

CERIGNOLA

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA DI FOGGIA

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO E RELATIVE OPERE ED
INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA ELETTRICA DI
140,66 MW (ex 120MW) SITO NEL COMUNE DI CERIGNOLA**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

Proponente:

CERIGNOLA SOLAR 2 S.R.L.

Via Antonio Locatelli n.1
37122 Verona
P.IVA 04741630232
Cerignolasolar2@pec.it

Progettazione:

WH Group s.r.l.

Via A. Locatelli n.1 - 37122 Verona (VR)
P.IVA 12336131003
ingegneria@enitgroup.eu

Dott. Matteo Di Carlo



Spazio riservato agli Enti:

File: PE17Q60_4.2.2_RelazioneGeologica

Cod. PE17Q60

Scala: ---

4.2.2

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Approvato
00	14/10/2019	Prima Emissione		
01	08/03/2022	V.I.A. Ministeriale	M. Di Carlo	S.M. Caputo

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) –Società Proponente EN.IT s.r.l*

PREMESSA

La Società **EN.IT S.r.l.** commissionava al sottoscritto il presente studio di compatibilità geologica, idrogeomorfologica e sismica, inerente il "Progetto relativo *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66MW sito nel comune di Cerignola (FG)* Scopo dello studio é quello di stabilire la natura litologica dei terreni affioranti nell'area in studio per risalire al loro prevedibile comportamento in dipendenza dei fattori geomorfologici, stratigrafici, tettonici, idrogeologici e geomeccanici, A tale scopo é stato eseguito un rilevamento geologico dell'area oggetto di studio, che ha consentito di tracciare un quadro generale della variabilità litologica dei terreni e dei fenomeni macroscopici connessi con le modificazioni e le alterazioni del suolo con finalità geomorfologiche e geomeccaniche applicative., come previsto dalla normativa vigente: Il presente studio geologico, è stato redatto in ottemperanza alle leggi vigenti ed in particolare a:

- **DM 11/03/1988** “ Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno e delle opere di fondazione” *e successive modifiche ed integrazioni*
- **D.M LL.PP.** del 24/01/1986 “Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche”
- **D.M. LL.PP.** del 14/01/2008 (G.U n. 29 del 04/02/2008)
- **Circolare** del 02/02/2009 n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- **D.M. 17/01/2018** pubblicato sul S.O. - G.U 20 febbraio 2018 n. 42 “Norme tecniche per le costruzioni”
- **Raccomandazioni dell'AGI in merito alle indagini geognostiche in situ ed alle indagini geotecniche di laboratorio**

Nonché in attuazione della legge **Merloni** e del Piano di Assetto Idrogeologico (**PAI**) emanato dall'Autorità di Bacino della Puglia. Stando alla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB Puglia, la zona in studio non rientra in aree soggette a

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l*

vincolo sia dal punto di vista, della pericolosità geomorfologica, che dal punto di vista della pericolosità idraulica, come da cartografia allegata, scaricata dall'Autorità di Bacino della Puglia, in data odierna, pertanto nessuna delle tre aree ricade in aree vincolate

. **La Caratterizzazione e la Modellazione Geologica del Sito** è stata eseguita con la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, della pericolosità geologica del territorio. In considerazione degli interventi da realizzare e della complessità del contesto geologico sono state eseguite specifiche indagini finalizzate alla documentata ricostruzione del “**modello geologico**”. I metodi e i risultati delle indagini verranno esaurientemente esposti e commentati in questa Relazione Geologica. Sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nella zona interessata e si è portato a termine il seguente piano di lavoro:

- Ricerca bibliografica di pubblicazioni e studi di carattere geologico effettuati nelle aree d'interesse.
- Rilevamento geologico e geomorfologico di un'area sufficientemente ampia e delle zone specificatamente interessate dalle opere di progetto;
- Sono state eseguite n. 2 tomografie sismiche e n. 2 MASW (una per ogni sito).

Obiettivo dello studio è stato quello di fornire un quadro di riferimento geologico e tecnico dei terreni affioranti nell'area esaminata al fine di una congrua valutazione delle caratteristiche geostrutturali per le conseguenti scelte progettuali.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La zona oggetto di studio sita in agro del comune di Cerignola ricade nella parte sudorientale del **Foglio 409 “Zapponeta”** della Carta Geologica 1:50.000. e nordorientale del **Foglio 422 “Cerignola”** della Carta Geologica 1:50.000

FOGLIO 409 ZAPPONETA

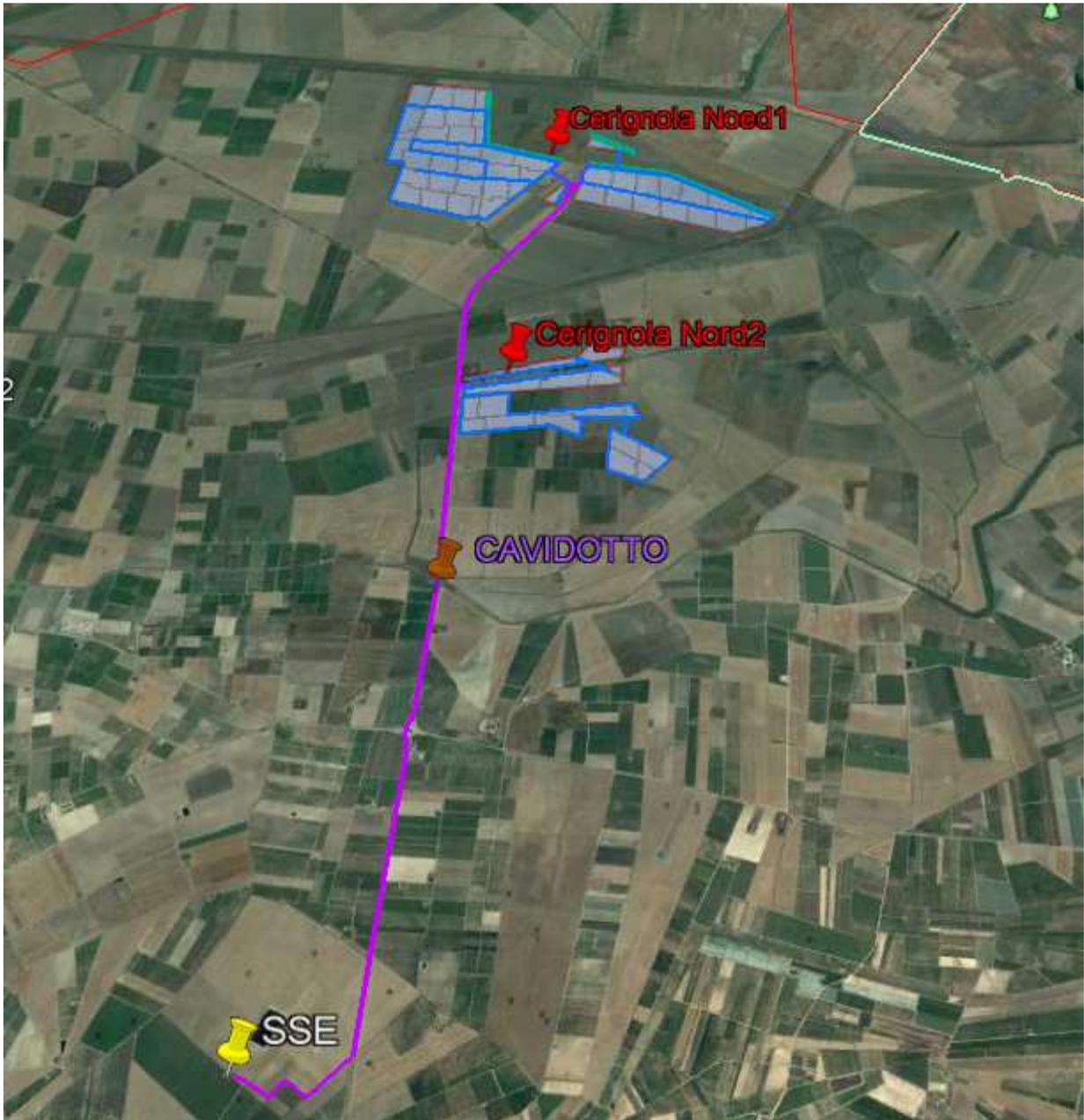


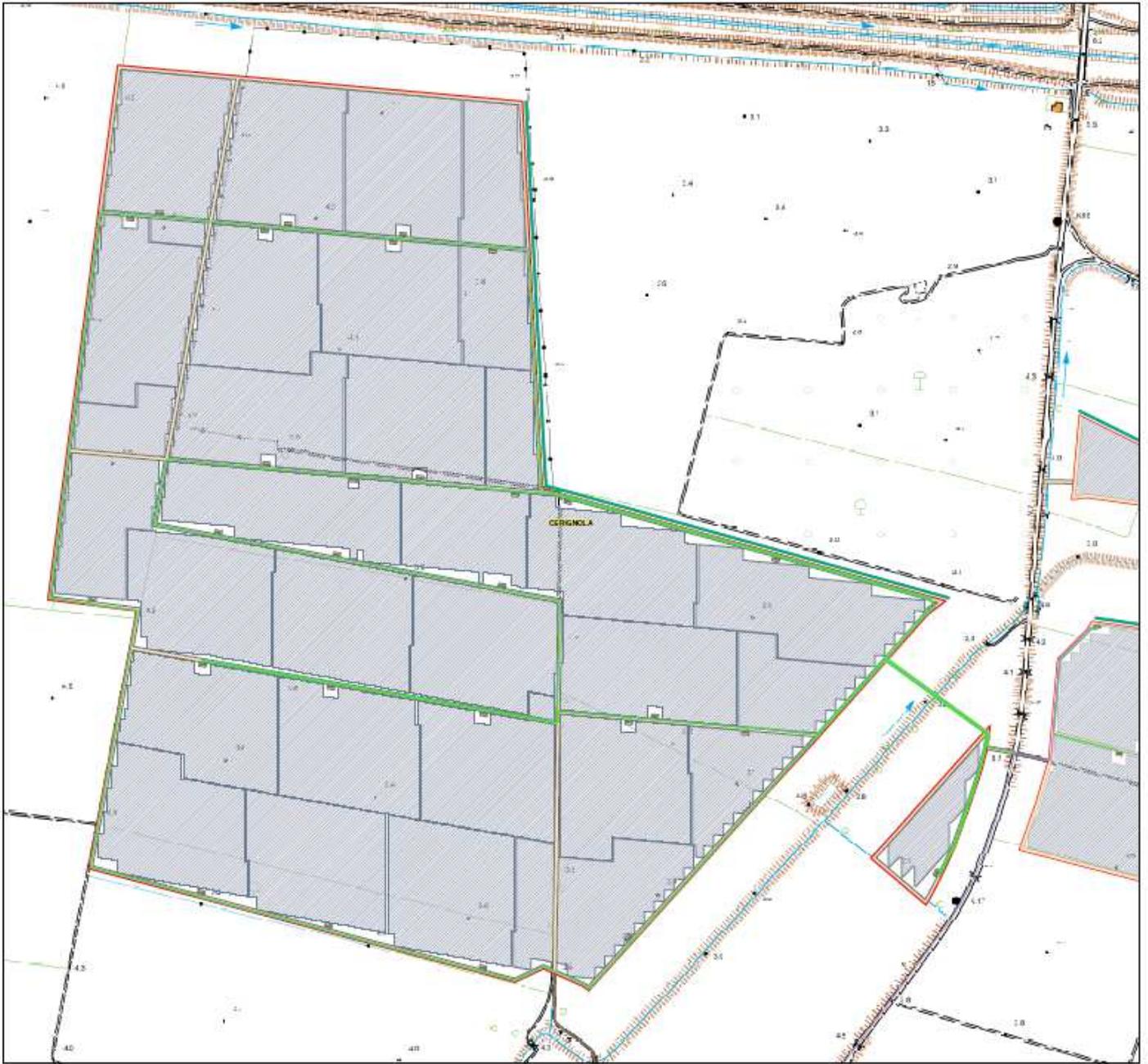
396 S. Severo	397 Manfredonia	398 Mattinata
408 Foggia	409 Zapponeta	410 Torre Pietra
421 Ascoli Satriano	422 Cerignola	423 Barletta

FOGLIO 422 CERIGNOLA



408 Foggia	409 Zapponeta	410 Torre Pietra
421 Ascoli Satriano	422 Cerignola	423 Barletta
434 Candela	435 Laviano	436 Mottola





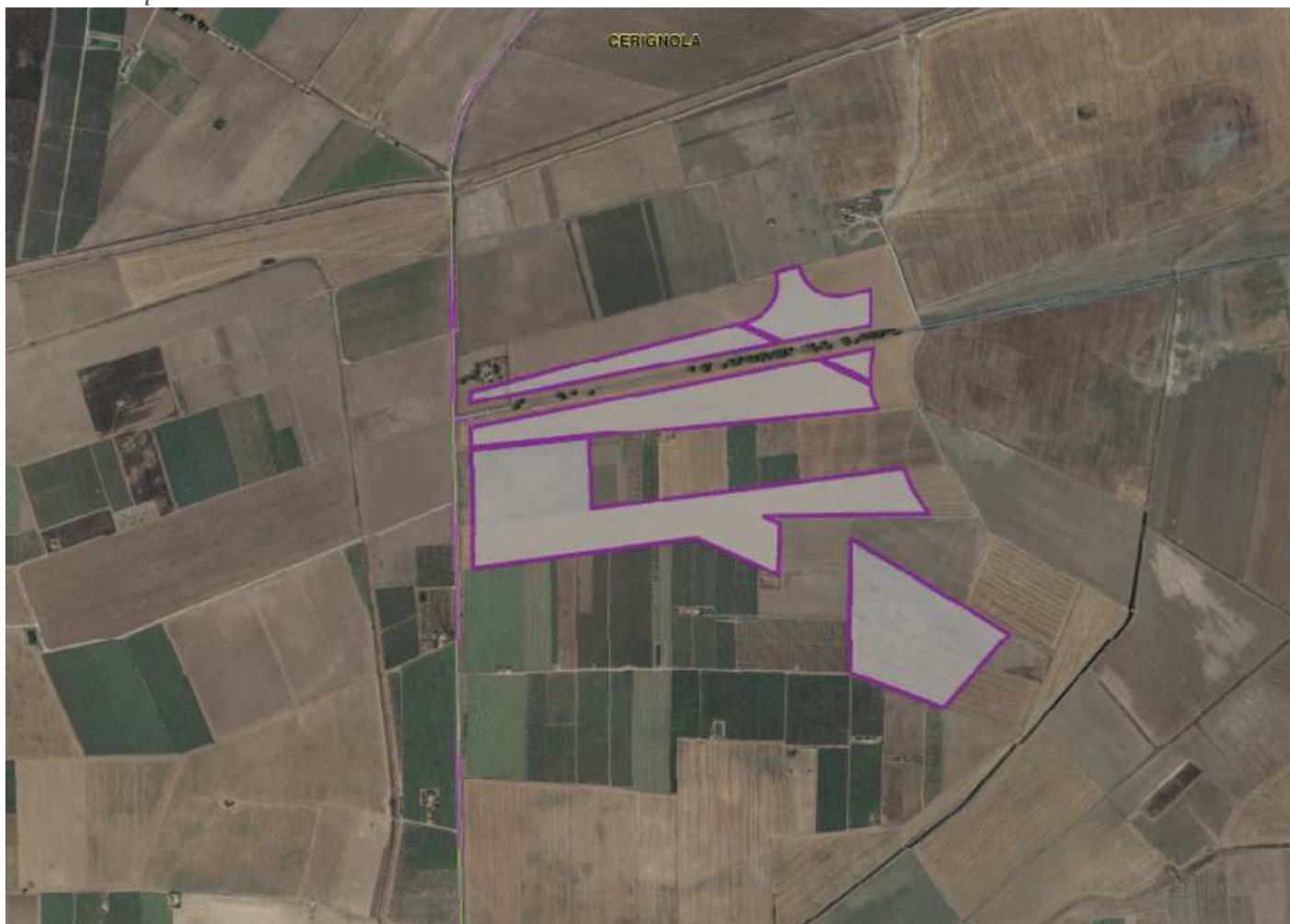
↑
CERIGNOLA NORD 1





CERIGNOLA NORD 2

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



↑
CERIGNOLA NORD 2

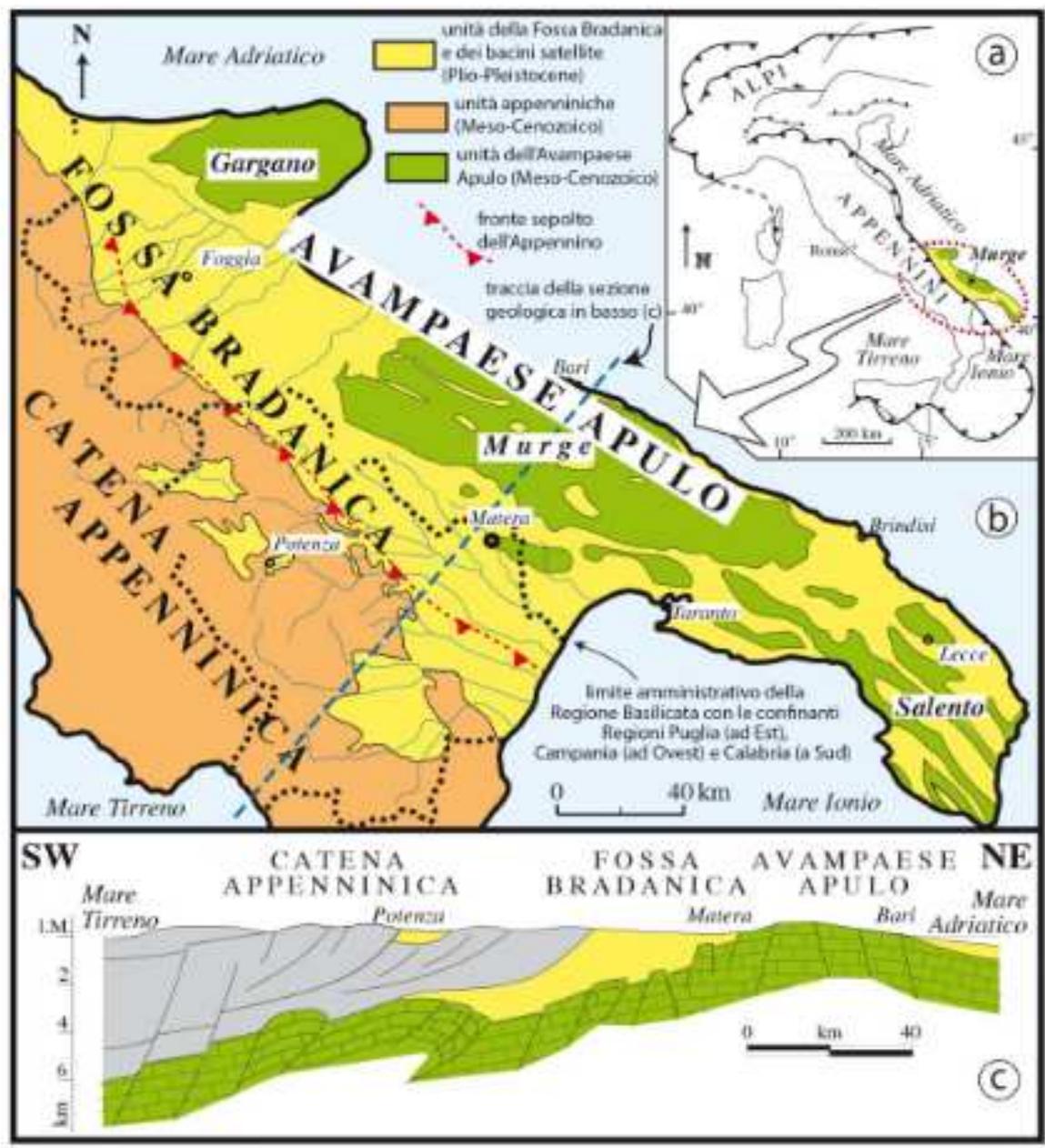
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l
INQUADRAMENTO STRADALE



Come si può notare le aree dei 2 impianti fotovoltaici sono situati nelle vicinanze della Strada Provinciale SP 77 (ex SS 545) in agro del comune di Cerignola, la Sottostazione di Trasformazione Elettrica è situata nelle vicinanze della SP 77 ma, dislocata a Sud della Strada Statale 544, sempre in agro del comune di Cerignola.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

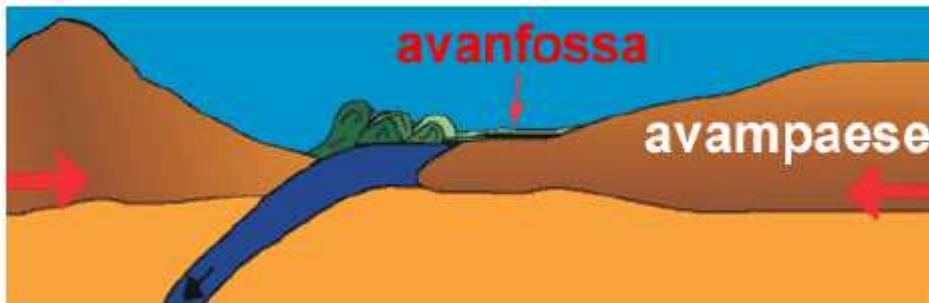
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE



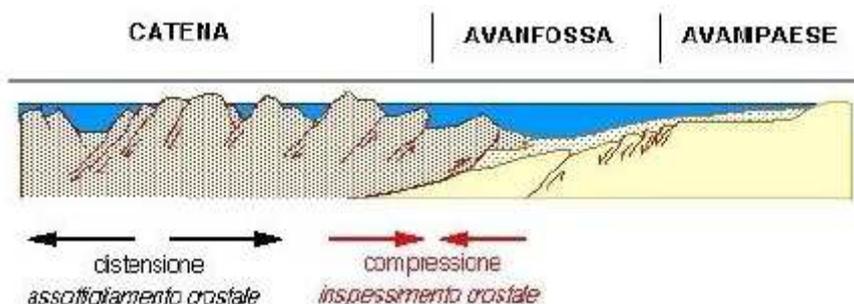
L'area in studio, ricade nella parte nordorientale del Tavoliere delle Puglie, delimitato a Nord dal torrente Candelaro, ad Est dall'Avampaese Apulo (Promontorio del Gargano) a Sud dal Fiume Ofanto e ad Ovest dalla catena sud-appenninica. Il Tavoliere (Avanfossa Adriatica) è da ritenersi il naturale proseguimento verso Nord-Ovest della Fossa Bradanica.

Schema Tettonico

Al fine di considerare in un contesto regionale più ampio le unità presenti, è opportuno ricordare che la catena appenninica strutturatasi sostanzialmente nel corso dell'Oligocene-Miocene, riflette le deformazioni subite dal margine occidentale della Placca Apula in subduzione verso Ovest, a seguito della convergenza Africa-Europa.



Tale edificio orogenico costituisce l'ossatura della penisola italiana di cui l'Appennino meridionale fa parte. Nel sistema sud-orogenico da Est verso Ovest si distinguono tre domini strutturali sovrapposti: l'avampaese, rappresentato in affioramento dal blocco apulo-garganico, si estende dall'Adriatico fino all'Avanfossa proseguendo verso Ovest sotto i thrust appenninici è costituito da una successione autoctona formata prevalentemente da carbonati di età meso-cenozoica (Unità dell'Avampaese) sui quali sovrascorrono le unità alloctone della catena appenninica (Unità tettonica del Sannio, Unità tettonica del Fortore, Unità tettonica della Daunia) costituite essenzialmente da depositi mesozoici-terziari sia di bacino di margine passivo che di avanfossa; infine, interposta tra l'area di catena e l'area di avampaese è presente l'area di avanfossa plio-quadernaria (Unità della Fossa Bradanica).



La piattaforma apula che in questo sistema costituisce l'avampaese che, in un sistema orogenetico è la regione più stabile; l'avampaese, infatti, è la regione che si estende ai margini di una catena montuosa e verso la quale avanzano le falde di ricoprimento, in altre parole la

catena sotto la spinta di forze orizzontali, si sposta verso l'avampaese che rimane un baluardo costituito da formazioni rocciose autoctone, in questo avanzare verso l'avampaese, il materiale roccioso che costituisce la catena montuosa in via di formazione, si piega, si frattura, le rocce si avallano, per cui rocce più antiche si vengono a trovare al di sopra di rocce più recenti (falde di ricoprimento)

Per meglio capire i concetti di seguito espressi si rende necessario un inquadramento geologico di carattere regionale.

L'area in studio occupa la parte centro settentrionale del Tavoliere, corrispondente al settore nord-occidentale dell'avanfossa della catena appenninica e l'avampaese garganico.

Ad Est il limite tra Tavoliere e il Gargano è contrassegnato da un'importante dislocazione tettonica, corrispondente, all'incirca, con il corso del torrente Candelaro, che mette a contatto i depositi terrigeni plio-pleistocenici dell'avanfossa con le rocce carbonatiche dell'avampaese.

Questa ha dato luogo ad un sistema di faglie subverticali a direzione appenninica NO-SE accompagnato da due altri sistemi secondari di cui uno normale al precedente NE-SO e l'altro dei due in direzione Est-Ovest.

Di tutta la struttura geologica che costituisce l'ossatura dell'Italia meridionale il promontorio del Gargano costituisce una caratteristica subunità geologica e morfologica della Piattaforma Carbonatica Apulo-Garganica, nettamente separata dalle basse pianure del Tavoliere da una ben individuata linea di faglia, decorrente da NW a SE lungo il corso del **torrente Candelaro**.

Le masse calcaree e dolomitiche che ne costituiscono l'ossatura, ascrivibili a cicli sedimentari che vanno dal Giurassico al Cretacico, sono generalmente ben stratificate, attraversate da un fitto reticolo di faglie e fratture e notevolmente interessate dal fenomeno carsico.

Esse hanno uno spessore pari a 4000 m e poggiano su rocce evaporitiche del Trias, a loro volta sovrapposte ad arenarie tipo "Verrucano", poggianti sul basamento cristallino, posto a circa 8-10 Km di profondità [MARTINIS e PAVAN,1967].

Il Gargano come innanzi accennato rappresenta un *Horst*, appartenente all'avampaese adriatico, interessato da una piega a grande raggio di curvatura legata probabilmente al raccorciamento appenninico e/o successivamente deformatosi a seguito di possibili scorrimenti "superficiali" verso SE ed E con rotazioni antiorarie, prodotti dallo "scollamento" delle formazioni evaporitiche triassiche su un corpo vulcanico [GUERRICCHIO, 1996],

individuato dall'AGIP mediante indagini aeromagnetiche [CASSANO et al., 1986], esistente a circa 6 Km al di sotto del livello marino.

I principali lineamenti tettonici, riconosciuti da osservazioni di campagna, dall'interpretazione di immagini da satellite Landsat, dall'esame di fotografie aeree e da dati ottenuti con prospezioni sismiche ad alta risoluzione, sono rappresentati da sistemi di faglie dirette, trascorrenti e inverse di direzione NW-SE (appenninica), ENE-WSW (antiappenninica) in parte trascorrenti, oltre a un sistema a direzione E-W (garganica), anch'esso trascorrente. Il sistema di faglie a direzione NW-SE è predominante nella zona centrale del promontorio, oltre alla struttura di tipo diretto che lo borda nel lato sudoccidentale, mettendo bruscamente a contatto, con una ripida scarpata, le rocce carbonatiche del Gargano con i depositi plio-pleistocenici del Tavoliere (Faglia del Candelaro).

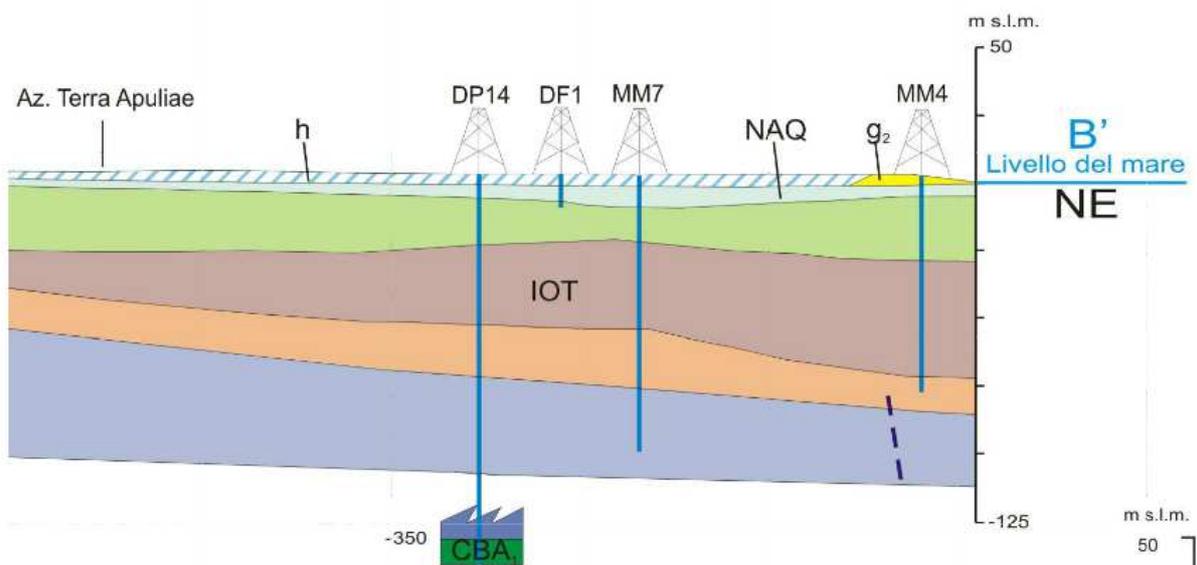
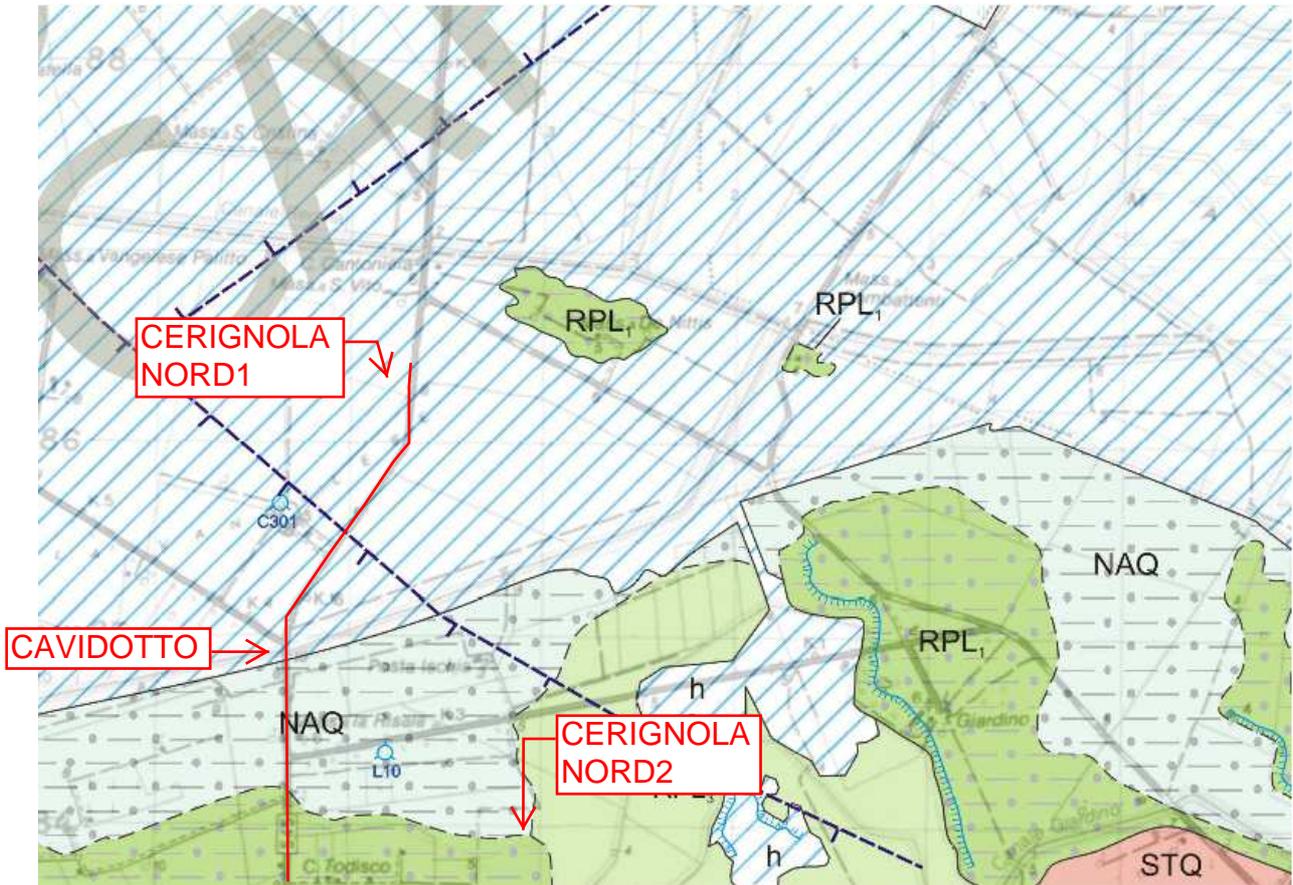
Ad Ovest, invece, il limite è costituito dai terreni appenninici appartenenti alla **Formazione della Daunia**, costituita da una serie di falde di ricoprimento con vergenza adriatica, relative a più fasi tettoniche compressive mioceniche e plioceniche. La **Formazione della Daunia** costituisce la porzione esterna della catena appenninica, al confine appulo-molisano, essa poggia con contatto tettonico sui terreni plio-pleistocenici dell'avanfossa, in altre zone la Formazione della Daunia viene ricoperta trasgressivamente dai terreni del ciclo pliocenico che sono caratteristici dei coevi flysch del bacino lagonegrese-molisano. Il bacino apulo risulta coinvolto dalla tettonica appenninica dopo il **Pliocene inferiore**; infatti le coltri che provengono da questo bacino si accavallano in genere sul **Pliocene inferiore**, mentre al loro fronte sovrastano talvolta anche sedimenti più recenti.

Il fronte sepolto dei terreni appenninici si rinviene intercalato tettonicamente nella parte occidentale della successione argillosa plio-pleistocenica. Quest'ultima poggia su un substrato carbonatico di età pre-pliocenica. La profondità del substrato carbonatico aumenta da Est verso Ovest, raggiungendo nella parte occidentale la profondità di circa 4000-5000 metri) mentre verso Nord-Est il substrato miocenico si rinviene ad una profondità molto inferiore di circa 300. In particolare i terreni affioranti nell'area in studio sono tutti di origine sedimentaria, del tipo alluvionale, trattasi di sabbie limose, limi, argille sabbiose provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici, a questo materiale si intercalano lenti di ciottoli grossolani di provenienza appenninica e garganica.

Sottostante a questi sedimenti si rinviene il substrato argilloso delle argille grigio-azzurre plioceniche.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

**GEOLOGIA PARTICOLAREGGIATA DELLA ZONA OGGETTO DI STUDIO
 AREA IMPIANTI FOTOVOLTAICI
 Stralcio Carta geologica 1:50.000**

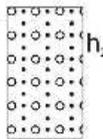




Depositi antropici

Depositi di spessore non trascurabile dovuti ad attività antropica in genere; comprendono depositi di colmata storici e depositi storico-archeologici. I depositi di colmata storici sono costituiti da argille da grigio chiaro a grigio scuro, deposte in seguito ad interventi di deviazione di corsi d'acqua per il colmamento e la bonifica della piana costiera del Tavoliere. I depositi storico - archeologici sono caratterizzati dalla stratificazione di manufatti di interesse archeologico di età compresa fra l'Età del Ferro e il Medio Evo.

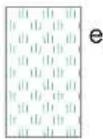
OLOCENE



Saline

Depositi di sale dovuti ad attività antropica di produzione di sale marino. Sono presenti all'interno delle vasche evaporanti dello stabilimento di Margherita di Savoia.

OLOCENE



Depositi palustri

Depositi costituiti da sedimenti argillosi e torbosi di colore dal marrone scuro al nero, riferibili a paludi attuali e subattuali, che occupano aree residue non interessate da bonifiche per colmata.

OLOCENE



Depositi di spiaggia

Sabbie grigiastre con contenuto faunistico riconducibile alle attuali biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate e delle Sabbie Argillose in Ambiente Calmo, depositatesi in ambiente di piattaforma prossimale. Queste sabbie sono sormontate da sabbie grigie di ambiente variabile dalla spiaggia emersa alla duna costiera. Unità riferibile allo stazionamento alto attuale (HST).

OLOCENE

SINTEMA DI MASSERIA INACQUATA

Sistema deposizionale risalente all'ultima risalita del livello del mare (cfr. unità b del Foglio 408 Foggia). E' costituito da depositi alluvionali passanti verso la costa a dune costiere e depositi di spiaggia emersa e sommersa. I depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da argille, sabbie e silt di colore dal bruno scuro, al grigio, al giallastro, spesso con lamine da piano-parallele ad ondulate, presenti soprattutto nei livelli sabbiosi e limosi; contengono fauna continentale rappresentata da gasteropodi terrestri, tra cui: *Ceruella virgata* (DA COSTA) e *C. cisalpina* (ROSSMAESSLER). I depositi di spiaggia sono costituiti da sabbie marine grigiastre con contenuto faunistico riconducibile alle attuali biocenosi delle sabbie fini ben calibrate e delle sabbie argillose di mare calmo, sormontate da sabbie di spiaggia emersa e duna costiera. Il limite inferiore è costituito da una superficie di discordanza coincidente con il tetto di RPL, TPF, a, b₂; il limite superiore coincide con la base di h o di e₃ o con la superficie topografica. Lo spessore massimo, in perforazione, è di circa 15 metri. Datazioni effettuate col metodo ¹⁴C hanno fornito età comprese tra 7.150±40 e 2.100±30 anni BP.

OLOCENE



Subsistema dell'Incoronata

Unità costituente un sistema deposizionale di piana alluvionale ad ovest, passante verso est ad ambiente da lagunare ad infralitorale. La parte continentale è costituita da sabbie, silt, argille, con rare intercalazioni ghiaiose e locali strati di arenaria. Nell'angolo sud occidentale del foglio, in località Passo Breccioso, l'unità è prevalentemente ghiaiosa con intercalazioni di sabbie e silt. La parte marina, non affiorante, è costituita da sabbie giallastre, sabbie argillose o siltose grigiastre, argille e silt grigio-azzurri, in cui è presente una bioerma a *Cladocora caespitosa* (LINNEO) situata a circa -22 m s.l.m. Lo spessore massimo, in perforazione, è di circa 35 metri.

