



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di APRICENA



COMUNE di SAN SEVERO



Società Proponente	 AM ENERGY 2 S.R.L. * Sede: via Tiberio Solis, n. 128 - 71016 San Severo (FG) Pec: amenergy2@pec.it P.iva: 04351510716 <small>*Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. p.iva 03930741206</small>	Sviluppo e Coordinamento	 PLAN A ENERGY S.R.L. Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO Pec: planaenergy@pec.it C.F e P.IVA : 03930841204
Progettazione generale e progettazione elettrica	 STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604	Supervisione scientifica piani culturali e montaggio	 Università di Foggia Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE) Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122 P.iva: 03016180717
Studio e progetto ecologico vegetazionale	 Dott. Biol. Leonardo Beccarisi Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE) cell. 3209709895 E-Mail: beccarisi@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313	Studio di impatto ambientale	 Dott.ssa Anastasia Agnoli Via Armando Diaz, 37 73100 Lecce (LE) cell. 3515100328 E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com
Studio meteorologico	 Dott. Biol. Elisa Gatto Via S. Santo, 22 73044 Galatone (LE) cell. 3283433525 E-Mail: dottelisagatto@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001	Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico	 Dott. Agr. Barnaba Marinosci via Pilella 19, 73040 Alliste (LE) Cell. 329 3620201 E-Mail: barnabamarinosci@gmail.com Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674
Studio faunistico	 Dott. Antonio Feola Via Civitella n°25 84060 Moio della Civitella (SA) cell. 338 2593262 E-Mail: feolantx@gmail.com Ordine Nazionale dei Biologi matr. n . AA_047004	Rappresentazioni fotorealistiche	 Arch. Gaetano Fornarelli Via Fulcignano Casale 17 73100 Lecce (LE) cell. 3358758545 E-Mail: forgaet@gmail.com Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n 1739
Studio archeologico	 NOSTOI s.r.l. Dott.ssa Maria Grazia Liseno Tel. 0972.081259 Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646	Consulenza strutturale	 Ing. Tommaso Monaco Tel. 0885.429850 Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906
Studio acustico	 Ing. Antonio Falcone Tel. 0884.534378 Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100	Consulenza topografica	 Geom. Matteo Occhiochiuso Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@gmail.com Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101
Studio grafico geologico e geotecnico	 Dott. Nazario Di Lella Tel./Fax 0882.991704 cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345		
Opera	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "Apricena Agricolo" da realizzarsi su aree agricole ricadenti nella "Solar Belt" delle aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale e cave nelle località "Podere Camilli - San Giovanni - Corrado", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 88,529 MWp ed immissione di 70,4 MW, nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG).		
AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. :	 MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA	AUTORITA' PROCEDENTE A.U. :	 REGIONE PUGLIA
Oggetto	8526816_RelazioneGeologica.pdf Nome Elaborato:		
	Relazione Geologica del progetto definitivo Descrizione Elaborato:		
00	Gennaio 2023	Progetto definitivo	Geol. N. Di Lella Ing. A. Mezzina AM ENERGY 2 S.R.L.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione Verifica Approvazione
Scala:			
Formato:	Codice Pratica	8526816	

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3.	TETTONICA E SISMICITÀ	14
4.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	24
5.	P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO	30
6.	PPTR	30
7.	IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA'	33
8.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI	38
9.	INDAGINI IN SITO	41
10.	RISULTATI INDAGINE GEOFISICA	46
11.	CLASSIFICAZIONE SISMICA DI SITO	49
12.	CONCLUSIONI	52
	ALLEGATO 1 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (SISMICA A RIFRAZIONE)	54
	ALLEGATO 2 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (MASW)	55

1. PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Nazario Di Lella iscritto all'Ordine dei Geologi della Puglia con il n. 345, su incarico della società AM ENERGY 2 S.r.l.* con sede in San Severo (FG), Piazza T. Solis n. 128 - PEC: amenergysrl2@pec.it - C.F. e P.IVA 04351510716, (*)Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. P.IVA 03930741206, ha eseguito il presente studio Geologico - Geotecnico a corredo del "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "Apricena Agricolo" da realizzarsi su aree agricole ricadenti nella "Solar Belt" delle aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale e cave nelle località "Podere Camilli - San Giovanni - Corrado", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 88,529 MWp ed immissione di 70,4 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)" .

Lo studio è stato finalizzato a perseguire i seguenti obiettivi:

- individuare i litotipi presenti e le loro caratteristiche giaciture;
- individuare i fenomeni geomorfologici, con specifico riguardo alla stabilità dell'area;
- determinare la situazione idrogeologica locale, con particolare riguardo per l'infiltrazione e la circolazione delle acque nel sottosuolo;
- caratterizzazione geotecnica e sismica del sito in relazione alle opere previste di progetto.

La caratterizzazione del sito e le indagini espletate sono state eseguite in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti (Legge 2/2/74 n° 64 - D.M. 21/1/81 - D.M. 11/3/88 - O.P.C.M. 3274 – NTC 2018 e s.m.i.) ed hanno avuto lo scopo principale di accertare in maniera più concreta e dettagliata (in fase di Progetto Definitivo) le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni costituenti il sito, soprattutto in funzione delle strutture che andranno a costituire le opere di progetto e della loro interazione con il terreno costituente il sito stesso.

Nei paragrafi successivi si riportano le risultanze dello studio eseguito su un'area più estesa di quella interessata dal progetto, ai fini della definizione del quadro geologico generale di riferimento in fase di progettazione esecutiva, con un rilevamento geologico di dettaglio ed acquisizione di informazioni di carattere bibliografico disponibile per la zona oggetto di studio.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

