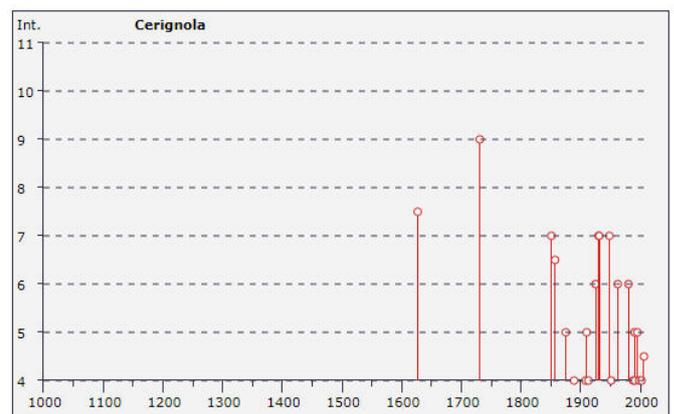
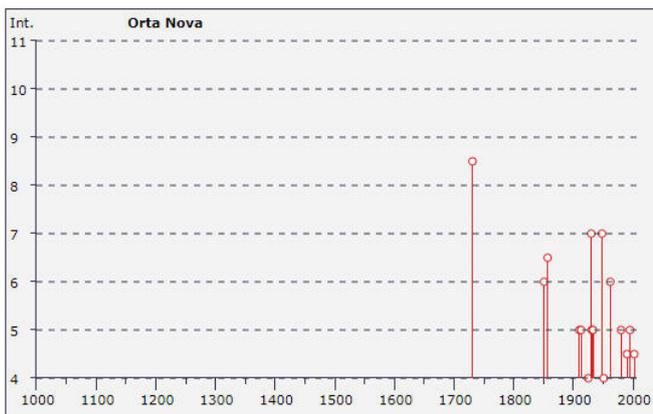
Carta tettonico-strutturale

Le argille e sabbie argillose della serie pliocenico-calabriana che sovrastano i calcari cretacei si presentano sino ad una profondità sotto il piano campagna che raggiunge anche valori dell'ordine di 1.000 m. Procedendo verso la Fossa bradanica il tetto dei calcari subisce successivi abbassamenti ad opera di un sistema di faglie di direzione appenninica, cui si associano abbassamenti dell'ordine dei 3.000÷4.000 m per la presenza di una serie di horst e graben.

Particolarmente interessanti sono anche le condizioni geologico-strutturali dell'estremità settentrionale della Faglia di Apricena, che delimita il promontorio del Gargano ad Ovest del lago di Lesina e dove tra le alluvioni recenti emergono, per un breve tratto, alcune rocce magmatiche cui viene dato in genere il nome di "Pietre Nere".

Nel portale dell'INGV sono riportate le osservazioni macrosismiche dei terremoti di aree italiane, al di sopra della soglia del "danno", dall'anno 1560 al 1996 (GNDT DOM4.1). Sulla base di questi elenchi è possibile ricostruire le storie sismiche dei territori di Orta Nova e Cerignola.

La colonna "effetti" riporta l'intensità (I_s) (scala Mercalli – MCS) con cui è stato avvertito il terremoto a Orta Nova/Cerignola, nella colonna "in occasione del terremoto di:" il toponimo dell'area epicentrale, l'intensità (I_x) e la magnitudo (M_s) (scala Richter).



Storia sismica di Orta Nova [41.327, 15.707]

Storia sismica limitatamente a valori di $I_s (x10) \geq 45$ (GNDT – DOM4.1)
Numero di eventi: 33

Effetti	In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw		
8-9	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25		
6	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17		
6-7	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08		
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25		
F	1892 04 20	GARGANO	15	6-7 4.98 ±0.32		
F	1892 06 06	TREMITI	72	6 5.06 ±0.19		
NF	1893 08 10 20:52	Gargano	69	8 5.36 ±0.22		
NF	1899 08 16 00:05	IRPINIA	32	6 4.65 ±0.41		
NF	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13		
5	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09		
5	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11		
3-4	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09		
4	1925 07 28 03:33	CERIGNOLA	6	5 4.48 ±0.63		
7	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09		
5	1931 12 03 09:32	CERIGNOLA	12	6 4.62 ±0.30		
5	1933 03 07 14:40	BISACCIA	42	6 4.97 ±0.19		
3	1937 07 17 17:11	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19		
7	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21		
4	1951 01 16 01:11	Gargano	73	7 5.35 ±0.20		
F	1956 01 09 00:44	GRASSANO	45	6 4.88 ±0.20		
6	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10		
5	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09		
3-4	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09		
3	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09		
NF	1988 04 26 00:53	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09		
2-3	1989 03 11 21:05	Gargano	50	5 4.52 ±0.16		
4-5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09		
3-4	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09		
3	1992 11 05 13:34	Gargano	32	5 4.64 ±0.18		
5	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09		
3-4	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09		
2-3	1998 09 22 23:23	GARGANO-FOGGIANO	30	5 4.57 ±0.19		
4-5	2002 11 01 15:09	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09		

- **F** avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni ($I < 6$)
- **NF** non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a $I=1$
- **NC** non classificato (not classified);

Storia sismica di Cerignola [41.264, 15.898]

Numero di eventi: 36

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7-8	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
9	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25
7	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17
6-7	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
5	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
2-3	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25
4	1889 12 08	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13
NF	1892 06 06	TREMITI	72	6 5.06 ±0.19
3	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
2	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13
4	1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
5	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09
4	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11
6	1925 07 28 03:33	CERIGNOLA	6	5 4.48 ±0.63
3	1925 08 25 05:10	Gargano	14	5 4.92 ±0.26
7	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
7	1931 12 03 09:32	CERIGNOLA	12	6 4.62 ±0.30
7	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21
4	1951 01 16 01:11	Gargano	73	7 5.35 ±0.20
NF	1955 02 09 10:06	MONTE S.ANGELO	31	6-7 5.09 ±0.33
2	1956 01 09 00:44	GRASSANO	45	6 4.88 ±0.20
6	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10
NF	1978 09 25 10:08	Matera	120	6 4.88 ±0.13
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
4	1988 04 26 00:53	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09
5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
4	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09
2-3	1992 11 05 13:34	Gargano	32	5 4.64 ±0.18
5	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09
3-4	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09
4	1998 09 22 23:23	GARGANO-FOGGIANO	30	5 4.57 ±0.19
4	2002 11 01 15:09	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09
NF	2003 06 01 15:45	Molise	516	5 4.50 ±0.09

- F avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni ($I < 6$)
- NF non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a $I=1$
- NC non classificato (not classified);

Storia sismica di Manfredonia [41.623, 15.908]