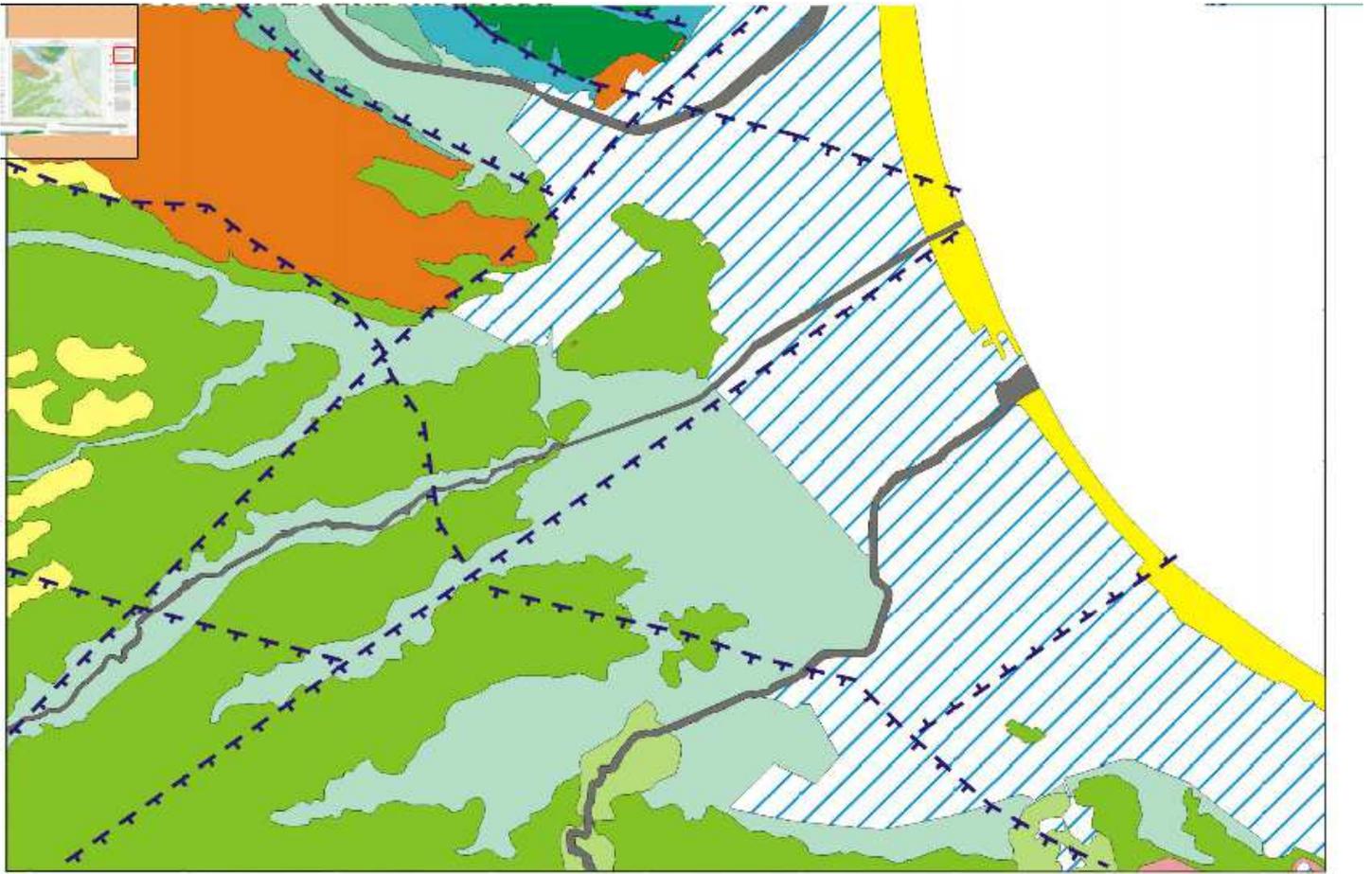
Datazioni con il metodo della racemizzazione degli amminoacidi su ostracodi e con il metodo ¹⁴C su gasteropodi continentali hanno restituito, per questa unità, un'età compresa tra 134±56 e 16±4 ka BP (MIS 5-3).

PLEISTOCENE SUPERIORE



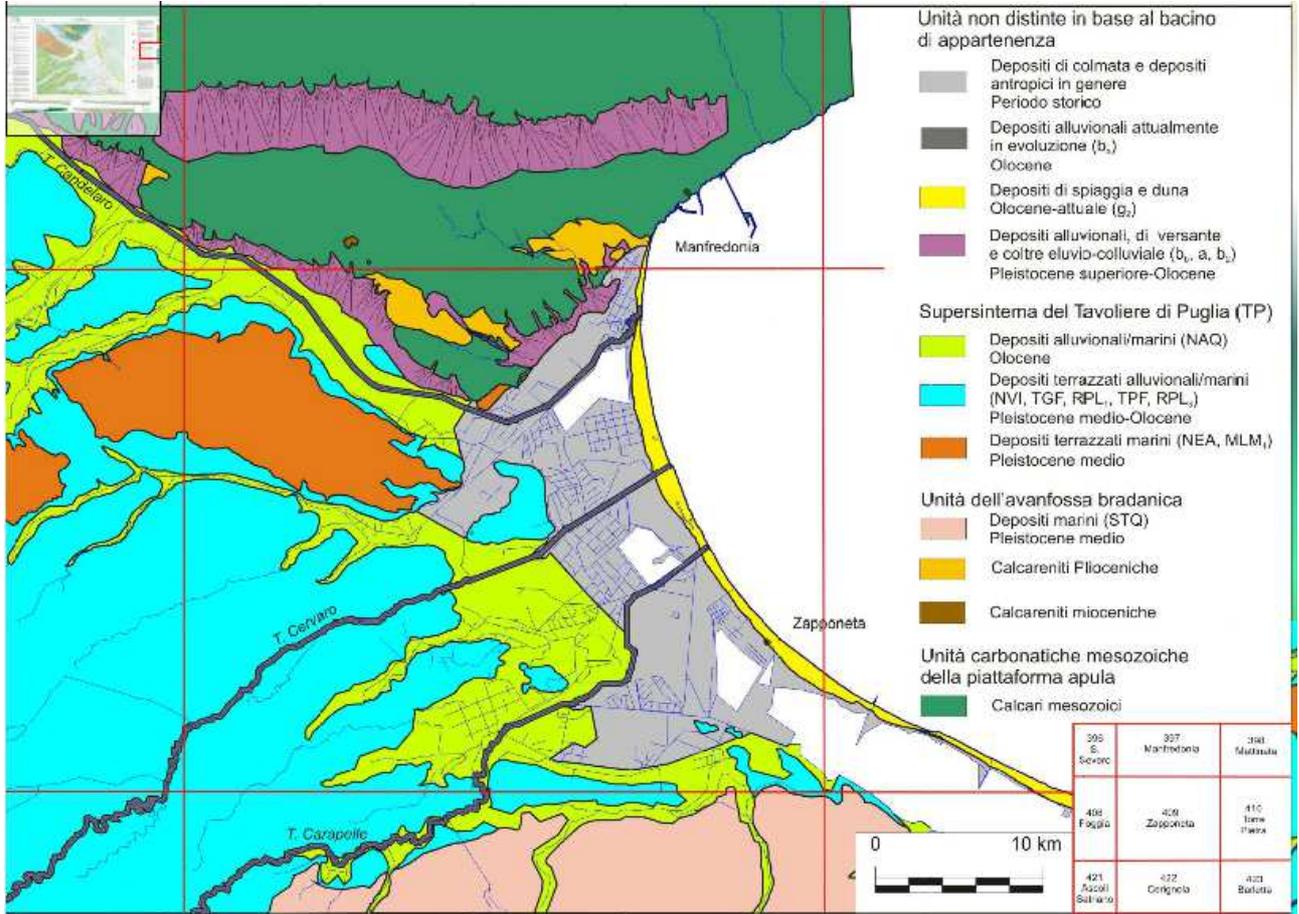
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) - Società Proponente EN.IT s.r.l

SCHEMA TETTONICO FOGLIO 409



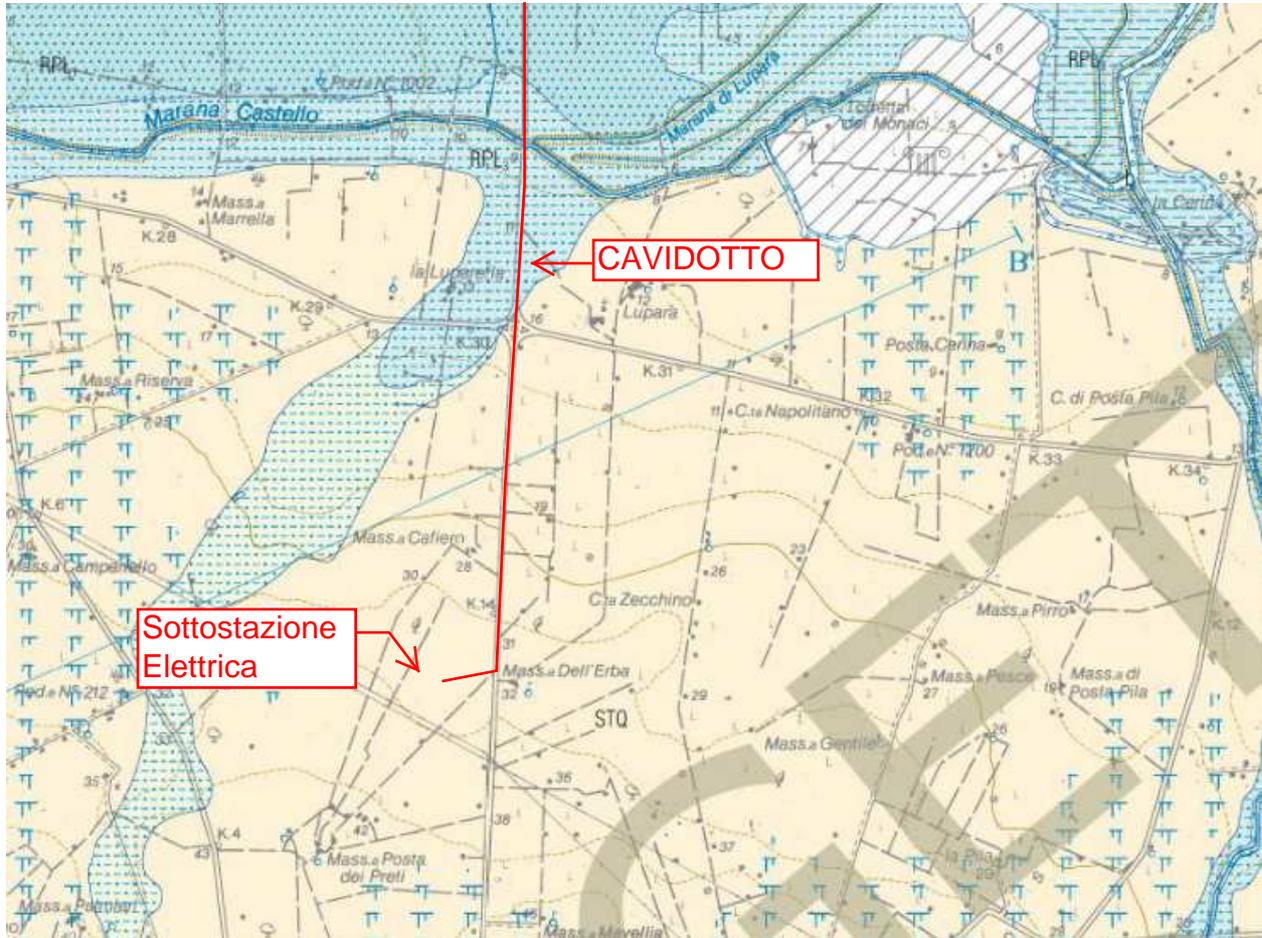
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

SCHEMA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO FOGLIO 409

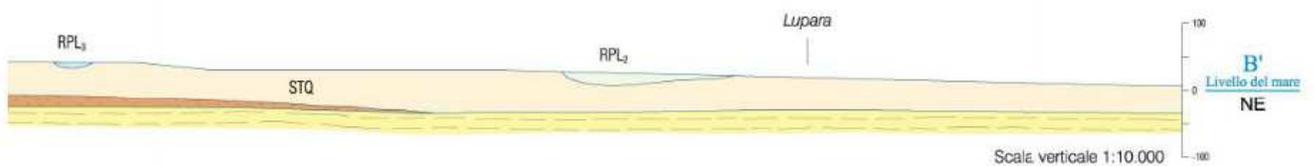


Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

AREA SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE ELETTRICA

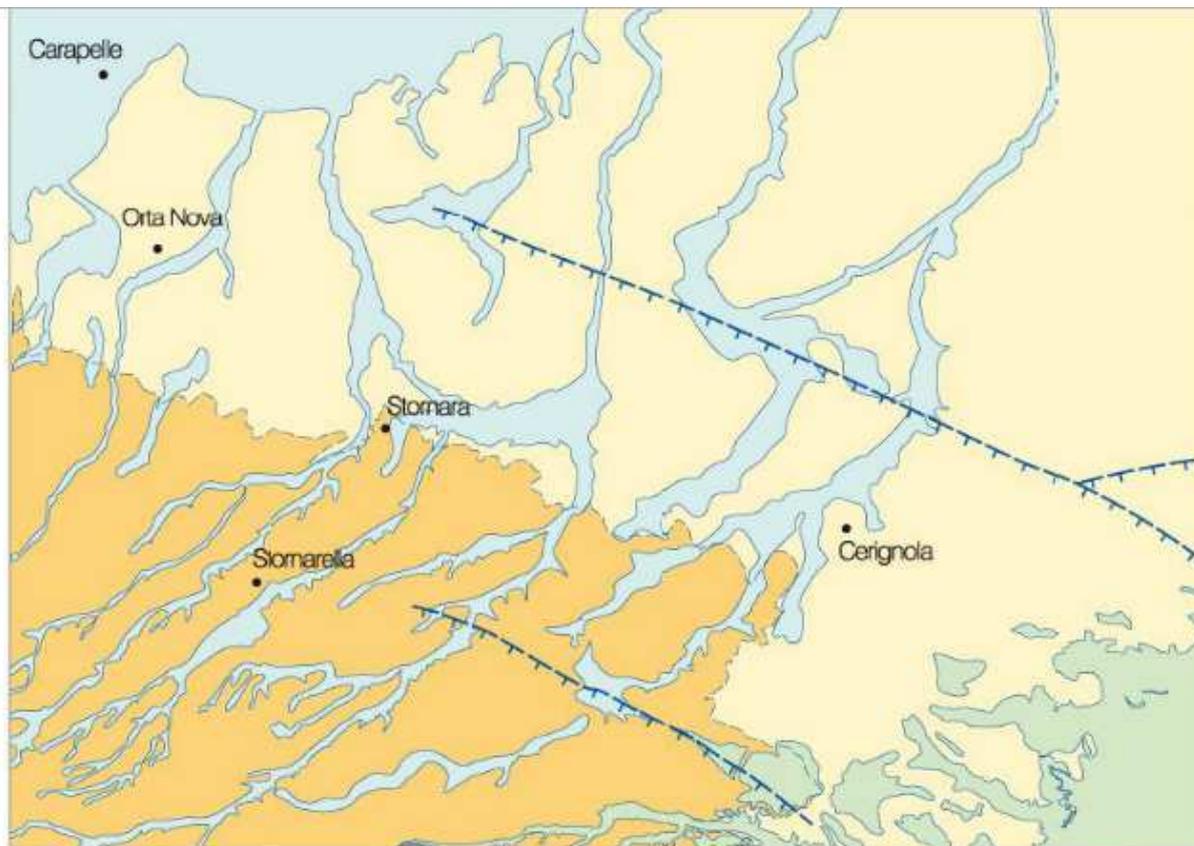


SEZIONE GEOLOGICA



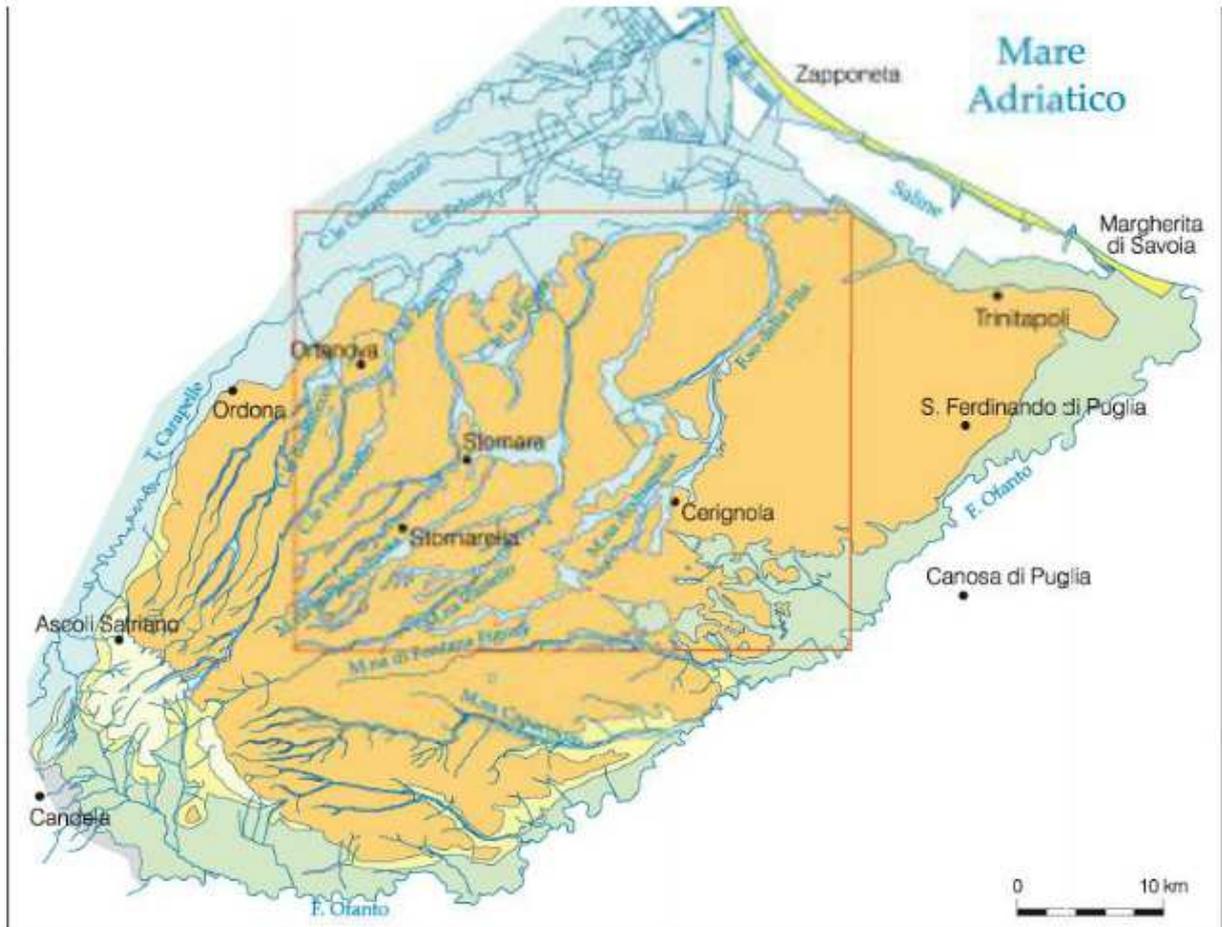
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

SCHEMA TETTONICO FOGLIO 422



Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

SCHEMA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO FOGLIO 422



- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | Depositi di spiaggia (attuale) |  | Sistema di Cerignola |
|  | Supersistema del Fiume Ofanto |  | Conglomerato di Irsina
Sabbie di Monte Marano |
|  | Pleistocene superiore - Olocene |  | Argille subappennine |
|  | Supersistema del Tavoliere di Puglia |  | Unità della Catena appenninica |
|  | Sistema dei Torrenti Carapelle e Cervaro
Pleistocene superiore - Olocene | | Depositi pre-quadernari |
| | | | Unità dell'Avanfossa bradanica
Pleistocene inferiore-medio |

SUPERSINTEMA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA (TP)

Comprende i depositi alluvionali riferibili a tutti i corsi d'acqua che solcano il Tavoliere di Puglia compresi fra il Fiume Fortore e il Fiume Ofanto. Il limite inferiore è rappresentato nelle aree occidentali del foglio da una discordanza angolare sulla formazione delle argille subappennine e sulle sabbie di Monte Marano Auct., mentre nelle aree orientali la superficie diventa di paraconcordanza sulle argille subappennine; il limite superiore coincide con la superficie.

SINTEMA DEI TORRENTI CARAPELLE E CERVARO (RPL)

Depositi alluvionali ghiaioso-sabbioso-limosi, terrazzati e sopraelevati rispetto all'alveo attuale del Torrente Carapelle. Il limite inferiore del sintema è costituito da una superficie inconforme di tipo erosivo e di significato regionale localmente affiorante sul sintema di Cerignola (RGL). Il limite superiore coincide con la superficie topografica; spessore massimo 10-15 metri. Il sintema del Torrente Carapelle è stato suddiviso in subsintemi.

PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE

Subsintema delle Marane La Pidocchiosa-Castello

Depositi ghiaioso-sabbioso-limosi. Sono presenti livelli di piroclastiti riconducibili all'eruzione vesuviana di Avellino. A sud prevalgono le facies ghiaiose, mentre a nord, prevalgono le facies sabbioso-limose. Sono sopraelevati di pochi metri rispetto all'alveo attuale in aree inondabili; lo spessore massimo è di 25-30 metri. Localmente è presente fauna di acqua dolce: *Bithynia leachi* (SHEPPARD) e *Planorbis planorbis* (LINNED). Una datazione assoluta effettuata su un esemplare di *Bithynia leachi* ha fornito un'età radiocarbonio di 4150 ± 40 anni BP.

OLOCENE



RPL₃

Subsintema di Masseria Torricelli

Depositi sabbioso-limosi con rari livelli ghiaiosi e argilloso-limosi; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di circa 10 metri.

PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE



RPL₂

Subsintema dell'Incoronata

Depositi sabbiosi con intercalazioni di livelli argilloso-limosi e ghiaiosi, questi ultimi normalmente alla base; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 5 - 10 metri. La fauna è costituita da gasteropodi collegati a corpi idrici *Planorbis planorbis* (LINNEO), *Lymnaea palustris* (MÜLLER), *Oxyloma elegans* (RISSO) e *Eobania vermiculata* (MÜLLER). Un'indicazione cronologica relativa alla chiusura del deposito è di 6731 ± 160 anni BP, datazione effettuata, con metodo AMS, su un esemplare di *Eobania vermiculata*.

PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE



RPL₁

UNITA' DELL'AVANFOSSA BRADANICA

SINTEMA DI CERIGNOLA (RGL)

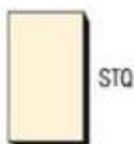
E' costituito da due unità litostratigrafiche fra loro eteropiche (ODN ed STQ) che nell'insieme formano un sistema progradante. Il limite superiore è rappresentato da una superficie di erosione fluviale coincidente con la base del supersintema del Fiume Ofanto ovvero con la base del supersintema del Tavoliere di Puglia; il limite inferiore è rappresentato da una superficie erosiva che separa il sintema di Cerignola dalle argille subappennine e dalle unità sabbioso-conglomeratica non affioranti nell'area del Foglio 422 Cerignola ma rinvenute in sottosuolo ed affioranti nelle aree limitrofe (sabbie di Monte Marano e conglomerato di Irsina Auct.).

PLEISTOCENE MEDIO

Sabbie di Torre Quarto

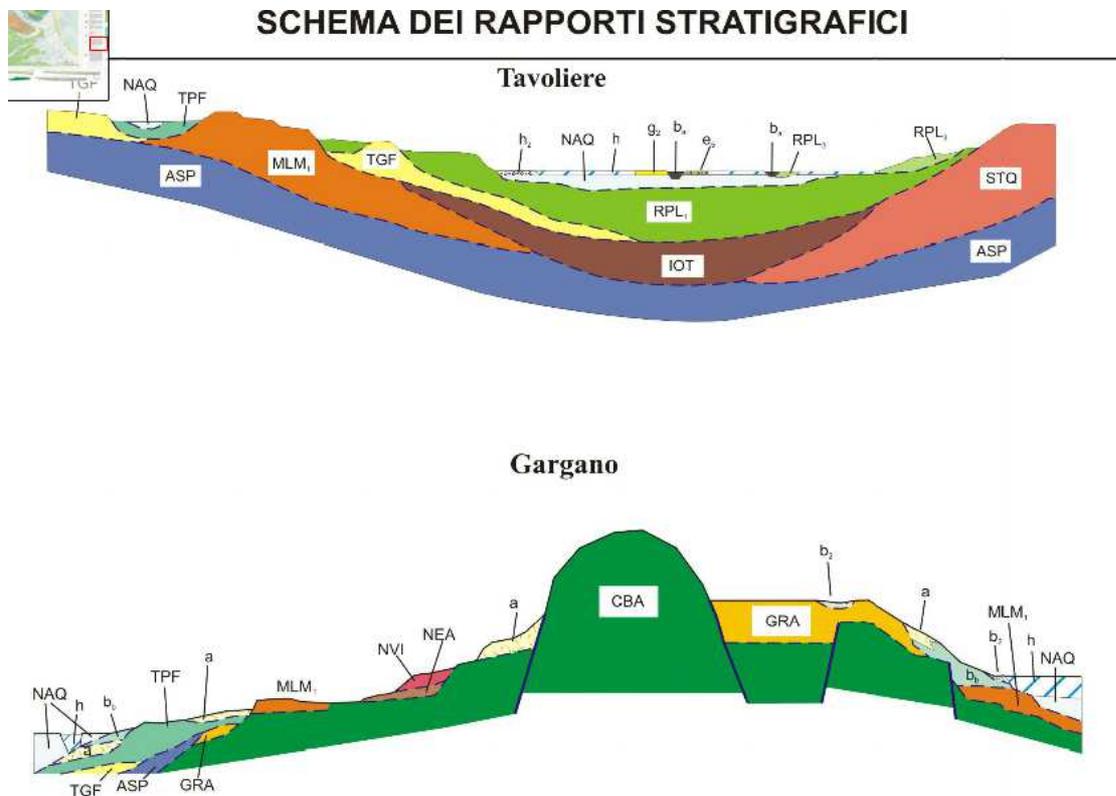
Sabbie medie e fini di colore giallo oca generalmente poco cementate in strati di spessore variabile da pochi centimetri a 50 centimetri con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di arenarie, argille e silt di colore giallastro a luoghi marnose; lo spessore massimo è di circa 55 metri. Presenti laminazione piano parallela e incrociata e, nella parte superiore, paleosuoli. Le macrofaune forniscono indicazioni di ambienti molto variabili che vanno dall'infralitorale, *Spisula subtruncatula* (DA COSTA), *Pitar rudis* (POU), *Chamelea gallina* (LINNEO), alle aree di transizione comprensive di ambienti di spiaggia, lagunari, *Cerastoderma glaucum* (BRUGUIERE), Hydrobiidae spp, *Abra segmentum* (RECLUZ) e retrodunari. Le associazioni a foraminiferi (*Rotalia* e *Elphidium*) e a nannofossili calcarei non forniscono indicazioni cronologiche.

PLEISTOCENE MEDIO



STQ

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



Le formazioni geologiche costituenti il territorio del comune di Cerignola in superficie e in profondità, possono essere in sintesi così distinte dall'alto in basso :

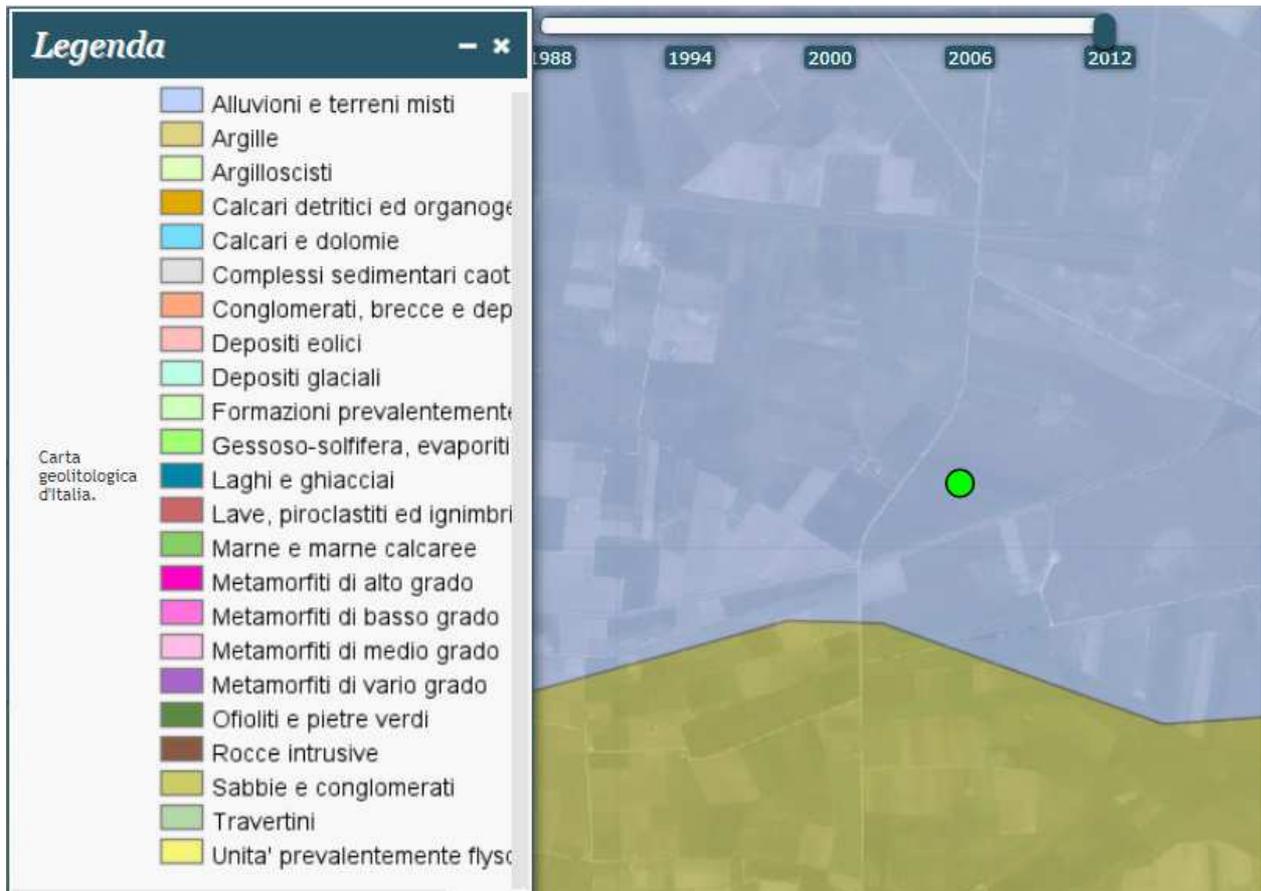
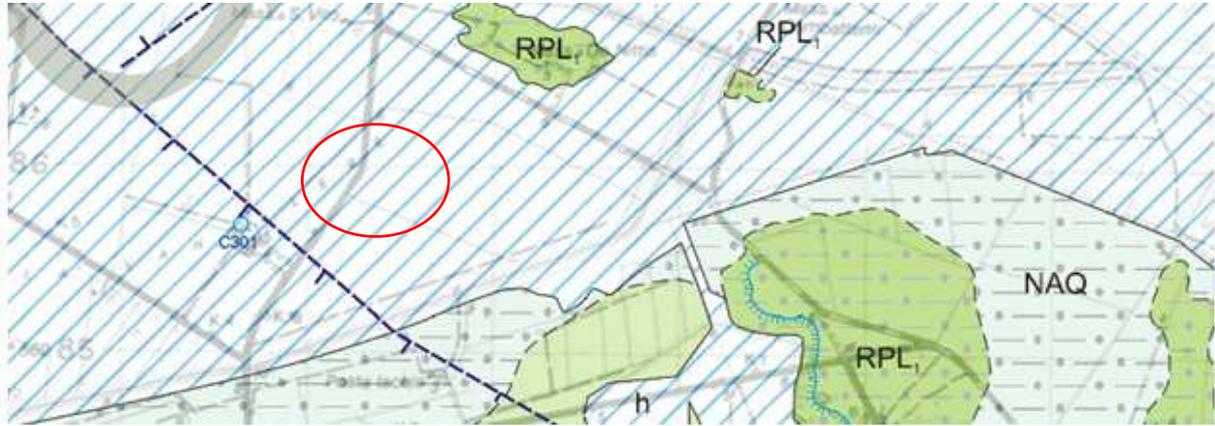
L'area in esame è ricoperta da coltri di materiali di disfacimento originatisi in posto (coltri eluviali) a spese della formazione di base per effetto dei processi di alterazione e di degradazione causati dagli agenti atmosferici.

Questi materiali per uno spessore di circa 1-1.50 metri sono humificati e pedogenizzati, si tratta di materiali piuttosto omogenei, a grana fine dalle caratteristiche poco consistenti, tutti questi materiali testé descritti rivestono un ruolo non secondario nella caratterizzazione della situazione geologica e geotecnica di superficie; è da ricordare a tale proposito, che di regola, se non altro che per motivi di scala, essi non sono segnalati sulle carte geologiche di uso corrente, sotto il profilo litologico la loro costituzione varia da zona a zona a seconda delle caratteristiche litologiche peculiari della formazione da cui traggono origine.

I due impianti fotovoltaici, la Sottastazione di Trasformazione Elettrica e il cavidotto di collegamento insistono:

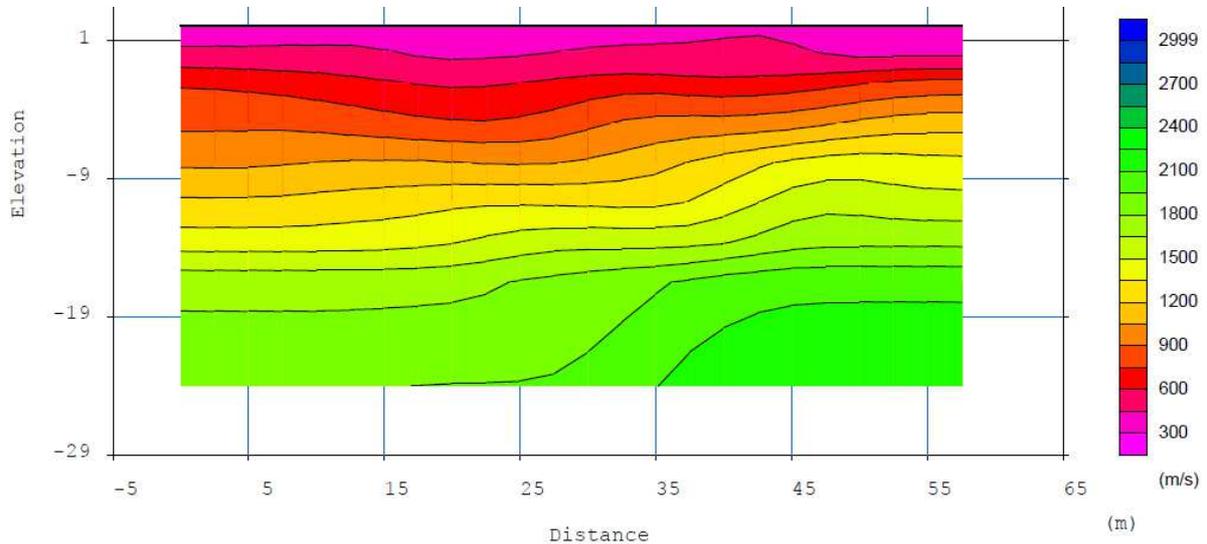
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

IMPIANTO FOTOVOLTAICO CERIGNOLA NORD 1



Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) - Società Proponente EN.IT s.r.l

TOMOGRAFIA SISMICA CERIGNOLA NORD 1

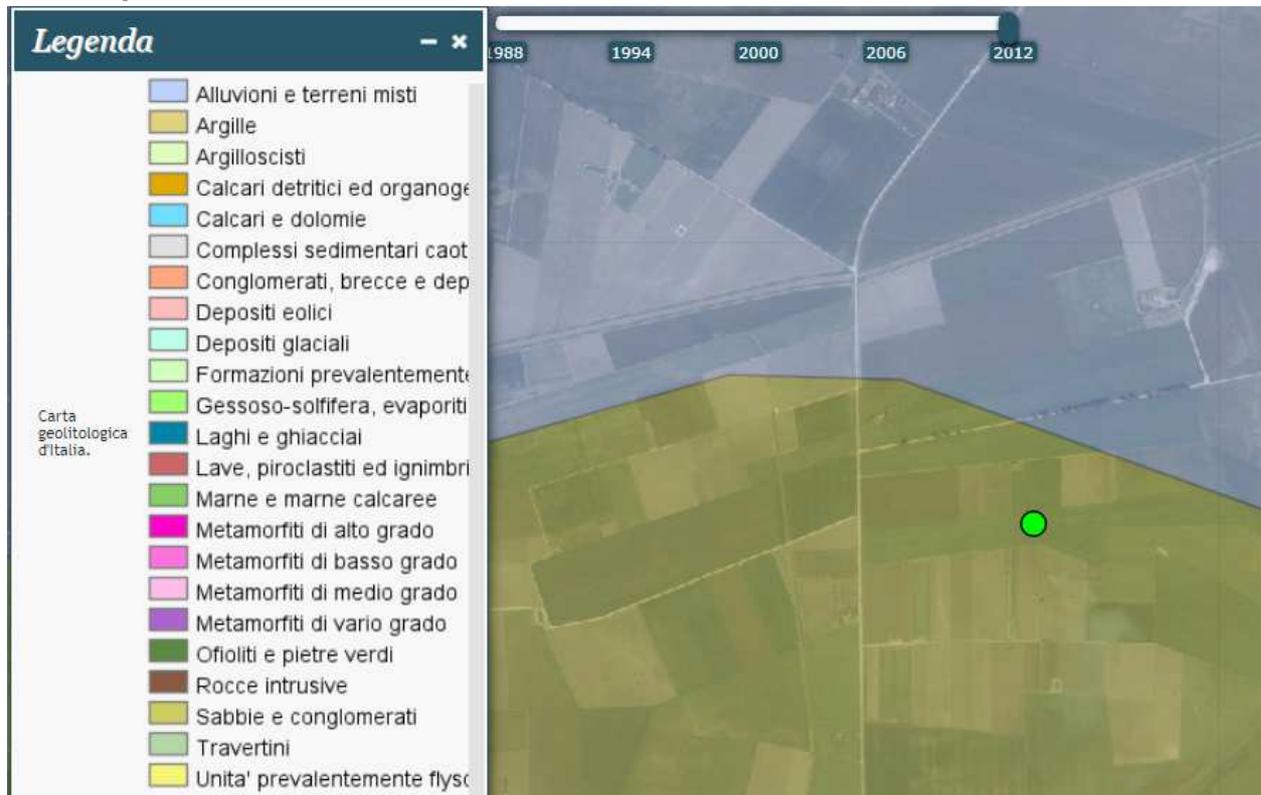


Depositi antropici (h), depositi di colmata costituiti da argille grigiastre deposte in seguito ad interventi di deviazione di corsi d'acqua per il colmamento e la bonifica della piana costiera del Tavoliere dello spessore di circa 4-5 metri, sedimenti molto giovani, quindi compressibili.