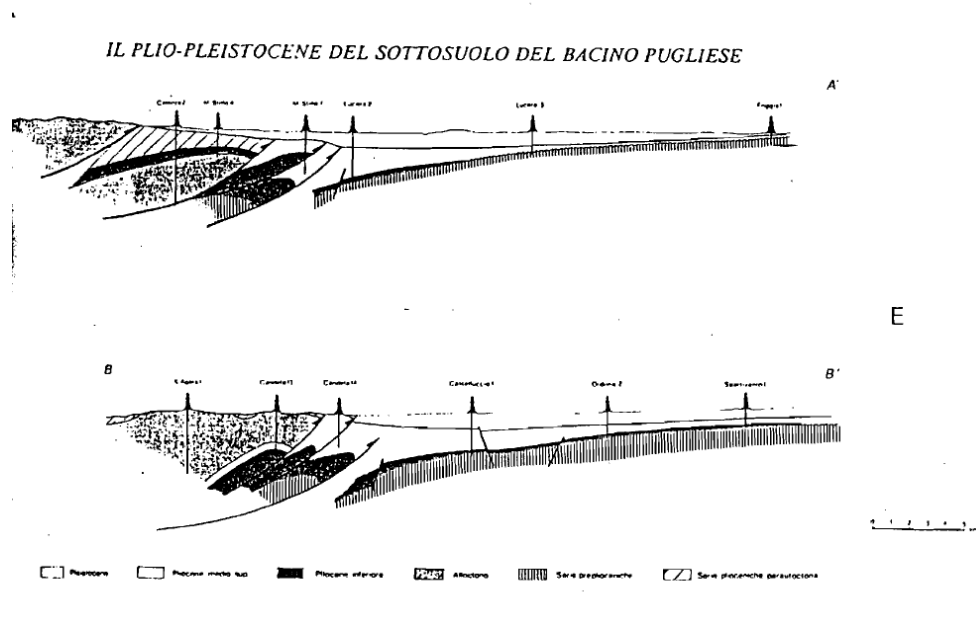
2.1. Introduzione e geologia regionale

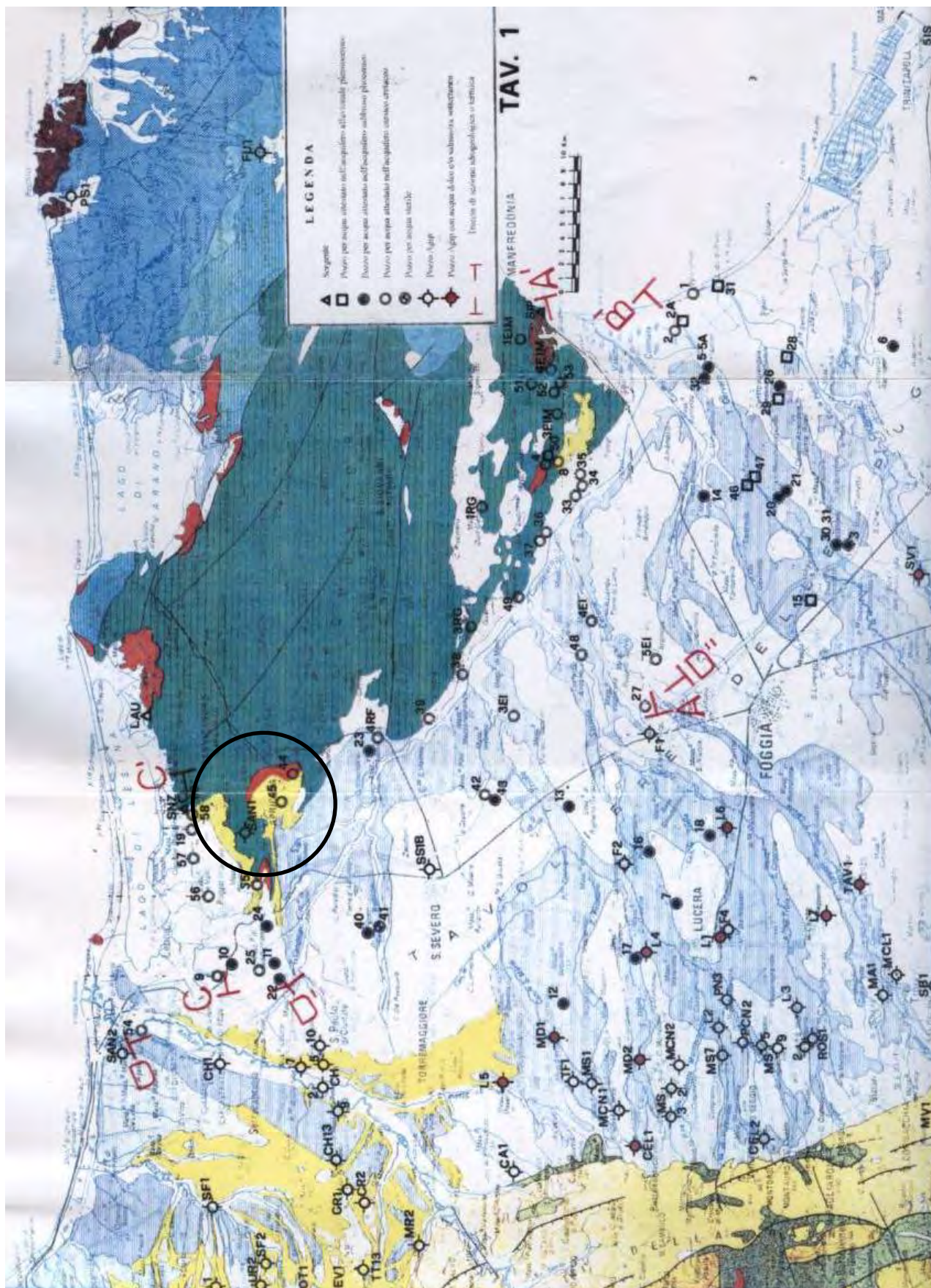
Nel territorio della provincia di Foggia affiorano successioni carbonatiche e terrigene appartenenti alle tre unità Stratigrafico-Strutturali:

- Catena;
- Avanfossa Appenninica;
- Avampaese Apulo-Garganico.

Il Settore più occidentale, Catena, è costituito da terreni di età compresa tra il Mesozoico ed il Pliocene, in contatto tettonico di sovrascorrimento con i terreni del Miocene sup. dell'Avampaese deformato.

Tali terreni rappresentano una potente coltre di ricoprimento costituita da formazioni alquanto eterogenee come litologia, indicate in letteratura con il termine generico di "Alloctono".





Attraverso dati provenienti da perforazioni Agip e sondaggi Sismici profondi, evidenziano come tale coltre aumenti di spessore procedendo verso SW.

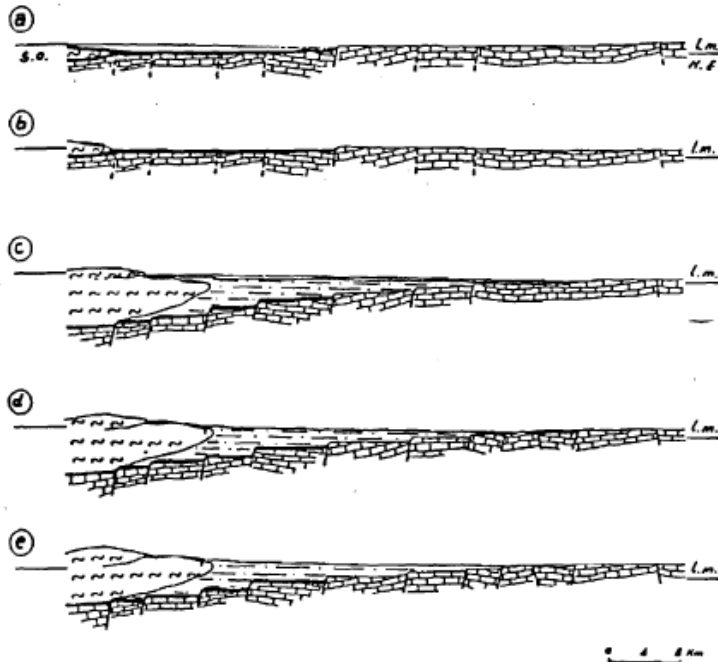
Sede Legale/Operativa:
Via Ripalta, 21/A
71010 -Lesina (FG)

STUDIO DI GEOLOGIA Geol. NAZARIO DI LELLA
CONSULENZA TECNICA
GEOLOGICA - ambientale - SICUREZZA

TEL. 0882/218822 – 328/3250902
P.I. 02101530711
C.F. DLL NZR 64L01 I054R

La parte centrale, Avanfossa appenninica, è costituita da depositi plio-pleistocenici poggianti in trasgressione sui calcari pre-pleiocenici della Piattaforma apula ribassati a gradinata verso SW da un sistema di faglie dirette a direzione appenninica.

Alcuni Autori interpretano tale area come bacino subsidente, compreso tra il paleomargine dell'Appennino e dell'Avampaese nel quale si sono deposti, a partire dal Pliocene Inf., sedimenti terrigeni.



LEGENDA

- (a) PLIOCENE INF. MEDIO : ABBASSAMENTO
 - (b) " " " : SOLLEVAMENTO
 - (c) PLIOCENE SUP. - PLEISTOCENE MEDIO : ABBASSAMENTO
 - (d) " " " " : SOLLEVAMENTO
 - (e) PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE : SOLLEVAMENTO
- DEPOSITI DELL'INTERVALLO III (PLIOCENE SUP. - PLEISTOCENE MEDIO)
 - DEPOSITI DELL'INTERVALLO II (PLIOCENE INF. - MEDIO)
 - ALLOCTONO (CRETACEO - MIOCENE)
 - AVAMPAESE CALCAREO (CRETACEO - MIOCENE)

Alla fine del Pliocene medio, per tutto il Pliocene superiore e parte del Pleistocene, una importante fase tettonica di abbassamento del substrato carbonatico provocò una estesa migrazione del bacino e della linea di costa verso NE.