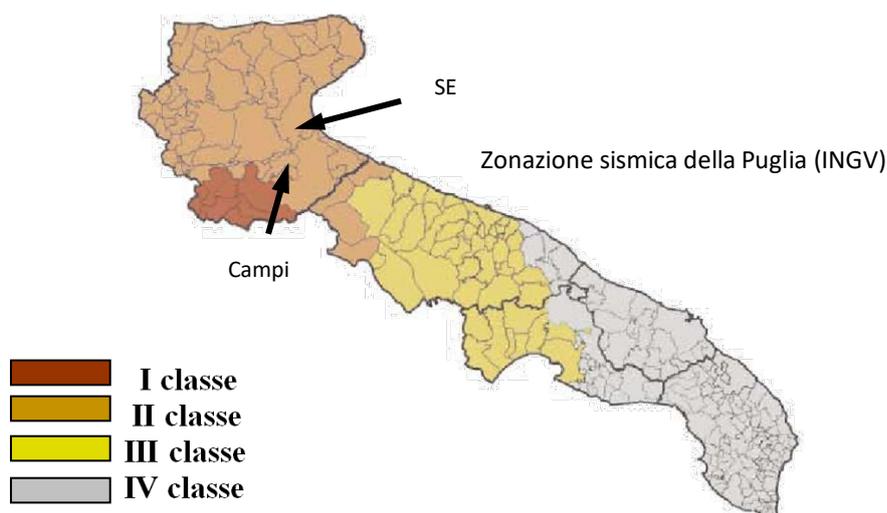
Numero di eventi: 39

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6	1456 12 05	MOLISE	199	11 7.22 ±0.13
EE	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
9	1646 05 31	Gargano	35	9-10 6.61 ±0.45
7-8	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25
F	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9 7.13 ±0.19
6-7	1756 11 22	Manfredonia	1	6-7 4.93 ±0.34
5	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
7	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25
5-6	1893 08 10 20:52	Gargano	69	8 5.36 ±0.22
4-5	1904 04 08 08:22	Gargano	32	6 4.91 ±0.42
2	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13
NF	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11
NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
5-6	1919 10 21 00:24	Gargano	28	5-6 5.09 ±0.26
5	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
2	1933 03 07 14:40	BISACCIA	42	6 4.97 ±0.19
3	1937 07 17 17:11	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19
NF	1937 12 15 21:25	CAPITANATA	23	4-5 4.62 ±0.26
6	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21
5-6	1951 01 16 01:11	Gargano	73	7 5.35 ±0.20
4-5	1953 07 19 18:46	S.GIOVANNI ROTONDO	5	4.63 ±0.23
4	1954 10 26 02:25	Gargano	8	4-5 4.75 ±0.30
6	1955 02 09 10:06	MONTE S.ANGELO	31	6-7 5.09 ±0.33
6	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10
5	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
3	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09
4	1989 03 11 21:05	Gargano	50	5 4.52 ±0.16
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09
4	1992 11 05 13:34	Gargano	32	5 4.64 ±0.18
5-6	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09
2	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09
NF	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09
4-5	1998 09 22 23:23	GARGANO-FOGGIANO	30	5 4.57 ±0.19

- F avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni ($I < 6$)
- NF non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a $I=1$
- NC non classificato (not classified);

In seguito all'Ordinanza PCM 20 marzo 2003 n° 3274, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha redatto la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche.

La mappa finale è stata ottenuta dall'uso ponderale di tre gruppi di relazioni di attenuazione e due insiemi di intervalli di completezza.



La mappa presenta anche una fascia “marginale”, dove sono raggruppati quei territori che possono essere inseriti in una zona sismica o in quella contigua, nell'ambito del potere discrezionale che l'Ordinanza affida alle Regioni. La zonazione è stata recepita dalla Regione Puglia con delibera della Giunta Regionale n° 153 del 2.03.2004. Le zone sismiche, distinte in 4 classi di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, sono state individuate in base al sistema dei codici europei (EC8). I territori di Orta Nova, Cerignola e Manfredonia rientrano nelle aree di II classe.

Sismicità dell'area

Il sistema della mappa interattiva di pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) consente di visualizzare ed interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale che è espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°.

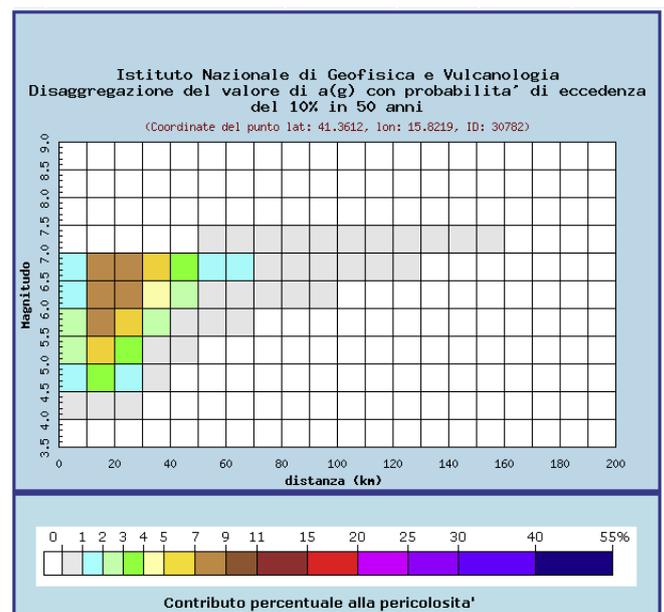
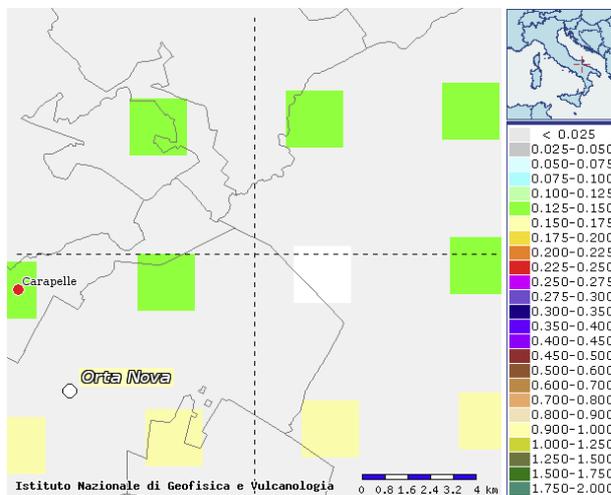
Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione); l'unità di misura è g (l'accelerazione di gravità) corrispondente a 9.8 m/s². Per i soli valori di $a(g)$ è disponibile la relativa disaggregazione.

In particolare, mediante il sistema della mappa interattiva di pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), sono state elaborate quelle dell'area in oggetto, per poi giungere alla definizione della magnitudo.

Orta Nova - Cerignola

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.3612, lon: 15.8219, ID: 30782)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.583	1.860	2.190	2.090	1.670	1.150	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.907	3.860	6.290	8.090	8.480	7.400	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.061	1.070	3.100	5.360	7.230	7.970	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.042	0.929	2.620	4.480	6.020	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.085	0.995	2.390	3.900	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.201	0.960	1.900	0.219	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.424	1.220	0.902	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.113	0.688	0.858	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.367	0.599	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119	0.268	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.142	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.079	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.039	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

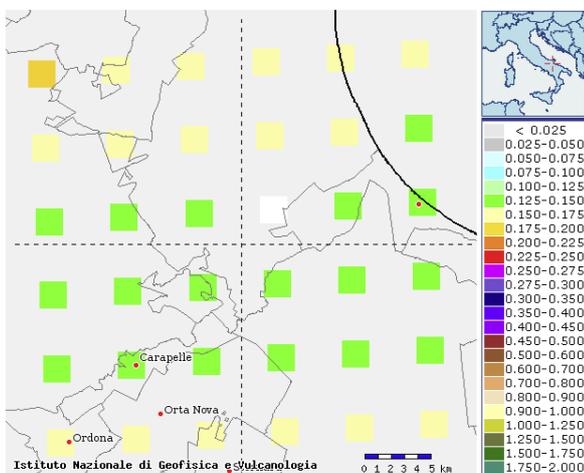
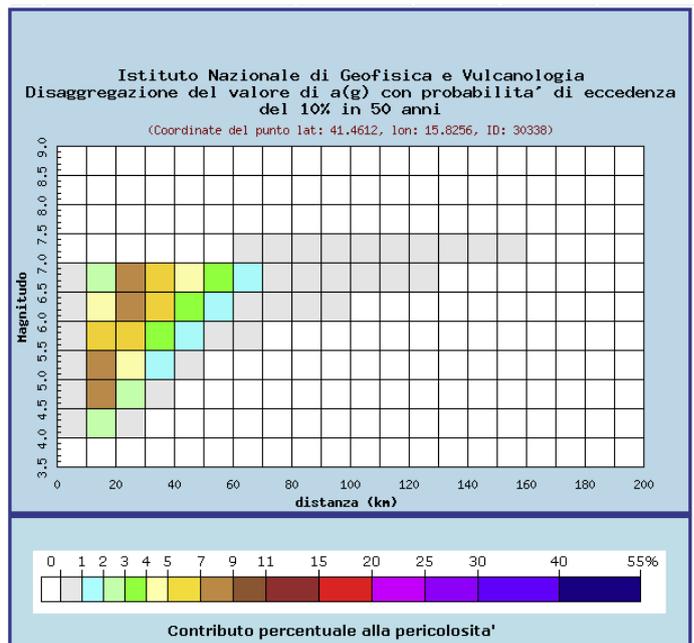
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.090	26.500	1.100



Manfredonia

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.4612, lon: 15.8256, ID: 30338)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.051	0.118	0.089	0.054	0.027	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.500	7.570	7.800	6.430	4.440	2.660	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.193	2.170	4.880	6.980	8.060	7.860	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.080	1.380	3.460	5.450	6.850	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.140	1.380	3.100	4.820	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.350	1.530	3.010	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.473	1.300	0.360	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.144	0.795	0.886	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.494	0.794	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.230	0.500	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.228	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.118	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.061	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.990	30.100	1.440



Pericolosità sismica di base

La valutazione dell'azione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 3.2 delle NTC (DM 17.01.18).