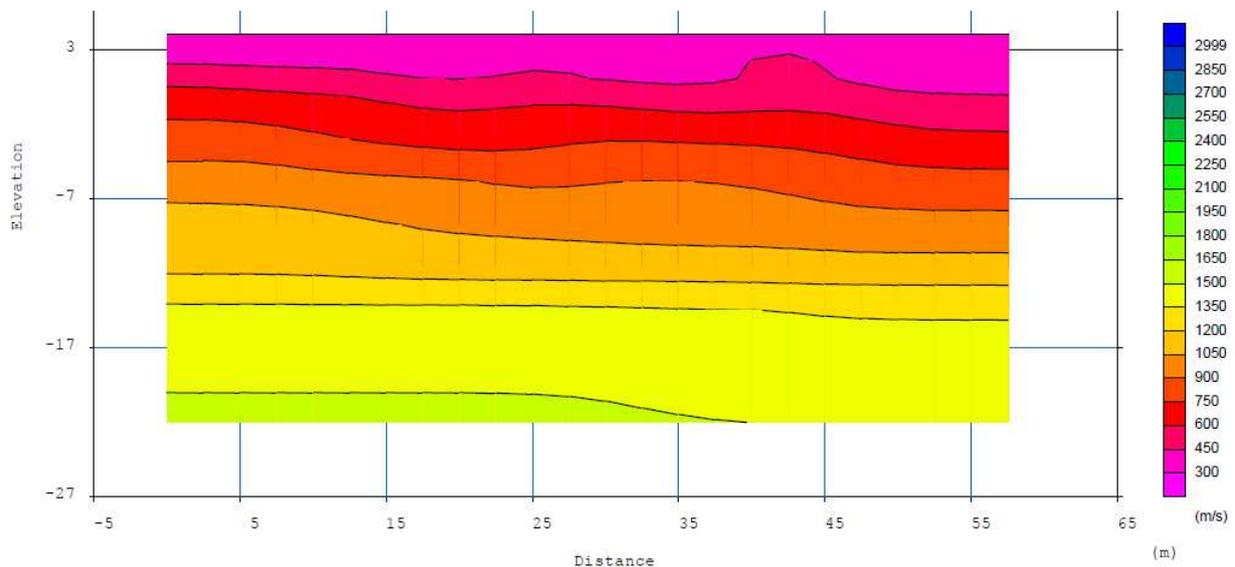
IMPIANTO FOTOVOLTAICO CERIGNOLA NORD 2



Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



TOMOGRAFIA SISMICA

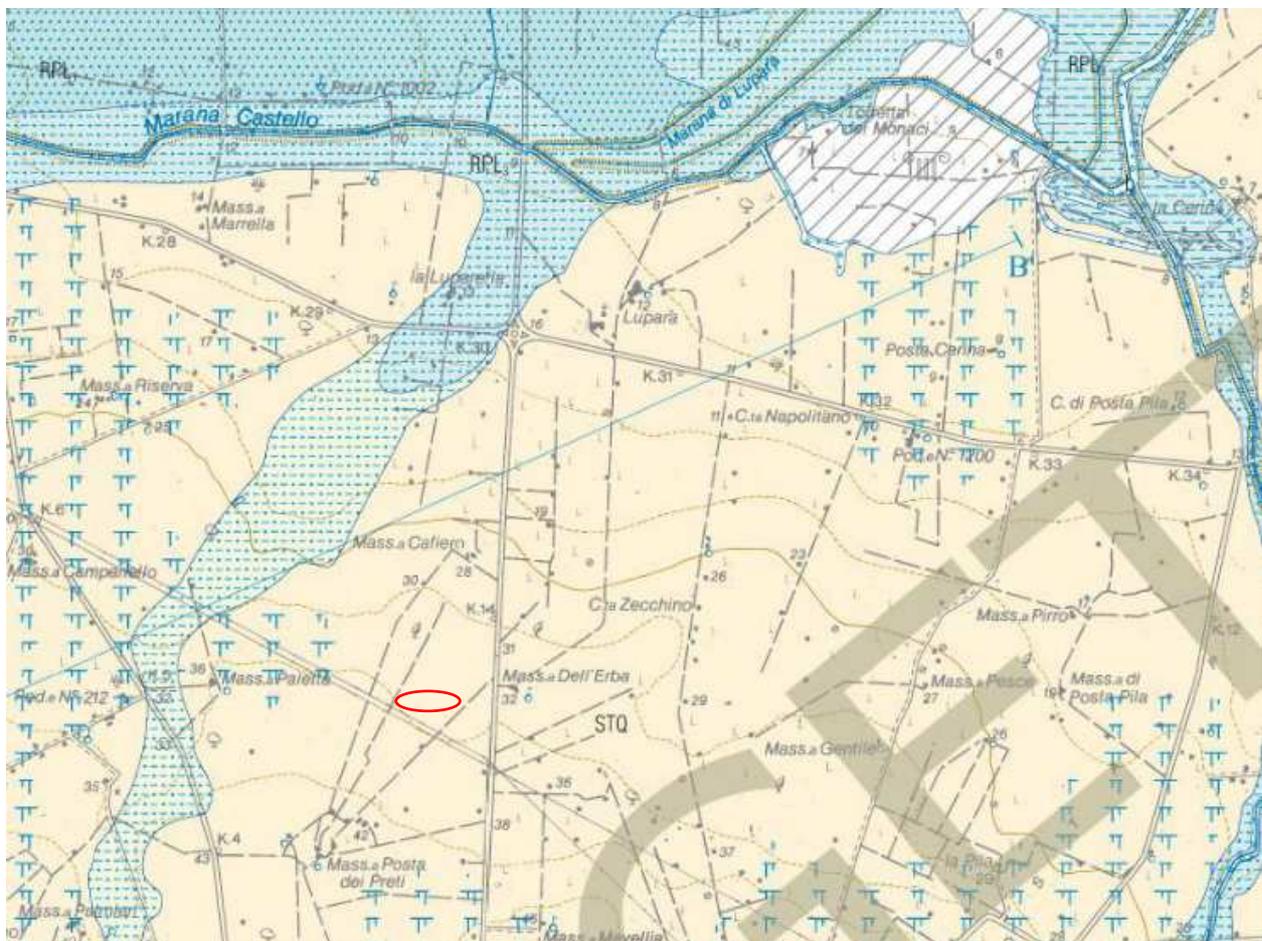


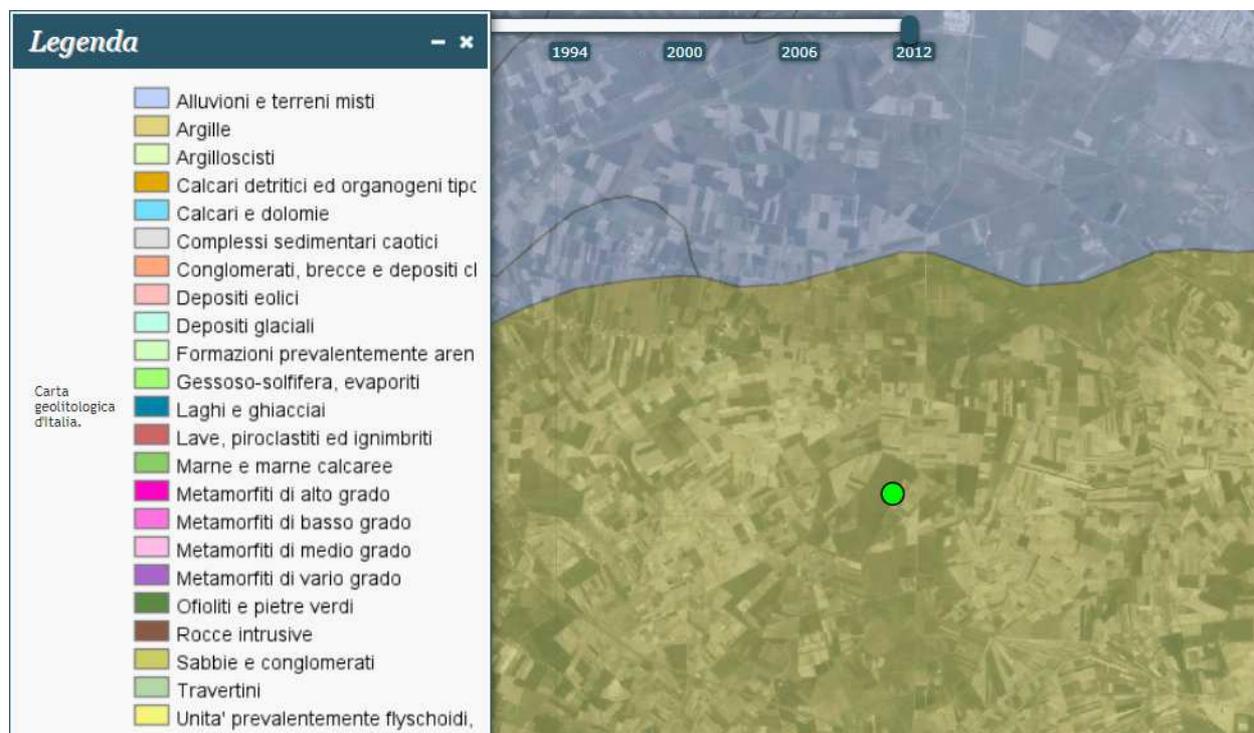
L'impianto fotovoltaico insiste in gran parte su **Depositi alluvionali** costituiti prevalentemente da argille sabbie e silt di colore grigio giallastro spesso con lamine parallele ed ondulate, risalenti all'ultima risalita del livello del mare (NAQ), in parte su **depositi di piana alluvionale** di ambiente lagunare infralitorale costituiti da sabbie, silt ed argille (**RPL₁**) e una piccola parte su **depositi sempre di natura alluvionale** costituiti da sabbie e limi

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

subordinatamente ghiaiosi sono presenti livelli di piroclastiti risalenti all'eruzione vesuviana detta di Avellino (RPL₃), anche questi sedimenti molto giovani sono da considerare compressibili Essi si appoggiano con lieve discordanza sulle Sabbie di Torre Quart (STQ) che i si appoggiano in più punti con lieve discordanza sulle sabbie, sulle argille siltose grigio-azzurre (ASP)

SOTTOSTAZIONE ELETTRICA e CAVIDOTTO



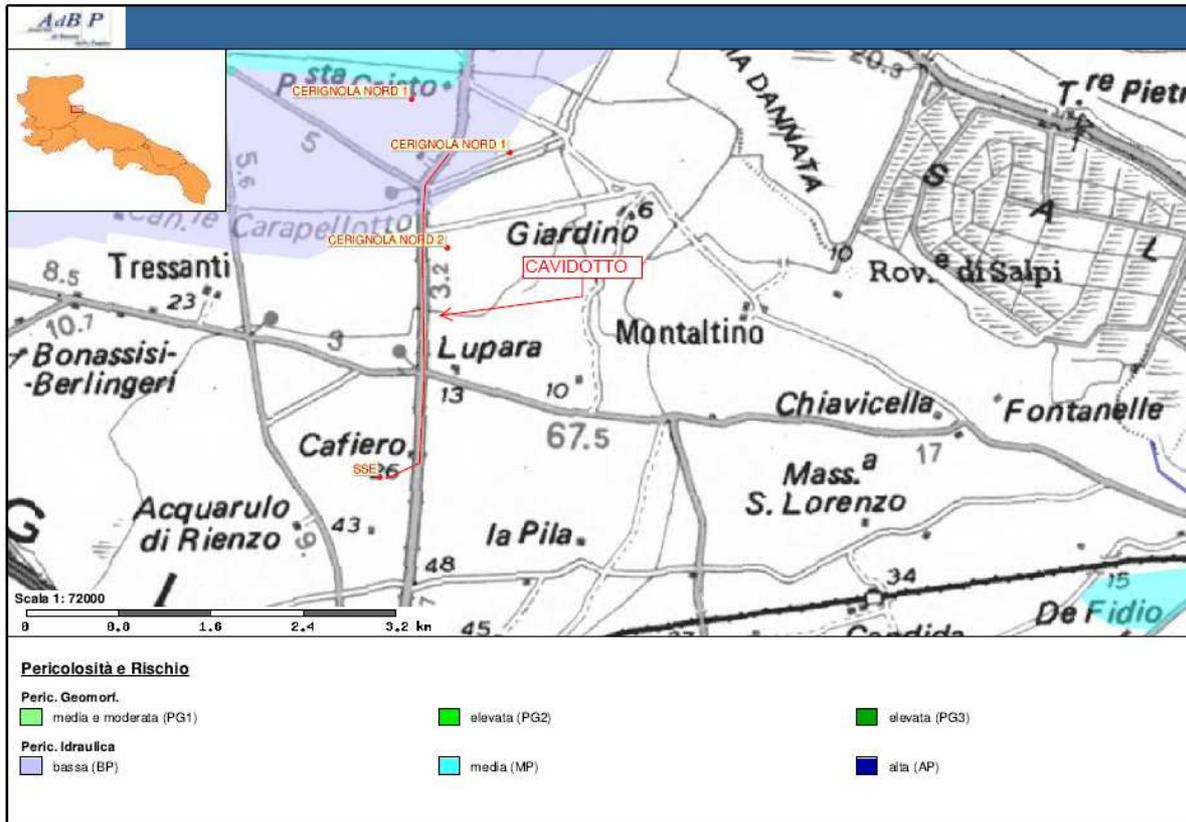


La sottostazione Elettrica insiste sulle **Sabbie di Torre Quarto**, costituite da sabbie medie e fini di colore giallo oca generalmente poco cementate in strati di piccoli spessore variabile da pochi centimetri a 50 cm con intercalazioni di livelli centimetrici e decimetrici di arenarie, argille e silt di colore giallastro, poggianti sulle **Argille sabbiose e argille siltose grigio-azzurre**, (ASP) plioceniche di genesi marina, non affioranti nell'area d'intervento, ma, che costituiscono il substrato più profondo dell'intero Tavoliere. Esse sono costituite da argille con limo di colore grigio-azzurro molto consistenti e di notevole spessore, a luoghi con intercalazioni sabbiose, in strati da pochi centimetri ad oltre un metro. I caratteri di facies sono indicativi di ambienti di piattaforma o di rampa.

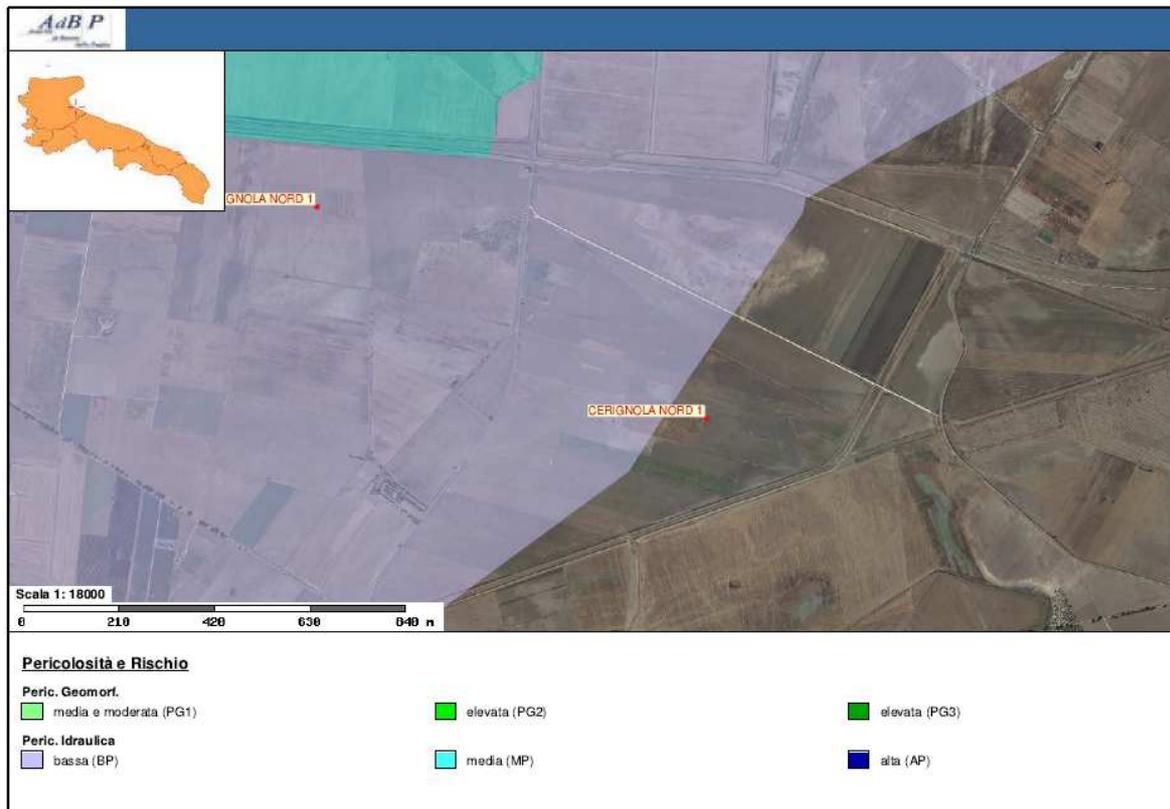
Il **Cavidotto** partendo dall'impianto fotovoltaico **Cerignola Nord 1** per arrivare fino alla **Sottostazione Elettrica** attraversa tutti i terreni sopra menzionati ossia i **Depositi antropici (h)**, i **Depositi alluvionali (NAQ)**, i **depositi di piana alluvionale** di ambiente lagunare infralitorale (**RPL₁**), i **depositi sempre di natura alluvionale (RPL₃)** ed infine le **Sabbie di Torre Quarto (STQ)** che si appoggiano in più punti con lieve discordanza sulle sabbie, sulle argille siltose grigio-azzurre (**ASP**)

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

INSERIMENTO PAI IMPIANTI FOVOLTAICI + OPERE CONNESSE



PAI CERIGNOLA NORD 1



Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l*

PAI CERIGNOLA NORD 2



PAI SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

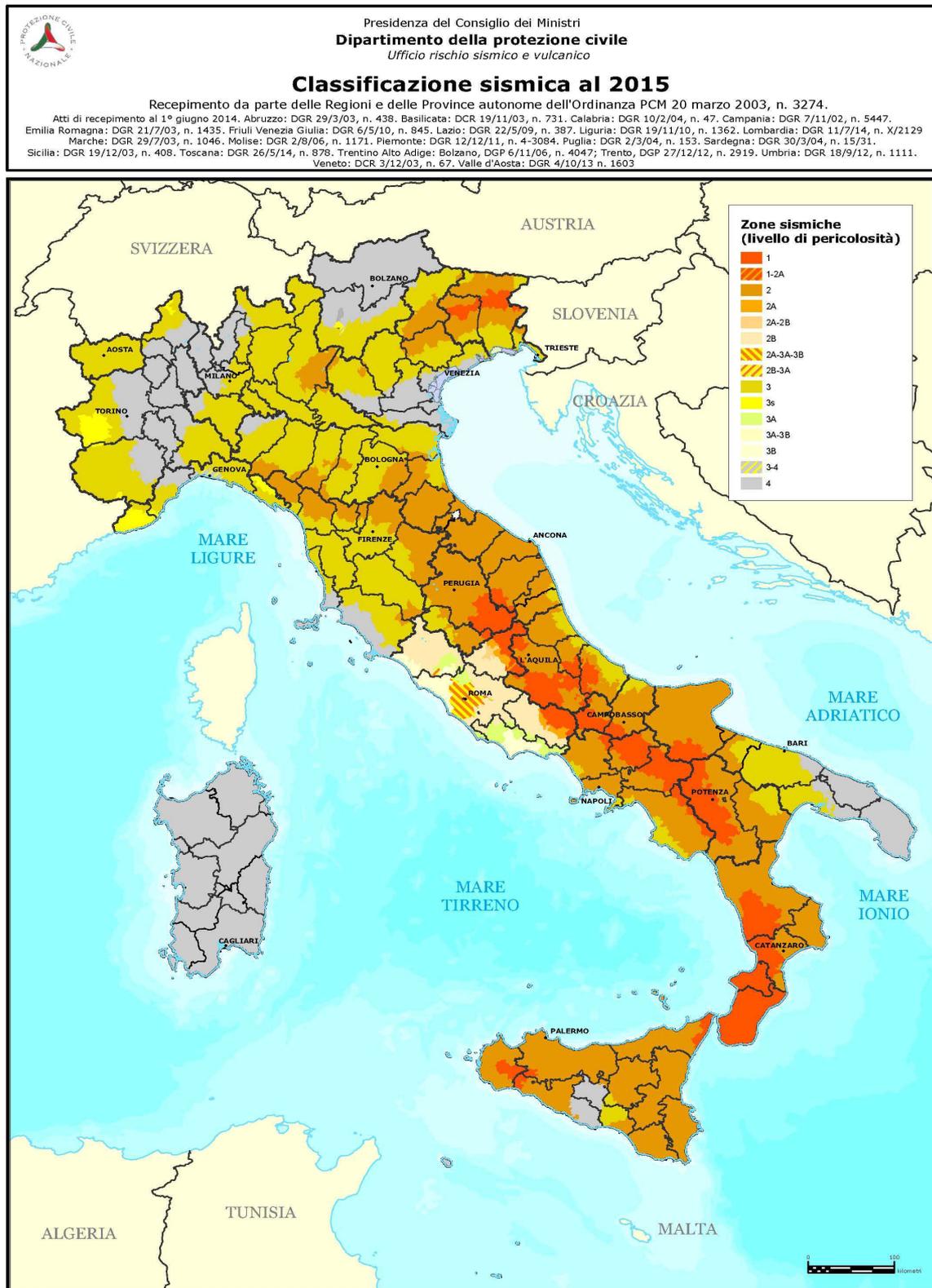


Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l*

Come si evince dalle cartografie allegate nessuno intervento risulta vincolato, dal punto di vista della **pericolosità geomorfologica**, mentre dal punto di vista della **pericolosità idraulica** risulta vincolato da una **bassa pericolosità idraulica (BP)** solo una parte dell'impianto fotovoltaico **CERIGNOLA NORD 1**, l'impianto **CERIGNOLA NORD 2** così come pure l'area della **Sottostazione Elettrica** non risultano vincolati.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

CARATTERI SISMICI DEL TERRITORIO



Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

Il territorio comunale di Cerignola (FG) ricade in un distretto geografico sicuramente sismico. Nel territorio in oggetto, infatti, si risentono i terremoti con epicentri garganici, molisani, sanniti ed irpini. L'attività recente delle strutture discusse nel paragrafo precedente o di alcune di esse è dimostrata (Fig.1) sia dai forti terremoti storici del passato (1627 D.C., 1646 D.C., 1731 D.C.) sia dalla sismicità strumentale attuale (Del Gaudio et al., 2007; CPTI Gruppo di lavoro, 2004).

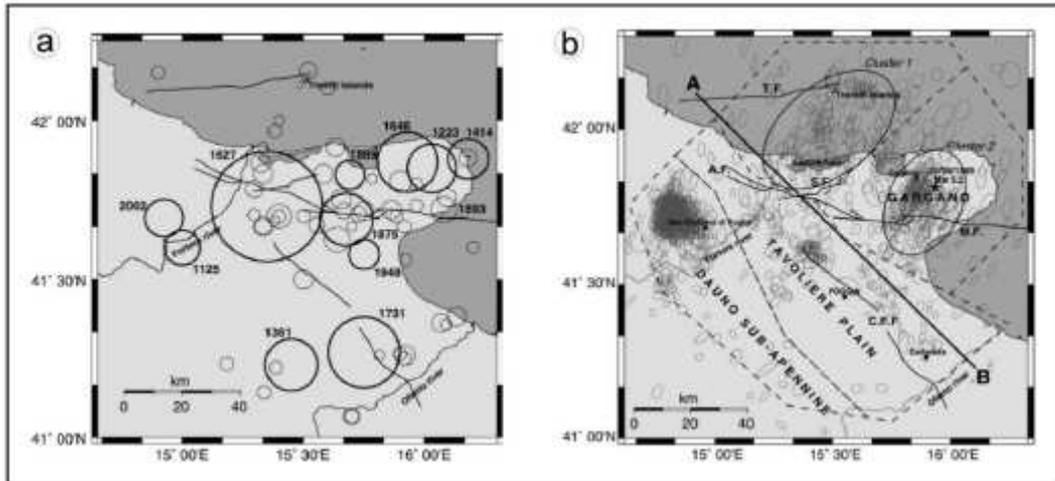
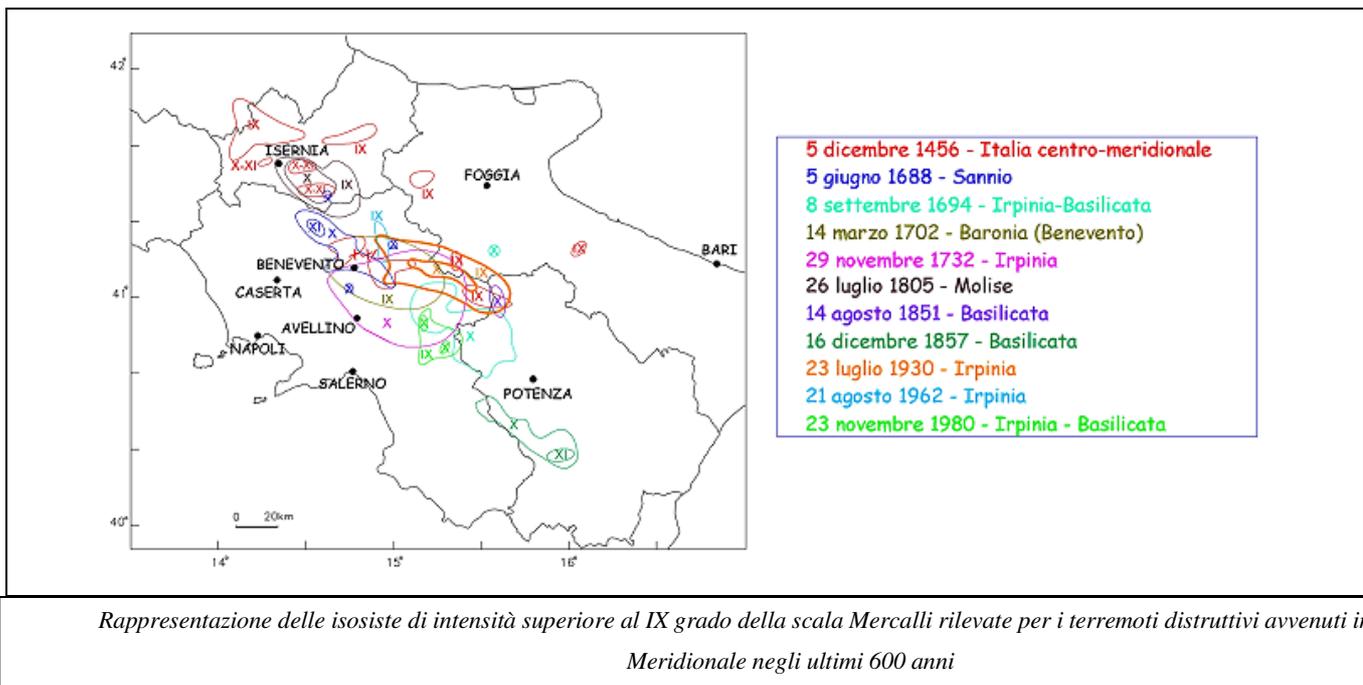
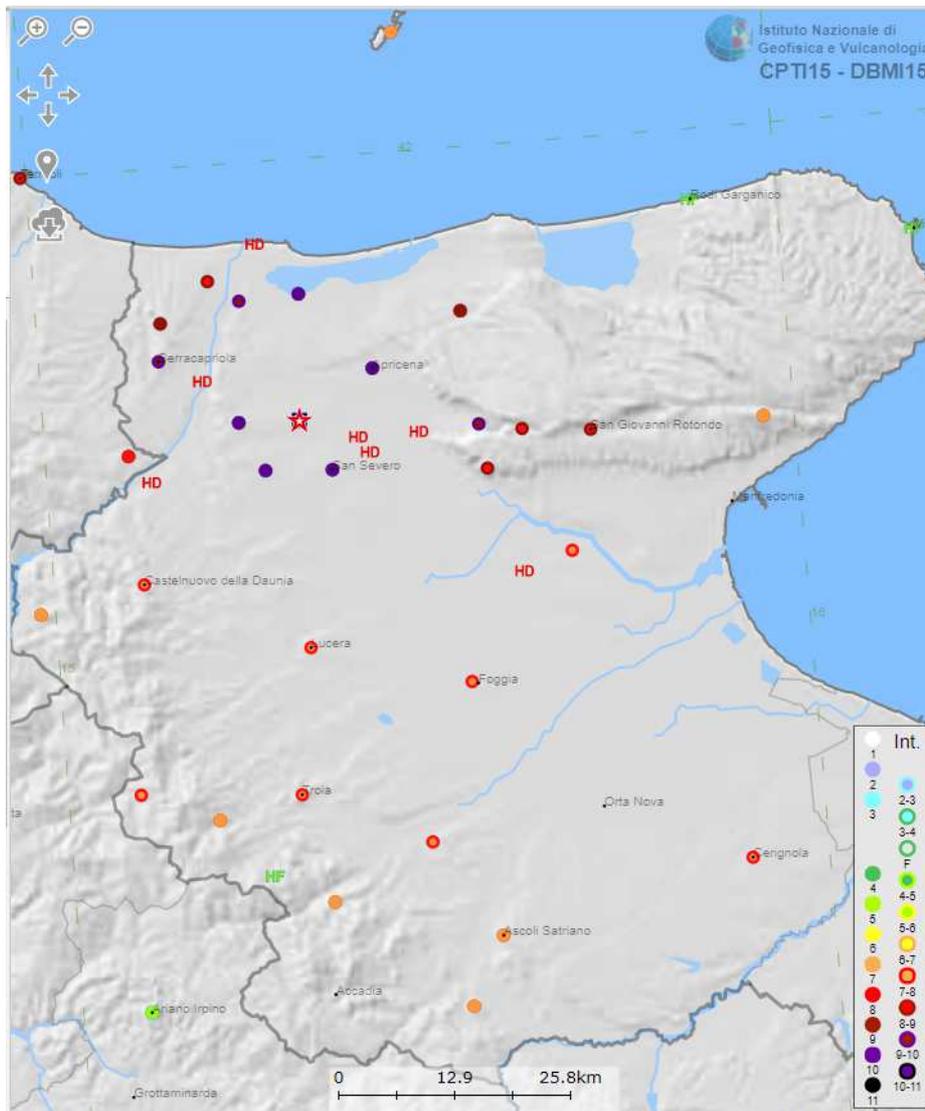
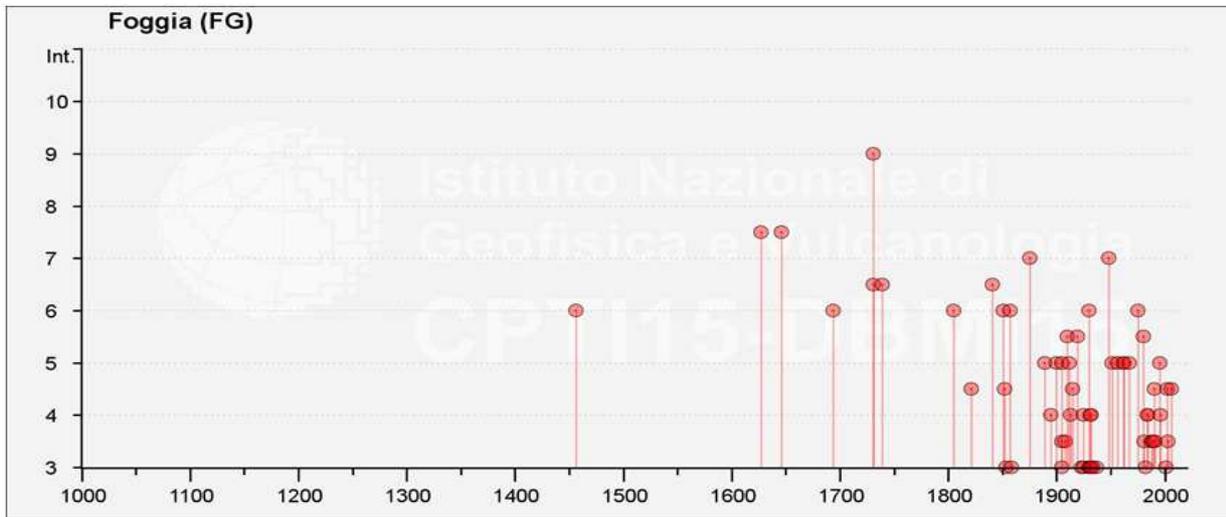


Figura 1: Principali strutture a) Terremoti Storici principali dell'area garganica; b) Sismicità strumentale dell'area garganica. Le ellissi indicano il margine d'errore nella localizzazione dell'evento (modificata da Del Gaudio et al., 2007).



Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



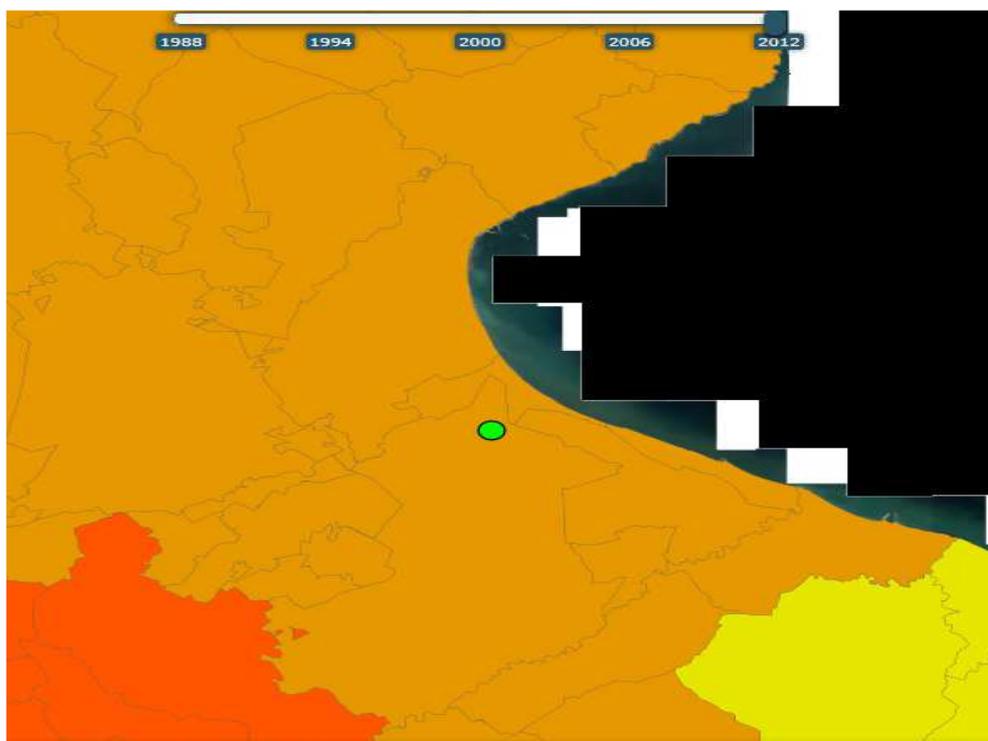
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente **FN IT s r l**

La **zona sismica** per il territorio del comune di Cerignola, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Puglia n. 153 del 2.03.2004.