Nello stesso tempo, dal margine della catena appenninica, in via di sollevamento, scivolarono per gravità verso il bacino, cospicue masse "alloctone".

Seguì poi, alla fine del Pleistocene inferiore, un generale sollevamento della regione, più pronunciato sul lato appenninico, determinando la migrazione del mare pleistocenico verso l'attuale linea di costa.

2.2. Stratigrafia

I terreni affioranti nell'area del foggiano sono riferibili a tre unità strutturali distinte secondo il seguente schema:

➤ **Unità dell'Avampaese:**

- Calcari e gessi delle Pietre Nere Trias (Raibliano)
- Calcari di piattaforma (Creta inf-Giura sup.)
- Calcareniti bioclastiche e Calcari massicci di scogliera Miocene (Tortoniano)
- Rocce ignee delle Pietre Nere (Miocene).

➤ **Unità dell'Avanfossa:**

- Argille e sabbie basali (Pliocene medio-inf.)
- Calcareniti di Gravina
- Argille subappennine e Sabbie di Serra Capriola (Pleistocene inf.-Pliocene sup.)
- Depositi marini e alluvionali terrazzati (Olocene-Pleistocene sup.)

➤ **Unità della Catena:**

- Argilliti Vari colori (Miocene inf. – Oligocene)
- Flysh di Faeto (Miocene, Serravalliano-Langhiano)
- Marne argillose di Toppo Capuana (Messiniano-Tortoniano)

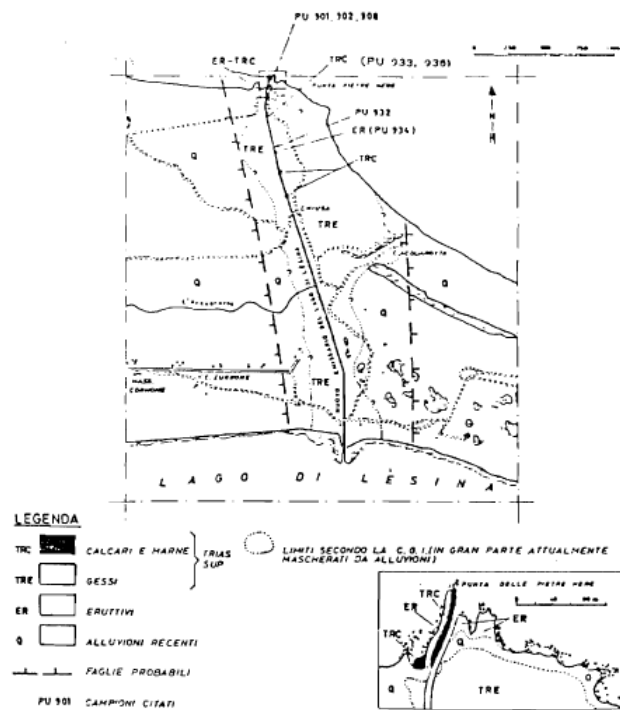
La serie è completata da termini più recenti rappresentati da sabbie di spiaggia, detriti di falda e depositi fluvio-lacustri.

➤ **Unità dell'Avampaese Apulo-Garganico**

Il Promontorio del Gargano risulta essere costituito da una serie calcareo-dolomitica dello spessore complessivo di oltre 4.000 m., di età compresa tra il Giurassico e il Cretaceo superiore.

Questa serie poggia su depositi evaporitici, mentre superiormente è limitata, con contatto trasgressivo, da successioni mioceniche e plio-pleistoceniche.

Significato piuttosto singolare e ancora oggi controverso assumono gli affioramenti Triassici di Punta delle Pietre Nere, In corrispondenza del canale emissario del lago di Lesina.



ig. 1.4 - Schema geologico della zona di punta delle Pietre Nere (da Carella, 1963).

Si tratta di una successione, già denominata in letteratura col nome di "Garganiti" (Viola, 1894), attribuita al Trias superiore (Raibliano) dai rilevatori della Carta geologica (Boni et al., 1986) sulla base dell'associazione macrofaunistica.

Il pozzo Foresta Umbra (Agip, Op. cit.), situato alla sommità del promontorio garganico, ha attraversato, da m. -3921 a m. -5912 (fondo pozzo), una potente serie evaporitica di età triassica al di sotto di alternanze di dolomie calcaree e dolomie.

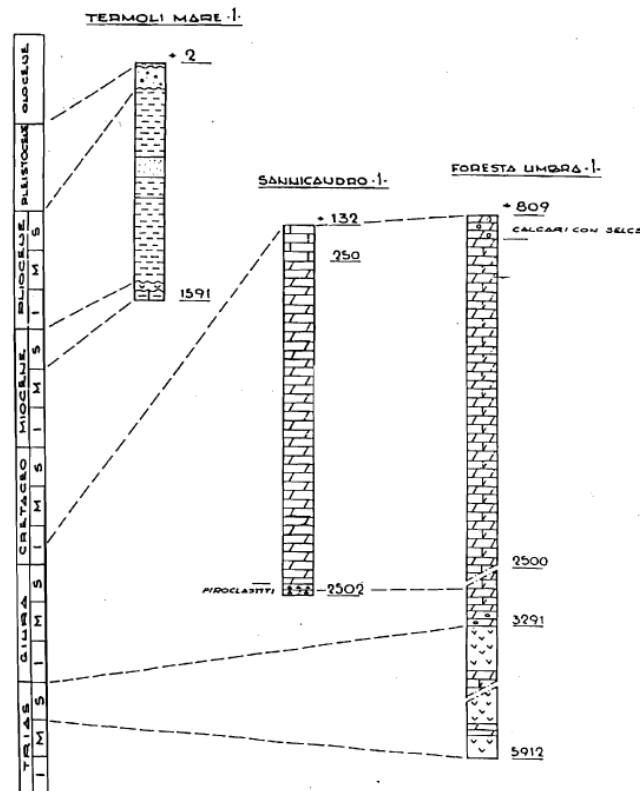


Fig. I.3 - Correlazione tra le successioni dei pozzi di ricerca di idrocarburi perforati nel Promontorio garganico e a Termoli.

Nel pozzo Termoli Mare 1, perforato all'estrema propaggine occidentale del promontorio, le rocce evaporitiche sono state incontrate, nel tratto compreso tra m. -1484 e m. -1570, al di sotto di una successione argilloso-marnosa pliocenica di avanfossa e al di sopra di strati calcarenitici miocenici, incontrati, questi ultimi, fino a fondo pozzo (-1591 m.).

L'esistenza di una unità gessosa di età miocenica è stata riconosciuta in un'area situata in un tratto dell'Avanfossa appenninica, immediatamente a NW del Promontorio garganico, al di sotto di terreni pliocenici (Crescenti,1975).

Con riferimento alle successioni mesozoiche del promontorio garganico, i calcari del Cretaceo inferiore costituiscono un esempio di ambiente di transizione tra piattaforma, scarpata e bacino, secondo lo schema proprio di un margine deposizionale di piattaforma carbonatica.

Le diverse unità formazionali cretacee della Carta Geologica sono raggruppate in tre unità principali:

- Calcari di San Giovanni Rotondo;
- Calcari di Mattinata;
- Calcari di Vico del Gargano;

corrispondenti rispettivamente ad ambienti di "Piattaforma, Scarpata e Bacino".

Le aree di affioramento sono distribuite secondo fasce subparallele con andamento NW-SE, corrispondenti al bordo di rift (Alto Topografico della piattaforma di San Giovanni Rotondo) ed al margine continentale passivo (scarpata-bacino di Monte S. Angelo – Vieste), secondo lo schema di fig. 1.8.