Come riportato dalla suddetta normativa, la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o 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.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II). La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il calcolo del V_{seq} , è stata eseguita una indagine MASW lungo le basi sismiche S1, S2, S3 (riportate sulle relazioni riguardo le indagini geognostiche eseguite nelle aree di progetto). Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Le indagini sismiche eseguite in modalità MASW hanno fornito un valore della V_{seq} variabile da 349 m/sec in località "Campo Nord", a 343 m/s in località "Campo Sud", a 328 m/s per la sottostazione, per cui il terreno di fondazione rientra in tutti i casi nella categoria di suolo di fondazione "C", trattandosi di depositi di terreni a grana da grossa a fine, con grado di addensamento da basso a medio-alto.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = 328-343-349 \text{ m/s}$$

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

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

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

Condizioni topografiche

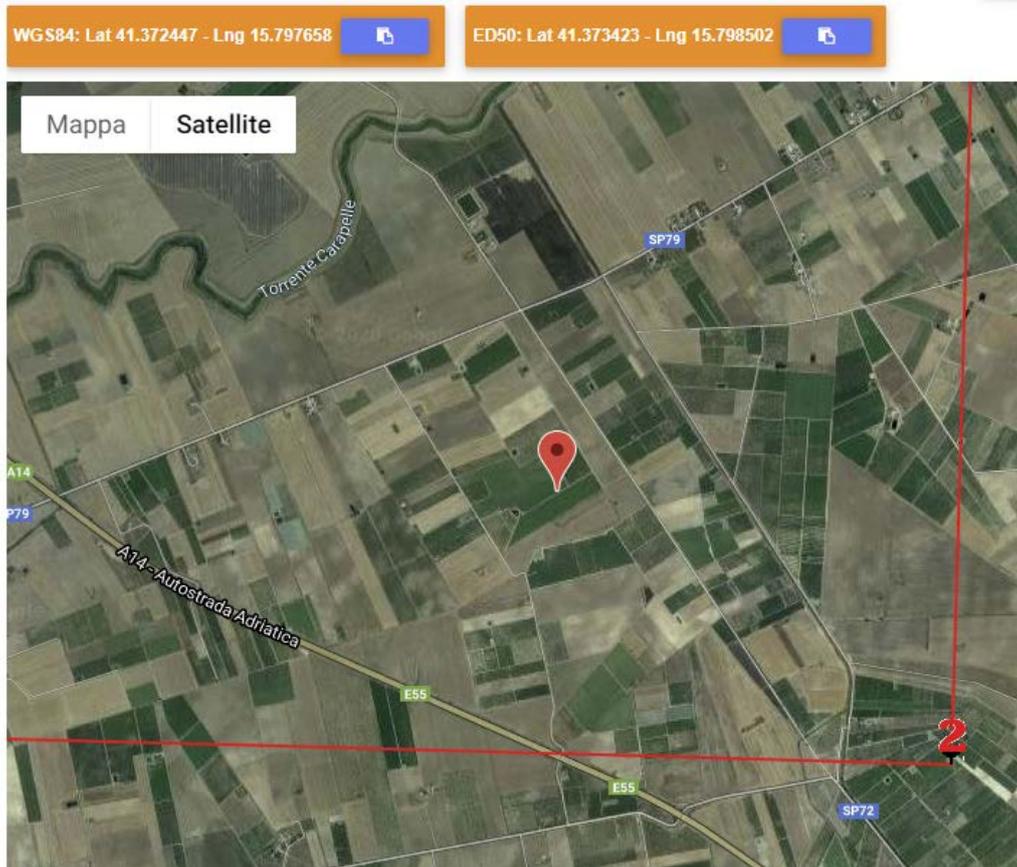
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Parametri e coefficienti sismici determinati con GeoStru PS Località “Campo Nord”



Ubicazione topografica “Campo Nord”

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,373423 [°]

longitudine: 15,798502 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	30781	41,362530	15,755290	3804,0
Sito 2	30782	41,361190	15,821880	2378,3
Sito 3	30560	41,411170	15,823720	4694,9
Sito 4	30559	41,412520	15,757070	5553,8

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

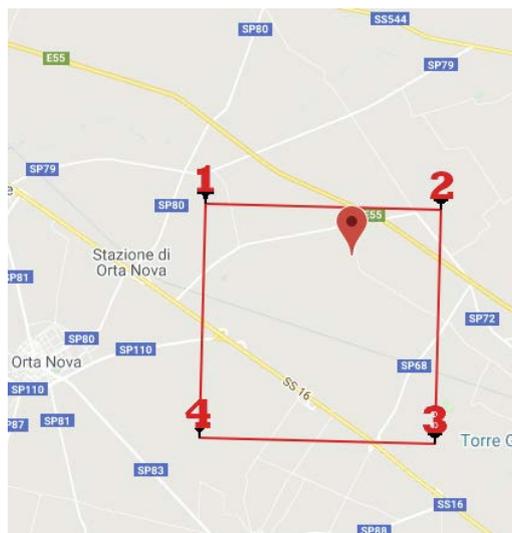
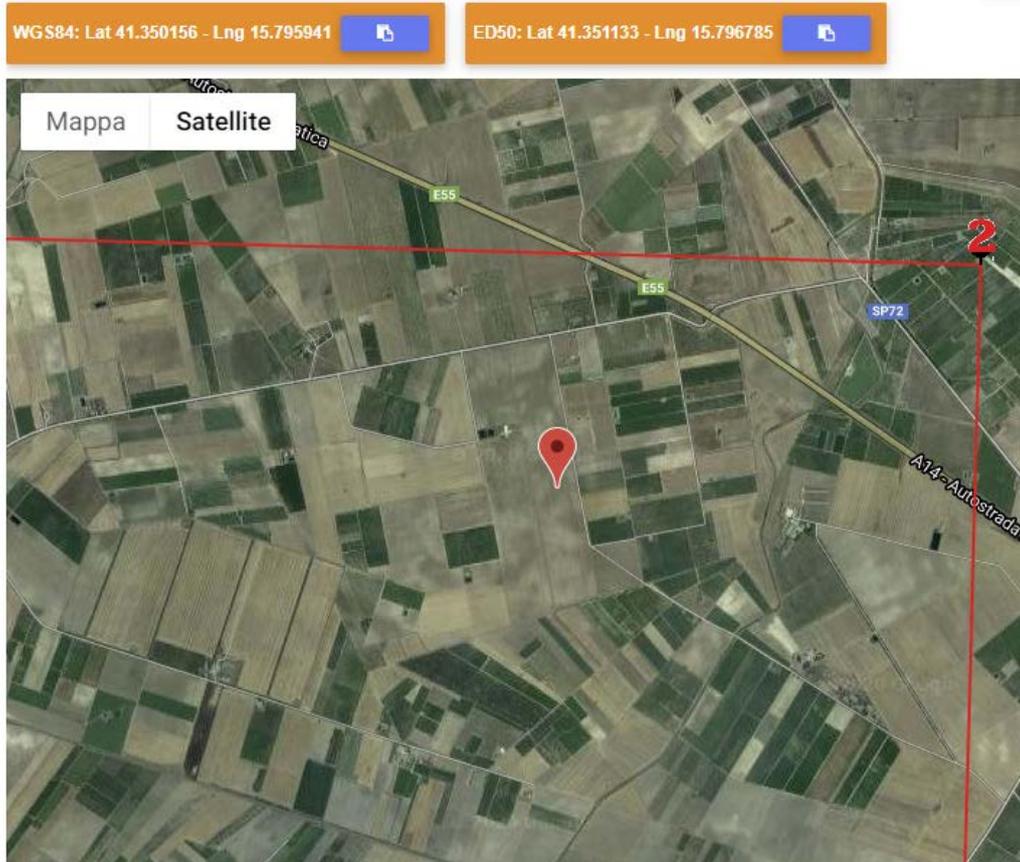
Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,043	2,487	0,287
Danno (SLD)	63	50	0,054	2,552	0,326
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,134	2,612	0,440
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,174	2,604	0,449