Zona sismica 2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti
---------------------------------	---

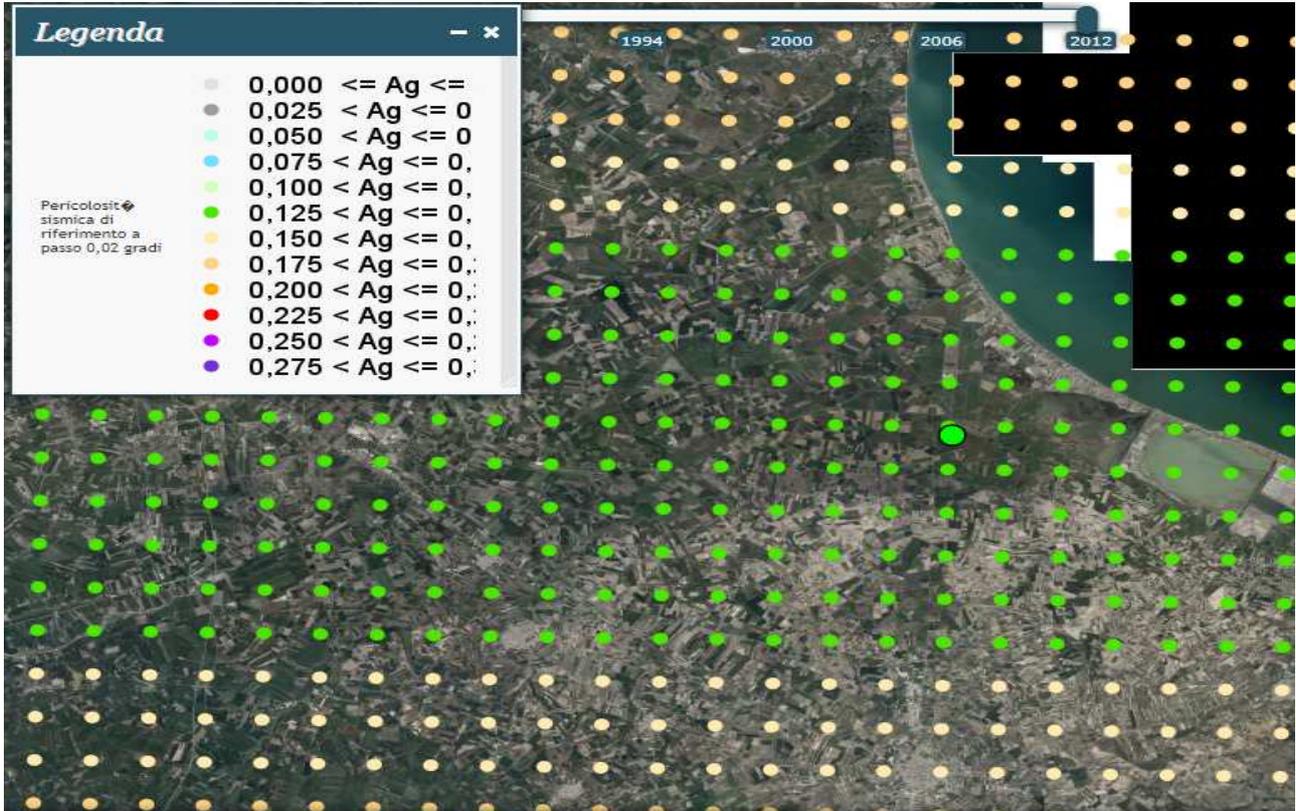
Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	ag > 0,25 g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	0,15 < ag ≤ 0,25 g	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	0,05 < ag ≤ 0,15 g	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	ag ≤ 0,05 g	0,05 g	2.186

CERIGNOLA NORD 1



Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003	PGA (g)
16071020	Zona 2	0.15 g < PGA < 0.25 g

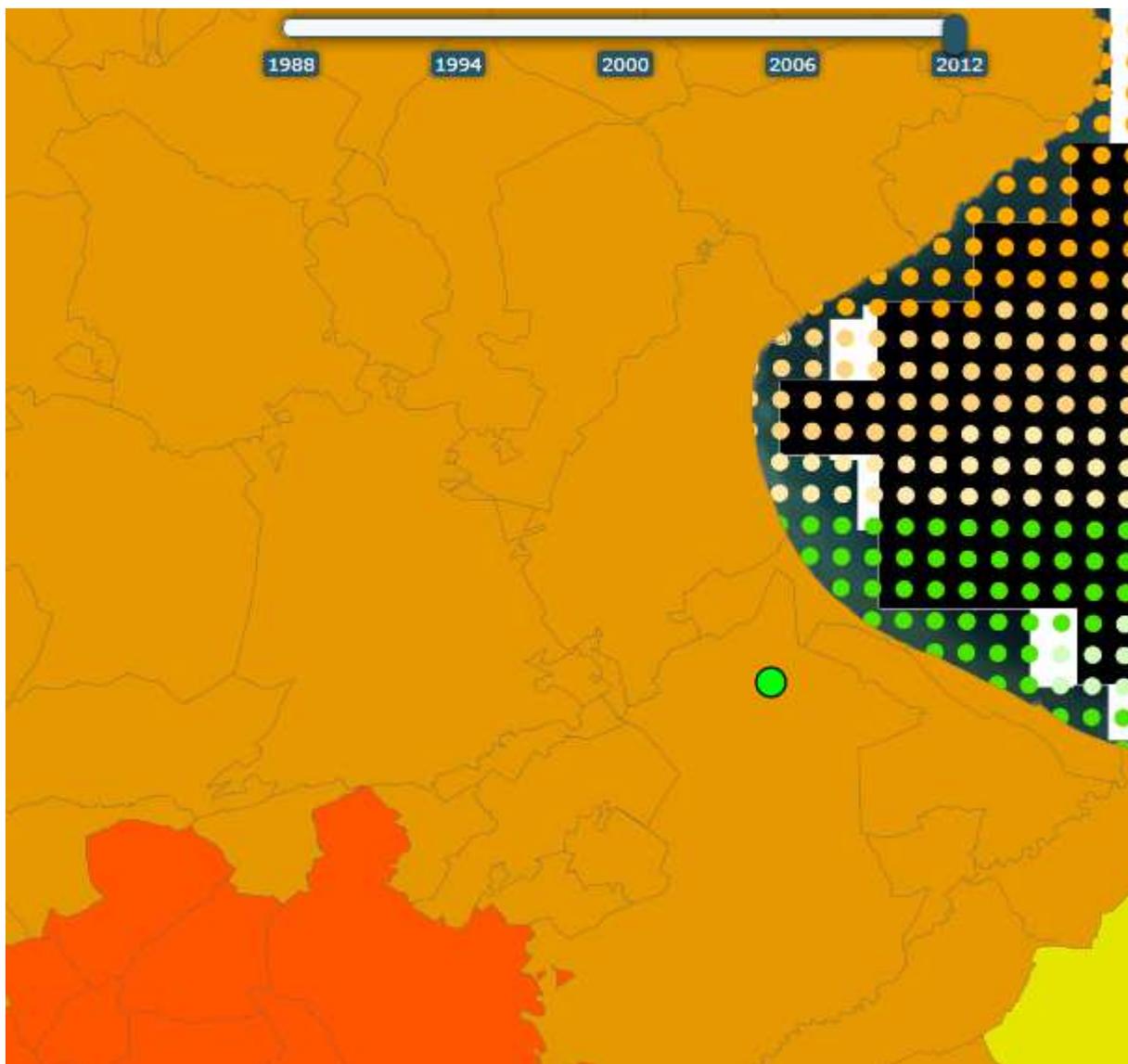
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



Pericolosità sismica del sito $0.125 < Ag < 0.150$

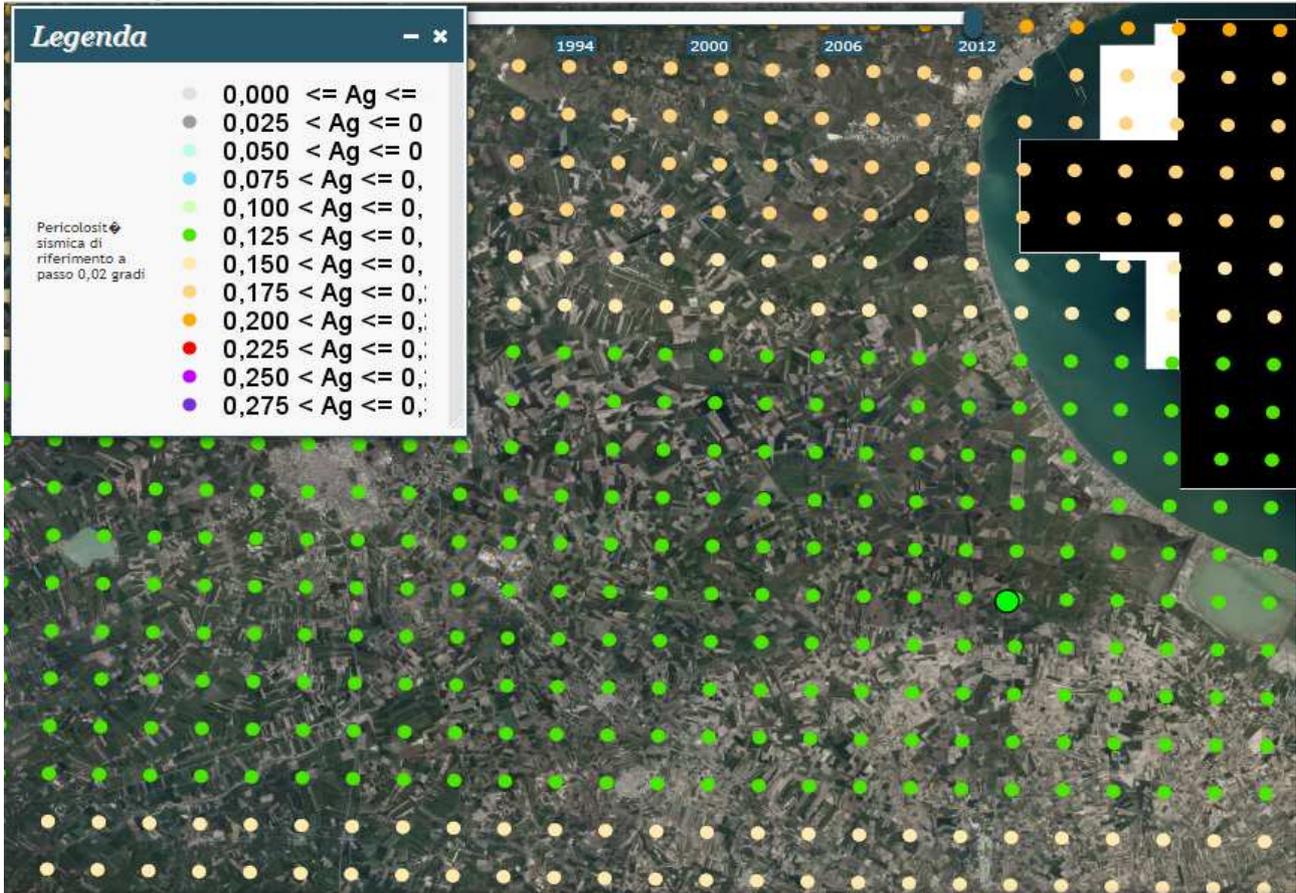
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

CERIGNOLA NORD 2



Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003	PGA (g)
16071020	Zona 2	0.15 g < PGA < 0.25 g
Classificazione sismica O.P.C.M 3274 del 30.03-2003 aggiornata al 2006		

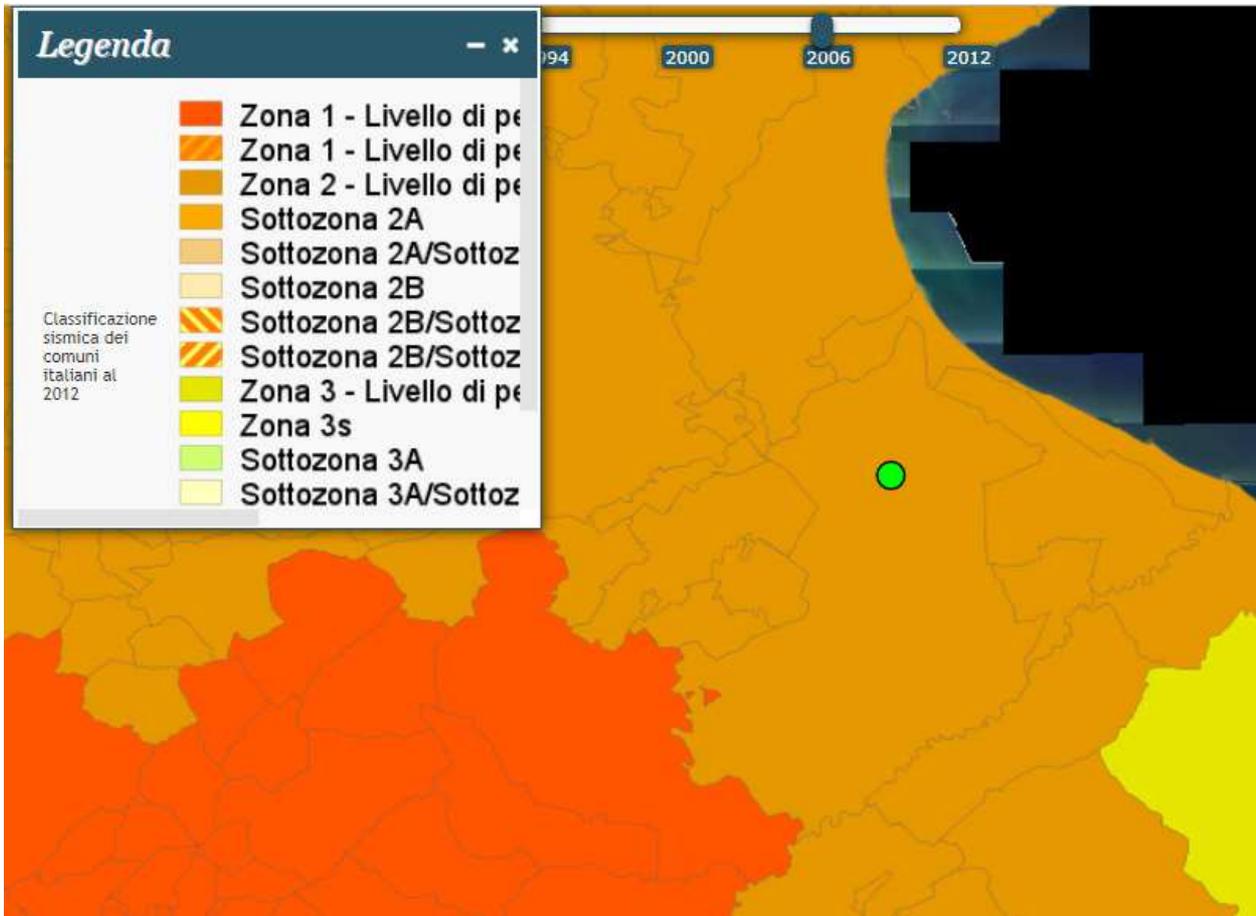
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



Pericolosità sismica del sito 0.125 < Ag < 0.150

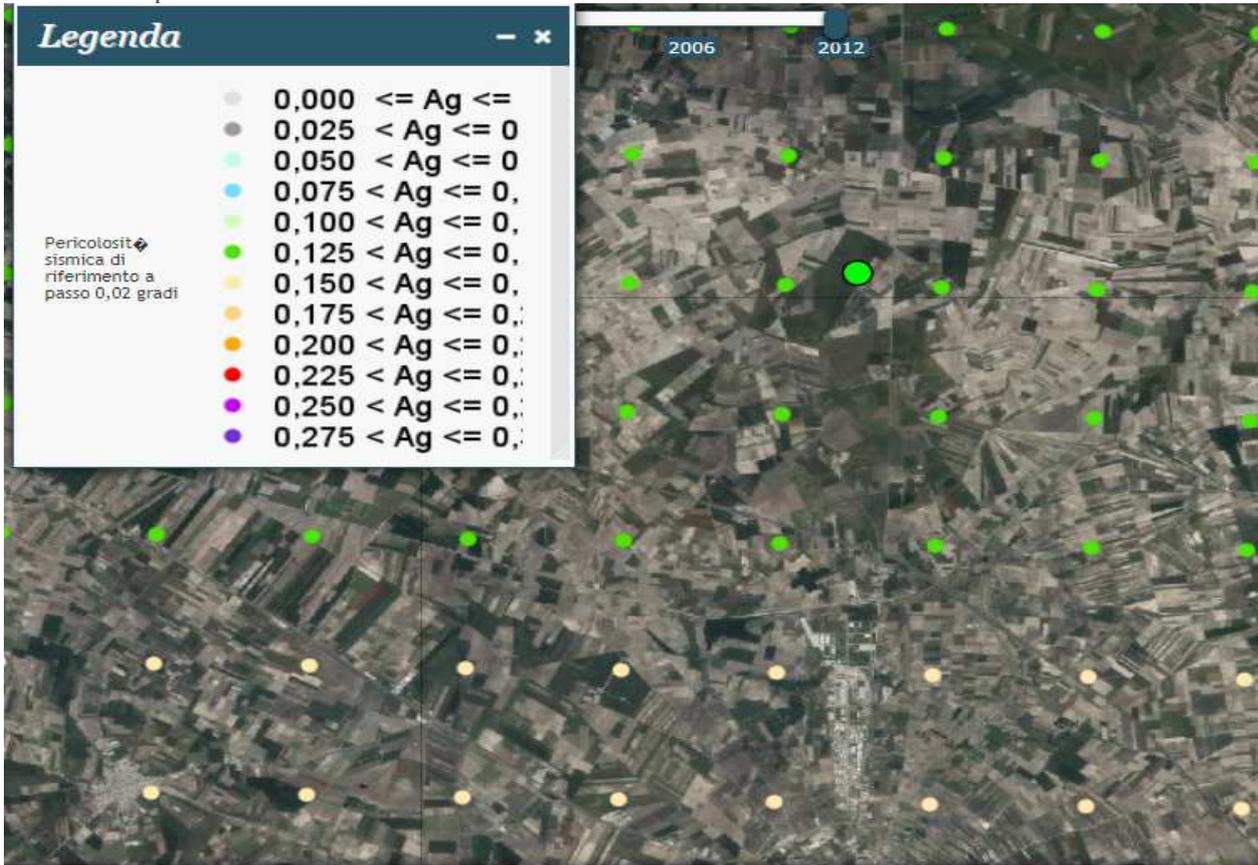
Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

AREA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA



Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003	PGA (g)
16071020	Zona 2	0.15 g < PGA < 0.25 g
Classificazione sismica O.P.C.M 3274 del 30.03-2003 aggiornata al 2006		

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l



Pericolosità sismica del sito $0.125 < Ag < 0.150$

Zonizzazione sismogenetica

Negli ultimi anni e fino al 2002, il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica nell'area italiana è stata la zonazione sismogenetica ZS4 (*Scandone et alii 1996*).

Gli sviluppi più recenti in materia di sismogenesi (*Galadini et alii 2000*, DISS Catalogo sorgenti sismogenetiche *Valensise e Pantosti 2001*) hanno però evidenziato alcune incoerenze con il catalogo CTPI. Per tale motivo, al fine di ottenere un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, è stata sviluppata una nuova zonazione denominata ZS9. La ZS9 propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche. Una base essenziale per la zonazione del territorio è rappresentata dal modello sismotettonico dell'area italiana, e contributi rilevanti per la definizione delle singole zone sono forniti dai cataloghi sismici disponibili. In particolare ZS9 è costruita facendo riferimento al modello sismotettonico di *Meletti et al. (2000)*, rivisto ed integrato negli anni successivi alla sua formulazione. Inoltre ZS9 è definita sulla scorta delle informazioni disponibili dai cataloghi CPTI2 (catalogo parametrico dei terremoti italiani) e DISS (database delle sorgenti sismogenetiche). La ZS9 non introduce drastici elementi di novità rispetto alle precedenti zonazioni, in modo particolare rispetto a ZS4 che rappresenta una sorta di caposaldo nell'evoluzione del processo di zonazione. L'elemento di novità è rappresentato dall'impiego di un catalogo sismico più aggiornato (CPTI2) e dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (database DISS). Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che per quanto attiene al loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. Tali conoscenze rappresentano uno degli elementi chiave per il tracciamento delle nuove zone. Un altro elemento di novità rispetto al passato è rappresentato dall'utilizzo del database delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti italiani (EMMA; *Vannucci e Gasperini , 2003*). Tale database contiene meccanismi tratti da cataloghi on-line (come il catalogo CMT dell'Università di Harvard, il catalogo dell'ETH di Zurigo e il catalogo RCMT dell'INGV) o dalla letteratura cartacea pubblicata. Tra tutti i meccanismi contenuti nel database sono stati selezionati quelli che ricadono all'interno delle zone sorgente di ZS9: si tratta di 1051 records relativi a terremoti avvenuti tra il 1905 ed il 2003, con magnitudo Mw compresa

tra 1.9 e 6.6. Utilizzando tutti i dati disponibili e avendo cura di scegliere il meccanismo più affidabile nel caso di soluzioni multiple per lo stesso evento.

Il territorio comunale di Cerignola ricade in un distretto geografico sicuramente sismico. Secondo la classificazione sismica (O.P.C.M. 30-03-2003 e succ. mod. e integr.) ricade in **Zona 2**. con **ag nominale** pari **0.250**, ma, come si evince dalla carta della pericolosità sismica del sito il valore di **ag** è compreso tra **0.125 e 0.150**. Nel territorio in oggetto, infatti, si risentono i terremoti con epicentri garganici, molisani, sanniti ed irpini.

- **PGA** (g)=accelerazione orizzontale di picco del terreno (estimatore dello scuotimento alle alte frequenze), valore atteso con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 457 anni).
- **g=9,81 m/sec²** (accelerazione di gravità).

Dopo il sisma irpino del 1980, risentito a Foggia con intensità del VI°-VII° Mercalli, tutto il territorio della Provincia di Foggia fu classificato come sismico. L'ultimo episodio importante in ordine cronologico è stato il sisma di S. Giuliano di Puglia (CB), del 30.10.2002 e con replica intensa il giorno successivo, la magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VIII della scala Mercalli. L'INGV ha assegnato a Foggia, per questo sisma un'intensità macrosismica pari a V°-VI° della scala Mercalli. Per quanto riguarda il passato è sufficiente sfogliare il "Catalogo dei terremoti italiani dal 1000 al 1980", edito nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del Centro Nazionale per le Ricerche o il "Catalogo dei forti terremoti italiani dal 461 a.c. al 1980, edito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma, per rendersi conto dei terremoti che hanno avuto come epicentro le zone nord-occidentali della Puglia, in particolare quello di Ascoli Satriano del 17 luglio 1361, di Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°-IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieber (MCS). Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito a Foggia con intensità sismica del VII°- VIII° Mercalli circa. Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è la prevenzione, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali. L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con

strutture simili possano subire danni notevolmente diversi. E' ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità. Osservazioni ormai innumerevoli provano che la variabilità spaziale dei danni e degli effetti prodotti da un terremoto è sempre molto elevata, e che in molti casi una causa importante è l'esistenza di condizioni locali sfavorevoli dei siti e dei terreni che possono mettere in crisi anche strutture molto resistenti e progettate per resistere a forti terremoti. E' il caso dei pendii franosi, dei depositi argillosi soffici, dei terreni liquefacibili, dove possono aversi *effetti locali* di instabilità, consistenti in veri e propri collassi e talora in movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture. Alcuni scenari tipici: movimenti franosi nei pendii, scorrimenti e cedimenti differenziali in corrispondenza di contatti geologici o di faglie, scivolamenti e rotture nel terreno, fenomeni di liquefazione nei terreni granulari fini saturi, fenomeni di subsidenza in corrispondenza di cavità, ecc.

Ma vi sono anche altre condizioni, meno spettacolari e meno facilmente riconoscibili, che possono essere molto gravose per le sovrastanti strutture e infrastrutture. Sono quelle in cui, a causa di particolari **condizioni locali**, le caratteristiche vibratorie dei movimenti sismici possono subire modificazioni ed esaltazioni locali. Tali effetti vengono indicati nella terminologia sismica come *effetti di sito*; con il termine 'condizioni locali' si intende, invece, l'insieme dei fattori geomorfologici e geotecnici che interagendo con le onde sismiche possono modificare, rispetto allo scuotimento che si avrebbe sulla roccia sottostante (bedrock), le caratteristiche vibratorie del moto sismico in superficie. Tali fattori comprendono principalmente: la morfologia superficiale e sepolta, le caratteristiche stratigrafiche, le proprietà geotecniche dei terreni in campo statico e dinamico. Gli effetti di sito sono spesso all'origine di molti fenomeni di instabilità delle strutture, sia per l'esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, sia perché possono aversi anche fenomeni di 'doppia risonanza' fra modi di vibrare del terreno e della struttura.

Per quanto riguarda l'aspetto sismotettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Le strutture sismogenetiche

dell'Appennino Dauno e più in generale dell'Appennino Campano hanno infatti fatto registrare eventi sismici i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici. Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieber (MCS). Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito a Foggia con intensità sismica del VII°-VIII° Mercalli circa. Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è la prevenzione, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali. L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi. E' ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità.

Il comune di Cerignola (FG), in riferimento alla riclassificazione sismica del territorio italiano dell'Ordinanza 3274/2003 e s.m.i., rientra in **zona sismica 2 (classificazione sismica 2006)**. La differenza nel danno è imputabile, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (circa i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato la considerazione che territori anche molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi.

La "pericolosità sismica di base" deve essere verificata in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) per diverse probabilità di superamento in diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 475 anni.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni **ag** e dalle relative forme spettrali su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri, **ag** accelerazione orizzontale massima del terreno, **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, **Tc** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

L'ultimo episodio importante in ordine cronologico è stato il sisma di S. Giuliano di Puglia (CB), del 31.10.2003 e con replica intensa il giorno successivo. L'INGV ha assegnato a Foggia, per questo sisma un'intensità macrosismica pari a V°-VI° Mercalli.

Per quanto riguarda il passato è sufficiente sfogliare il "Catalogo dei terremoti italiani dal 1000 al 1980", edito nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del Centro Nazionale per le ricerche o il "Catalogo dei forti terremoti italiani dal 461 a.c. al 1980, edito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma, per rendersi conto dei terremoti che hanno avuto come epicentro le zone nord-occidentali della Puglia, in particolare quello di Ascoli Satriano del 17 luglio 1361, di Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°-IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieber (MCS).

Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito in Provincia di Foggia con intensità sismica del VII°- VIII° Mercalli circa.

COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

L'ordinanza sismica n. 3274 del 20.03.2003 ha introdotto, tra l'altro, la necessità di considerare, per le costruzioni sui pendii o in loro prossimità, un coefficiente di amplificazione topografica **St**.

Tale coefficiente è direttamente proporzionale alla pendenza del versante,

- **St = 1** (assenza di amplificazione) per acclività minori di 15° (pendenze inferiori al 26.8%).
- **St = 1,2** per acclività comprese tra 15° e 30° (pendenze superiori al 26.8% ed inferiori al 57%)
- **St = 1,4** per acclività maggiori di 30°.

CATEGORIE TOPOGRAFICHE

Sono state contraddistinte quattro categorie Topografiche così come segue:

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

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) - Società Proponente EN.IT s.r.l

Nel nostro caso specifico, essendo l'acclività < 15°, il coefficiente di amplificazione sismica topografica **St** risulta pari a **1.0** e categoria topografica **T1** per tutt'e due i campi fotovoltaici ivi compresa la Sottostazione di Trasformazione Elettrica

- **CATEGORIA di SUOLO di FONDAZIONE**

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi con $V_{s30} > 800$ m/s
B	Ghiaie e sabbie molto addensate o argille molto consistenti con $360 < V_{s30} < 800$ m/s
C	Ghiaie e sabbie mediamente addensate o argille mediamente consistenti con $180 < V_{s30} < 360$ m/s
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con $V_{s30} < 180$ m/s
E	Terreni con sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 metri, posti su substrato con $V_s > 800$ m/s
S1	Terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ /ms
S2	Terreni suscettibili di liquefazione o di argille sensitive

Per caratterizzare la **Categoria dei suoli di Fondazione** è stata eseguita una indagine sismica specifica quale sondaggio sismico a rifrazione del tipo **MASW** per ogni singolo campo fotovoltaico

Campo Fotovoltaico CERIGNOLA NORD 1

**MASW
PRSE-157**

PRSE 157 - 4 - CERIGNOLA NORD 1									
Depth	Spessore	S-velocity	P-velocity	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	
1	0.0	1.1	136.81	274.03	13.35	0.33	2.00	25	68
2	1.1	1.2	157.82	315.75	13.47	0.33	2.00	34	91
3	2.3	1.4	194.35	387.48	13.62	0.33	1.99	52	140
4	3.7	1.6	189.01	378.57	13.71	0.33	2.00	50	133
5	5.3	1.7	212.12	423.50	13.81	0.33	2.00	63	169
6	7.0	1.9	225.30	449.57	13.82	0.33	2.00	72	191
7	8.9	2.1	233.76	466.50	13.82	0.33	2.00	77	205
8	11.0	2.2	238.95	476.51	13.82	0.33	1.99	80	214
9	13.2	2.4	240.24	478.56	13.82	0.33	1.99	81	217
10	15.6	2.6	237.99	473.81	13.82	0.33	1.99	80	212
11	18.1	2.7	233.64	465.16	13.82	0.33	1.99	77	205
12	20.9	2.9	228.20	454.52	13.82	0.33	1.99	73	195
13	23.7	3.0	222.94	444.33	13.82	0.33	1.99	70	187
14	26.8	3.2	233.32	463.90	13.82	0.33	1.99	77	204
15	30.0 -		240.24	478.56	17.60	0.33	1.99	104	276

Vs30 : 217.0 (m/s)

Categoria suolo : **C**

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

Campo Fotovoltaico CERIGNOLA NORD 2

MASW PRSE-157

PRSE 157 - 5 - CERIGNOLA NORD 2									
Depth	Spessore	S-velocity	P-velocity	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed	
[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]	
1	0.0	1.1	129.45	259.38	13.30	0.33	2.00	23	61
2	1.1	1.2	156.40	312.14	13.40	0.33	2.00	33	89
3	2.3	1.4	157.43	316.02	13.52	0.33	2.01	34	91
4	3.7	1.6	189.19	376.32	13.62	0.33	1.99	50	132
5	5.3	1.7	193.12	386.03	13.70	0.33	2.00	52	139
6	7.0	1.9	200.86	402.94	13.76	0.33	2.01	57	151
7	8.9	2.1	216.14	432.21	13.76	0.33	2.00	66	175
8	11.0	2.2	231.88	461.81	13.76	0.33	1.99	75	201
9	13.2	2.4	240.06	476.91	13.76	0.33	1.99	81	215
10	15.6	2.6	240.04	476.49	13.76	0.33	1.99	81	215
11	18.1	2.7	234.41	465.42	13.76	0.33	1.99	77	205
12	20.9	2.9	226.67	450.60	13.76	0.33	1.99	72	192
13	23.7	3.0	219.05	436.11	13.76	0.33	1.99	67	179
14	26.8	3.2	228.04	453.05	13.76	0.33	1.99	73	194
15	30.0 -		240.06	476.91	17.57	0.33	1.99	103	275

Vs30 : 208.6 (m/s)

Categoria suolo : **C**

AREA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

INDAGINE SISMICA IN ARRAY MASW:

MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	111	1.5	0.00 – 1.50
SISMOSTRATO II	260	4.3	1.50 – 5.80
SISMOSTRATO III	604	5.4	5.80 – 11.20
SISMOSTRATO IV	670	Semispazio	Semispazio
Vs₃₀ = 448 m/sec			

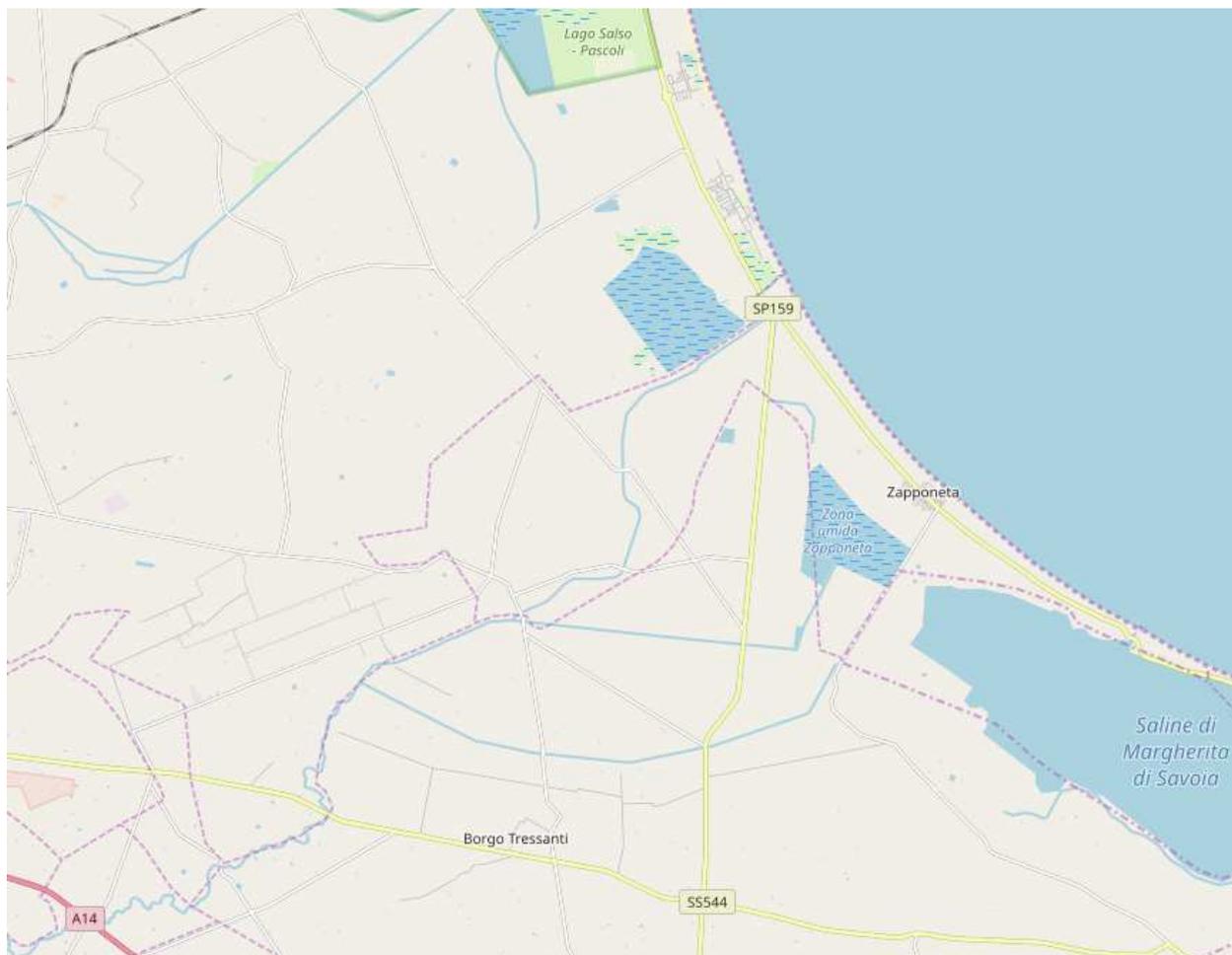
Categoria “**B**” Depositi di ghiaia e sabbia molto addensate o di argille molto consistenti

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l

AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE

Nella presente relazione vengono analizzate le componenti fisiche del territorio che saranno interessate dalle opere in progetto sotto il punto di vista degli aspetti geologici, geomorfologici, idrografici, idrogeologici.

Inquadramento idrografico e idrologico generale



Il reticolo idrografico superficiale del Tavoliere è caratterizzato da numerosi corsi d'acqua a regime torrentizio ad andamento O-E e decorso parallelo che scorrono in valli ampie. I corsi d'acqua della zona di interesse, partendo da Nord il torrente Candelaro, il canale della Contessa, il torrente Cervaro, il torrente Carapelle ed il torrente Carapellotto presentano un deflusso occasionale, infatti le portate hanno un valore significativo in seguito a precipitazioni copiose; sono presenti, in prossimità del mare dove la piana fluviale si raccorda a quella costiera, diversi canali artificiali di bonifica che rendono il deflusso verso il mare più regolare evitando la formazione e l'alimentazione di pantani e bacini imbriferi. La morfologia è pianeggiante debolmente inclinata verso il mare.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l*

Nel 1800 la piana di Manfredonia-Zapponeta-Cerignola fino alla foce dell'Ofanto era caratterizzata da estese paludi, determinate dall'apporto idrico dei torrenti che provengono dal Subappennino Dauno, dal Gargano e delle risorgive. In prossimità della foce questi corsi d'acqua, a causa dell'assenza di pendenza, determinavano estesi allagamenti e in alcuni casi situazioni simili a veri e propri piccoli delta. La bonifica, cominciata a fine '800 e poi soprattutto dagli anni '30 del Novecento in poi ad opera del Consorzio per la Bonifica di Capitanata, ha comportato delle modifiche strutturali di tutte le zone umide di Capitanata. Prima dell'inizio delle opere di regimentazione e bonifica il territorio di Manfredonia era percorso dai tratti terminali dei torrenti Candelaro, Cervaro e Carapelle che si accompagnavano a marane (ossia depressioni, sull'area pianeggiante del Tavoliere dove affiorano sorgenti più o meno perenni) per poi contribuire alla formazione di veri e propri laghi costieri quali il Lago della Contessa, il Pantano Salso, il Lago Verzentino, il Pantano di Siponto.. Gli interventi di bonifica realizzati nel tempo sono stati volti ad interrare, con sedimenti fluviali, le aree paludose circostanti il Lago Salso e a realizzare vasche di colmata con annesse varie opere di canalizzazione, che però andarono perse per mancanza di manutenzione. Verso la metà degli anni '50 del Novecento, in seguito al completamento delle operazioni di bonifica, nacque un'area arginata di circa 541 ettari, che riceve le acque soprattutto dal canale Roncone collegato direttamente al torrente Cervaro, mentre il torrente Candelaro, ad O, la divide dalla palude di Frattarolo, un'area umida decisamente più salmastra e solo periodicamente allagata. Nel 1959 la zona umida fu arginata per creare le attuali tre valli (valle alta, valle di mezzo, Lago Salso) di diversa profondità. Dal gennaio 1993 la zona umida, ora denominata 'Oasi Lago Salso', fa parte del Parco Nazionale del Gargano. Nel territorio in studio il principale elemento idrografico locale è rappresentato principalmente dal **Torrente Carapelle** ed **Torrente Carapellotto** a tali corpi idrici, che costituiscono la rete idrografica principale dell'area oggetto di studio, si associa una rete secondaria costituita da numerosi canali tra cui il **Canale della Contessa** interessa direttamente l'area in studio

OPERE IN PROGETTO E POSSIBILE INTERAZIONE CON IL SISTEMA IDROGEOLOGICO

La realizzazione dei due campi fotovoltaici ivi compresa la SSE, strade di accesso e cavidotto, con i dovuti accorgimenti tecnici che consentiranno di mantenere intatto il sistema drenante della zona e renderanno le opere in progetto perfettamente compatibili con il sistema idrogeologico della zona. Si attesta la **PIENA COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA** delle opere in progetto con il sistema idrogeologico locale e con l'intero bacino idrogeologico.

Per la **modellazione geologica-geotecnica del substrato fondazionale** si è tenuto conto delle indagini in sito eseguite e di altre in zone similari, pertanto si allegano i seguenti modelli geologico-geotecnici.

MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

CONDIZIONE DI STABILITA':	Area stabile	
CARATTERI STRUTTURALI:	Argille siltose gigio-azzurre Argille Subappenniniche (ASP)	
COEFFICIENTE D'INTENSITA' SISMICA	ZONA 2 (Sismicit� 0.150<PGA< 0.250 g) Codice Istat 16071020	
	Pericolosit� sismica del sito d'intervento: 0.125<PGA< 0.150 g)	
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA " C " Depositi di terreni a grana fina poco addensati	
	Vs₍₃₀₎ = 217,0 m/s ;	
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1	
Piano Assetto Idrogeologico (PAI)	Area non vincolata dal punto di vista della pericolosit� geomorfologica	p. 1/1
	Area parzialmente vincolata come Bassa Pericolosit� Idraulica (BP)	

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE GEOTECNICHE**1° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL PRIMO LIVELLO**

LITOLOGIA da 0.00 a 5.30 metri					
Terreno vegetale e/o di colmata					
falda - 2,00 p.c.					
	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y =	16,500	KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat =	16,900	KN/m ³
		Angolo di attrito	φ' =	15,00	�
		Coesione drenata	c' =	3,00	KPa
		Coesione non drenata	C _u =	20,00	KPa
		Coefficiente di Winkler	K =	1,20	Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V =	136,81	m/s
		Coefficiente di Poisson	ν =	0,33	m/s

2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL SECONDO LIVELLO

LITOLOGIA da 5.30 a 10.00 metri					
Sabbie e limi argillosi					
	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y =	18,000	KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat =	18,500	KN/m ³
		Angolo di attrito	φ' =	18,00	�
		Coesione drenata	c' =	5,00	KPa
		Coesione non drenata	C _u =	30,00	KPa
		Coefficiente di Winkler	K =	1,50	Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V =	180,39	m/s
		Coefficiente di Poisson	ν =	0,33	m/s

3° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO

LITOLOGIA da 10.00 a 15.00 metri					
Sabbie argillose giallastre					
	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y =	18,500	KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat =	18,900	KN/m ³
		Angolo di attrito	φ' =	23,00	�
		Coesione drenata	c' =	5,00	KPa
		Coesione non drenata	C _u =	50,00	KPa
		Coefficiente di Winkler	K =	2,50	Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V =	223,7	m/s
		Coefficiente di Poisson	ν =	0,33	m/s

4° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL QUARTO LIVELLO

LITOLOGIA da 15.00 a 30.00 metri					
Sabbie argillose giallastre con livelletti arenacei centimetrici					
	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y =	19,000	KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat =	19,600	KN/m ³
		Angolo di attrito	φ' =	26,00	�
		Coesione drenata	c' =	10,00	KPa
		Coesione non drenata	C _u =	150,00	KPa
		Coefficiente di Winkler	K =	4,00	Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V =	240,0	m/s
		Coefficiente di Poisson	ν =	0,33	m/s

MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

CONDIZIONE DI STABILITA':	Area stabile	
CARATTERI STRUTTURALI:	Argille siltose gigio-azzurre Argille Subappenniniche (ASP)	
COEFFICIENTE D'INTENSITA' SISMICA	ZONA 2 (Sismicit� 0.150<PGA< 0.250 g) Codice Istat 16071020	
	Pericolosit� sismica del sito d'intervento: 0.125<PGA< 0.150 g)	
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA " C " Depositi di terreni a grana fina poco addensati	
	Vs₍₃₀₎ = 208,6 m/s ;	
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1	
Piano Assetto Idrogeologico (PAI)	Area non vincolata dal punto di vista della pericolosit� geomorfologica	p. 1/1
	Area non vincolata dal punto di vista della pericolosit� idraulica	

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE GEOTECNICHE**1° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL PRIMO LIVELLO**

LITOLOGIA da 0.00 a 6.50 metri					
Terreno vegetale e/o di colmata	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	16,500 KN/m ³
falda - 2,00 p.c.		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat	=	16,900 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	15,00 °
		Coesione drenata	c'	=	3,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	20,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	1,20 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	129,45 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33 m/s

2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL SECONDO LIVELLO

LITOLOGIA da 6.50 a 11.00 metri					
Sabbie e limi argillosi	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	18,000 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat	=	18,500 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	18,00 °
		Coesione drenata	c'	=	5,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	30,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	1,50 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	200,86 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33 m/s

3° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO

LITOLOGIA da 10.00 a 19.00 metri					
Sabbie argillose giallastre	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	18,500 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat	=	18,900 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	23,00 °
		Coesione drenata	c'	=	5,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	50,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	2,50 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	231,0 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33 m/s

4° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL QUARTO LIVELLO

LITOLOGIA da 15.00 a 30.00 metri					
Sabbie argillose giallastre con livelletti arenacei centimetrici	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	19,000 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Ysat	=	19,600 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	26,00 °
		Coesione drenata	c'	=	10,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	150,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	4,00 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	240,1 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33 m/s

Sottostazione Elettrica in agro del comune di CERIGNOLA (FG)

MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

CONDIZIONE DI STABILITA':	Area stabile	
CARATTERI STRUTTURALI:	Argille siltose gigio-azzurre Argille Subappenniniche (ASP)	
COEFFICIENTE D'INTENSITA' SISMICA	ZONA 2 (Sismicit� 0.150<PGA< 0.250 g) Codice Istat 16071020	
	Pericolosit� sismica del sito d'intervento: 0.125<PGA< 0.150 g)	
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA " B " Depositi di terreni a grana medio-fina addensati	
	Vs₍₃₀₎ = 448,6 m/s ;	
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1	
Piano Assetto Idrogeologico (PAI)	Area non vincolata dal punto di vista della pericolosit� geomorfologica	p. 1/1
	Area non vincolata dal punto di vista della pericolosit� idraulica	

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE GEOTECNICHE

1° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL PRIMO LIVELLO

LITOLOGIA da 0.00 a 1.50 metri					
Terreno vegetale e/o di alterazione superficiale	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	17,000 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Y _{sat}	=	17,500 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	16,00 °
		Coesione drenata	c'	=	5,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	25,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	1,20 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	111,00 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33

2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL SECONDO LIVELLO

LITOLOGIA da 1.50 a 5,50 metri					
Sabbie argillose con fenomeni di alterazione superficiali falda a -2,20	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	1,750 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Y _{sat}	=	1,810 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	23,00 °
		Coesione drenata	c'	=	5,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	60,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	1,80 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	260,00 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,34

3° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO

LITOLOGIA da 5,50 a 15.00 metri					
Sabbie argillose di colore giallastro	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	18,500 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Y _{sat}	=	18,900 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	24,00 °
		Coesione drenata	c'	=	10,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	80,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	3,20 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	350,0 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33

4° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL QUARTO LIVELLO

LITOLOGIA da 5.00 a 20.00 metri					
Sabbie argillose giallastre con livelletti arenacei centimetrici	CARATT. GEOTECNICHE	Peso dell'unit� di volume	Y	=	19,000 KN/m ³
		Peso dell'unit� di volume Saturo	Y _{sat}	=	19,800 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ'	=	27,00 °
		Coesione drenata	c'	=	5,00 KPa
		Coesione non drenata	C _u	=	150,00 KPa
		Coefficiente di Winkler	K	=	5,00 Kg/cm ³
		Velocit� onde S	V	=	600,0 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν	=	0,33

CONCLUSIONI

Da quanto innanzi esposto si possono trarre le seguenti considerazioni e le verifiche ai singoli aspetti esaminati.

MORFOLOGIA e RISCHIO IDROGEOLOGICO

Non si rilevano fenomeni suscettibili di modificare in tempi brevi la situazione attuale, l'area in studio, ricade in zona stabile; non esistono movimenti franosi in atto e/o potenziali.

Sotto il **profilo litologico**, la zona non appare interessata da anomalie che possano interrompere il quadro statico globale, da tenere in debita considerazione che, trattasi comunque di sedimenti molto giovani, quindi compressibili con falda freatica superficiale a -2.0 metri p.c.

Per quanto riguarda le prescrizioni relativi ai terreni di fondazione si fa esplicito riferimento alle “Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno” e dalle disposizioni vigenti, in particolare dal D.M. 11.3.1988 ed eventuali sue successive modifiche e integrazioni. **e D.M. 17/01/2018.**

In relazione agli aspetti geomorfologici relativi a possibili dissesti superficiali e profondi, non si evidenziano situazioni che possano modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi ed è possibile affermare che l'area si presenta **globalmente stabile**;

- che le opere di che trattasi **non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo**
- Dal punto di vista idrogeologico non sussistono fenomeni e processi morfoevolutivi di tipo erosivo in atto né potenziali.
- Le opere previste in progetto, non interferiscono in modo sostanziale con il regime delle acque superficiali, di infiltrazione o di falda, e quindi non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo;
- Tutti i lavori di cui sopra, dovranno svolgersi nel rispetto delle indicazioni della presente relazione, ed in tale ottica si esprime parere favorevole alla fattibilità degli interventi progettati, attestando la coerenza e compatibilità geologica, idrogeomorfologica, geotecnica e sismica.

CAVIDOTTO

Il tracciato in progetto impegna terreni che presentano problematiche diverse dal punto di vista geologico. Esso si sviluppa in terreni dove la falda è per lo più assente nei primi metri di profondità, però, durante le operazioni di scavo per la posa in opera dei cavi elettrici, gli addetti ai lavori dovranno procedere sempre con cautela in quanto trattasi di terreni incoerenti che potrebbero dar luogo a smottamenti e rifluimenti e mettere in pericolo l'incolumità degli stessi.

La posa in opera dei cavi sarà effettuata sul fondo dello scavo, spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare cavi e rivestimenti.

Per il **letto di posa del primo rinterro** si dovrà utilizzare materiale diverso da quello proveniente dallo scavo. Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temono assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti quali impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole.

Relazione geologica, idrogeomorfologica e sismica relativa *all'Autorizzazione Unica ai sensi del DLGS del 29/12/2003n. 387 relativa alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto di produzione di Energia Elettrica da fonte Fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse della potenza elettrica di 140,66 MW sito nel comune di Cerignola (FG) – Società Proponente EN.IT s.r.l*

Il **rinterro parziale** verrà effettuato con materiale proveniente dagli scavi previa accurata selezione o diversamente da cave di prestito con opportuna pezzatura al fine di non danneggiare sia i cavi che gli eventuali rivestimenti.

Il materiale di riempimento dovrà essere disposto nella trincea in modo uniforme, in strati di spessore opportuno, accuratamente costipato sotto e lateralmente al tubo, per ottenere un buon appoggio esente da vuoti e per impedire i cedimenti e gli spostamenti laterali.

Il **rinterro definitivo** avverrà impiegando materiali idonei disposti per strati successivi, spianati e accuratamente compattati dopo aver eliminato le pietre di maggiori dimensioni.

A rinterro ultimato si avrà cura di effettuare gli opportuni ricarichi laddove si dovessero manifestare assestamenti.

La **conducibilità elettrica** di questi terreni nei loro primi metri di spessore è dell'ordine di circa 150-200 Ω m.

SOTTOSTAZIONE MT/AT

FONDAZIONI

Le fondazioni saranno del tipo platea armata, ubicate ad una profondità di m 1,00-1.50

Nella fase di **Studio Geologico esecutivo** si eseguiranno dettagliate indagini geologiche, con la esecuzione di sondaggi meccanici spinti fino a 20 metri, con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio e la posa in opera di appropriati piezometri per tenere sotto controllo le oscillazioni della falda freatica.

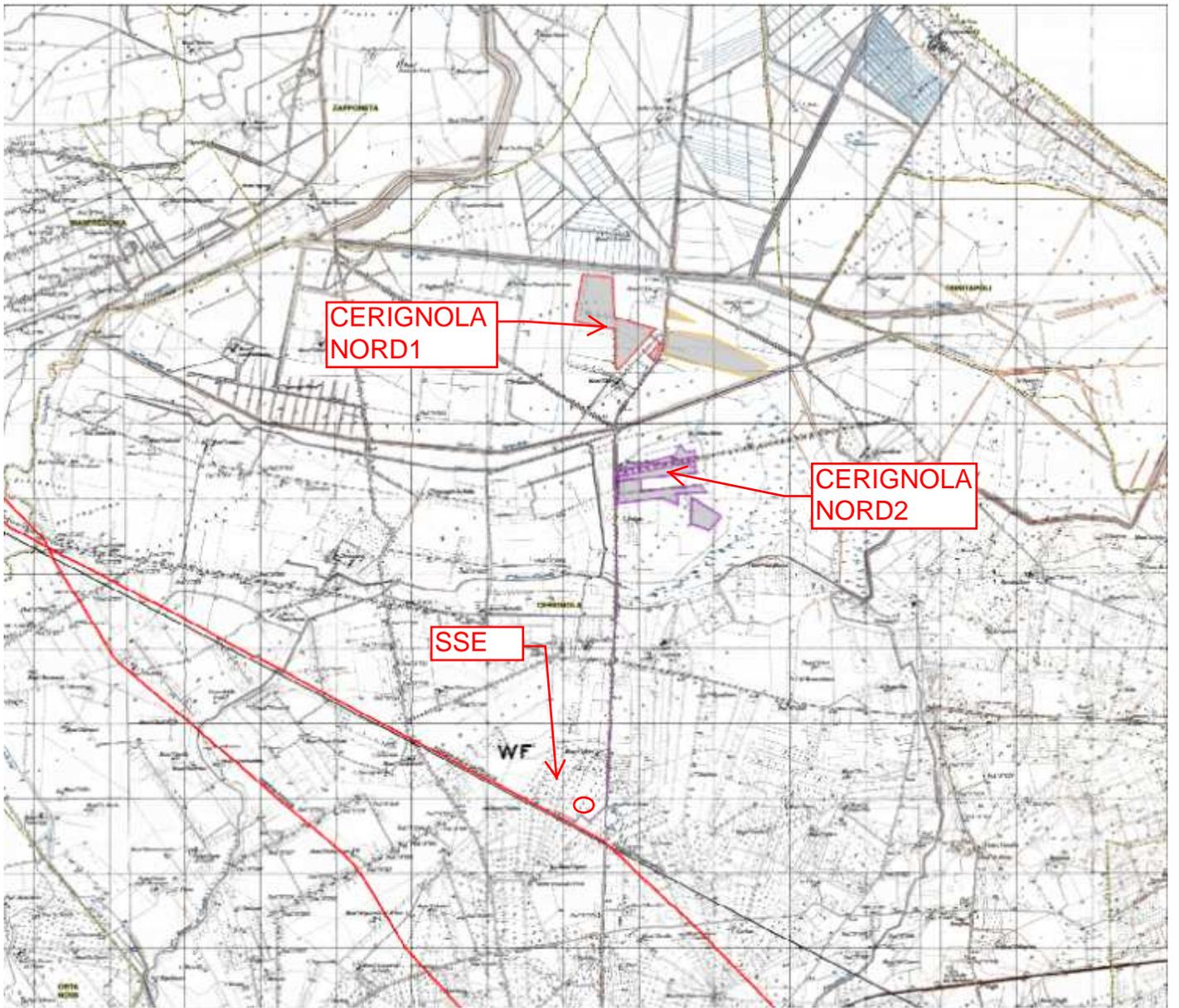
Si può pertanto concludere che non esistono **preclusioni di ordine geologico-tecnico-idrogeologico e sismico** alla realizzazione dei due impianti fotovoltaici ed opere connesse, ivi compresi cavidotto e Sottostazione Elettrica .

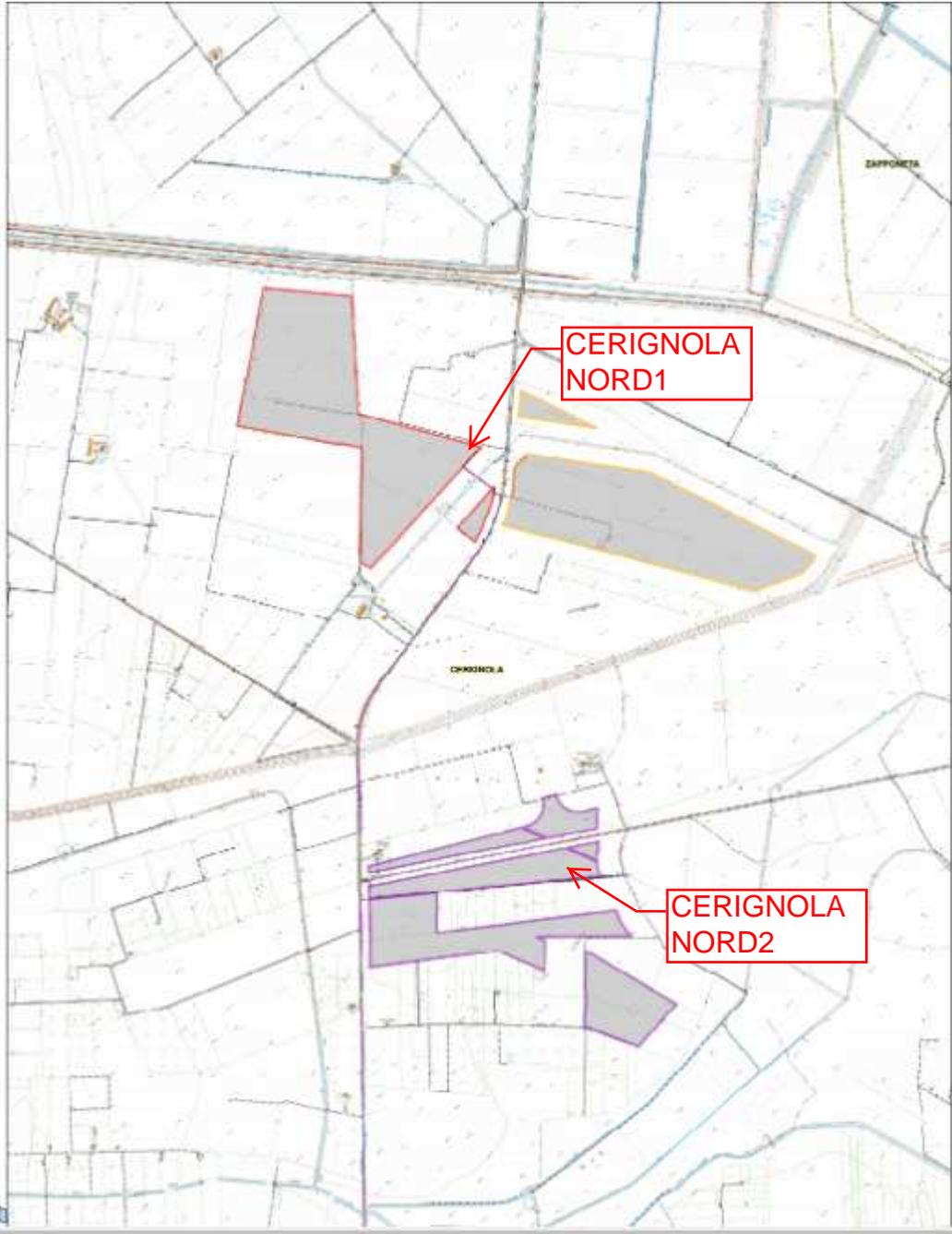
Tanto dovevasi per l'espletamento dell'incarico ricevuto

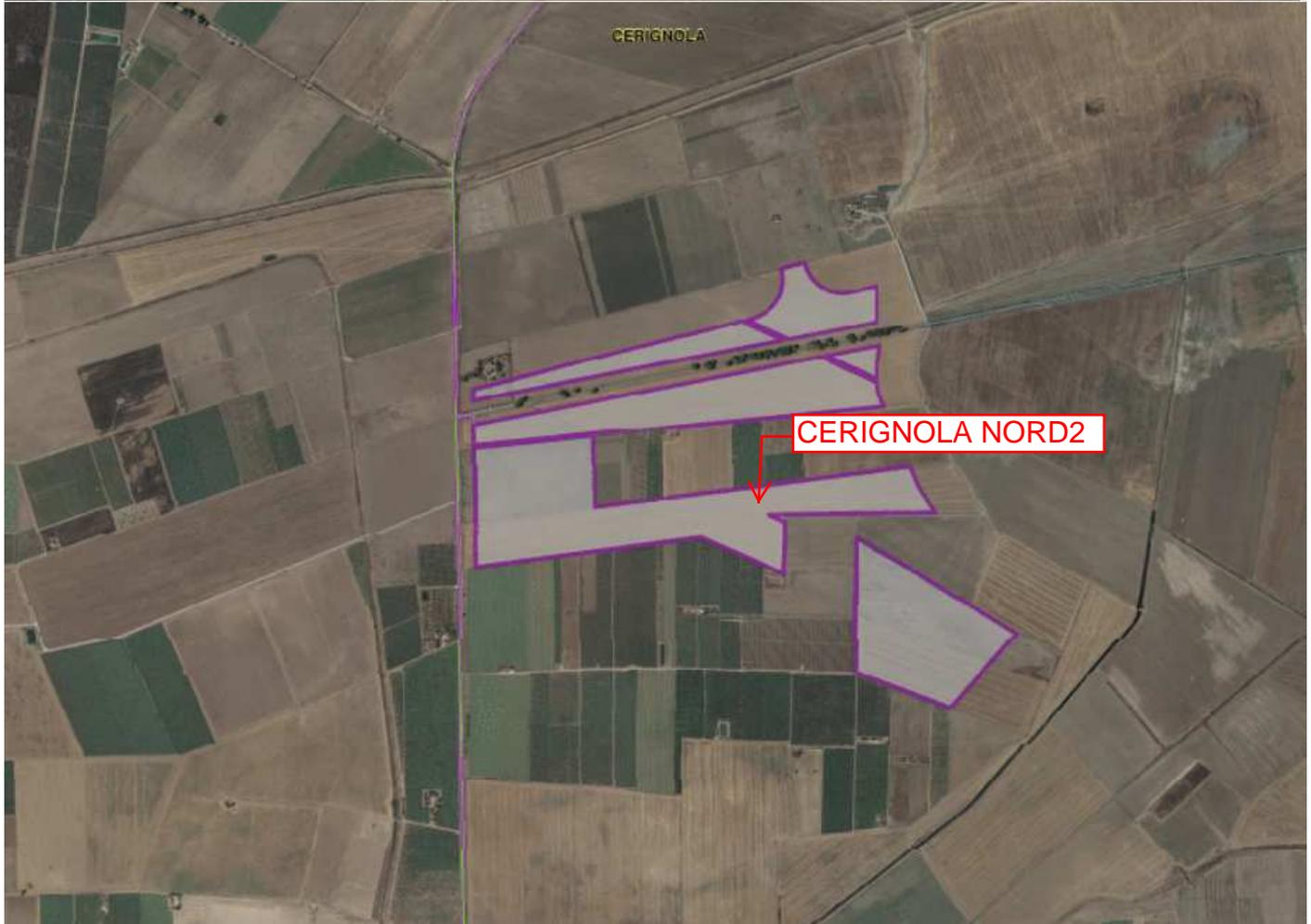
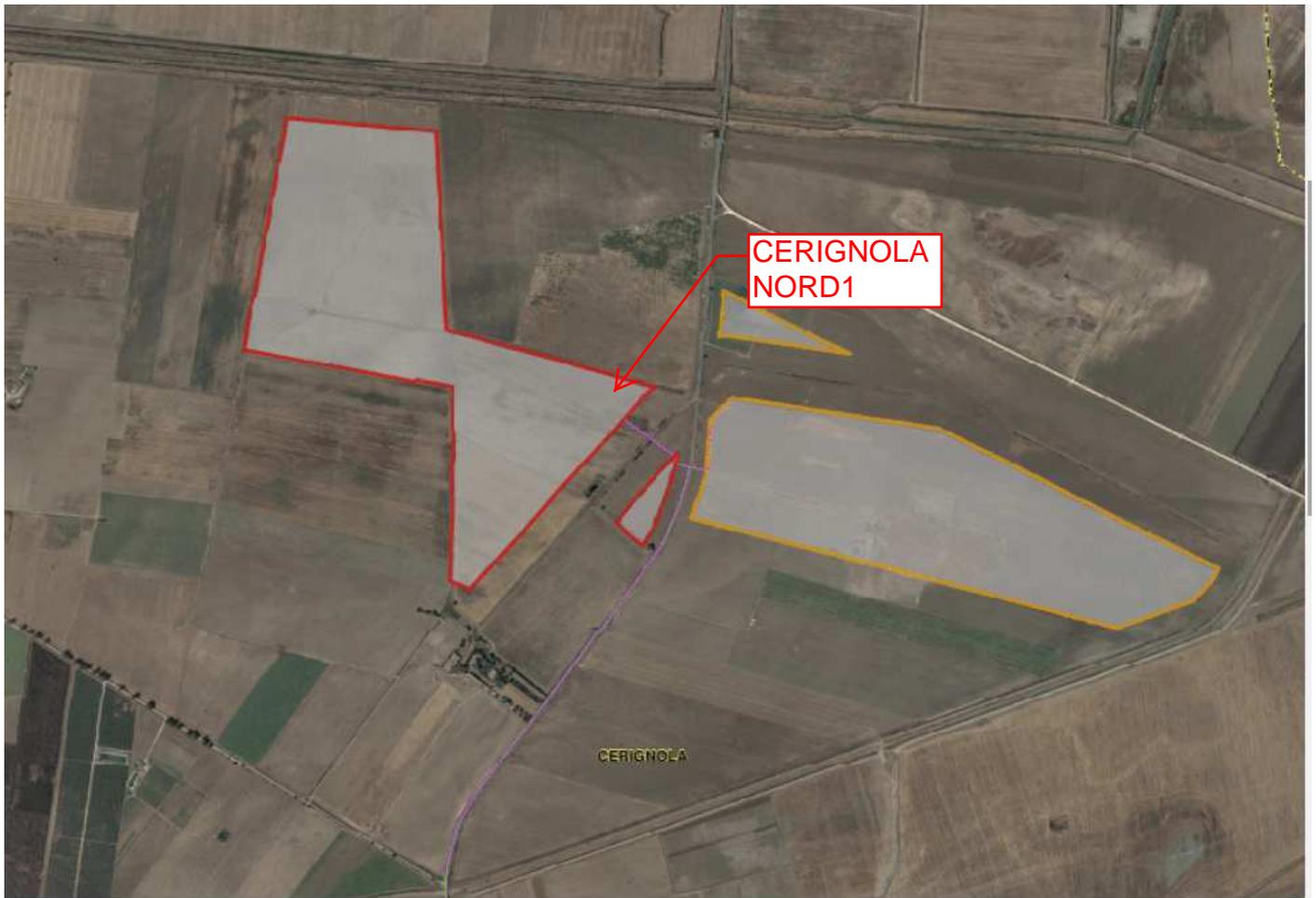
Lucera luglio 2019

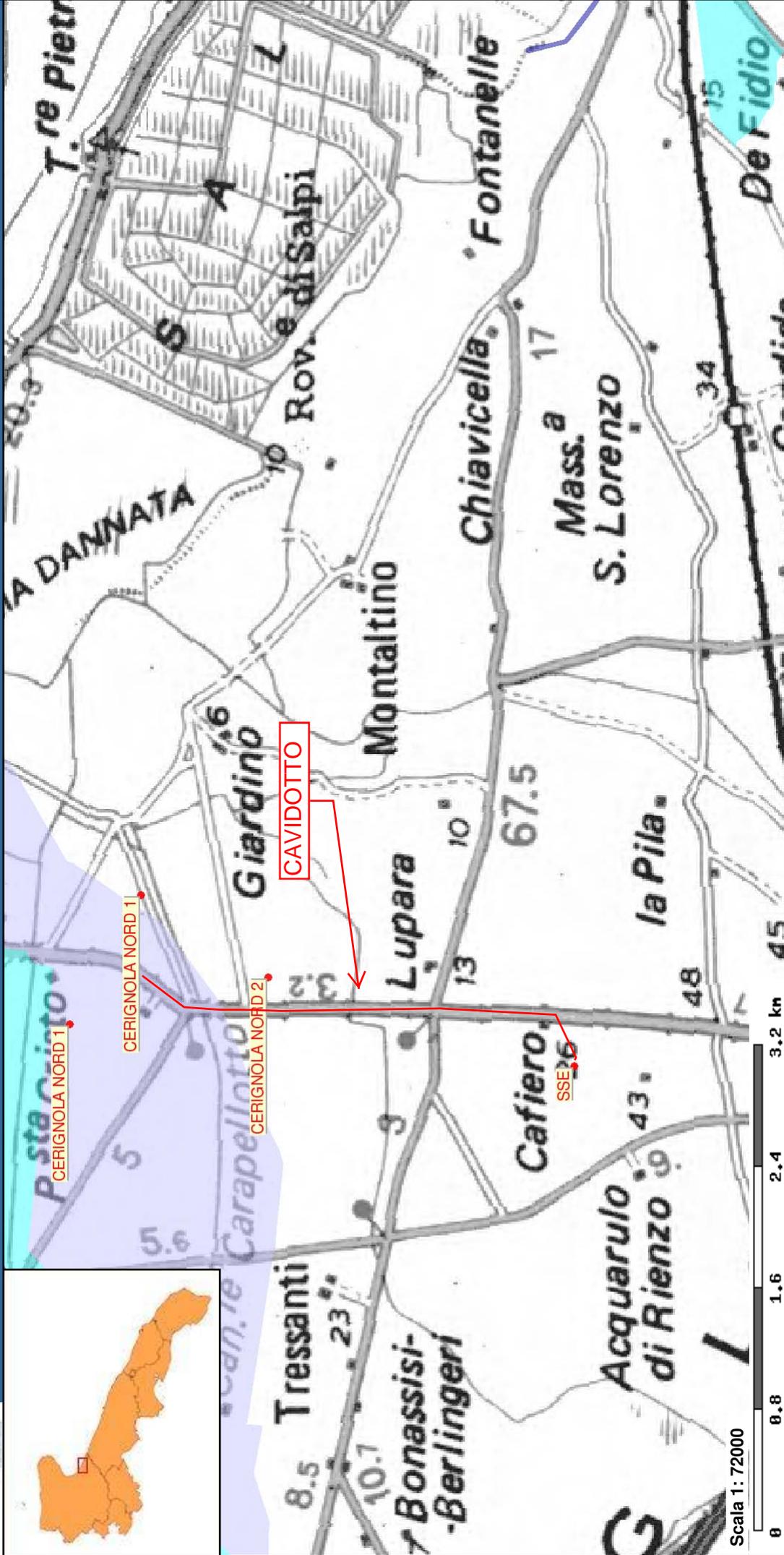
Il geologo
dott. Matteo Di Carlo









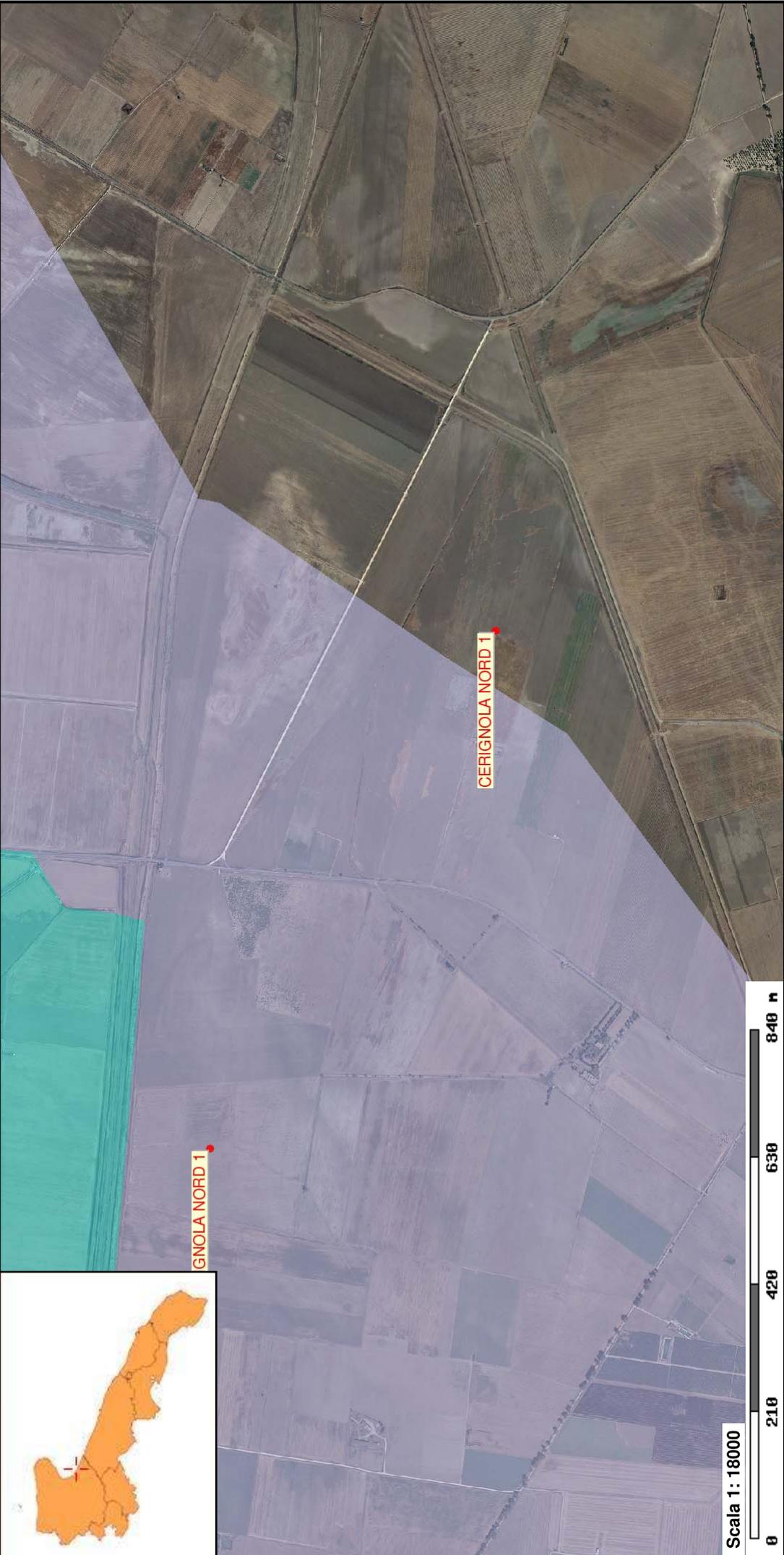


Pericolosità e Rischio

- Peric. Geomorf.**
- media e moderata (PG1)
- Peric. Idraulica**
- bassa (BP)

- elevata (PG2)
- media (MP)

- elevata (PG3)
- alta (AP)



Scala 1: 18000



Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

 media e moderata (PG1)

 elevata (PG2)

 elevata (PG3)

Peric. Idraulica

 bassa (BP)

 media (MP)

 alta (AP)



Scala 1:18000



Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

 media e moderata (PG1)

 elevata (PG2)

 elevata (PG3)

Peric. Idraulica

 bassa (BP)

 media (MP)

 alta (AP)



Scala 1: 18000



Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

 media e moderata (PG1)

 elevata (PG2)

 elevata (PG3)

Peric. Idraulica

 bassa (BP)

 media (MP)

 alta (AP)

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI CERIGNOLA

provincia FOGGIA

OGGETTO: Indagini Geognostiche in Sito

COMMESSA n°
PRSE -157

LOCALITA' : Cerignola Nord 1 - (FG)

CANTIERE : Impianto Fotovoltaico EN.IT SRL



GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- via Montesanto n°64
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- Cod. Fisc. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

c/o SANPAOLO Banco di Napoli Via Gramsci 13
Lucera (FG)

IBAN : IT84 N010 1078 440100000001528



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2008

COMMITTENTE :

Dott. Di Carlo Matteo

CONTIENE:

- Relazione TOMOGRAFIA SISMICA
- Relazione MASW

CODICE
COMMESSA

PRSE 157

DATA
INIZIO

03/05/2019

DATA
EMISSIONE

14/05/2019

RQ

Ing.Luigi Di Carlo

TOMOGRAFIA

DRSE-157

OGGETTO: Dott. Di Carlo Matteo - Campo Fotovoltaico - EN.IT srl

03-05-2019



TOMOGRAFIA PRSE-157

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

TOMOGRAFIA

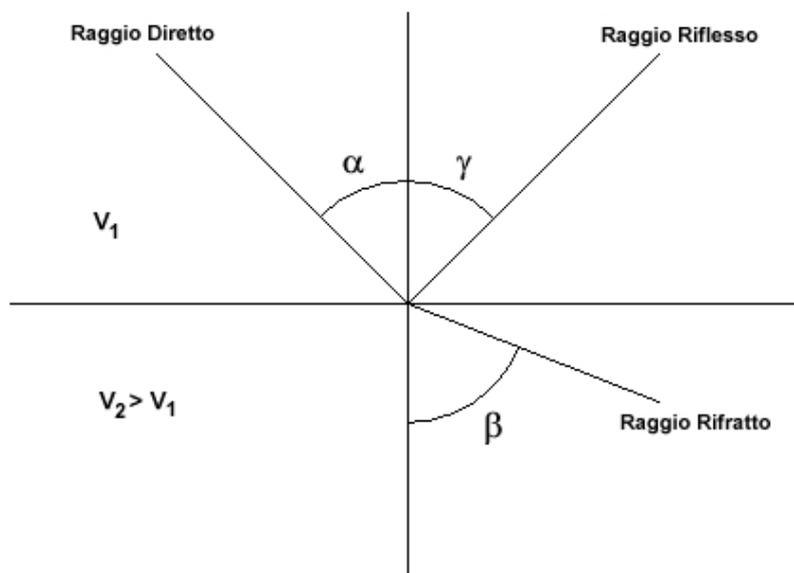
DRSE-157

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE-157

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records), la variazione Tempo/Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA

DRSE-157

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (x_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{down-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{up-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE-157

Dove:

V2 = velocità approssimata dello strato sottostante

V2(up-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

V2(down-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta ti2 del secondo segmento di linea o la distanza critica Xc2 determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h2.