MONTE SAN ANGELO		LMST	Cenomanian
Massetta Quadrone LMST		MATTINATA LMST	Albian
SAN GIOVANNI			Aptian
ROTONDO LMST			Barremian
			Hauterivian
			Valanginian
			Berriasian
COPPA GUARDIOLA LMST		MTE SACRO LMST	Portlandian
WESTERN GARGANO	CENTRAL GARGANO	EASTERN GARGANO	

fig. 1.6- Schema stratigrafico del Cretaceo inferiore e medio del Promontorio del Gargano (da Masse & Luperto Sinni, 1987).

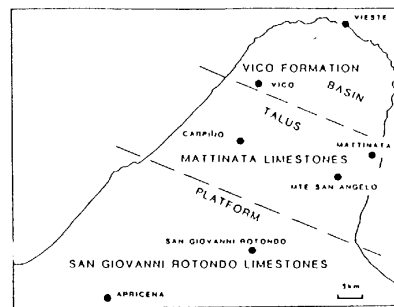


Fig. 1.7- Distribuzione delle principali unità e loro significato paleoambientale (da Masse e Luperto Sinni, 1987).

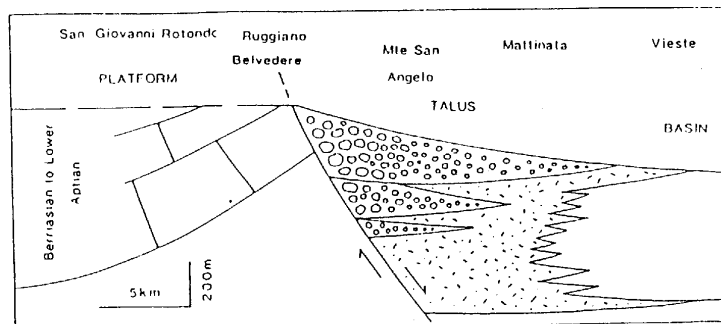


Fig. 1.8 - Modello strutturale sedimentario nel Cretaceo inferiore della piattaforma, scarpata e bacino di transizione del Promontorio del Gargano (da Masse e Luperto Sinni, 1987).

I Calcari di San Giovanni Rotondo affiorano nella parte occidentale del Promontorio garganico e sono ben esposti in corrispondenza dell'Horst di Apricena dove sono interessati da una intensa attività estrattiva (Pietra di Apricena).

Si tratta di calcari micritici biancastri con venature rosate disposte a letti, compatti, tenaci, stratificati in grossi banchi di qualche metro, con frequenti strutture stilolitiche di colorazione rosso-violetto e rare intercalazioni di argille verdastre, particolarmente apprezzati come pietra ornamentale per pavimentazione interna e rivestimento di esterni.

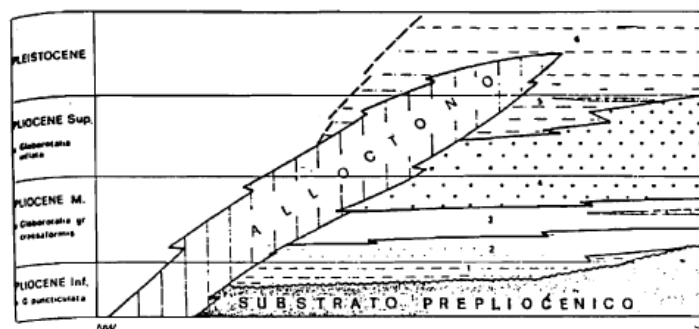
La potenza degli strati varia da 1 a 4 metri, con giacitura prevalente verso S e una inclinazione di 5° circa.

Nell'ambito dell'unità sono stati riconosciuti differenti tipi litologici; nella zona di Apricena e Poggio Imperiale, la successione è costituita da cinque membri (Luperto Sinni & Masse, Op. cit.)

➤ Unità dell'Avanfossa Appenninica

La parte di Avanfossa Periadriatica che va a sud dell'allineamento dei pozzi per idrocarburi M. Rotaro 1, Colle d'Armi 1, San Severo 1, è nota in letteratura come Bacino Pugliese.

In tale parte dell'avanfossa si rinviene una spessa successione di età plio-pleistocenica prevalentemente argillosa, ben descritta dagli autori attraverso l'analisi di numerosi sondaggi perforati per ricerche di idrocarburi; verso il margine appenninico, potenti coltri alloctone si rinvengono in questi ultimi depositi



La successione litostratigrafica del bacino pugliese comprende dal basso verso l'alto i seguenti intervalli stratigrafici:

- intervallo argilloso-marnoso di base
- intervallo sabbioso-argilloso inferiore
- intervallo prevalentemente argilloso/intermedio
- intervallo sabbioso-argilloso superiore

- intervallo prevalentemente argilloso superiore
- argille e sabbie sommitali.

L'intervallo argilloso-marnoso di base è formato da argille-marnose per uno spessore di 100 m che in situazioni di paleoalto può essere notevolmente ridotto o assente. Questo intervallo, del Pliocene inferiore nella fascia interna, ringiovanisce verso l'esterno, includendo termini del Pliocene medio.

L'intervallo sabbioso-argilloso inferiore è rappresentato da intercalazioni sabbiose dapprima sottili e poi più spesse. Questi corpi mostrano una notevole irregolarità di sviluppo, inoltre gli intervalli sabbiosi si assottigliano verso NE

Tale intervallo risulta assente a nord dell'allineamento M. Rotaro - Colle d'Armi 1 - S. Severo I e caratterizza così il bacino pugliese.

L'intervallo prevalentemente argilloso intermedio è formato da argille di mare poco profondo, Pliocene medio, cui segue l'intervallo sabbioso-argilloso superiore attribuito al Pliocene medio e superiore.

L'intervallo prevalentemente argilloso superiore è caratterizzato dalla presenza di irregolari intercalazioni sabbiose molto subordinate rispetto alla parte pelitica.

La successione termina con argille prevalenti, cui si intercalano, in modo irregolare e disordinatamente, sottili livelli di sabbie a luoghi ciottolose, a trend di carattere regressivo (argille e sabbie sommitali).

In affioramento, nel Tavoliere si trova quasi esclusivamente la parte alta della successione plio-pleistocenica.

Le unità stratigrafiche regressive sono rappresentate dalle Sabbie di Serra Capriola (= Sabbie di Monte Marano), in sinistra Fortore, e dai conglomerati di chiusura.

Depositi terrazzati quaternari, riferibili a più cicli sedimentari marini e/o a fasi continentali di alluvionamento, sono posti a quote via via decrescenti.

Per quanto riguarda l' "Alloctono" esso è costituito da un complesso di formazioni molto eterogenee come litologia ed età; il suo spessore cresce rapidamente verso SO.

La base dell'alloctono è costituita da Argille varicolori che formano orizzonti plastici di sovrascorrimento di masse più coerenti. Seguono calcari e marne detritiche associate a calcari organogeni a briozoi e litotamni.

➤ Unità della catena

Nel settore occidentale, comprendente una fascia di 10-15 Km, si individuano le seguenti unità litostratigrafiche:

- **Unità del Fortore (Miocene inferiore-Cretaceo)**, costituita dalle formazioni delle "Argille Varicolori" che constano di due diversi membri (argilloso-marnoso e calcareo-marnoso) attribuiti rispettivamente all'Aquitano sup. - Burdigaliano e all' Eocene medio.

Seguono le "Tufiti di Tusa", vulcanoclastiti marroni con intercalazioni pelitiche, calcarenitiche e calcareo-marnose indicative del Miocene inferiore.

Chiudono la serie la formazione del "Flysh Numidico", riferita al Langhiano, costituita da quarzoareniti risedimentate, con intercalazioni pelitiche grigio-verdastre e localmente calcarenitiche.