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,590	1,000	0,013	0,006	0,633	0,200
SLD	1,500	1,520	1,000	0,016	0,008	0,795	0,200
SLV	1,490	1,380	1,000	0,048	0,024	1,960	0,240
SLC	1,430	1,370	1,000	0,060	0,030	2,445	0,240

Località “Campo Sud”



Ubicazione topografica “Campo Sud”

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,351133 [°]

longitudine: 15,796785 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	30781	41,362530	15,755290	3687,9
Sito 2	30782	41,361190	15,821880	2374,4
Sito 3	31004	41,311210	15,820060	4846,0
Sito 4	31003	41,312550	15,753530	5608,0

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

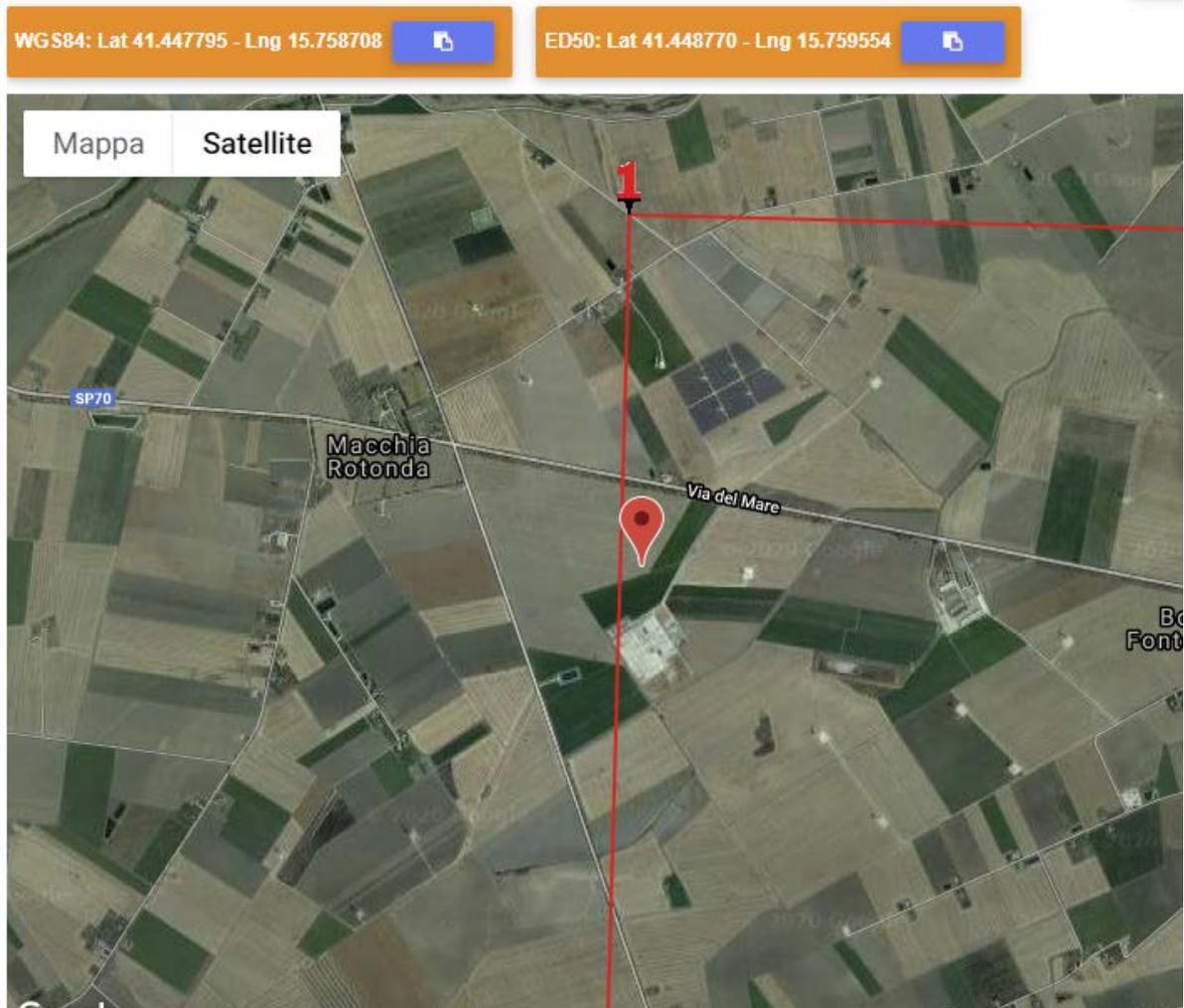
Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,043	2,500	0,285
Danno (SLD)	63	50	0,054	2,559	0,323
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,142	2,586	0,434
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,189	2,560	0,441

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,590	1,000	0,013	0,006	0,633	0,200
SLD	1,500	1,520	1,000	0,016	0,008	0,797	0,200
SLV	1,480	1,380	1,000	0,050	0,025	2,063	0,240
SLC	1,410	1,380	1,000	0,064	0,032	2,613	0,240

Località “Sottostazione Utente”



Ubicazione topografica “Sottostazione utente”

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,448770 [°]

longitudine: 15,759554 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	30337	41,462490	15,758870	1526,7
Sito 2	30338	41,461150	15,825560	5670,4
Sito 3	30560	41,411170	15,823720	6789,5
Sito 4	30559	41,412520	15,757070	4036,1

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,044	2,474	0,289
Danno (SLD)	63	50	0,056	2,538	0,325
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,133	2,593	0,429
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,170	2,609	0,441

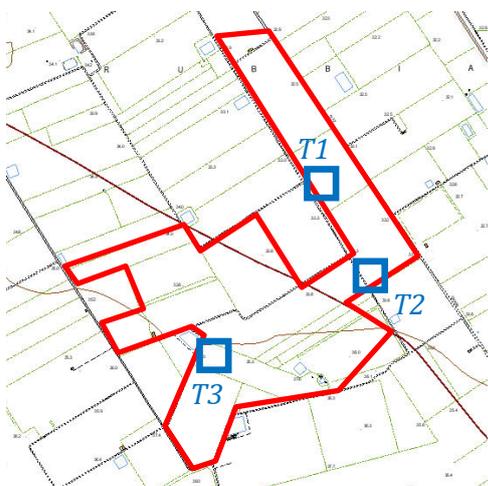
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,580	1,000	0,013	0,007	0,652	0,200
SLD	1,500	1,520	1,000	0,017	0,008	0,817	0,200
SLV	1,490	1,390	1,000	0,048	0,024	1,948	0,240
SLC	1,430	1,380	1,000	0,058	0,029	2,383	0,240

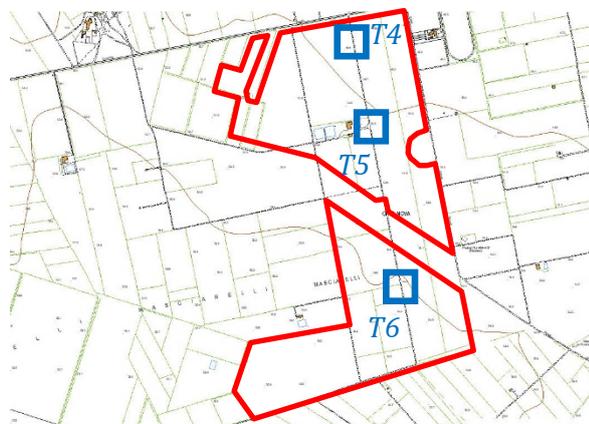
POZZETTI DI PROVA

Nel “Campo Nord” sono stati eseguiti, con pala meccanica, n° 3 pozzetti di prova delle dimensioni 2,00x4,00x1,50 m circa .

Per ogni pozzetto è stata eseguita l’analisi stratigrafica e la prova di resistività termica. In generale, si tratta di limi sabbiosi debolmente argillosi e ghiaiosi, il colore varia dal marrocincino al marrone con occasionali variazioni sul biancastro..