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA

DRSE-157

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall' onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

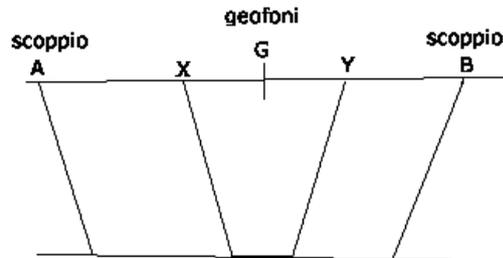
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE-157



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

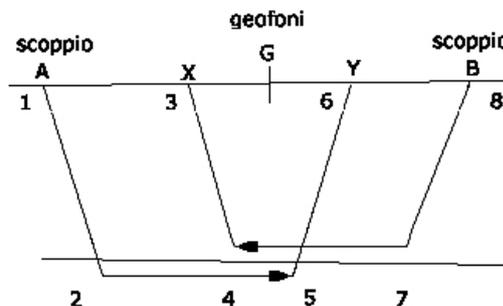
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA

DRSE-157

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un' opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un' onda elastica diretta e da una rifratta. L' onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell' indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE-157

Id indagine PRSE157
LOCALITA' CERIGNOLA NORD 1 - FOGGIA
DATA 03/05/2019

Distanza tra i geofoni 2.5 metri battuta 3m.
Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 576328;4585840
Geofono 12: 576303-4585848
Geofono 24: 576277-4585854

Onde P-Acquisizione dei dati

Distanza tra i geofoni : 2.5 m

Estensione della prova: 60 m

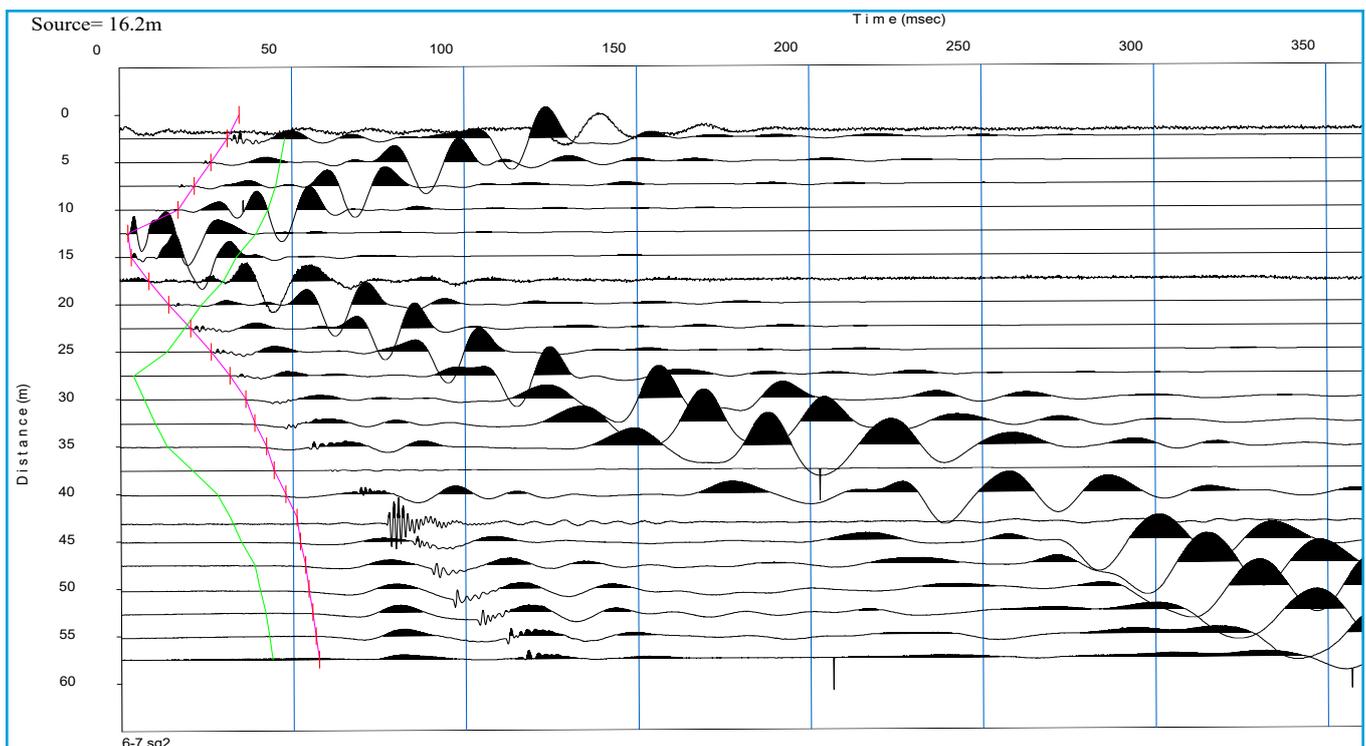
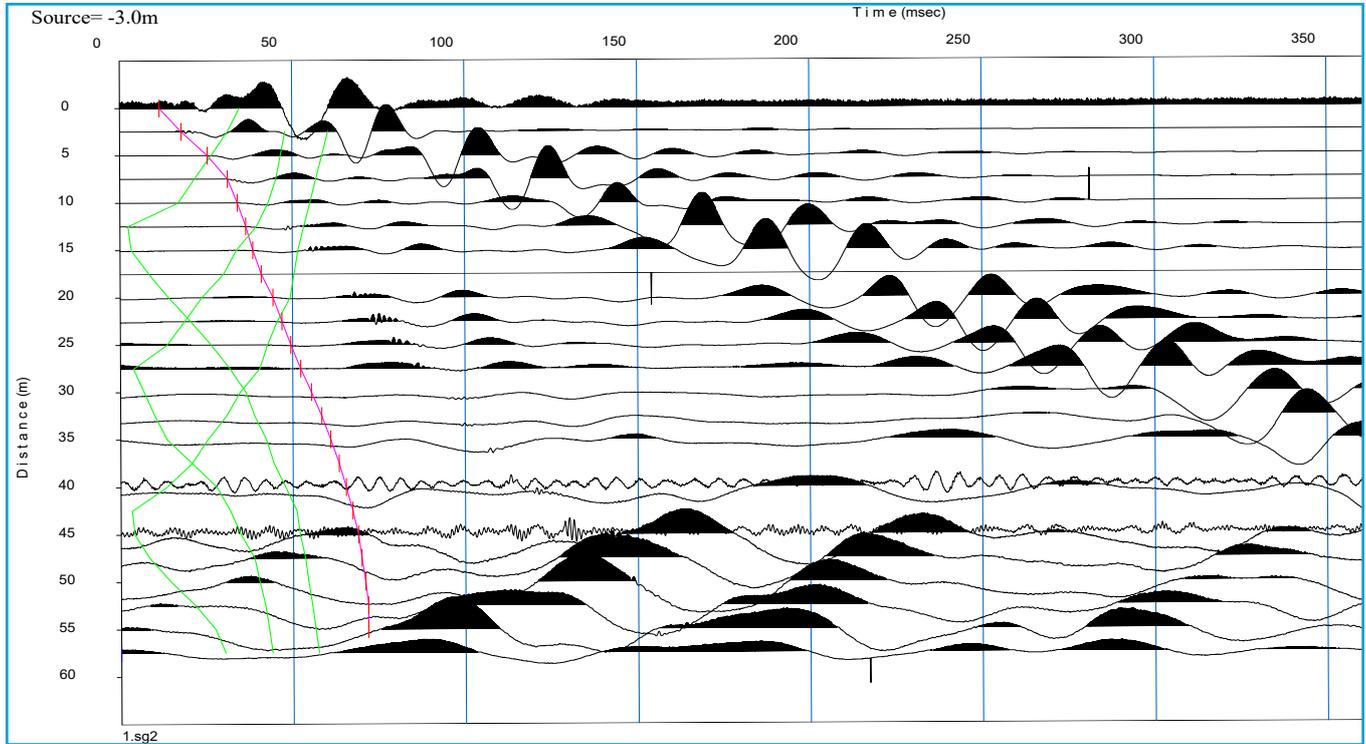
Posizione dello scoppio:

Scoppio 1: -3.00 m;
Scoppio 2: 16.20 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 46.20 m;
Scoppio 5: 62.00 m;

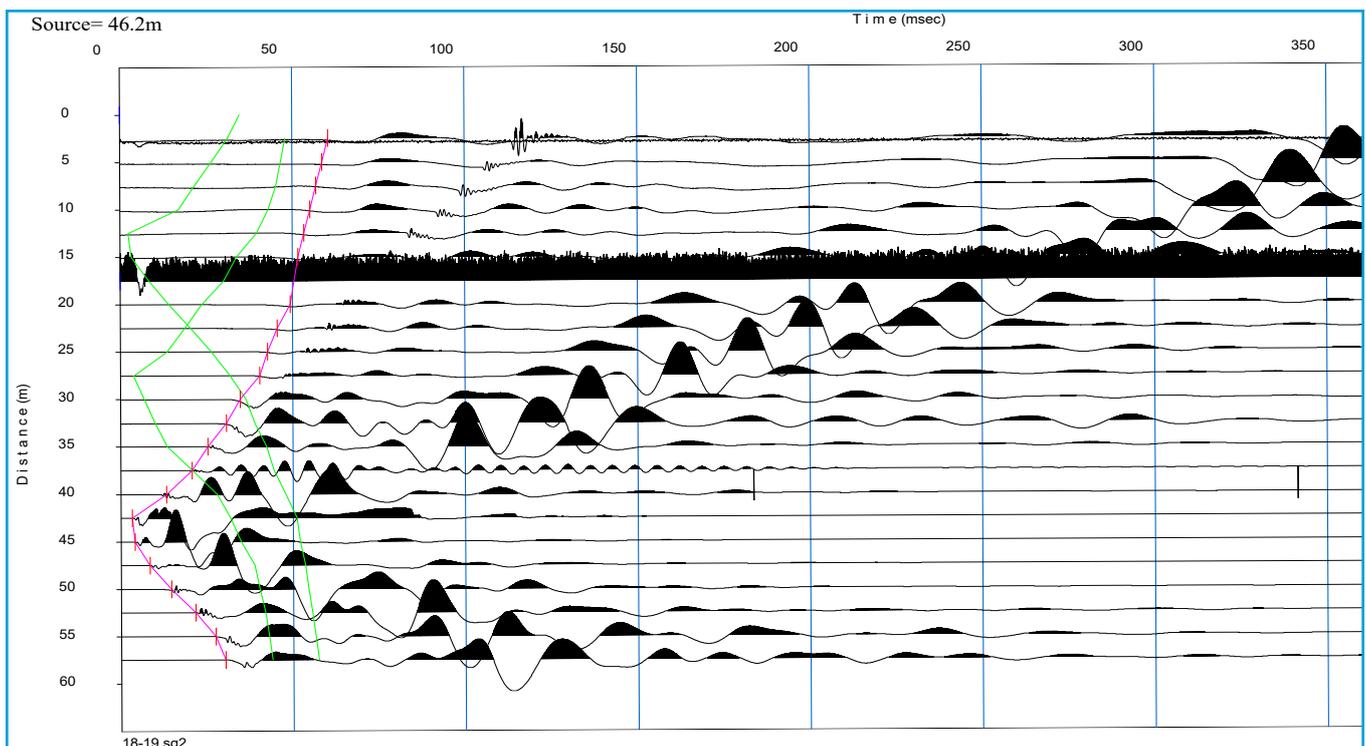
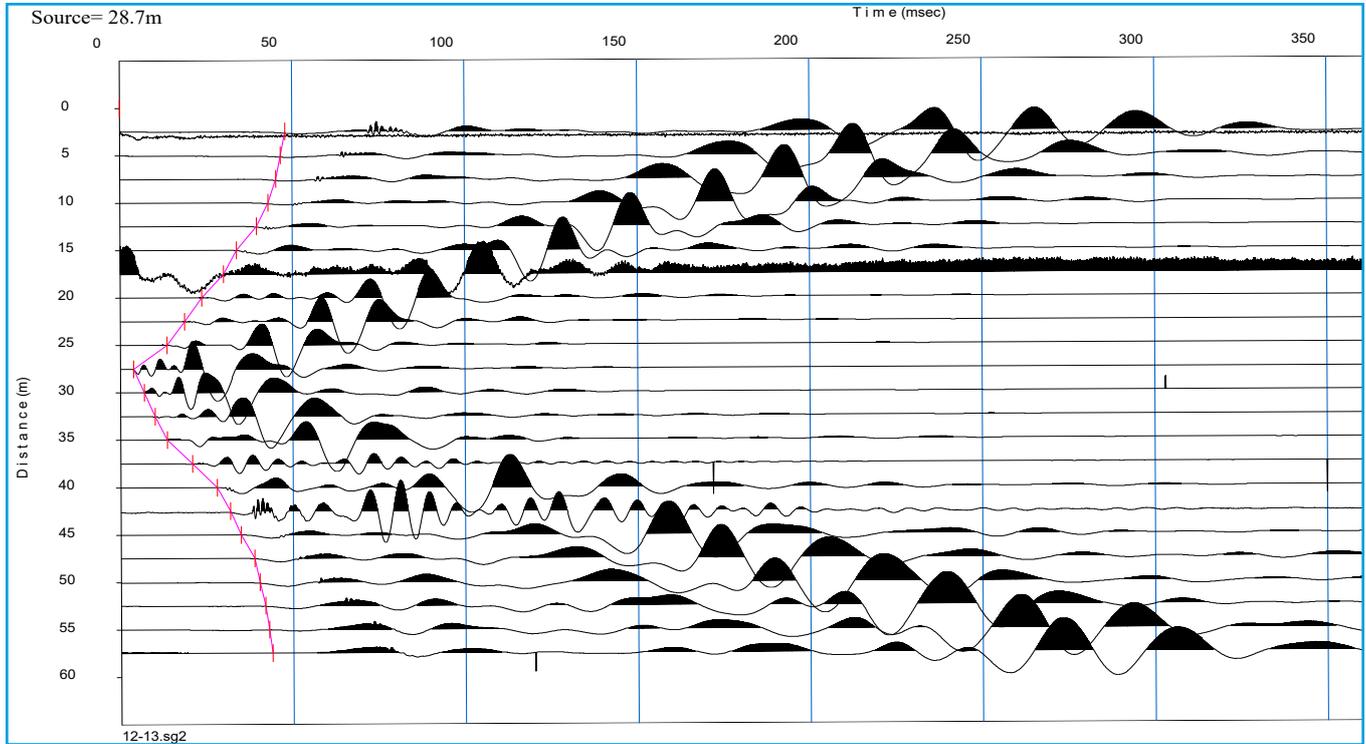


TOMOGRAFIA

DRSE-157

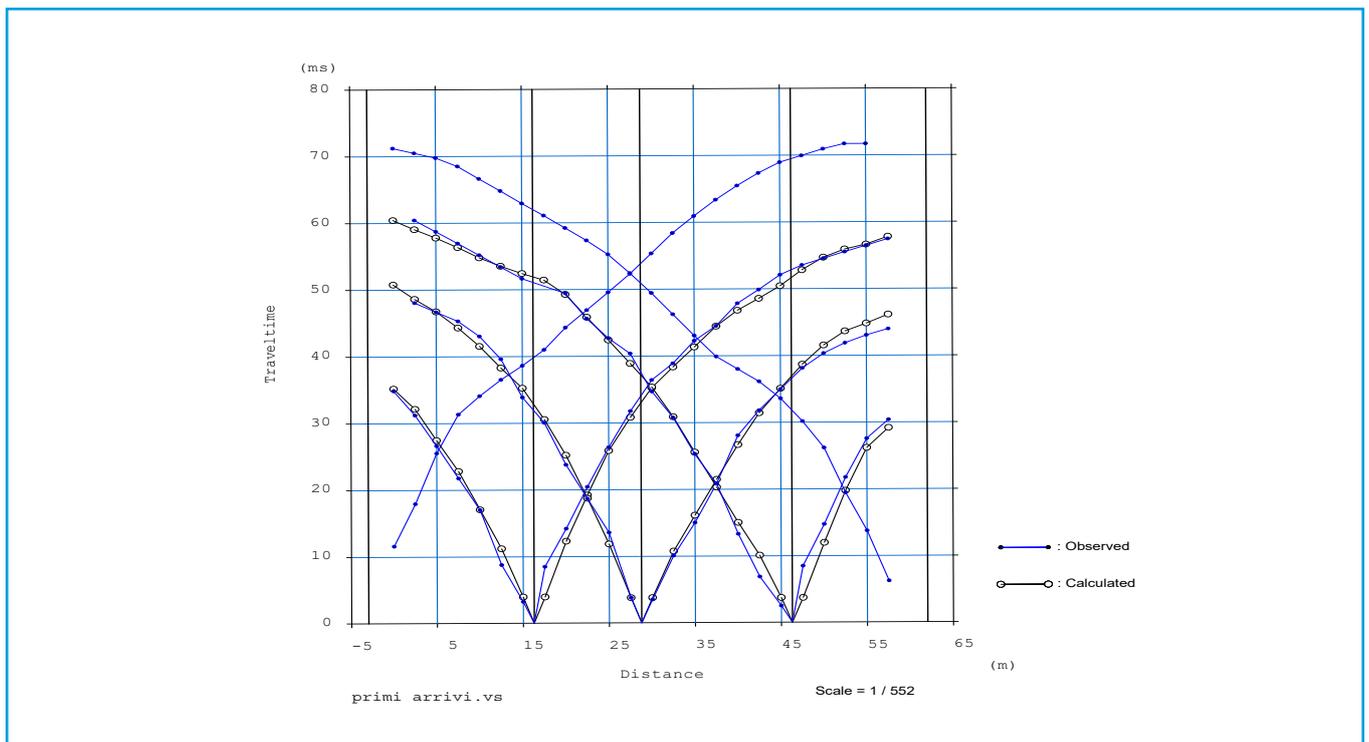
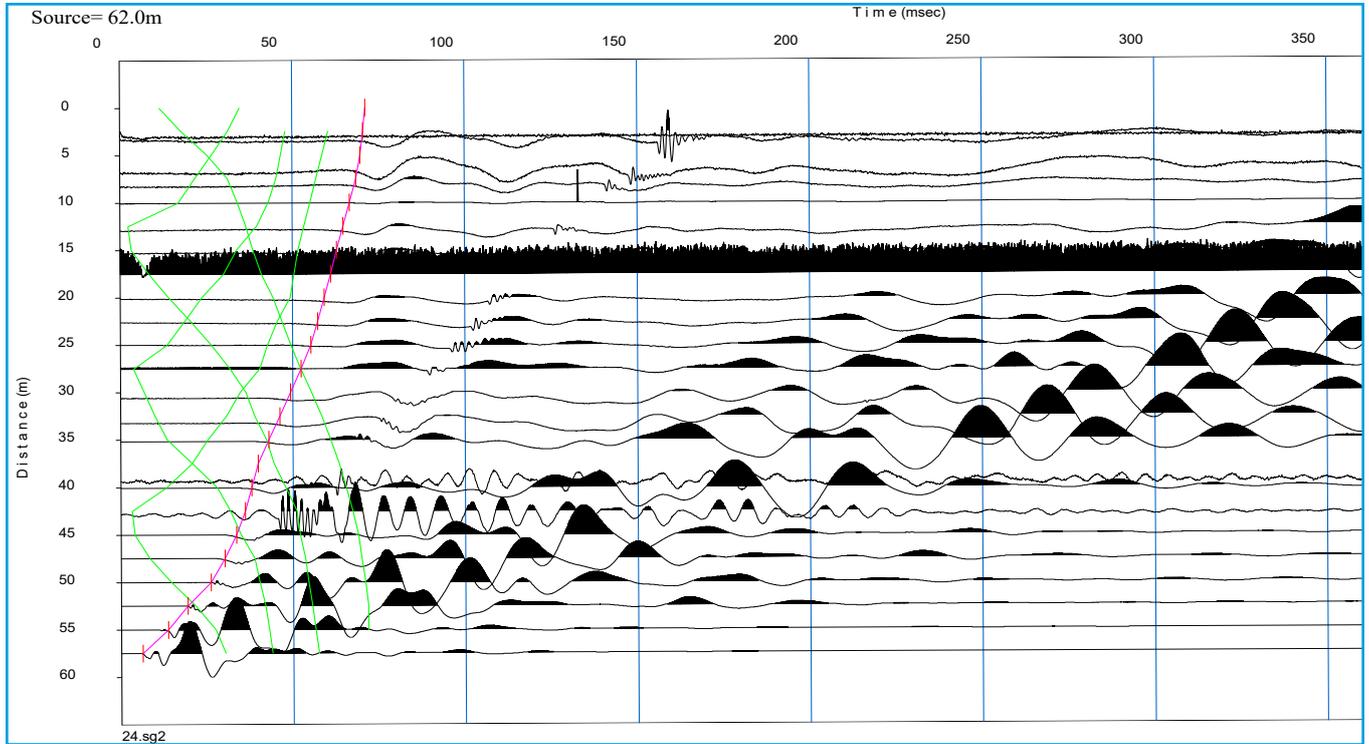


TOMOGRAFIA DRSE-157

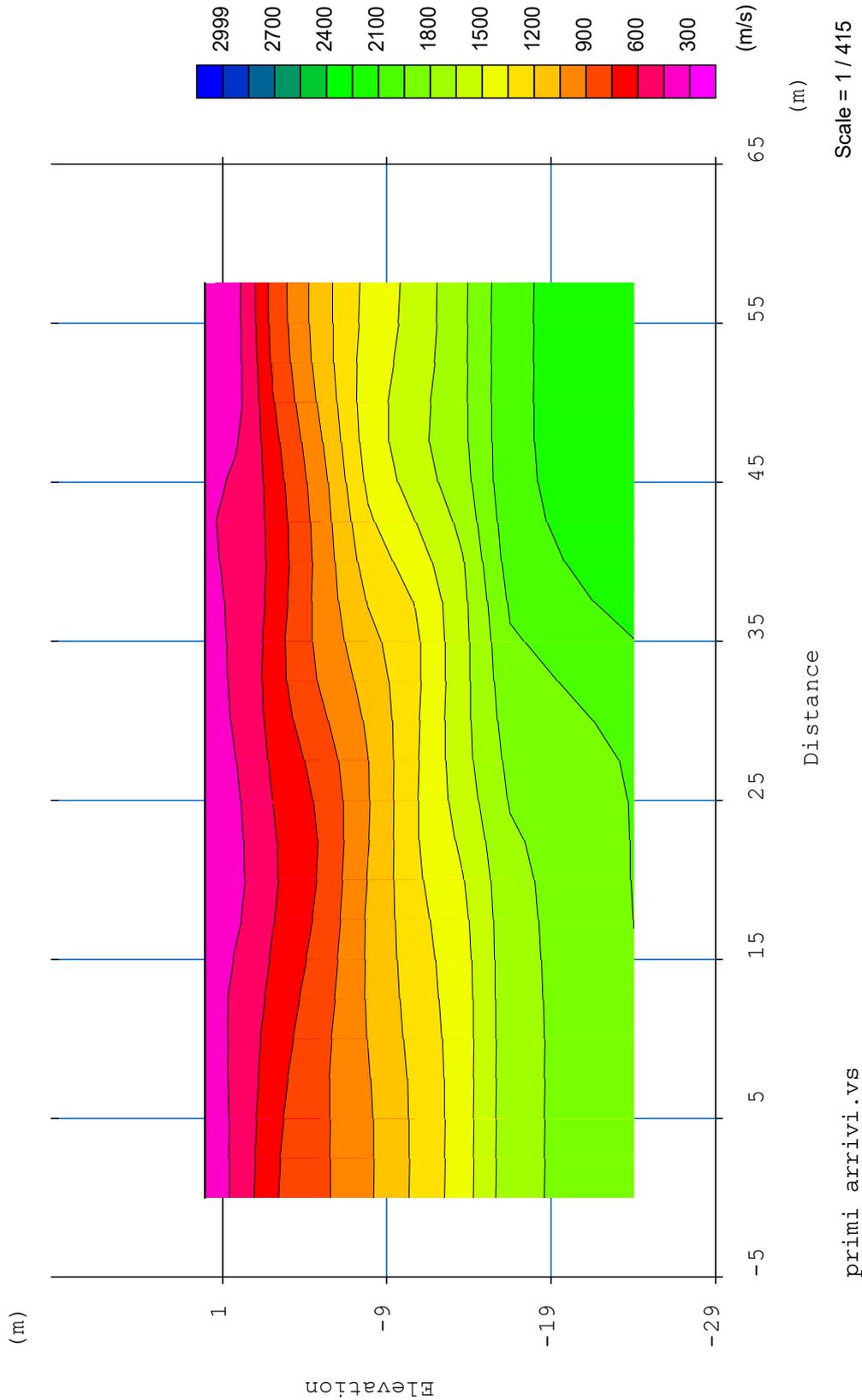


TOMOGRAFIA

DRSE-157

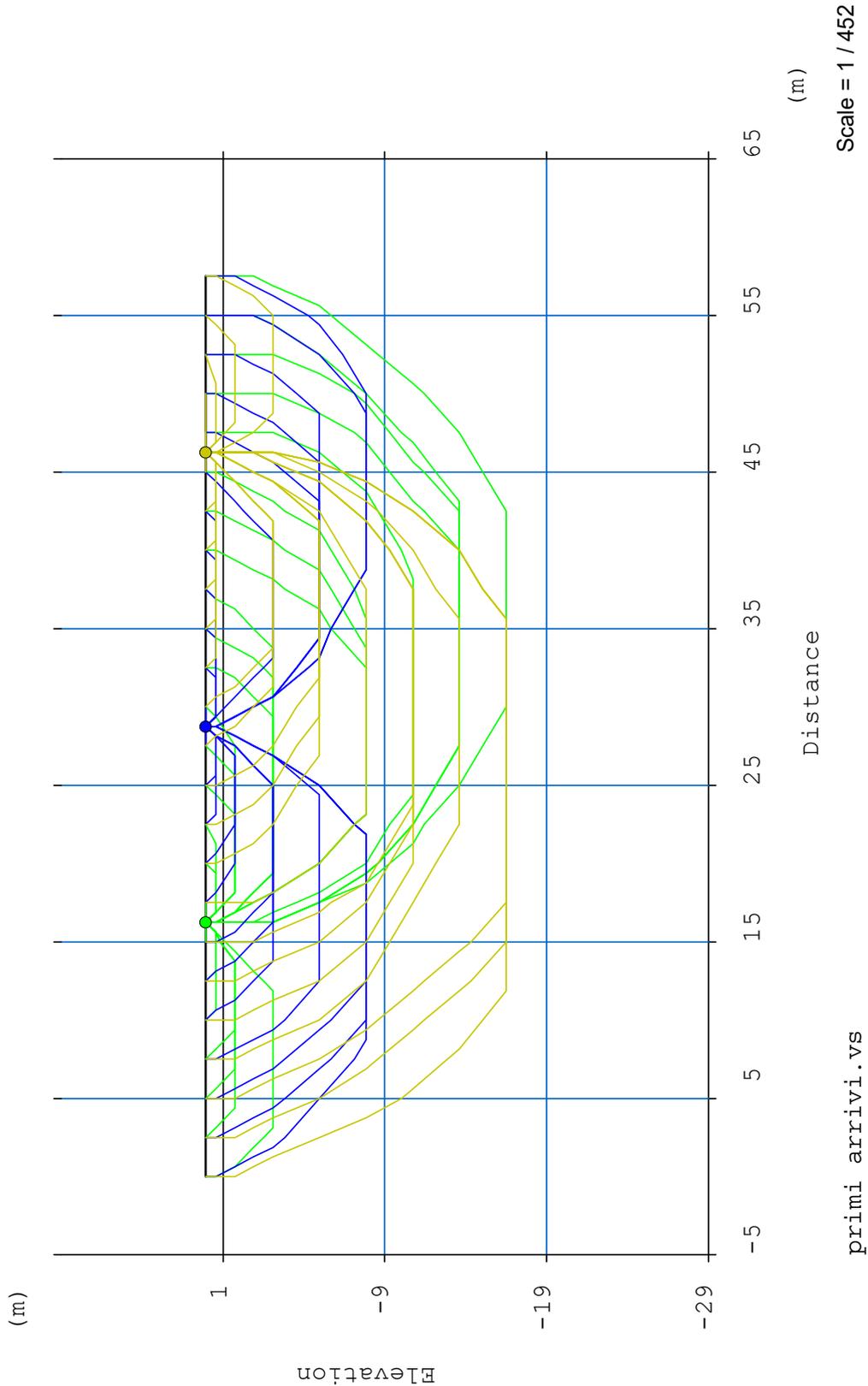


TOMOGRAFIA PRSE-157

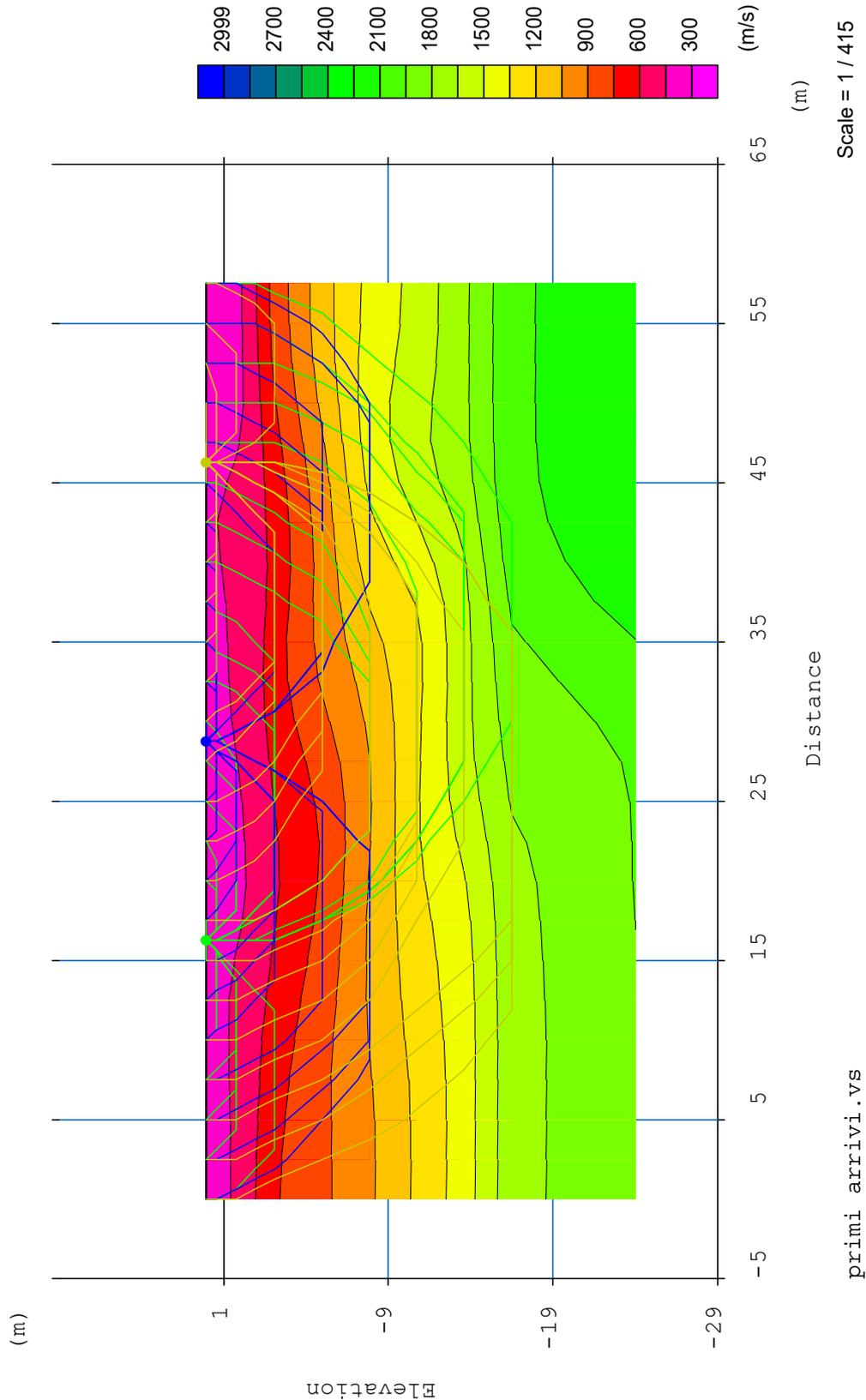


TOMOGRAFIA

DRSE-157

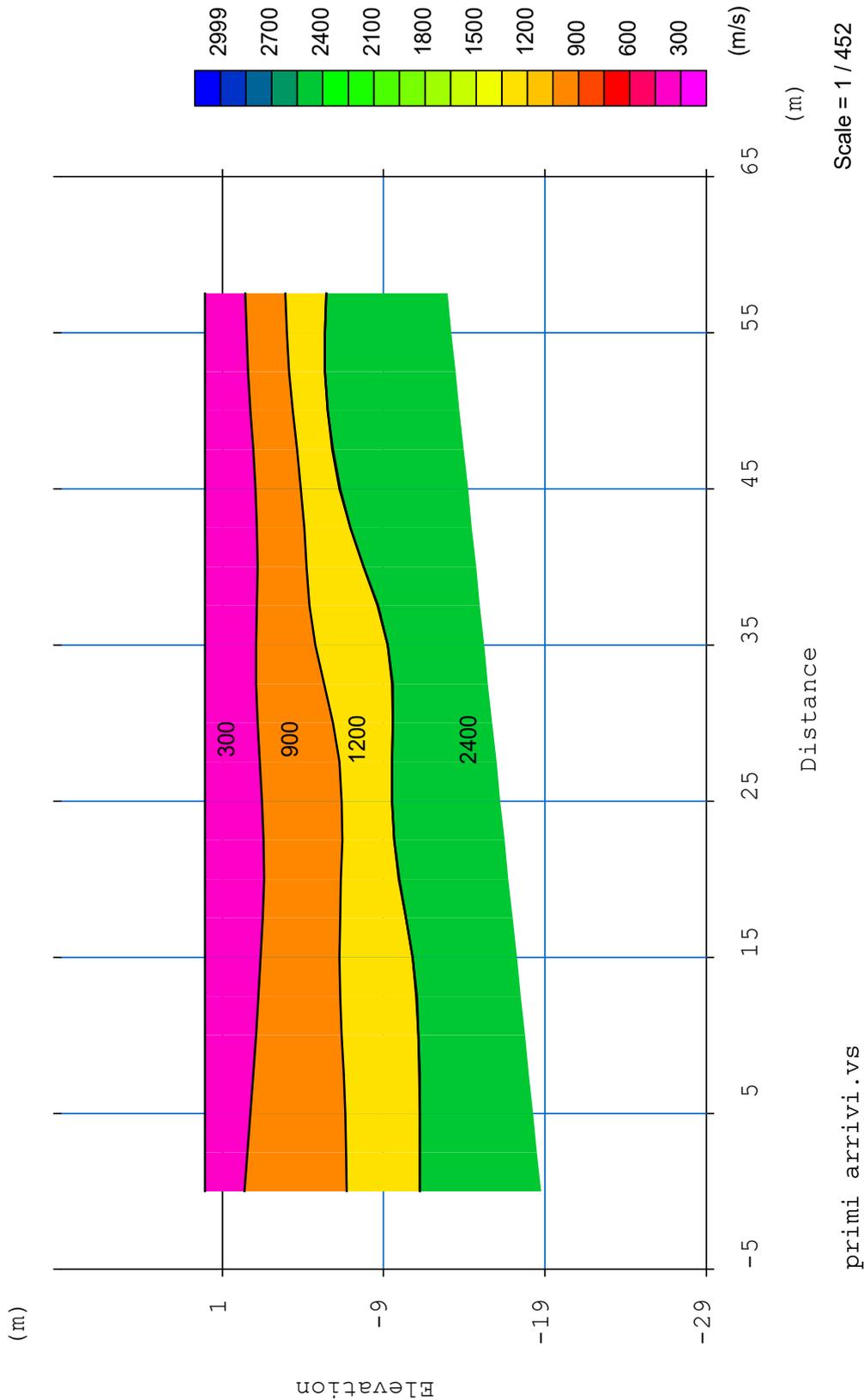


TOMOGRAFIA PRSE-157



TOMOGRAFIA

DRSE-157



TOMOGRAFIA PRSE-157



**MASW
PRSE-157**

**OGGETTO: Dott. Di Carlo Matteo - Campo Fotovoltaico - EN.IT srl
03-05-2019**



MASW DRSE-157

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva

MASW PRSE-157

di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	PRSE157
LOCALITA'	CERIGNOLA NORD 1 - FOGGIA
DATA	03/05/2019

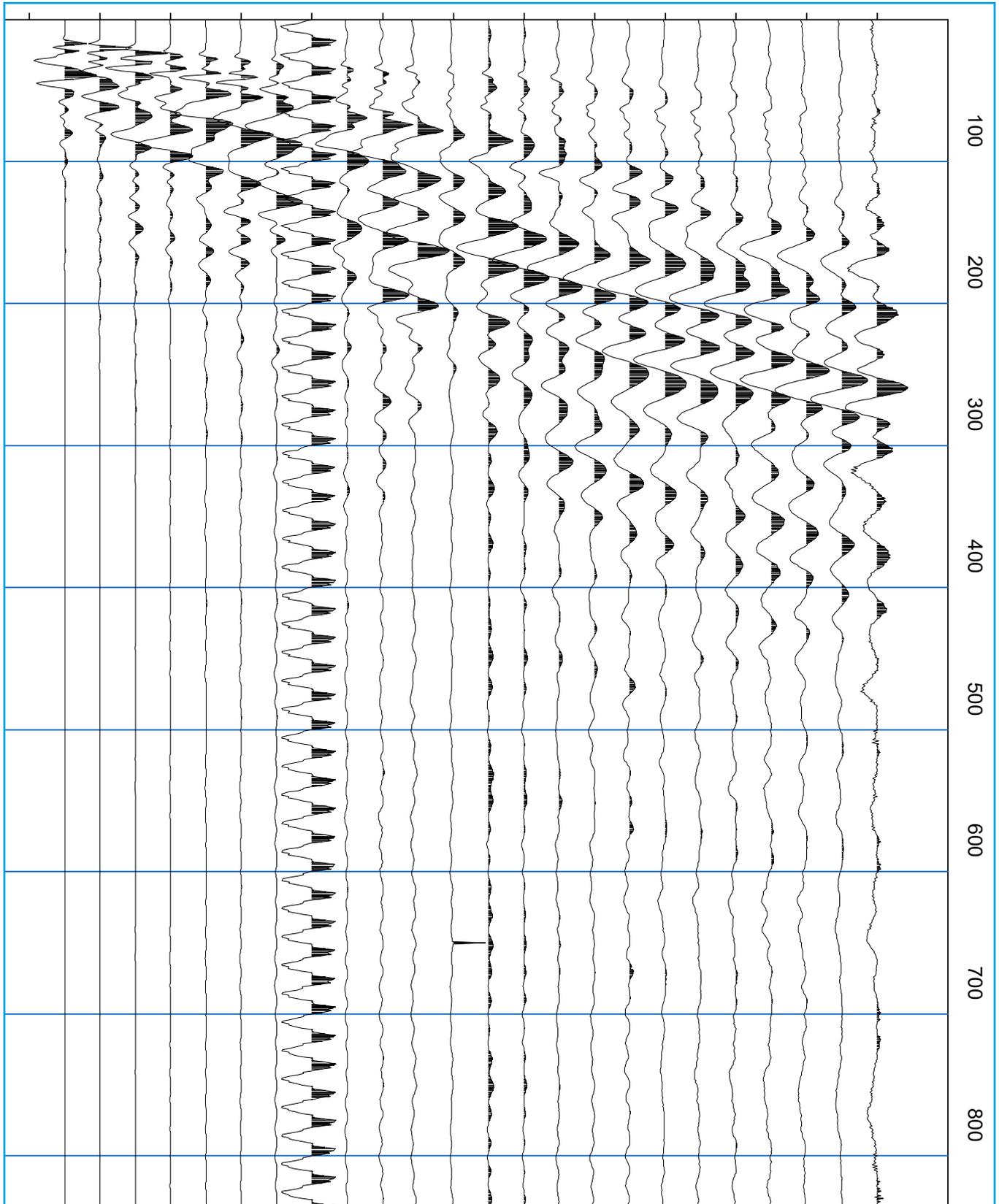
Distanza tra i geofoni 2.5 metri battuta 3m.