- **Unità Irpine (Langhiano-Tortoniano)**, costituite dal "Flysh di San Bartolomeo", noto nella zona di Anzano di Puglia come "Formazione di Anzano"; presenta facies arenaceo-conglomeratica e arenaceo-pelitica di età compresa tra il Langhiano-Serravalliano medio-superiore. Seguono in continuità stratigrafica le "Marne Argillose di Toppo Capuana", costituite da marne argillose e argille marnose grigie sottilmente stratificate, di età compresa tra il Serravalliano medio-superiore e il Tortoniano medio-superiore
- **Unità di Villamaina (Tortoniano sup. - Messiniano)**, costituita da arenarie litiche in basso, mentre superiormente segue una alternanza di arenarie e argille, e depositi gessosi laminati, gessareniti, breccie gessose e calcari evaporitici, tipici di un passaggio da ambiente euxinico ad una condizione evaporitica.

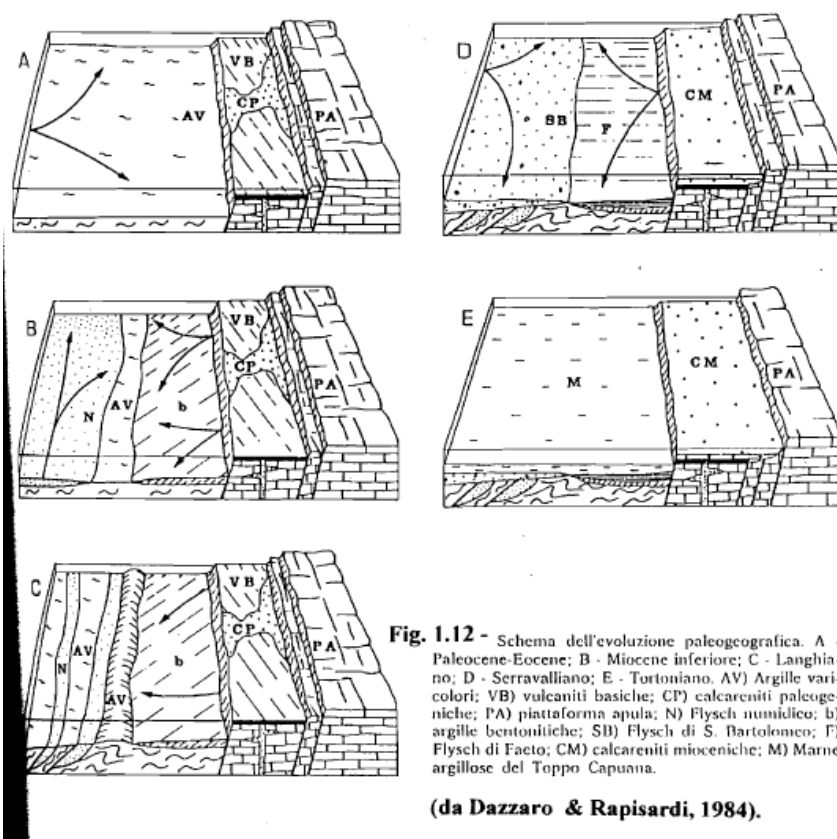
Il settore centrale costituisce il margine della catena appenninica e segna il passaggio tra le Unità Alloctone e i depositi della Unità Bradanica.

3. TETTONICA E SISMICITÀ.

I settori di Catena, Avanfossa e Avampaese, oltre che per caratteri litostratigrafici delle successioni affioranti differiscono anche per caratteri tettonici.

La zona più occidentale, costituita in prevalenza da terreni Flyshoidi, risulta interessata da una tettonica molto complessa, caratterizzata da strutture plicative e di accavallamento legate alla fase tettonogenetica langhiano-tortoniana che ha portato alla formazione di più scaglie con vergenza a NE (Dazzaro & Rapisardi).

Ai raccorciamenti dovuti a tali fasi tettoniche si sono aggiunti quelli delle fasi pliocenica e pleistocenica. Gli effetti più evidenti di questa ultima fase compressiva si riscontrano al bordo appenninico, dove unità flyscioidi sono accavallate per faglie inverse su sedimenti dell'Avanfossa.



Le strutture distensive, infine, rappresentate da faglie dirette e verticali, allungate circa N-S, sono l'effetto delle fasi di sollevamento medio-supra pleistoceniche che hanno interessato la parte esterna della catena.

La zona centrale, ove affiora la serie plio-quadernaria dell'Avanfossa, è caratterizzata da un assetto tranquillo con giacitura degli strati pressoché orizzontale. La tettonica profonda, ricostruita attraverso i pozzi dell'Agip Mineraria, evidenzia l'esistenza di un substrato carbonatico pre-pliocenico suddiviso in più blocchi, dislocati da faglie dirette, progressivamente abbassati a NE (Sella et al, 1988).

La zona più orientale corrisponde al Rilievo del Gargano che, dal punto di vista strutturale, assume nel complesso l'aspetto di un horst, leggermente piegato in direzione NO-SE, delimitato nettamente su tre lati (a SO, a N ed a S) da faglie dirette (Martinis, 1964).

Le principali direttrici Tettoniche che interessano il Gargano presentano seguenti andamenti: NO-SE appenninico; NE-SO antiappenninico; E-O garganico. Il sistema di faglie a direzione appenninica è predominante; ad esso appartiene la "Faglia del Candelaro" che segna il contatto tra depositi plio-pleistocenici del Tavoliere e le rocce carbonatiche del Gargano.

Il sistema antiappenninico, meno diffuso del precedente, determina una ulteriore suddivisione a zolle dell'Horst garganico.

Le discontinuità ad andamento E-O sono le meno frequenti ma orientamenti analoghi si osservano anche in faglie minori e diaclasi. A questo sistema appartiene la faglia trascorrente della Valle Carbonara, che oltre ad individuare un graben, interrompe il fianco sud- occidentale dell'Horst delineando due zone strutturalmente diverse.

Un altro importante elemento tettonico è rappresentato dall'Horst di Apricena, delimitato verso N e verso S da faglie dirette a notevole rigetto (oltre 200 m) e ad andamento NE-SW. L'esistenza di tale faglia oltre che dalle stratigrafie di alcuni pozzi, è anche provata da evidenze di superficie, risultando essere la prosecuzione delle faglie che bordano il rilievo garganico, mettendo bruscamente a contatto calcari mesozoici con le formazioni clastiche plio-quadernarie.

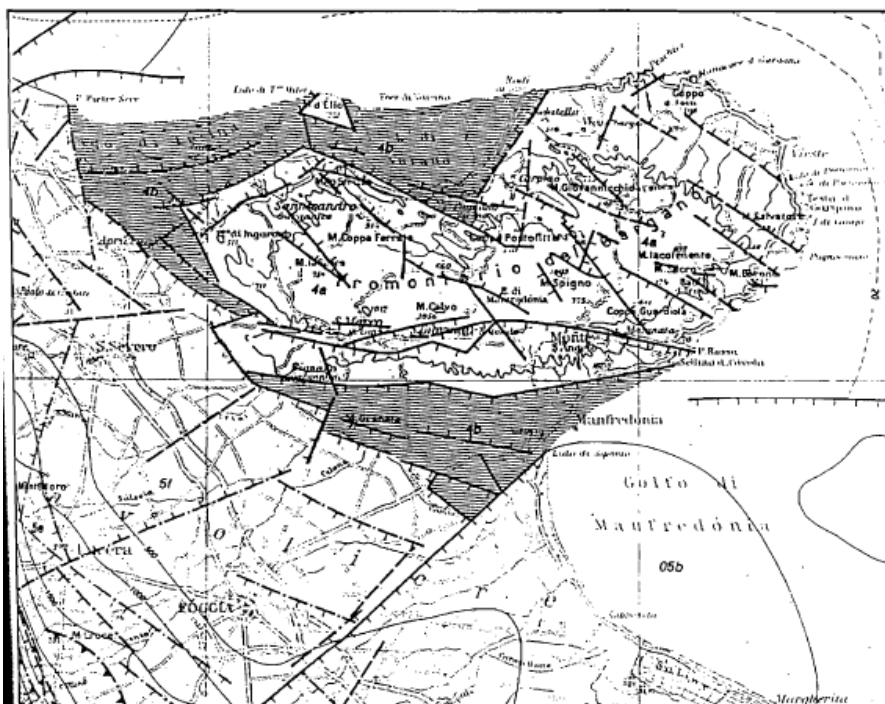


Fig. I.13 - Schema tettonico del Gargano: 4a, stabile o in sollevamento nel Pliocene e nel Quaternario; 4b, stabile o in sollevamento nel Pliocene medio-superiore; in abbassamento nel Pleistocene inferiore e in sollevamento fino al Pleistocene medio (da Funicello et al., 1981).