Campo Nord



Campo Sud

Pozzetto T1		
strato	Spessore (m)	litologia
1	0.00-0.80	Terreno agrario colore bruno
2	0.80-1.50	Sabbia limosa con ciottoli calcarenitici, colore da biancastro a giallastro



Pozzetto T2		
		
strato	Spessore (m)	litologia
1	0.00-0.70	Terreno agrario colore bruno
2	0.70-1.50	Sabbia limosa con ciottoli e livelli calcarenitici, colore giallastro

Pozzetto T3		
		
strato	Spessore (m)	litologia
1	0.00-0.70	Terreno agrario colore bruno chiaro
2	0.70-1.50	Sabbia limosa con ciottoli calcarenitici, colore giallastro

Pozzetto T4		
		
strato	Spessore (m)	litologia
1	0.00-0.90	Terreno agrario colore marrone-giallastro
2	0.90-1.50	Sabbia limosa, colore giallastro

Pozzetto T5		
		
strato	Spessore (m)	litologia
1	0.00-1.00	Terreno agrario colore giallastro
2	1.00-1.50	Sabbia limosa, colore giallastro

Pozzetto T6		
		
strato	Spessore (m)	litologia
1	0.00-1.10	Terreno agrario colore giallastro
2	1.10-1.50	Sabbia e ciottoli calcarenitici, colore giallastro

MISURE DI RESISTIVITA' TERMICA

In corrispondenza dei su riportati “pozzetti di prova” sono state eseguite le misure di resistività termica a cura del geol. Mary William, di cui si riporta in allegato la relazione specialistica.

Per ogni sito sono state effettuata tre misure; in tal modo è stato possibile valutare in maniera stabile ed accurata la conducibilità termica (attitudine del terreno a trasmettere il calore). Le misure sono state effettuate ad elevata risoluzione di campionamento (24bit), con elaborazione aritmetica a 32 bit.



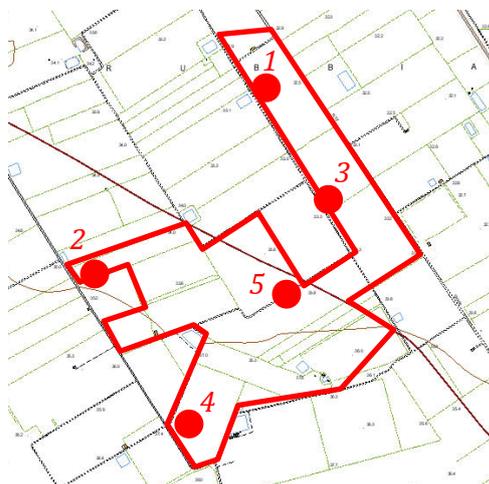
PARAMETRI MISURAZIONE				
Resistenza sonda (ohm/m)	Potenza riscaldatore (W/m)	Tensione riscaldatore (V)	Durata misurazione (s)	N° misure
89.16	4.72887	4	600	278

RISULTATI						
	misura	Profondità (m)	Conducibilità (W/mK)	Resistività (mK/W)	T. iniziale (°C)	T. finale (°C)
Campo Nord	T1	0.50	0.45	2.222	17.86	20.99
		1.00	0.363	2.755	16.64	20.15
		1.50	0.804	1.244	17.50	21.06
	T2	0.50	0.662	1.511	31.25	35.93
		1.00	1.024	0.977	25.82	29.08
		1.50	0.261	3.831	23.60	28.94
	T3	0.30	0.75	1.333	20.15	22.55
		0.80	0.563	1.776	19.42	21.92
		1.30	0.662	1.511	22.12	26.24
Campo Sud	T4	0.30	0.75	1.333	20.48	23.01
		0.80	1.126	0.888	19.98	22.41
		1.40	0.388	2.577	19.37	22.95
	T5	0.50	1.126	0.888	18.59	20.80
		1.00	2.816	0.355	16.54	18.16
		1.50	0.592	1.689	20.09	23.21
	T6	0.50	0.866	1.155	22.35	24.53
		1.00	2.252	0.444	21.32	23.45
		1.50	2.252	0.444	18.1	19.87

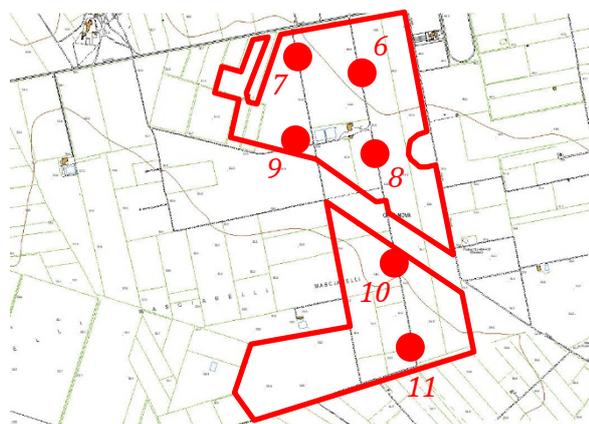
TRIVELLAZIONI A CAROTAGGIO CONTINUO

Nell’area interessata dal progetto fotovoltaico sono state eseguite n° 11 sondaggi geognostici profondi 4.00 m a carotaggio continuo, n° 5 nel “Campo Nord” e n° 6 nel “Campo Sud”. Le operazioni di trivellazione sono state effettuate con una perforatrice idraulica marca Hydra modello Joy2, con un diametro \varnothing 110 mm. Dopo il prelievo, i campioni sono stati conservati nelle cassette catalogatrici per il riconoscimento e la redazione della stratigrafia.

In corrispondenza di ogni sondaggio è stata eseguita l’analisi stratigrafica, una prova penetrometrica dinamica S.P.T. (Standard Penetration Test) ed il prelievo dei campioni di terreno da sottoporre alle analisi di laboratorio geotecnico e/o chimico. Inoltre, è stata verificata la presenza di eventuali falde idriche e predisposto il prelievo di campioni di acqua da inoltrare al laboratorio di analisi. Le colonne stratigrafiche sono riportate in calce alla presente relazione.



Campo Nord



Campo Sud

Sondaggio n° 1



Sondaggio n° 2



Sondaggio n° 3



Sondaggio n° 4



Sondaggio n° 5



Sondaggio n° 6



Sondaggio n° 7



Sondaggio n° 8



Sondaggio n° 9



Sondaggio n° 10



Sondaggio n° 11



Località “Campo Nord”

strato	Spessore (m)	litologia
--------	--------------	-----------

Sondaggio 1

1	0.00-0.80	Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
2	0.80-4.00	Sabbia debolmente limosa con livelli litificati e ciottoli calcarenitici, colore giallastro

Sondaggio 2

1	0.00-1.00	Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
2	1.00-3.00	Sabbia con livelli e ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
3	3.00-4.00	Sabbia debolmente limosa con livelli calcarenitici, colore marrone

Sondaggio 3

1	0.00-0.80	Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
2	0.80-2.00	Sabbia debolmente limosa con ciottoli calcarenitici, colore giallastro
3	2.00-3.00	Sabbia debolmente limosa, colore marrone chiaro
4	3.00-4.00	Sabbia debolmente argillosa, colore marrone

Sondaggio 4

1	0.00-0.80	Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone chiaro
2	0.80-2.00	Sabbia debolmente limosa con livelli litificati e ciottoli calcarenitici, colore biancastro
3	2.00-3.70	Limo sabbioso, colore marrone chiaro
4	3.70-4.00	Sabbia sciolta, colore marrone chiaro

Sondaggio 5

1	0.00-0.80	Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
2	0.80-3.00	Sabbia con livelli litificati e ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
3	3.00-4.00	Sabbia debolmente limosa, colore marrone chiaro

Località “Campo Sud”

strato	Spessore (m)	litologia
--------	--------------	-----------

Sondaggio 6

1	0.00-0.80	Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore grigio
2	0.80-1.90	Sabbia limosa con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro
3	1.90-4.00	Sabbia limosa, colore marrone-verdastro

Sondaggio 7

1	0.00-1.00	Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone
2	1.00-4.00	Sabbia limosa, colore giallastro