Coordinate WGS 84 :

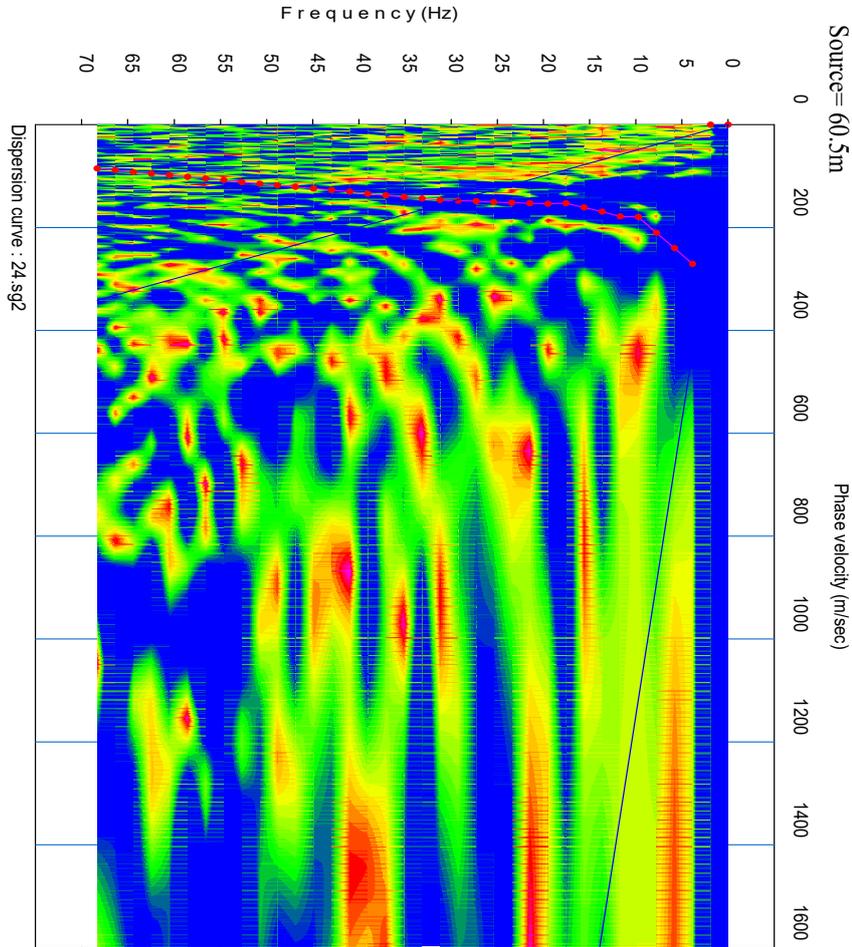
Geofono 1:	576328;4585840
Geofono 12:	576303-4585848
Geofono 24:	576277-4585854



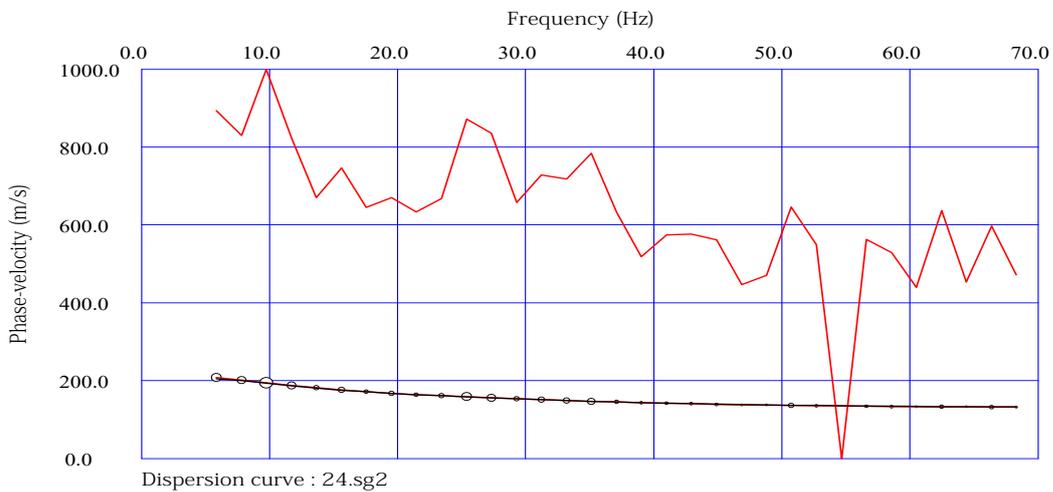
**MASW
DRSE-157**



MASW
DRSE-157

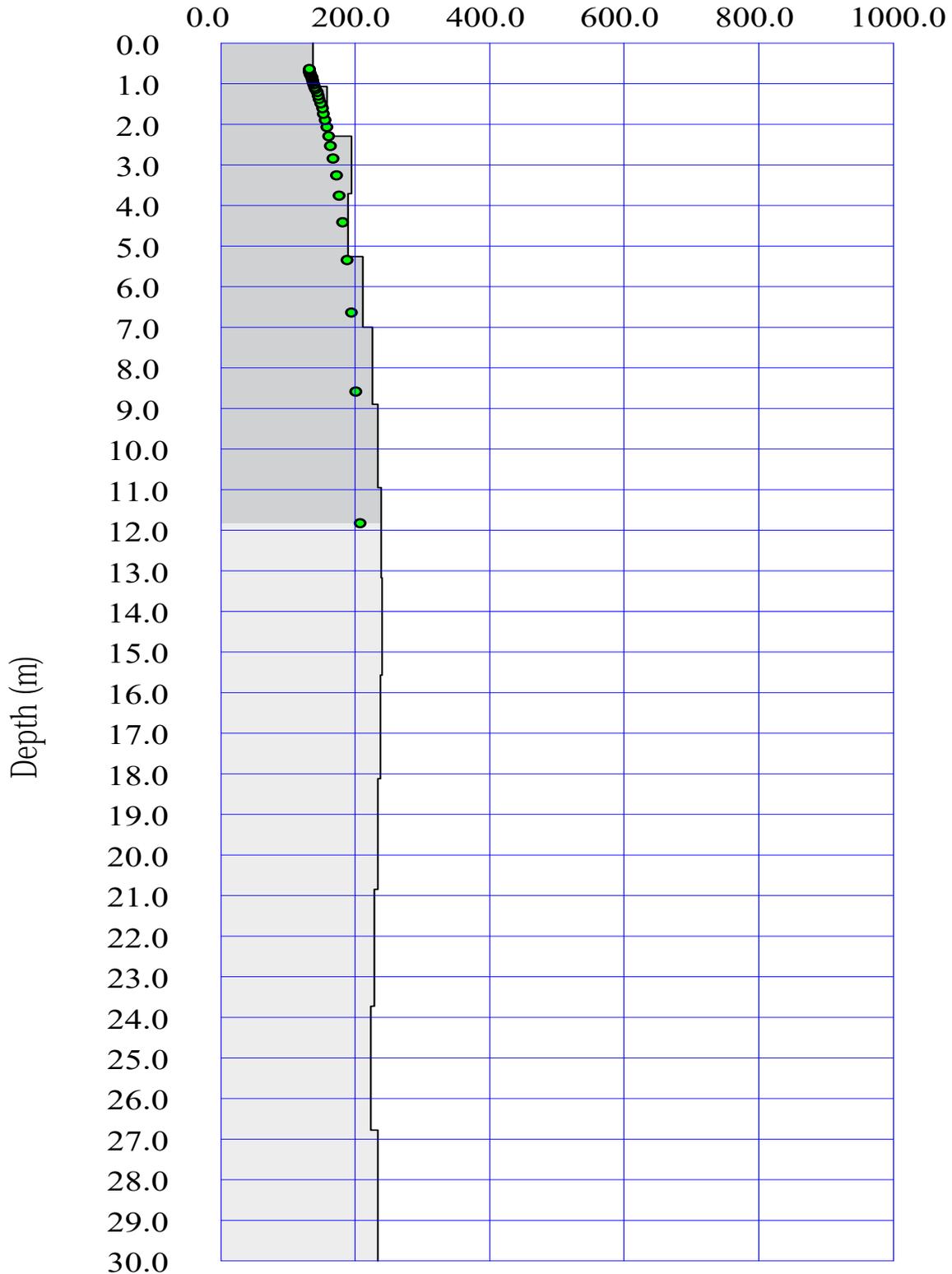


1D MASW analysis



MASW
DRSE-157

S-velocity (m/s)



MASW
PRSE-157

PRSE 157 - 4 - CERIGNOLA NORD 1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Ed [Mpa]	
1	0.0	1.1	136.81	274.03	13.35	0.33	2.00	25	68
2	1.1	1.2	157.82	315.75	13.47	0.33	2.00	34	91
3	2.3	1.4	194.35	387.48	13.62	0.33	1.99	52	140
4	3.7	1.6	189.01	378.57	13.71	0.33	2.00	50	133
5	5.3	1.7	212.12	423.50	13.81	0.33	2.00	63	169
6	7.0	1.9	225.30	449.57	13.82	0.33	2.00	72	191
7	8.9	2.1	233.76	466.50	13.82	0.33	2.00	77	205
8	11.0	2.2	238.95	476.51	13.82	0.33	1.99	80	214
9	13.2	2.4	240.24	478.56	13.82	0.33	1.99	81	217
10	15.6	2.6	237.99	473.81	13.82	0.33	1.99	80	212
11	18.1	2.7	233.64	465.16	13.82	0.33	1.99	77	205
12	20.9	2.9	228.20	454.52	13.82	0.33	1.99	73	195
13	23.7	3.0	222.94	444.33	13.82	0.33	1.99	70	187
14	26.8	3.2	233.32	463.90	13.82	0.33	1.99	77	204
15	30.0 -		240.24	478.56	17.60	0.33	1.99	104	276

Vs30 : 217.0 (m/s)

Categoria suolo : C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec a 360 m/sec”

Legenda:

- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

MASW DRSE-157



REGIONE PUGLIA

COMUNE DI CERIGNOLA

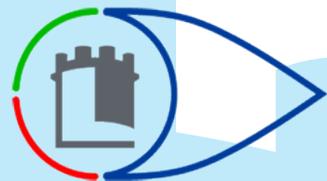
provincia FOGGIA

OGGETTO: **Indagini Geognostiche in Sito**

COMMESSA n°
PRSE -157

LOCALITA' : **Cerignola Nord 2 - (FG)**

CANTIERE : **Impianto Fotovoltaico EN.IT SRL**



GeoSveva

Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- via Montesanto n°64
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- Cod. Fisc. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it

c/o SANPAOLO Banco di Napoli Via Gramsci 13
Lucera (FG)

IBAN : IT84 N010 1078 440100000001528



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2008

COMMITTENTE :

Dott. Di Carlo Matteo

CONTIENE:

- Relazione TOMOGRAFIA SISMICA
- Relazione MASW

CODICE
COMMESSA

PRSE 157

DATA
INIZIO

03/05/2019

DATA
EMISSIONE

14/05/2019

RQ

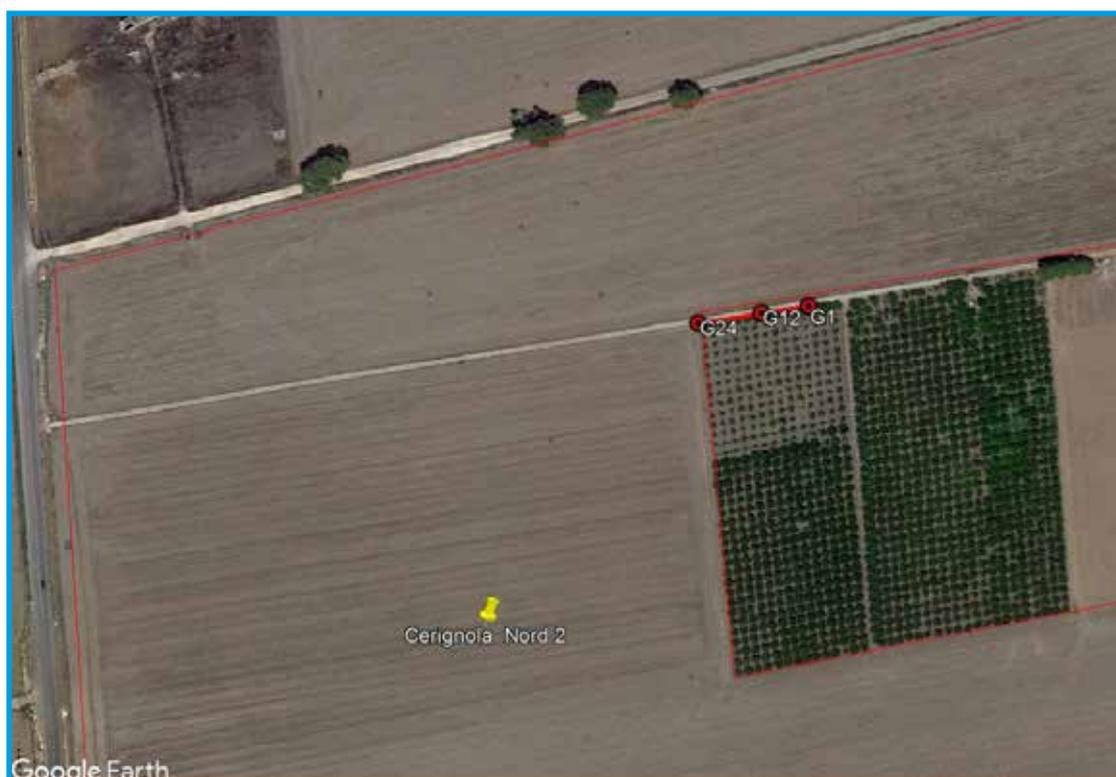
Ing.Luigi Di Carlo

TOMOGRAFIA

DRSE-157

OGGETTO: Dott. Di Carlo Matteo - Campo Fotovoltaico - EN.IT srl

03-05-2019



TOMOGRAFIA PRSE-157

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

TOMOGRAFIA

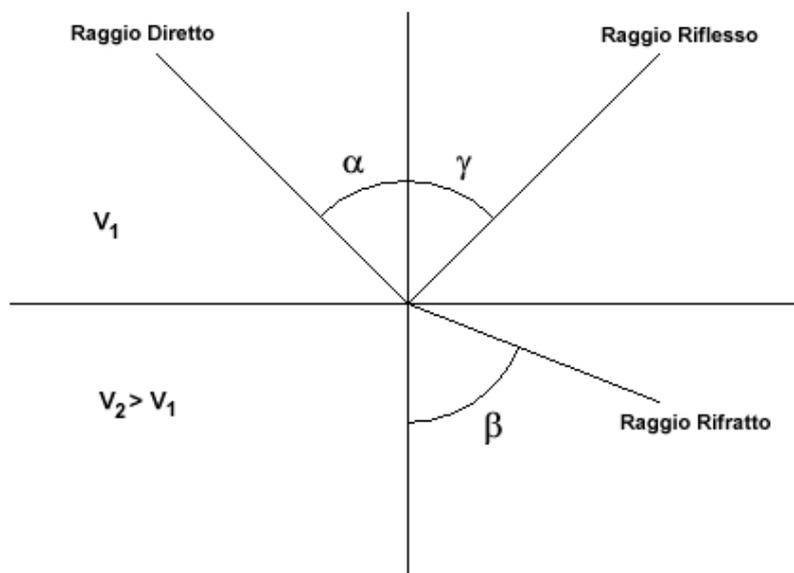
DRSE-157

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE-157

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records), la variazione Tempo/Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA

DRSE-157

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (X_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{down-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{up-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

T_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

T_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE-157

Dove:

V2 = velocità approssimata dello strato sottostante

V2(up-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

V2(down-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2 \sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta ti2 del secondo segmento di linea o la distanza critica Xc2 determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h2.

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA

DRSE-157

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

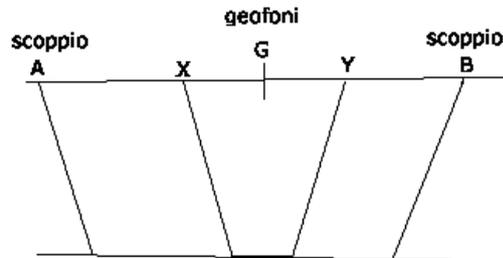
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE-157



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

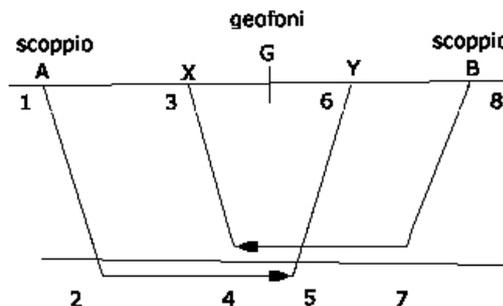
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA

DRSE-157

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un' opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un' onda elastica diretta e da una rifratta. L' onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell' indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE-157

Id indagine PRSE157
LOCALITA' CERIGNOLA NORD 2 - FOGGIA
DATA 03/05/2019

Distanza tra i geofoni geofoni 2.5 metri battuta 3m.
Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 576018;4584081
Geofono 12: 575994;4584079
Geofono 24: 575962;4584076

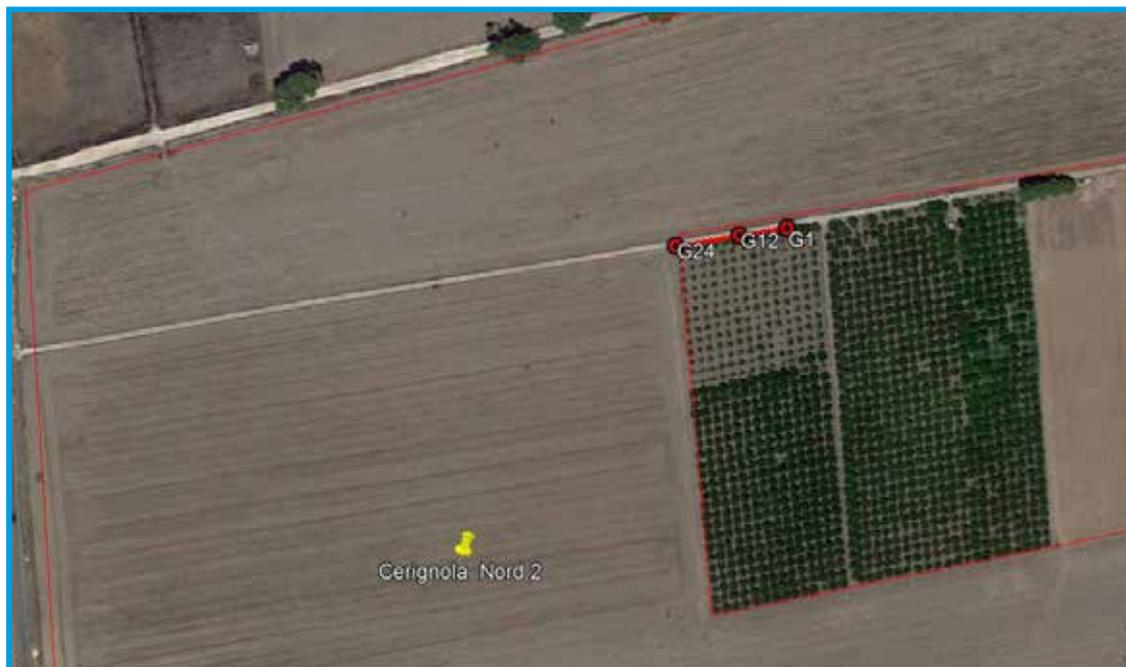
Onde P-Acquisizione dei dati

Distanza tra i geofoni geofoni : 2.5 m

Estensione della prova: 60 m

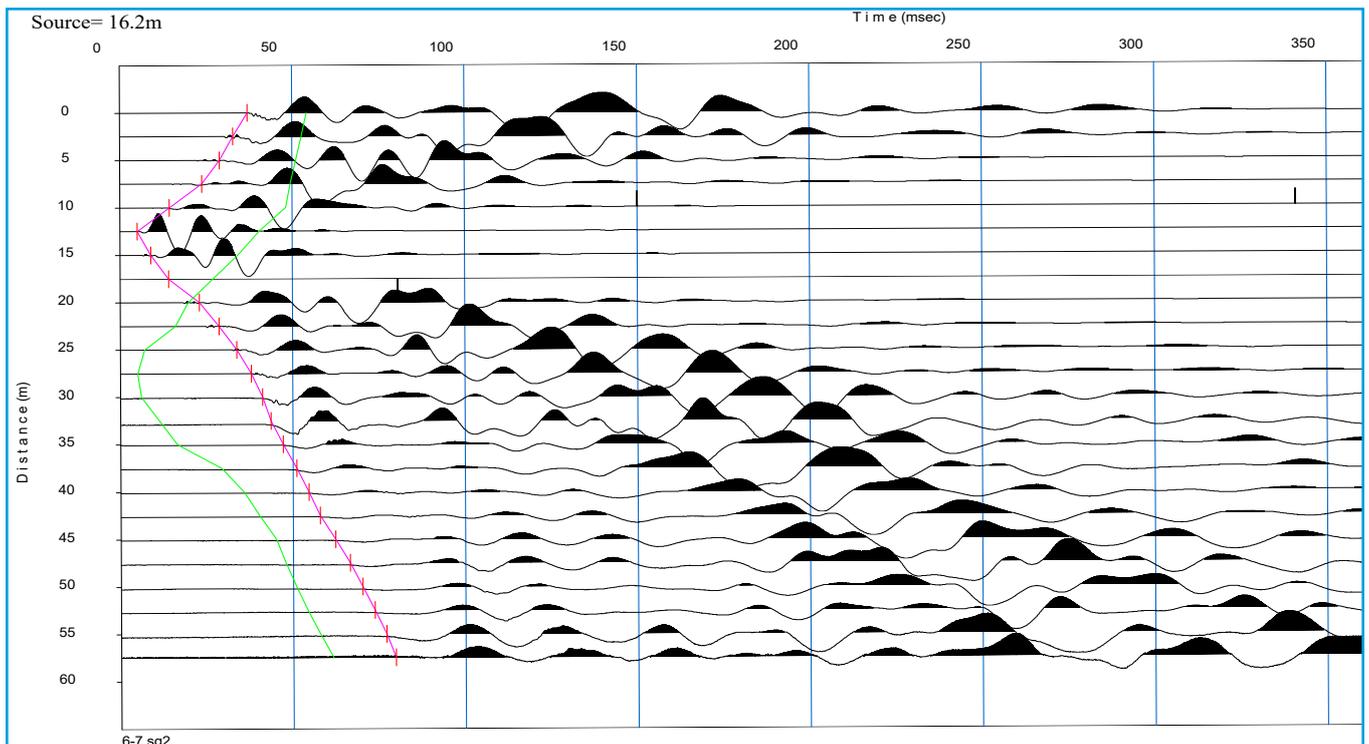
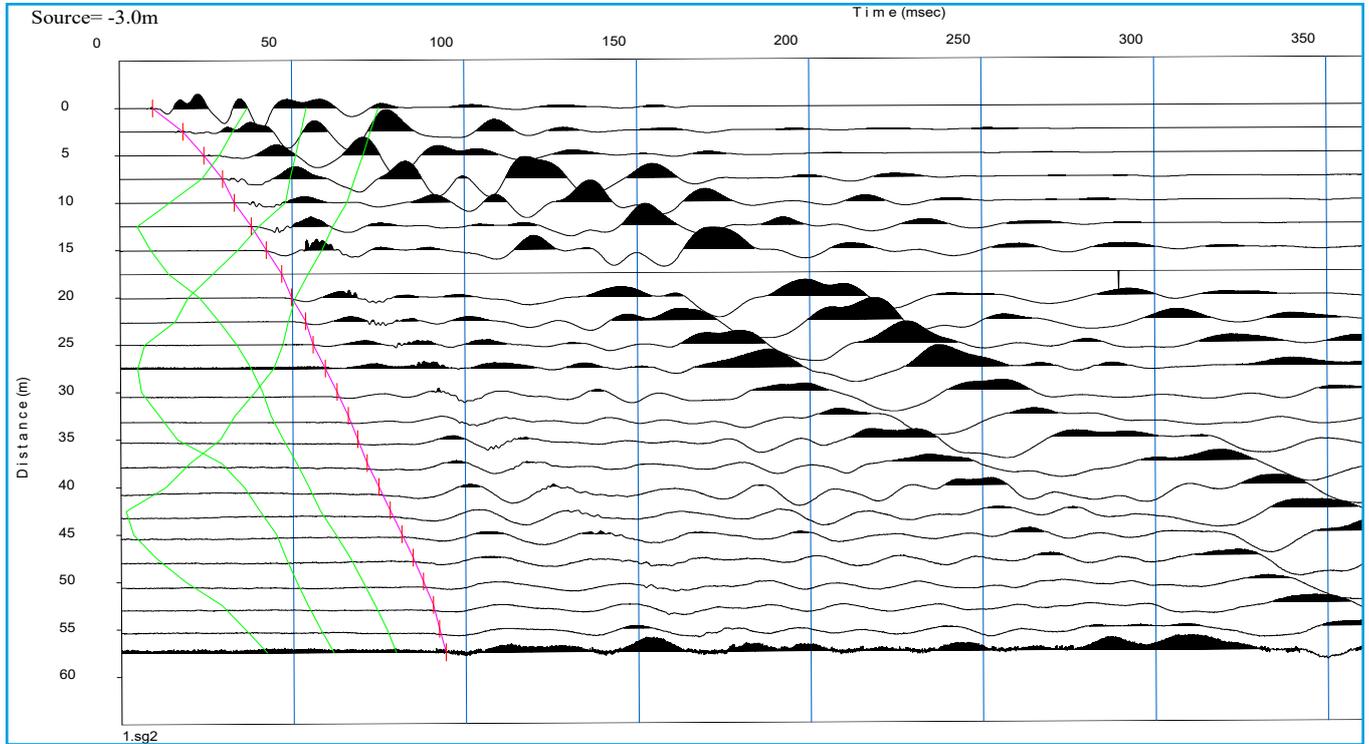
Posizione dello scoppio:

Scoppio 1: -3.00 m;
Scoppio 2: 16.20 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 46.20 m;
Scoppio 5: 62.00 m;

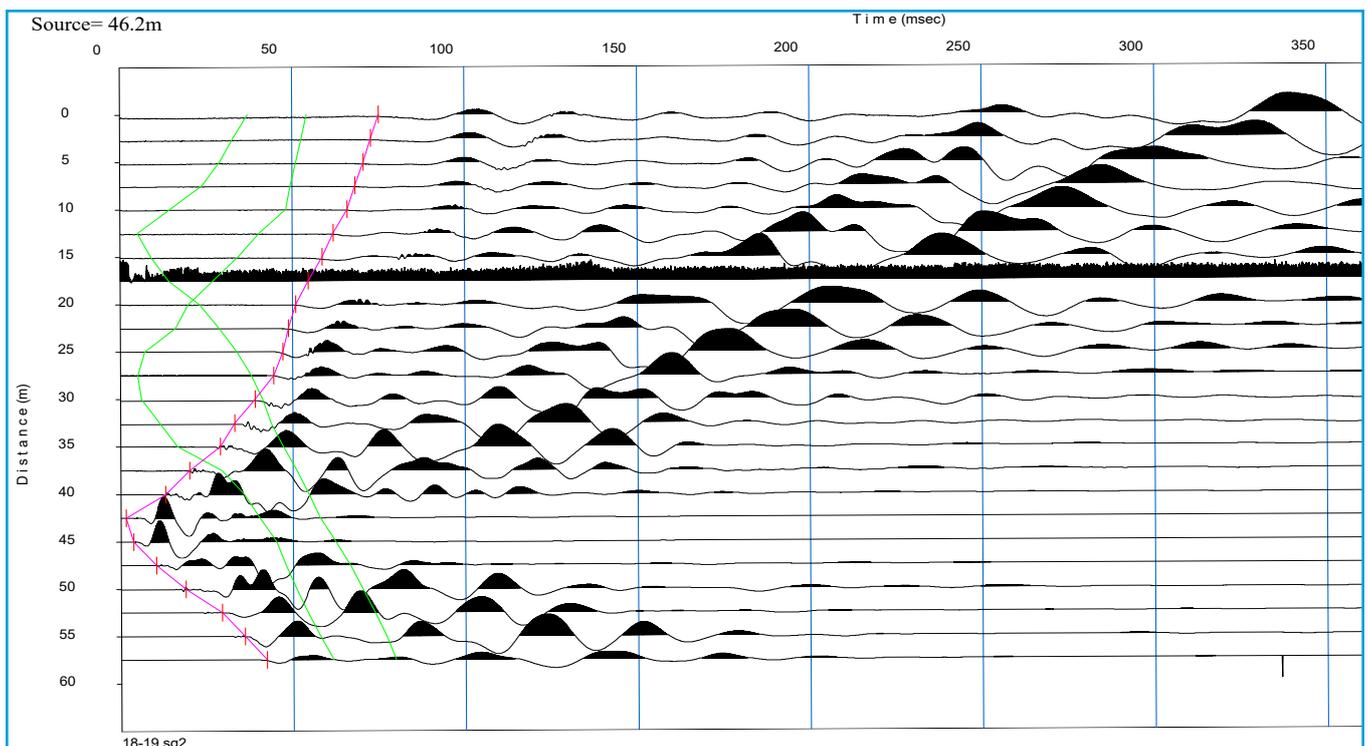
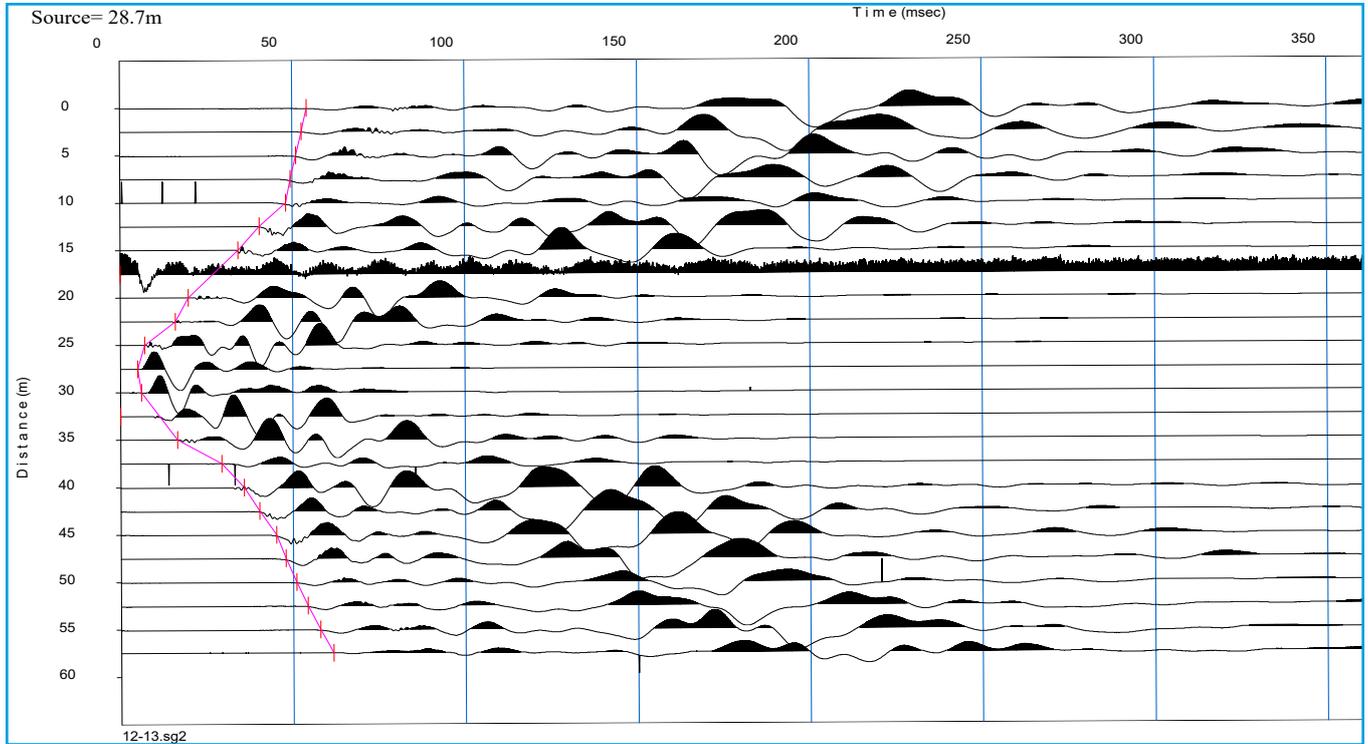


TOMOGRAFIA

DRSE-157

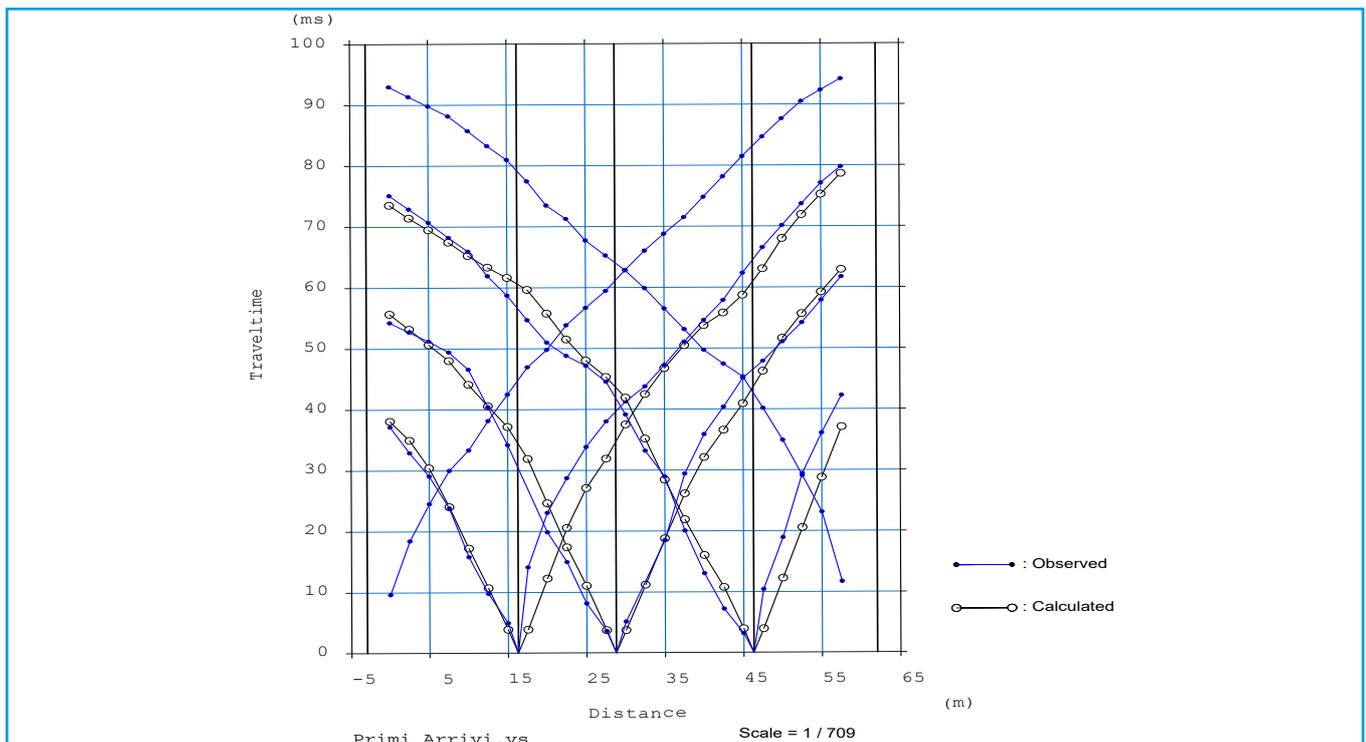
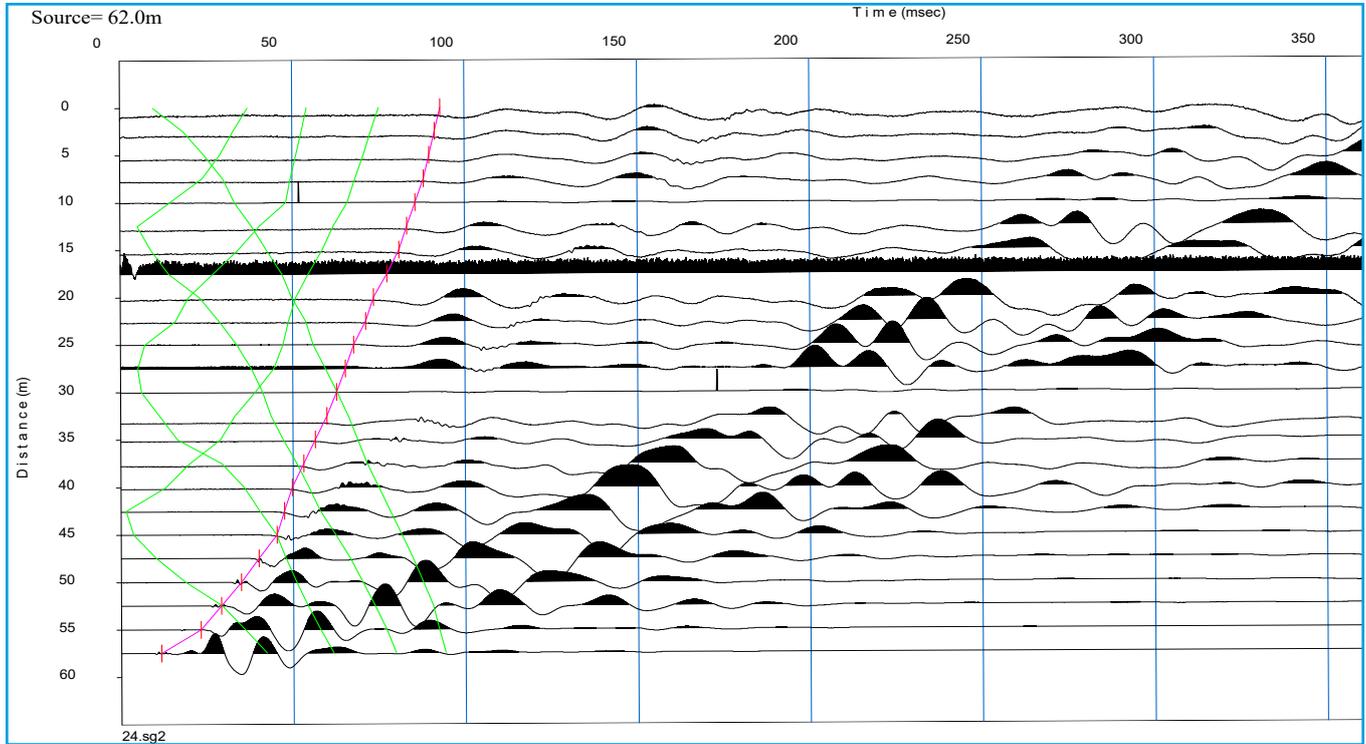