3.1. Sismicità Dell'area

Il territorio del comune di Apricena così come altri comuni della quasi totalità dei comuni della parte centro orientale della provincia, è classificata come a rischio sismico medio Zona 2.

Ciò risulta dall'allegato (classificazione sismica dei comuni italiani) all'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" dal quale risulta che il territorio di Apricena è inserita in Zona Sismica 2 (medio Rischio) corrispondente ad un grado di sismicità pari a $S=9$. secondo quanto indicato dalla vecchia normativa sismica dal D.M. 07.03.1981, il coefficiente di intensità sismica è così valutabile: $C=S-2/100 = 0,07$.

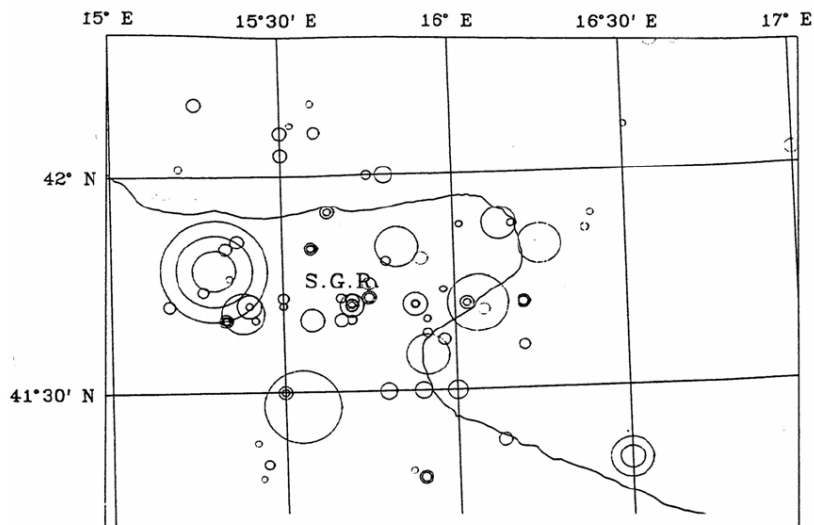
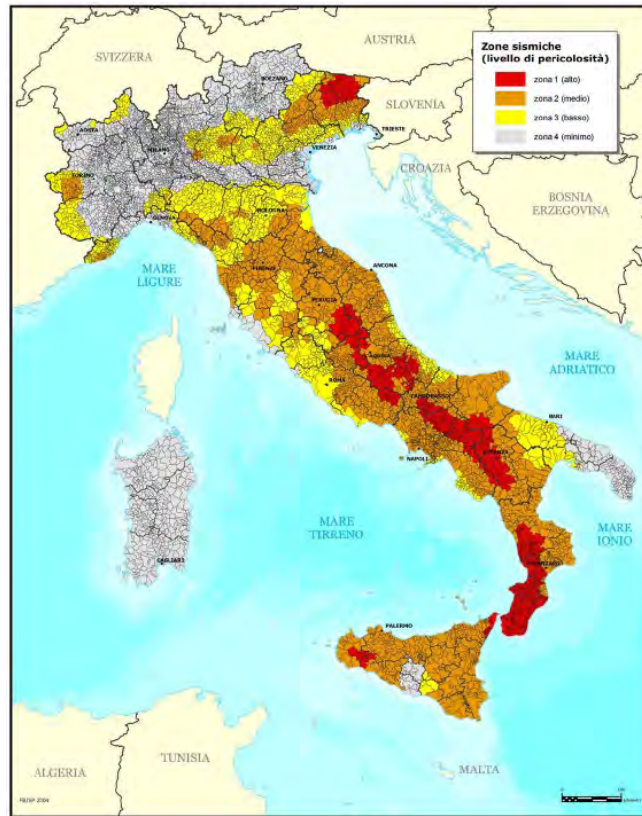
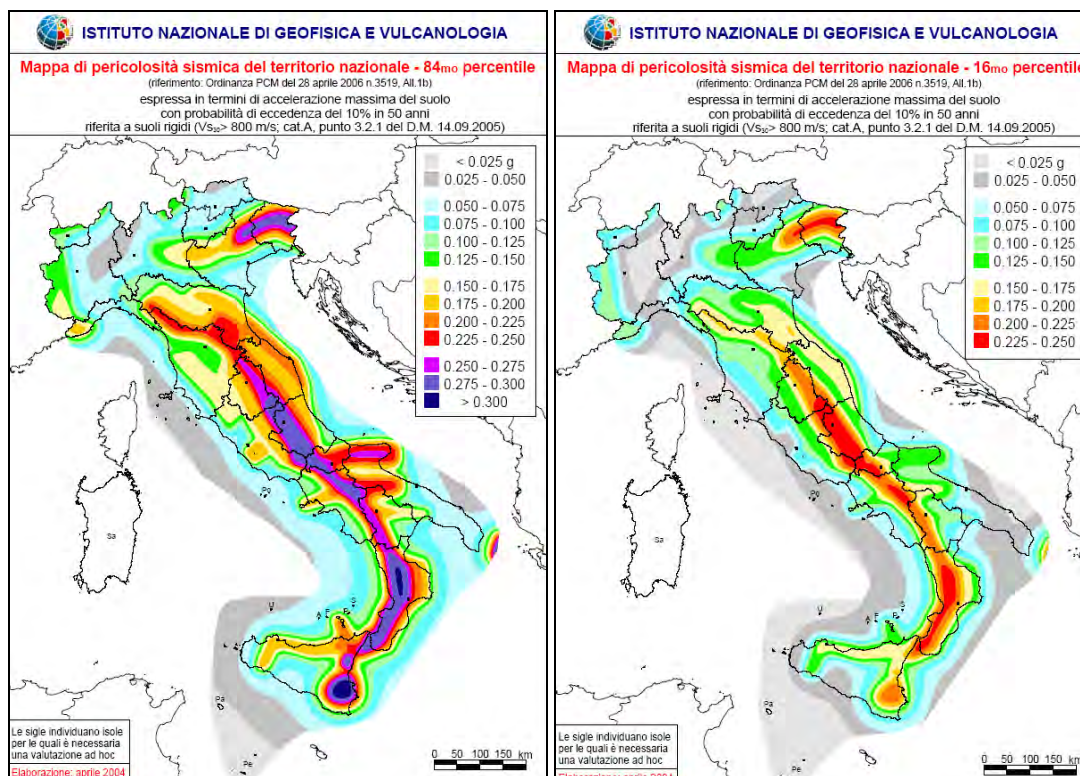


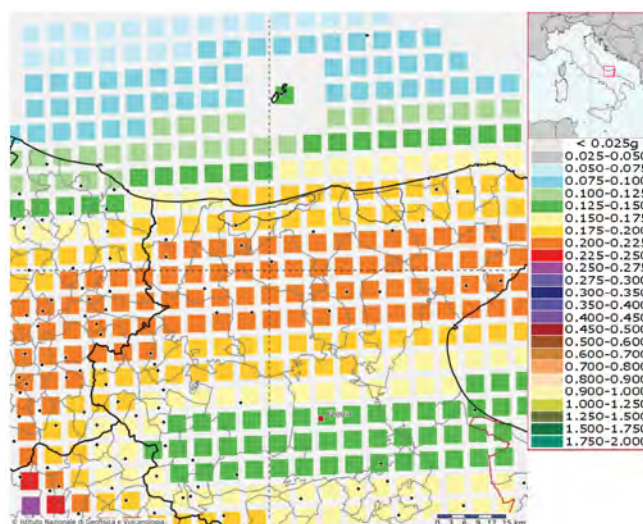
Fig. 3 – Mappa della distribuzione epicentrale nell'area garganica nel periodo 1000-1996: a) con qualunque magnitudo; b) con $M \geq 3,5$.