Sondaggio 8

1	0.00-1.10	Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone
2	1.10-2.00	Limo con ciottoli calcarenitici, colore giallastro
3	2.00-4.00	Limo argilloso sabbioso, colore giallo verdino

Sondaggio 9

1	0.00-1.00	Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone chiaro
2	1.00-1.70	Sabbia limosa, colore giallastro
3	1.70-2.70	Limo argilloso sabbioso, colore giallo-verdastro
4	2.70-4.00	Limo argilloso, colore giallo-verdastro

Sondaggio 10

1	0.00-1.20	Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone chiaro
2	1.20-3.10	Sabbia limosa, colore marrone chiaro
3	3.10-4.00	Limo argilloso sabbioso, colore giallo-verdastro

Sondaggio 11

1	0.00-1.10	Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone chiaro
2	1.10-3.00	Sabbia limosa, colore biancastro
3	3.00-4.00	Sabbia, colore marrone chiaro

PROVE PENETROMETRICHE

Come detto in precedenza, in corrispondenza di ogni trivellazione, è stata eseguita una prova S.P.T. (Standard Penetration Test) in avanzamento, facendo riferimento agli standard ASTM 1586/68, “Penetration Test and Split- Barrel Sampling of Soil”. La prova Standard Penetration Test consiste nel far penetrare nel terreno, sotto i colpi di un maglio con peso prefissato, un campionatore standardizzato, detto campionatore di Raymond dal nome della società che lo adottò originariamente.

Le caratteristiche del campionatore sono:

- lunghezza totale 813 mm
- diametro esterno 51 mm
- peso aste 7 Kg
- diametro interno 35 mm

Il dispositivo a percussione è costituito da un maglio di 140 libbre (63,5 Kg) con altezza di caduta pari a 76.2 cm. La prova consiste nel registrare il numero di colpi (N) necessari per l’avanzamento di un piede (30 cm) dopo una penetrazione a vuoto di 15 cm a partire dal fondo del foro preventivamente spurgato.

Si contano il numero di colpi (N1, N2, N3) necessari per fare penetrare il maglio lungo tre tratti successivi lunghi 15 cm. Il primo valore N1 è considerato di avviamento e la somma di N2 e N3, chiamata N_{spt} , è il parametro che serve per valutare la resistenza del terreno.

Il risultato della prova S.P.T. è influenzato dalla tecnica di perforazione, dall’attrezzatura utilizzata e dalla metodologia di esecuzione della prova.

Fattori correttivi:

- 1) In base al diametro della perforazione: Skempton ha suggerito i seguenti fattori correttivi:

$$N' = N_{spt} \cdot C_d$$

In cui:

$$C_d = 1,00 \text{ se } d = 65 \div 115$$

$$C_d = 1,05 \text{ se } d = 150$$

$$C_d = 1,15 \text{ se } d = 200$$

- 2) In base alla lunghezza delle aste vi sono i seguenti fattori di correzione:

Lunghezza aste	Coefficiente C
Da 3 m a 4 m	0.75
Da 4 m a 6 m	0.85
Da 6 m a 10 m	0.95
Da 10 m a 30 m	1.00
Maggiore 30 m	>1.0

- 3) In presenza di falda:

$$N' = 15 + 0,5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

- 4) In base all’energia trasmessa dal campionatore mediante le aste:

$$N' = N_{spt} \frac{E}{E^S}$$

5) Se il campionatore non è standard:

- Campionatore standard: $C = 1,0$
- Campionatore senza astuccio: $C = 1,2$

$$N' = N_{spt} \cdot C$$

Campo	N°	Profondità	Punta	N° colpi (15 cm)	N° colpi (30 cm)	N°colpi (45 cm)	N _{SPT}	N'
Nord	1	1.50-1.95	A	10	18	18	36	27
	2	1.50-1.95	A	22	25	26	51	38
	3	2.00-2.45	A	5	3	3	6	5
	4	1.50-1.95	A	11	9	10	19	14
	5	1.50-1.95	A	16	18	23	41	31
Sud	6	1.50-1.95	A	14	13	12	25	19
	7	1.40-1.85	A	6	8	8	16	12
	8	1.50-1.95	A	10	14	18	32	24
	9	1.50-1.95	A	11	13	15	28	21
	10	1.50-1.95	A	7	9	11	20	15
	11	1.50-1.95	A	11	9	7	16	12

Correlazioni geotecniche

In letteratura ci sono moltissime correlazioni tra il numero dei colpi SPT ed i principali parametri meccanici.

In relazione alla natura dei terreni attraversati, sono state scelti i seguenti modelli matematici:

- Angolo di attrito φ : De Mello
- Densità relativa D_R : Gibbs & Holtz
- Modulo Elastico E : Schmertmann
- Modulo di taglio G_0 : Ohsaki & Iwasaki
- Modulo Edometrico M : Farrent

Campo	N°	N' spt	Profondità da p.c. (m)	Angolo di attrito	Densità relative Dr %	Modulo di Young (Kg/cmq)	Modulo di Taglio (Kg/cmq)	Mod. Edometrico (Kg/cmq)
Nord	1	27	1.50	31*	105	324	1447	192
	2	38	1.50	33°	117	456	1876	270
	3	5	2.00	25°	52	60	402	36
	4	14	1.50	29°	82	168	878	99
	5	31	1.50	32°	111	372	1607	220
Sud	6	19	1.50	30°	92	228	1108	135
	7	12	1.40	28°	78	144	781	85
	8	24	1.50	31°	101	288	1323	170
	9	21	1.50	31°	96	252	1195	149
	10	15	1.50	29°	85	180	926	107
	11	12	1.50	28°	77	144	781	85

PROVE DI LABORATORIO

Come detto in precedenza, durante le operazioni di carotaggio sono stati prelevati una serie di campioni su cui sono stati eseguiti analisi di laboratorio e analisi chimiche.

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio certificato “BRAINSTORMERS S.R.L.” con sede in Potenza, via del Gallitello, 169.



Campo	Sondaggi	Campione			
		Geotecnico	Procton/CBR	Chimico	Acqua
Nord	1		X	X	
	2				
	3	X			
	4	X		X	
	5	X			
Sud	6			X	
	7				
	8	X			
	9	X			
	10	X	X		
	11	X		X	

La campionatura delle acque di falda non è stata eseguita perché, non sono state intercettate falda idrica.

Sui campioni sottoposti alle indagini geotecniche sono state eseguite le seguenti analisi:

- apertura di campione, prova Pocket Penetrometer e/o Torvane e descrizione
- determinazione contenuto d'acqua allo stato naturale
- determinazione del peso specifico allo stato naturale
- determinazione del peso di volume dei granuli
- analisi granulometrica mediante vagliatura
- analisi granulometrica mediante sedimentazione
- determinazione dei limiti di consistenza
- classificazione del materiale
- prova di taglio diretto consolidata lenta
- prova di consolidazione edometrica
- calcolo dell'indice di compressibilità Cc

Inoltre, sui campioni n° 1 e 10 sono state eseguite le seguenti analisi:

- peso specifico dei granuli
- determinazione del PH
- prova Procton
- determinazione dell'indice di portanza californiano C.B.R.
- contenuto di sostanze organiche
- prova ad espansione laterale libera (ELL)