TOMOGRAFIA DRSE-157

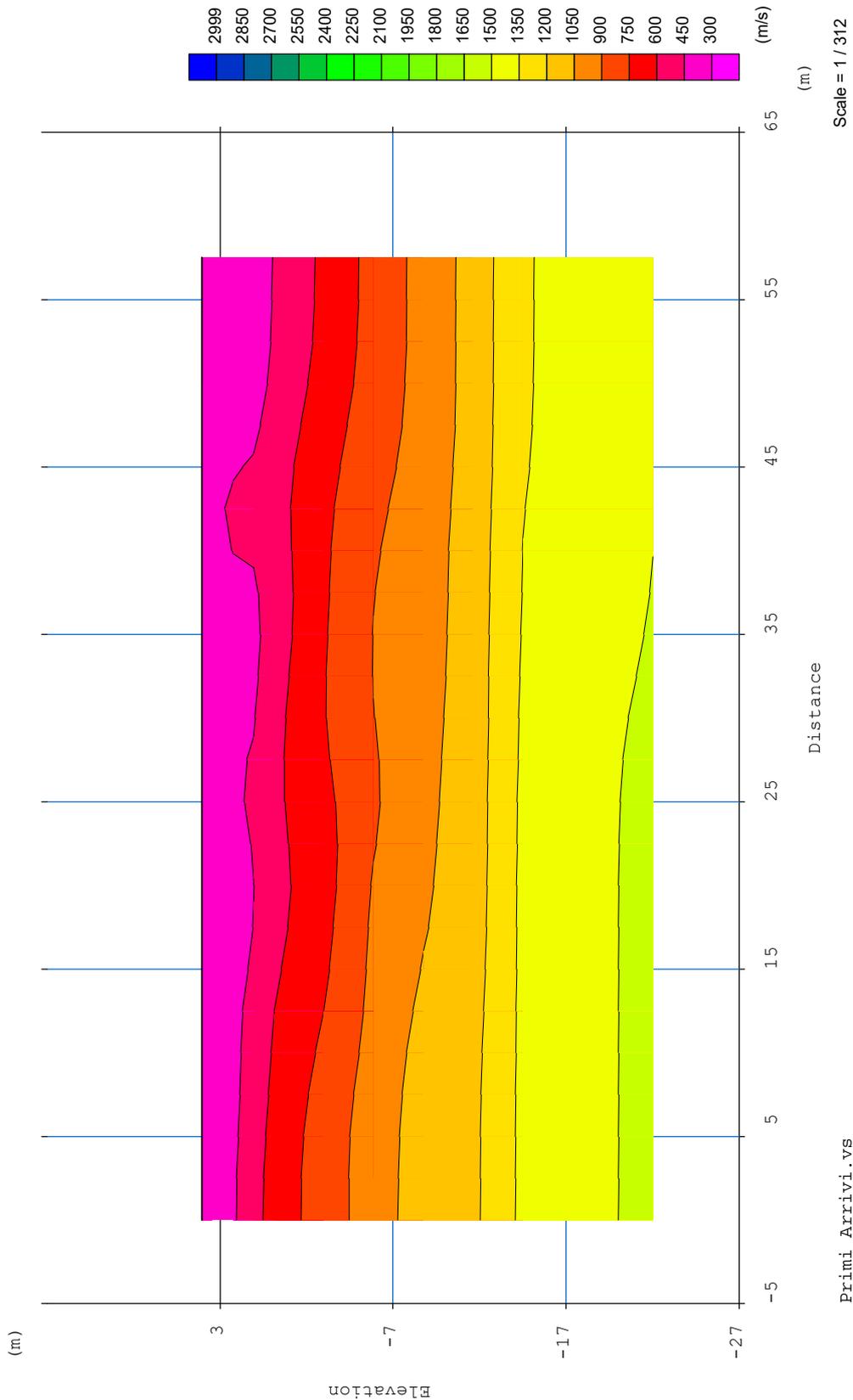


TOMOGRAFIA

DRSE-157

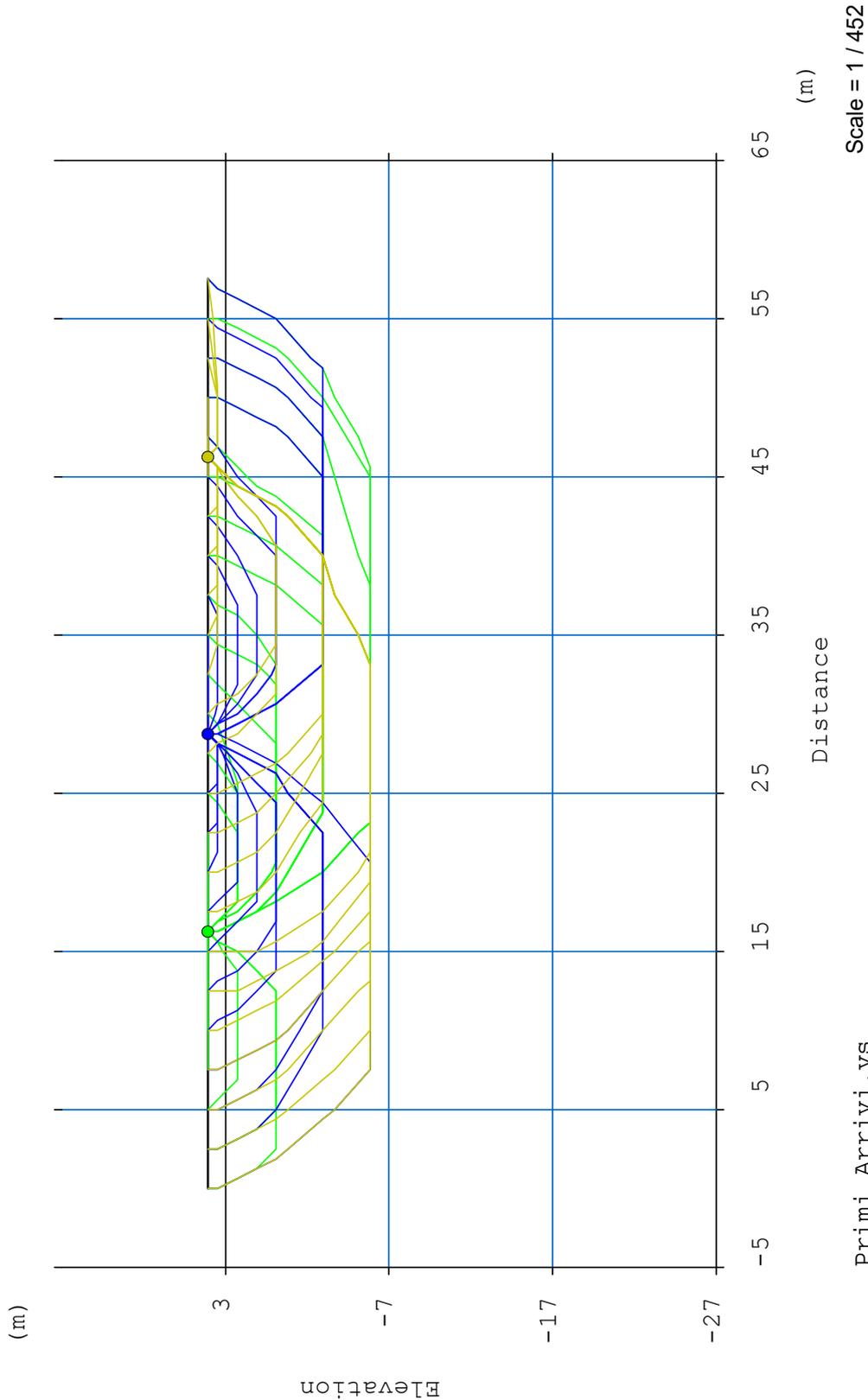


TOMOGRAFIA PRSE-157

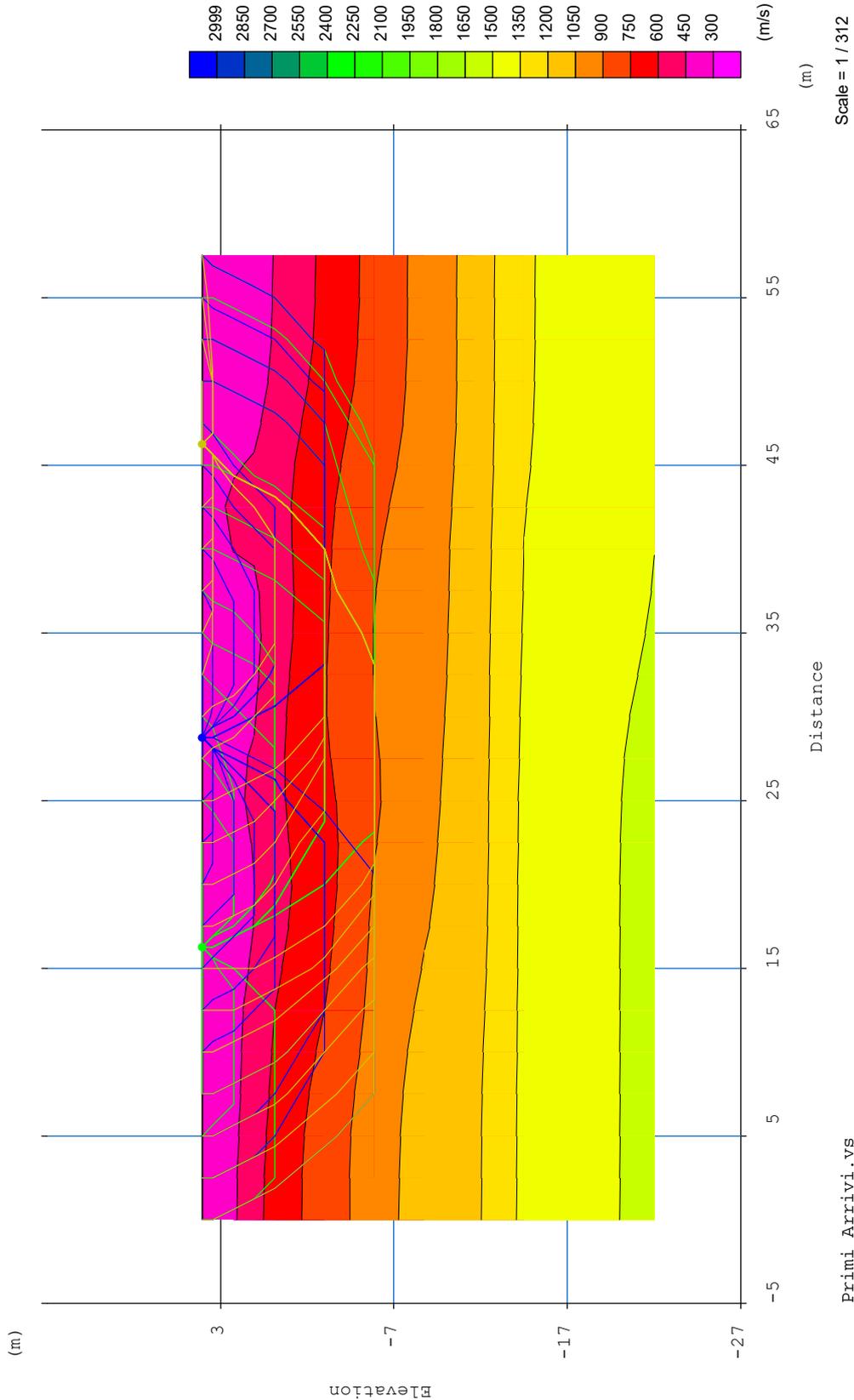


TOMOGRAFIA

DRSE-157

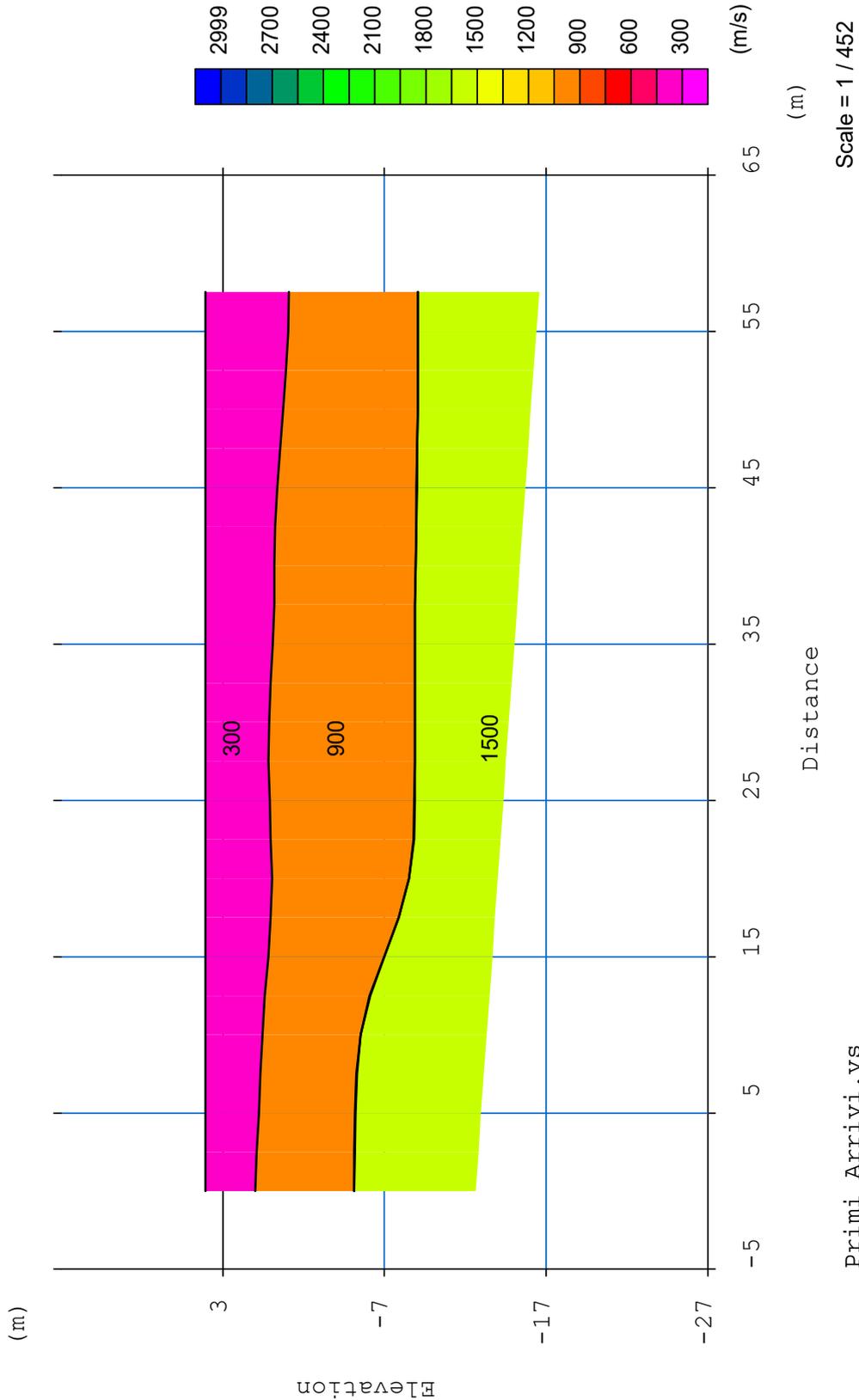


TOMOGRAFIA PRSE-157



TOMOGRAFIA

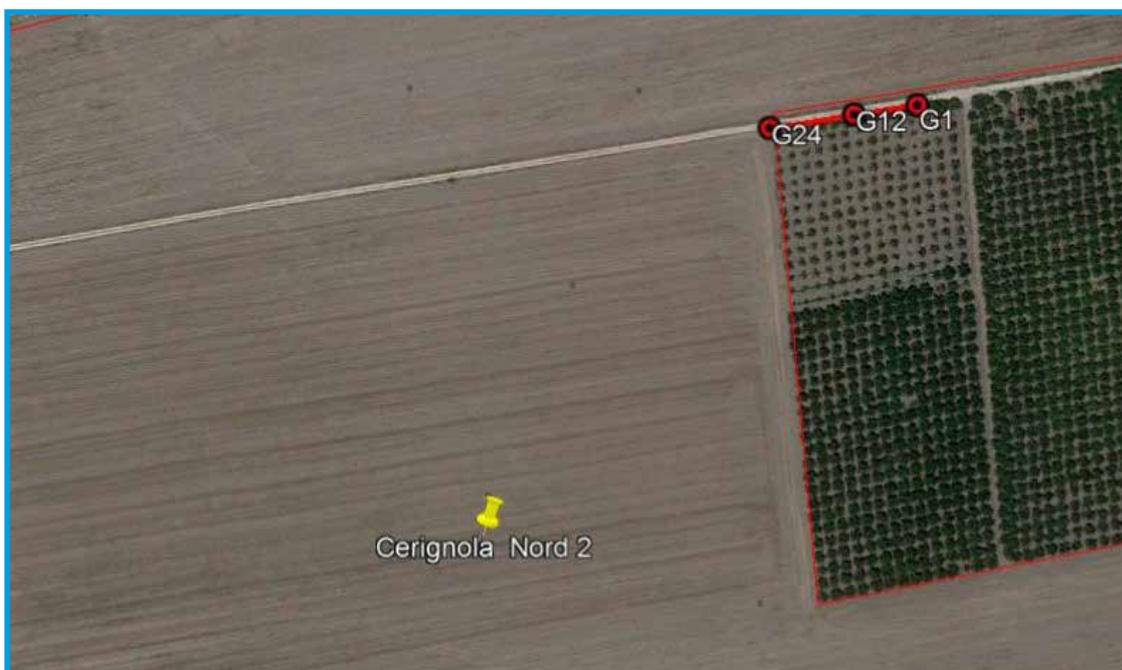
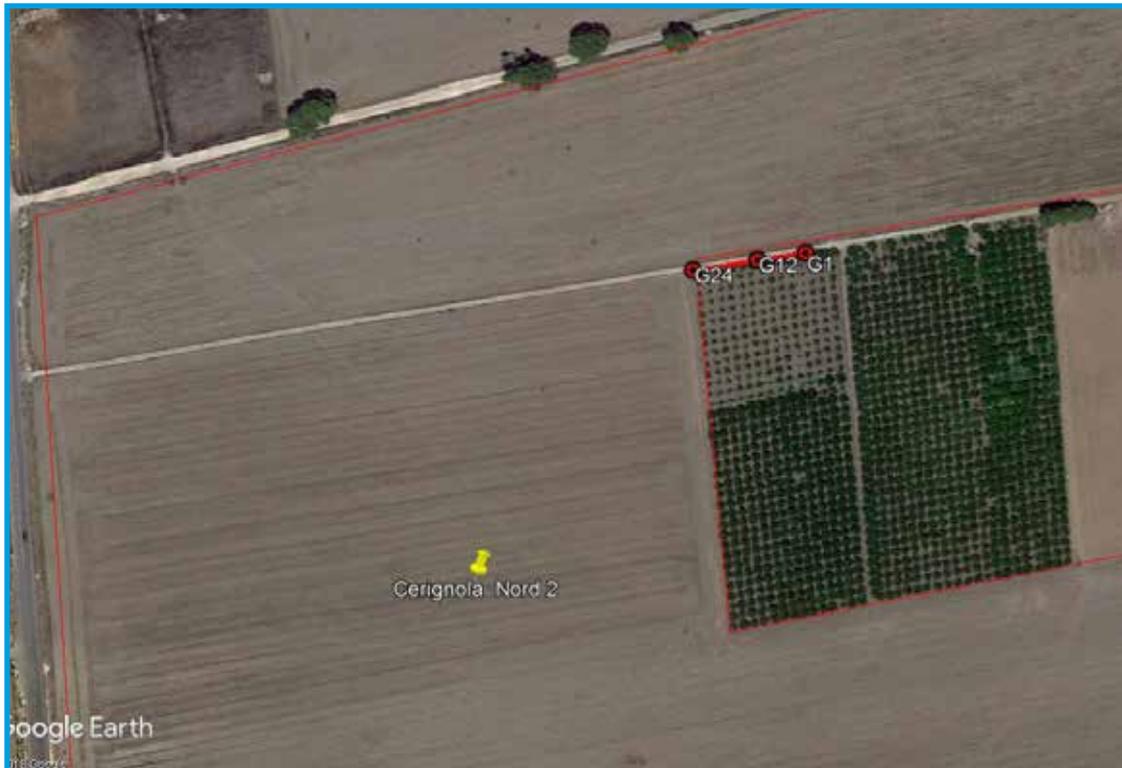
DRSE-157



TOMOGRAFIA PRSE-157



MASW
PRSE-157
OGGETTO: Dott. Di Carlo Matteo - Campo Fotovoltaico - EN.IT srl
03-05-2019



MASW DRSE-157

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva

MASW PRSE-157

di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

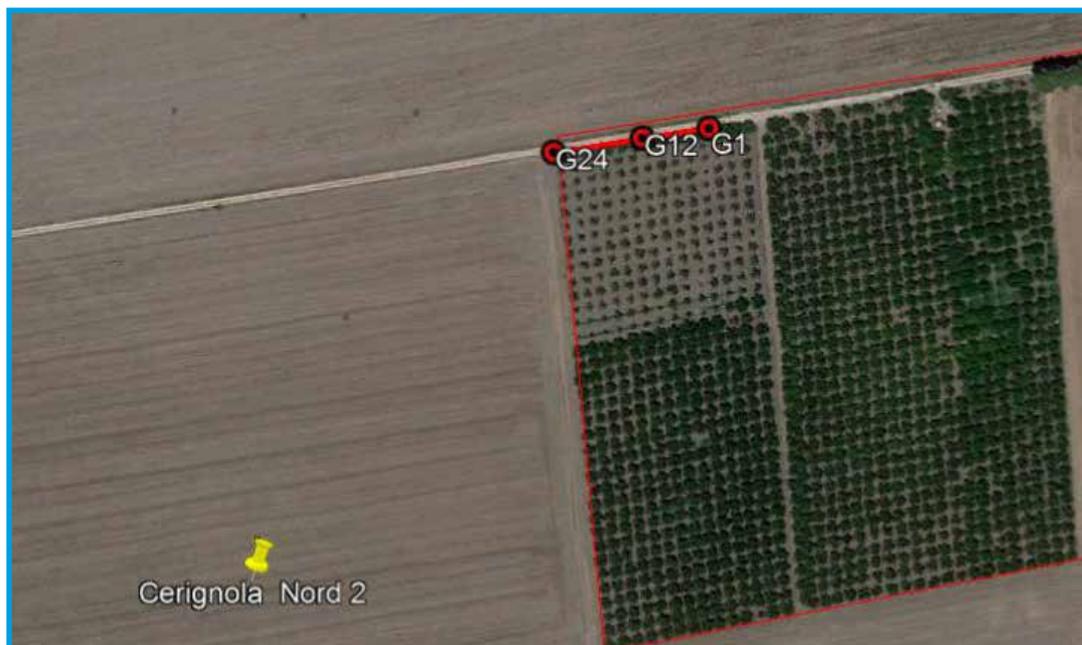
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	PRSE157
LOCALITA'	CERIGNOLA NORD 2 - FOGGIA
DATA	03/05/2019

Distanza tra i geofoni 2.5 metri battuta 3m.

Coordinate WGS 84 :

Geofono 1:	576018;4584081
Geofono 12:	575994;4584079
Geofono 24:	575962;4584076





GeoSveva
Laboratorio di Analisi Geotecniche

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di
analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- via Montesanto 64-66
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- C.F. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it
geosvevalaboratori@alice.it



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti

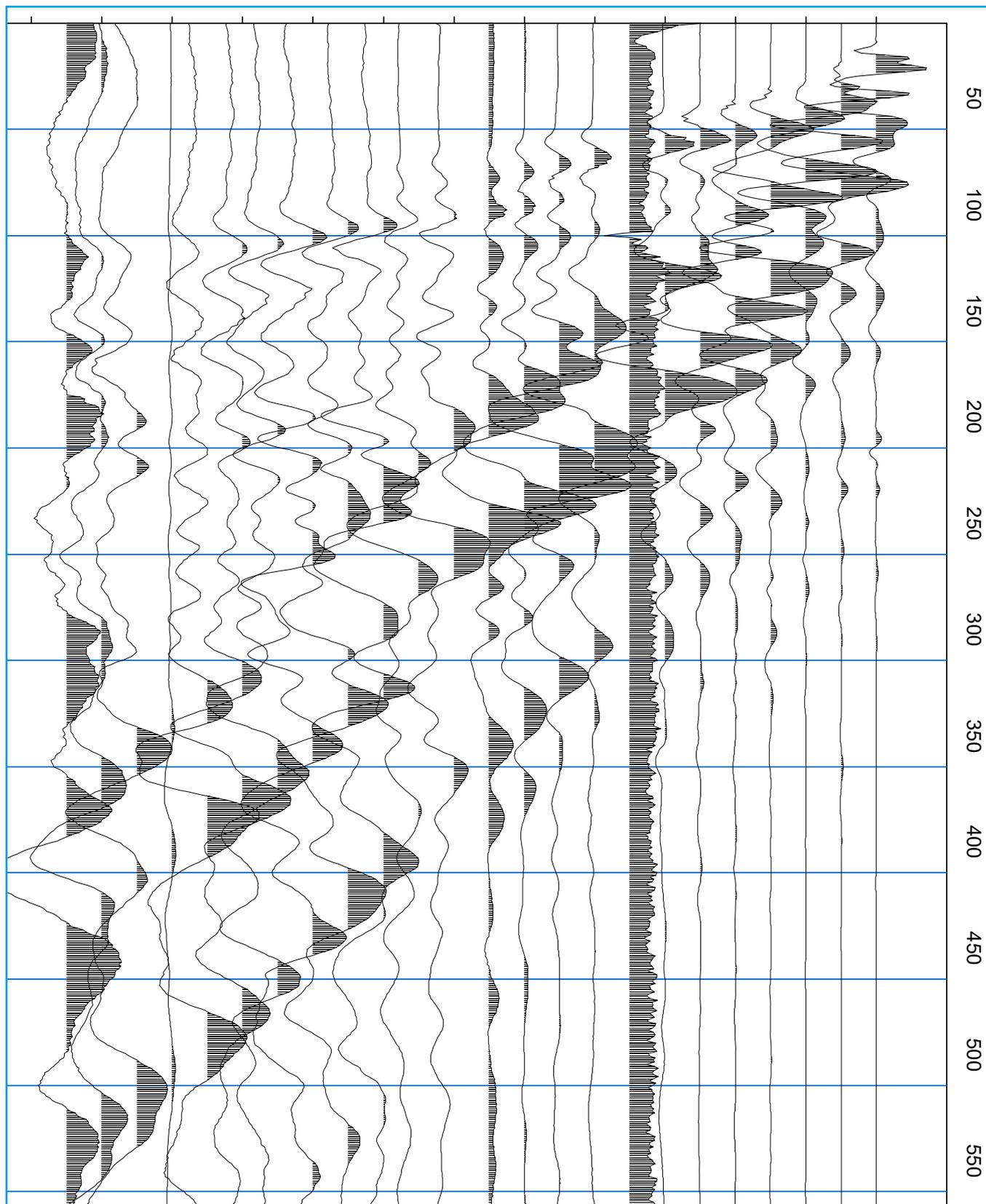


Socio
ALGI

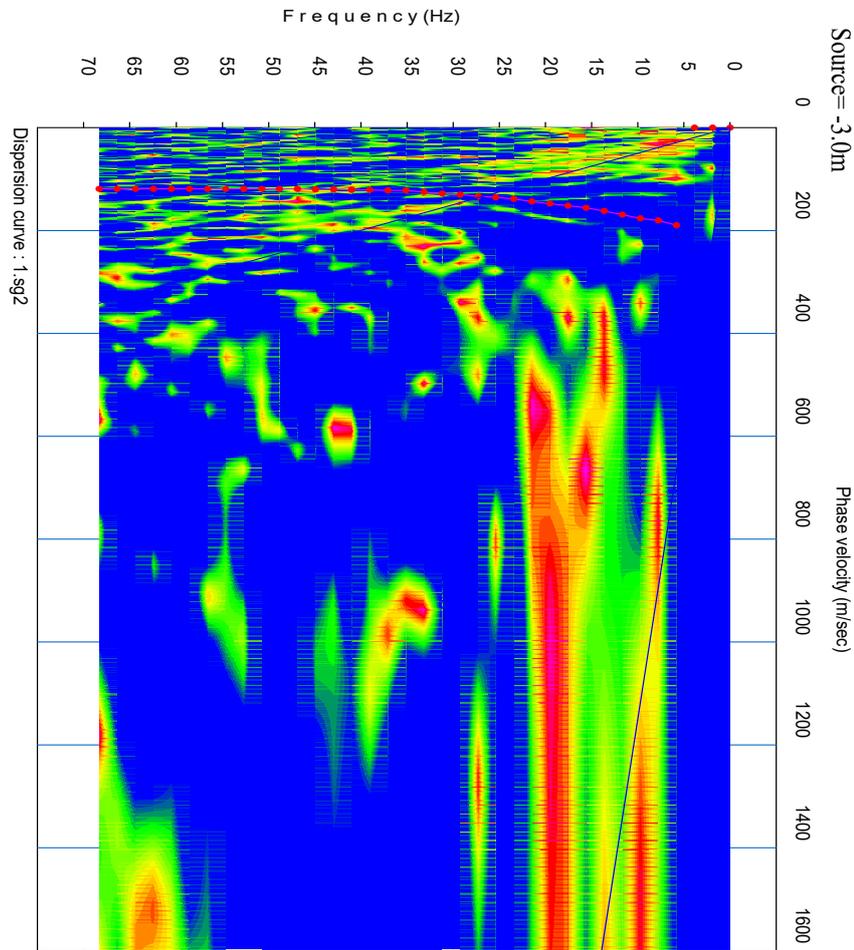


Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2008

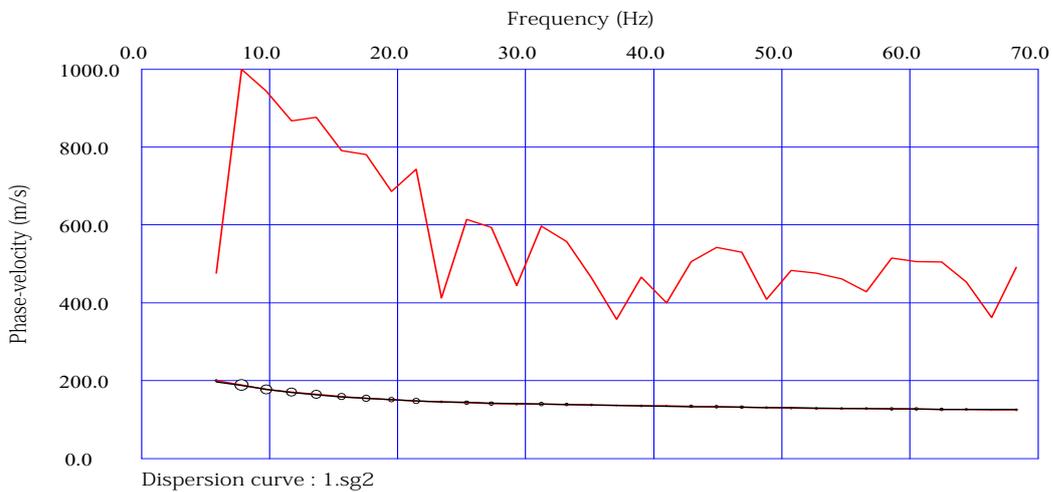
**MASW
DRSE-157**



MASW
DRSE-157

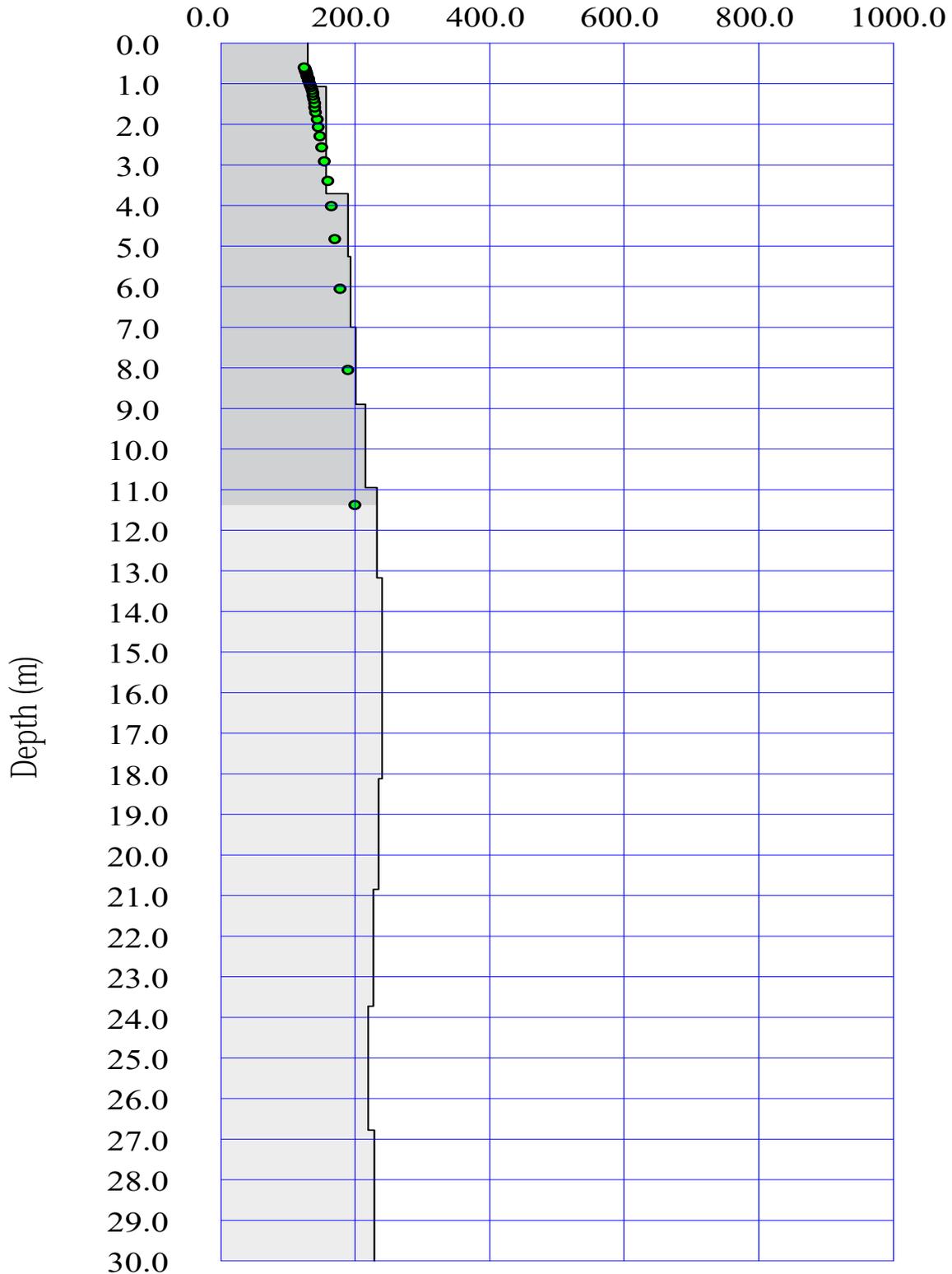


1D MASW analysis



MASW
DRSE-157

S-velocity (m/s)



MASW
PRSE-157

PRSE 157 - 5 - CERIGNOLA NORD 2

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Ed [Mpa]	
1	0.0	1.1	129.45	259.38	13.30	0.33	2.00	23	61
2	1.1	1.2	156.40	312.14	13.40	0.33	2.00	33	89
3	2.3	1.4	157.43	316.02	13.52	0.33	2.01	34	91
4	3.7	1.6	189.19	376.32	13.62	0.33	1.99	50	132
5	5.3	1.7	193.12	386.03	13.70	0.33	2.00	52	139
6	7.0	1.9	200.86	402.94	13.76	0.33	2.01	57	151
7	8.9	2.1	216.14	432.21	13.76	0.33	2.00	66	175
8	11.0	2.2	231.88	461.81	13.76	0.33	1.99	75	201
9	13.2	2.4	240.06	476.91	13.76	0.33	1.99	81	215
10	15.6	2.6	240.04	476.49	13.76	0.33	1.99	81	215
11	18.1	2.7	234.41	465.42	13.76	0.33	1.99	77	205
12	20.9	2.9	226.67	450.60	13.76	0.33	1.99	72	192
13	23.7	3.0	219.05	436.11	13.76	0.33	1.99	67	179
14	26.8	3.2	228.04	453.05	13.76	0.33	1.99	73	194
15	30.0 -		240.06	476.91	17.57	0.33	1.99	103	275

Vs30 : 208.6 (m/s)

Categoria suolo : C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec a 360 m/sec”

Legenda:

- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

MASW DRSE-157