Più in particolare, per l'area interessata dall'intervento, si dovranno tenere in considerazione, in fase di progettazione e di calcolo, valori dell'accelerazione sismica di riferimento compresi tra 0,125 e 0,150.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 29000 - Latitudine: 41.769 - Longitudine: 15.434

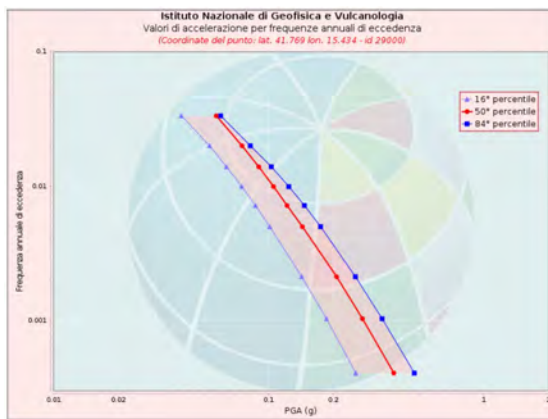


La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di

calcolo identificato con l'ID 29000 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

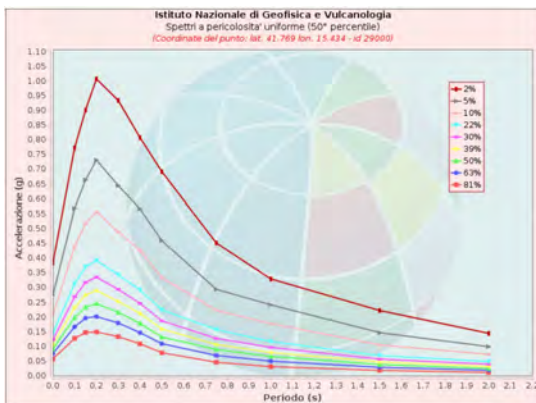


Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.255	0.283	0.477
0.0010	0.186	0.274	0.338
0.0021	0.143	0.207	0.254
0.0050	0.101	0.144	0.175
0.0071	0.087	0.122	0.147
0.0099	0.075	0.106	0.124
0.0139	0.064	0.090	0.103
0.0199	0.053	0.075	0.082
0.0332	0.039	0.057	0.060

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

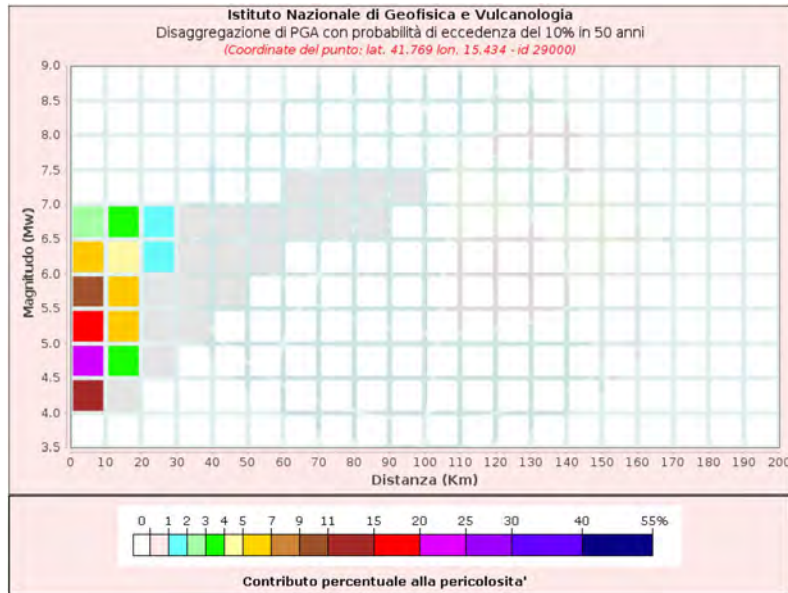


PoE in 50 anni	Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)										
	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
2%	0.383	0.773	0.901	1.007	0.934	0.807	0.692	0.451	0.329	0.222	0.144
5%	0.274	0.568	0.664	0.731	0.644	0.567	0.459	0.294	0.241	0.146	0.099
10%	0.207	0.439	0.517	0.557	0.489	0.426	0.333	0.223	0.177	0.105	0.073
22%	0.144	0.313	0.370	0.392	0.343	0.292	0.224	0.157	0.116	0.069	0.048
30%	0.122	0.268	0.317	0.335	0.294	0.246	0.187	0.127	0.096	0.056	0.039
39%	0.106	0.232	0.274	0.290	0.252	0.212	0.159	0.106	0.079	0.047	0.031
50%	0.090	0.198	0.234	0.245	0.216	0.178	0.132	0.089	0.066	0.038	0.025
63%	0.075	0.166	0.196	0.201	0.179	0.147	0.109	0.069	0.050	0.029	0.019
81%	0.057	0.127	0.147	0.149	0.133	0.109	0.078	0.046	0.031	0.018	0.011

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 15,4446 LATITUDINE: 41,7849

Ricerca per comune REGIONE: Puglia PROVINCIA: Foggia COMUNE: Apricena

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito:

Reticolo di riferimento:

Controllo sul reticolo: Sito esterno al reticolo, Interpolazione su 3 nodi, Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

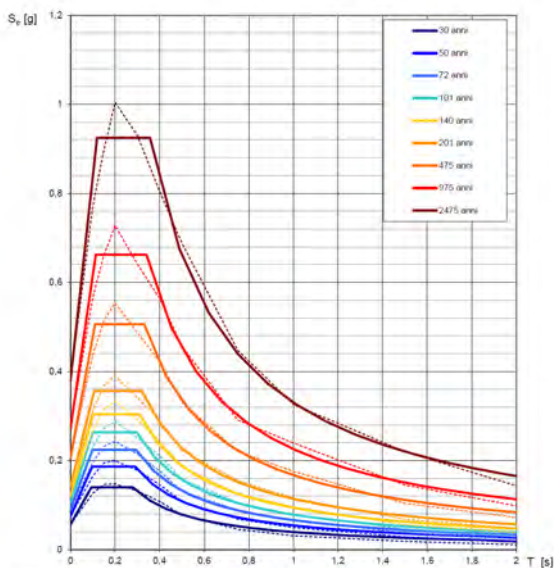
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