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

LAVORO: Progetto Fotovoltaico "Orta Nova" da 68,475 MWp

Sond	Campione	Profondità (m)	W (%)	v _n (kN/m ³)	y _d (kN/m ³)	y _s (kN/m ³)	y _{sat} (kN/m ³)	e	n (%)	Sr (%)	Argilla (%)	Limo (%)	Sabbia (%)	Ghiaia (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	IL	TG CD		Edometrica		σ (kN/m ²)	Cu (kN/m ²)	Classif. USCS	Classif. UNI 11531-1		
																				c (kN/m ²)	φ _p °	P (kPa)	Me (MN/m ²)					Cv (mm ² /s)	
1	0	1.5-2.5	n.r.	n.r.	n.r.	26.28					n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.		
3	0	1.5-2	14.9	16.74	14.57	26.24	18.93	0.80	44.49	49.73	18.92	23.91	26.50	30.67	37.4	21.6	15.8	1.423	-0.423	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	A6
4	0	2.5-3	11.7	17.56	15.72	26.23	19.65	0.67	40.08	46.89	20.71	36.91	42.23	0.15	32.8	13.6	19.1	1.098	-0.098	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	782.3	391.1	n.r.	n.r.	A6	
5	0	3-4	21.9	16.08	13.20	26.27	18.08	0.99	49.75	59.16	24.48	46.07	28.12	1.33	37.9	22.1	15.8	1.013	-0.013	17.9	26.0	n.r.	200	6.72	3.29E-02	n.r.	n.r.	A6	
6	0	1.5-0	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.					n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	
8	0	1.8-2.3	22.8	17.55	14.29	26.25	18.76	0.84	45.56	72.86	33.61	49.25	3.57	13.57	57.0	27.0	30.0	1.142	-0.142	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	436.1	218.1	n.r.	n.r.	A7-6	
9	0	2-2.5	23.8	16.87	13.63	26.25	18.35	0.93	48.09	68.74	21.51	51.44	21.06	5.99	35.7	24.0	11.7	1.019	-0.019	12.5	27.6	n.r.	200	7.88	5.57E-02	n.r.	n.r.	A6	
10	0	1.5-2	6.9	15.11	14.14	26.27	18.67	0.86	46.17	21.54	9.97	31.05	27.70	31.28	27.8	17.3	10.6	1.982	-0.982	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	A6	
11	0	2-2.5	5.8	16.34	15.44	26.23	19.48	0.70	41.13	22.19	11.73	37.96	41.19	9.12	24.3	14.9	9.5	1.958	-0.958	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	A4	

Legenda:

W=Umidità naturale - y_n= Peso di volume naturale - y_d=Peso di volume secco - y_s=Peso specifico - y_{sat}=Peso di volume saturo - e=indice dei vuoti - n=Porosità - Sr=Grado di saturazione - IL=Limite liquido - LP=Limite plastico - IP=Limite di consistenza - IC=indice di consistenza - IL=indice di liquidità - LP= Limite di ritiro - IR= indice di ritiro c=Coesione - φ_p=Angolo di attrito picco - φ_r=Angolo di attrito residuo P=Pressione sul provino - Me= Modulo edometrico - Cv=Coefficiente di consolidazione - σ= resistenza a rottura - Cu= coesione non drenata - φ_{prot}=Angolo di attrito p. efficaci - φ_{prot}=Angolo di attrito p. totali - n. d. non determinabili - n.r. non richiesti - i valori di σ e Cu in grassetto sono stati ricavati da prove triassiali tipo UU valore medio

Su tutti i campioni si è valutato il contenuto di sostanza organica, sui campioni n° 1, 4, 6, 11 sono state eseguite le analisi chimiche, in allegato la relazione specialistica.

Tutti le analisi indicano assenza di acidità e natura alcalina dei suoli. I terreni del “Campo Nord” presentano valori leggermente più alti nel PH, potenziale Redox, Solfati solubili e Cloruri solubili rispetto ai terreni del “Campo Sud”, mentre i valori dei Solfati solubili sono paragonabili.

parametri	Unità di misura	Campo Nord		Campo Sud	
		S1	S4	S6	S11
PH	Unità PH	8.1	8.1	8.5	8.6
Acidità	-	assente	assente	assente	assente
Alcalinità	-	alcalino	alcalino	alcalino	alcalino
Potenziali Redox	mV	-77	-77	-96	-103
Solfati solubili	mg/kg s.s.	88.4	60.4	24.9	20.3
Cloruri solubili	mg/kg s.s.	30.1	34.5	10.1	4.0
Solfati solubili	mg/kg s.s.	0.76	< 0.5	0.54	0.69

VERIFICA DI STABILITÀ DEI PENDII

Il paragrafo 6.3 del D.M. 17.01.2018 prevede lo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali e dello stato di progetto. I dati riguardo alla morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area in esame escludono possibili pericoli di instabilità.

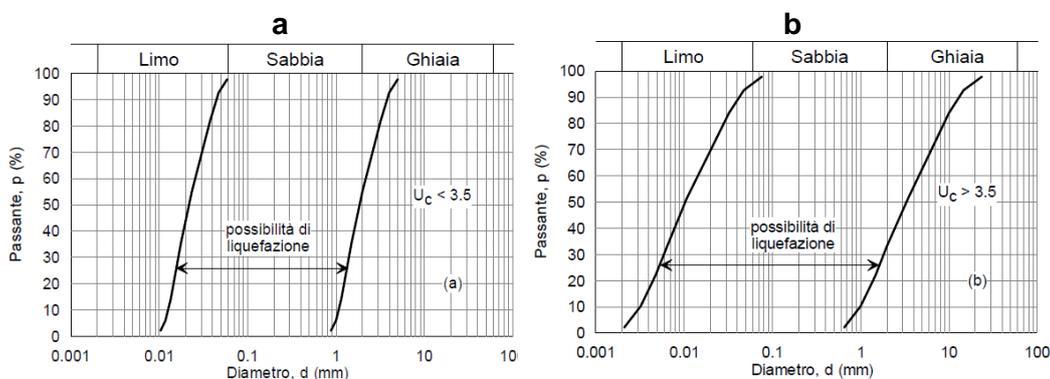
VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Dal momento che i terreni di fondazione risultano caratterizzati da sabbie, è stata eseguita una verifica riguardo la potenziale liquefacibilità dello stesso.

Il paragrafo “7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione” del DM 2018 stabilisce i criteri per cui la verifica a liquefazione può essere omessa.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 34(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 34(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Distribuzione granulometrica

Nel caso in esame risulta che:

- dato che la profondità della falda idrica, nella zona dei Campi fotovoltaici, è ubicata a profondità compresa tra 12 e 20 m dal p.c., ai fini della sicurezza è stata eseguita la verifica a liquefazione considerando una profondità di falda 12 m;
- nella zona interessata dalla SE non è stata eseguita la verifica a liquefazione perchè la falda idrica è stata identificata a circa 30 m di profondità.

Il risultato ottenuto dalla verifica a liquefazione ha fornito un valore del fattore di sicurezza FS sempre superiore a 7, indicando un potenziale di liquefazione praticamente nullo.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

Città: Orta Nova-Cerignola

Località:

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove sismiche (V_s) viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = 0.03 \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100}\right)^2 + \frac{0.9}{V_{S1C} - V_{S1}} - \frac{0.9}{V_{S1C}}$$

dove

$$V_{S1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_v}\right)^{0.25}$$

$$V_{S1C} = \begin{cases} 220 & FC < 5\% \\ 210 & FC = 20\% \\ 200 & FC > 35\% \end{cases}$$

Con

V_s , velocità misurata dell'onda di taglio S espressa in [m/s];

FC, frazione di fine contenuto nella sabbia, espressa in [%];

σ'_v , pressione verticale efficace espressa in [Kg/cm²].

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta $F_S \leq 1.0$.

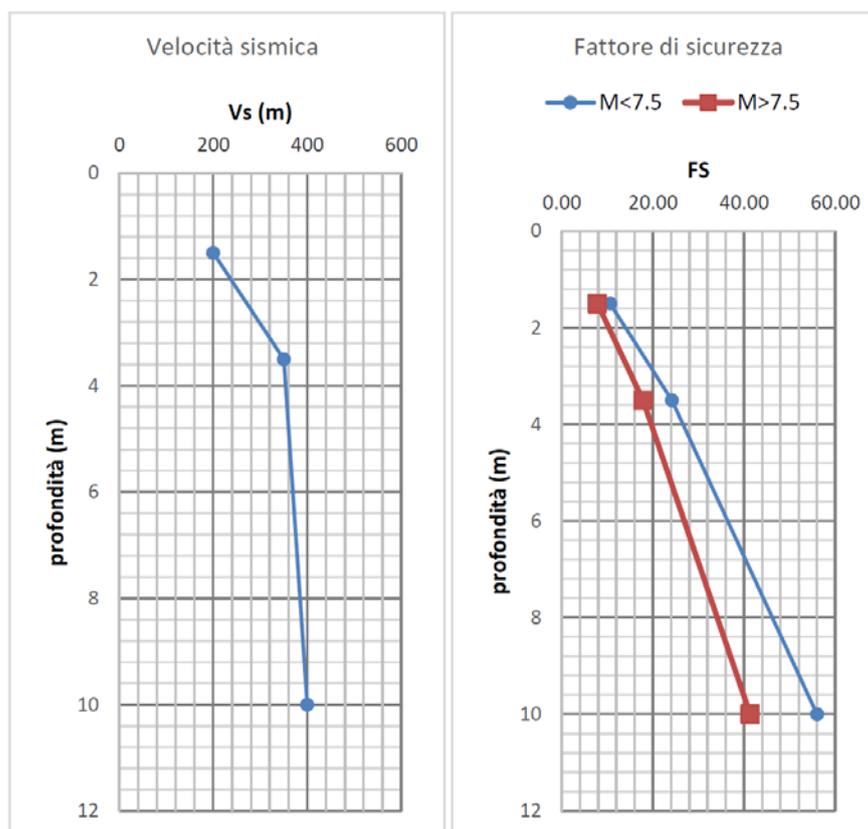
STRATIGRAFIA						
strati		1	2	3	4	5
peso specifico γ	g/cm ³	1.5	1.85	1.95		
σ_{vo}	kg/cm ²	0.225	0.6475	1.95		
press. vert. σ_{vo}	kg/cm ²	0.225	0.6475	1.95		
prof. prova Z	cm	150	350	1000		
prof. falda Z _F	cm	1200	1500	1500		
p.s. acqua γ_{H2O}	g/cm ³	1	1	1		
press. neutra p	kg/cm ²	0	0	0		
fraz. fine FC	%	15	40	20		
vel. Sismica V_s	m/s	200	350	400		
V_{S1C}	m/s	210	200	210		
V_{S1}	m/s	290.39	390.17	338.49		
CRR		0.2375	0.4475	0.3324		

Il potenziale di liquefazione viene stimato secondo l'approccio deterministico, calcolando, per ciascuno degli strati investigati, il fattore di sicurezza FS, ottenuto come rapporto tra la resistenza alla liquefazione CCR e la domanda sismica attesa CSR.

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0'}}\right) \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

strati	1	2	3	4	5
M	5.0	5.0	5.0		
MSF	3.86	3.86	3.86		
	2.85	2.85	2.85		
a_{max}/g	0.15	0.15	0.15		
r_d	0.885	0.732	0.235		
CSR	0.0223	0.0185	0.0059		
	0.0303	0.0250	0.0080		

FS	10.63	24.21	56.04		
	Verificato	Verificato	Verificato		
	7.85	17.87	41.38		
	Verificato	Verificato	Verificato		



CONCLUSIONI

A conclusione dello studio geotecnico e sismico eseguito nell'area in oggetto, è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- I terreni di progetto sono tutti caratterizzati da una morfologia pianeggiante;
- non sono presenti rischi morfologici;
- la falda idrica si trova oltre i 12 m di profondità dal p.c.;
- l'area rientra in una zona a media sismicità Z2;
- la natura litologica del sottosuolo è sabbioso-limosa, con presenza di livelli e strati litificati e fratturati a seguito delle arature profonde;
- la classe di sottosuolo è la "C";
- i valori di resistività termica si mantengono in genere al di sotto di 1 W/mK, con un range di variazione tra 0.4 a 2.26;
- le prove penetrometriche indicano un sottosuolo mediamente compatto, i valori medi dei colpi variano da 16 a 30. Solo in corrispondenza del sondaggio n° 3 si è avuto un valore basso, pari a 6.
- l'analisi granulometrica non evidenzia particolari differenze tra Campo Nord e Campo Sud, indicando una frazione limo-sabbioso-ghiaiosa variabile dal 70 al 90% ;
- I terreni non presentano rischi da liquefazione;
- I valori delle analisi chimiche indicano un'assenza di acidità ed un PH variabile da 8.1 a 8.6.

In conclusione, le aree in esame risultano geologicamente idonee per il progetto di impianto fotovoltaico.

COLONNE STRATIGRAFICHE

Committente	X-ELIO					
Località	Cerignola			Sondaggio N°	1	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	32.8 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
		<p>Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro</p>	0.80				
				1.20	C1		
						1.50	10
							18
						1.95	18
		<p>Sabbia debolmente limosa con livelli litificati e ciottoli calcarenitici, colore giallastro</p>					
			4.00				
		FINE FORO					

Committente	X-ELIO				
Località	Ortanova	Sondaggio N°	2		
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione	
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota 35 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
		Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro	1.00				
						1.50	22
							25
						1.95	26
		Sabbia con livelli e ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro	3.00				
		Sabbia debolmente limosa con livelli calcarenitici, colore marrone	4.00				
		FINE FORO					

Committente	X-ELIO					
Località	Cerignola			Sondaggio N°	3	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	33.2 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro					
0.5			0.80				
1		Sabbia debolmente limosa con ciottoli calcarenitici, colore giallastro					
1.5				1.50	C3		
2			2.00			2.00	5
2.5		Sabbia debolmente limosa, colore marrone chiaro				2.45	3
3			3.00				3
3.5		Sabbia debolmente argillosa, colore marrone					
4		FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO			
Località	Ortanova	Sondaggio N°	4	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione
Prof. falda dal piano campagna	[m]	φ di perforazione	110	Quota 37.4 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone chiaro					
0.5			0.80				
1		Sabbia debolmente limosa con livelli e ciottoli calcarenitici, colore biancastro					
1.5						1.50	11
							9
2			2.00			1.95	10
2.5				2.70	C4		
3		Limo sabbioso, colore marrone chiaro					
3.5			3.70				
4		Sabbia sciolta, colore marrone chiaro FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO					
Località	Ortanova			Sondaggio N°	5	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	33.8 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro					
0.5			0.80				
1							
1.5						1.50	16
		Sabbia con livelli litificati e ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro					18
2						1.95	23
2.5							
3			3.00				
3.5		Sabbia debolmente limosa, colore marrone chiaro		3.50	C5		
4		FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO					
Località	Ortanova			Sondaggio N°	6	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	48.4 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso con ciottoli calcarenitici, colore grigio					
0.5			0.80				
1		Sabbia limosa con ciottoli calcarenitici, colore marrone chiaro		1.50	C6	1.50	14.00
1.5							13.00
2			1.90			1.95	12
2.5							
3		Sabbia limosa, colore marrone - verdastro					
3.5							
4		FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO					
Località	Ortanova			Sondaggio N°	8	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	51 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone					
0.5							
1			1.10				
1.5		Limo con ciottoli calcarenitici, colore giallastro				1.50	10
2				1.80	C8		14
2.5			2.00			1.95	18
3		Limo argilloso sabbioso, colore giallo-verdino					
3.5							
4		FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO					
Località	Ortanova			Sondaggio N°	9	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	52.3 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone chiaro					
0.5							
1			1.00				
1.5		Sabbia Limosa, colore giallastro				1.50	11
2			1.70				13
2.5		Limo argilloso sabbioso, colore giallo-verdastro		2.20	C9	1.95	15
3			2.70				
3.5		Limo argilloso, colore giallo-verdastro					
4		FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO					
Località	Ortanova			Sondaggio N°	10	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	54.5 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso, colore grigio marrone					
0.5							
1			1.20				
1.5				1.70	C10	1.50	7
2							9
2.5		Sabbia Limosa, colore marrone chiaro				1.95	11
3							
3.5		Limo argilloso sabbioso, colore giallo-verdastro	3.10				
			3.80				
4		Limo argilloso sabbioso, colore verdastro FINE FORO	4.00				

Committente	X-ELIO					
Località	Ortanova			Sondaggio N°	11	
Quota Sondaggio	4	[m]	Metodo di perforazione	Rotazione		
Prof. falda dal piano campagna		[m]	φ di perforazione	110	Quota	55.2 s.l.m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	Prof.	Prof. Camp	Camp.	SPT	
						Prof.	N colpi
0		Terreno agrario limo-sabbioso, colore marrone					
0.5							
1			1.10				
1.5						1.50	11
							9
2		Sabbia Limosa, colore biancastro		2.20	C11	1.95	7
2.5							
3			3.00				
3.5		Sabbia, colore marrone chiaro					
4		FINE FORO	4.00				