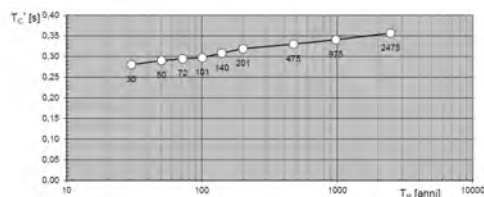
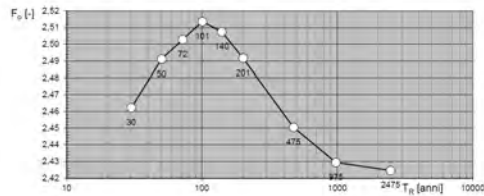
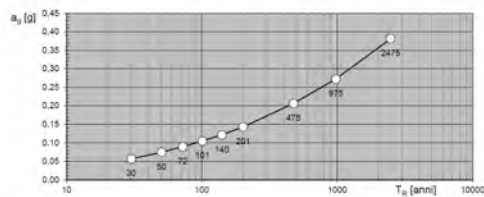
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_D , T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_D , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_D [-]	T_C [s]
30	0,057	2,462	0,280
50	0,075	2,491	0,290
72	0,089	2,503	0,294
101	0,105	2,514	0,297
140	0,121	2,507	0,308
201	0,143	2,492	0,319
475	0,207	2,450	0,330
975	0,273	2,429	0,341
2475	0,382	2,425	0,357

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita normale della costruzione (in anni) - V_c anni
 Coefficiente di uso della costruzione - c_d in

Valori di progetto:
 Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - T_c anni
 Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R
 Stati limite di esercizio - SLE $\left\{ \begin{array}{l} SLE - P_{0.1} = 0.1\% \\ SLE - P_{0.3} = 0.3\% \end{array} \right.$
 Stati limite ultimi - SLL $\left\{ \begin{array}{l} SLL - P_{0.1} = 10\% \\ SLL - P_{0.3} = 5\% \end{array} \right.$

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabelle parametri azione

Strategie di progettazione:

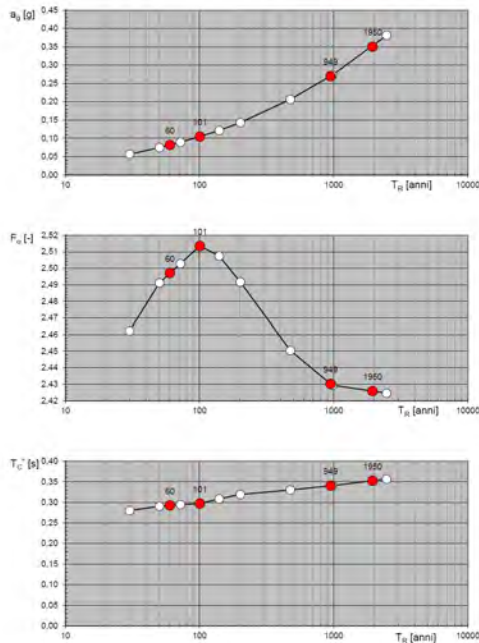
LEGENDA GRAFICO:
 - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

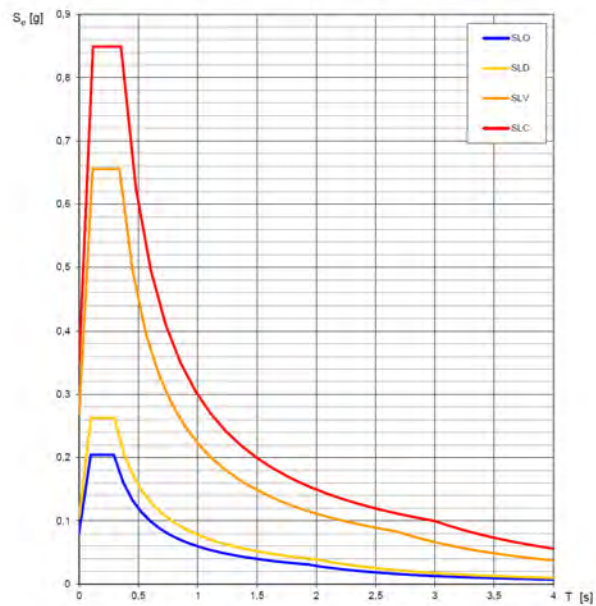
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Valori di progetto dei parametri a_g , F_p , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_p , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_p [-]	T_C [s]
SLO	60	0,082	2,497	0,292
SLD	101	0,105	2,514	0,297
SLV	949	0,270	2,430	0,340
SLC	1950	0,350	2,426	0,352

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Caso 1 (Terreno B)

-

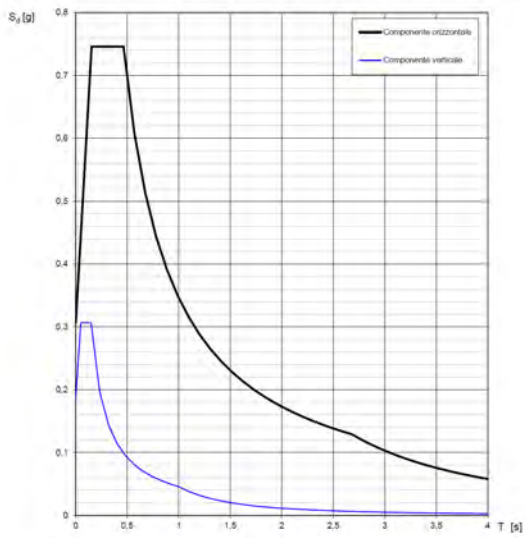
Caso 2 (Terreno C)



Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

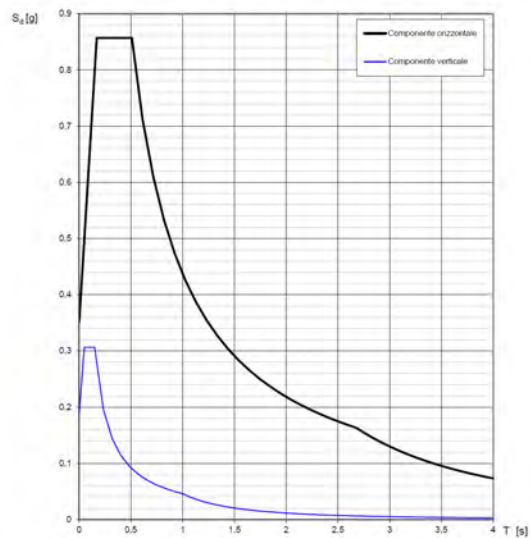
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area d'interesse è ubicata tra circa 2,0 Km N-W dal centro abitato di Apricena (Campi "Cave", - San Giovanni), circa 3,0 km S-W dal centro abitato di Apricena (Campi "Podere Camilli - Corrado").

La quota dei siti è compresa tra i 132 e i 138 m s.l.m., campi "S. Giovanni", tra i 41 e i 45 m s.l.m., campi "Podere Camilli - Corrado".

Le superfici occupate dai singoli campi risultano essere rispettivamente:

- San Giovanni (cave) → ha 43,77
- Podere Camilli - Corrado → ha 60,97

Cartograficamente le aree sono ubicate nelle Tavole IGM 1:25.000 – Tav. 155 II NE "Apricena" e 155 II SE "San Severo" (S.Giovanni, Camillo-Corrado), Tav. 163 I NE "Masseria Faralla" (Sottostazione); su cartografia CTR 5.000 ricadono negli elementi nn. 383132-383143-396011-396024 (Campi Cave - S. Giovanni), nn. 396021-396022-396024 (Camilli-Corrado) e nn. 408011 (Sottostazione SSE).

Il territorio presenta una morfologia tipica dell'alta pianura foggiana, al margine con il rilievo garganico che, a partire da queste zone, si erge nella sua parte più occidentale.

In particolare ci troviamo alle pendici del rilievo garganico occidentale, dove il basamento carbonatico mesozoico comincia ad essere sottomesso ai depositi marini e poi alluvionali della parte alta del bacino del T. Candelaro che borda poi il rilievo lungo tutta la fascia occidentale e meridionale.

In questa zona infatti sono presenti basamenti carbonatici affioranti come estensione del rilievo garganico, in corrispondenza dell'Horst di Apricena (alto strutturale – Bacino Marmifero di Apricena), ribassato poi progressivamente verso sud e mascherato da formazioni sabbiose calcarenitiche ed alluvionali.

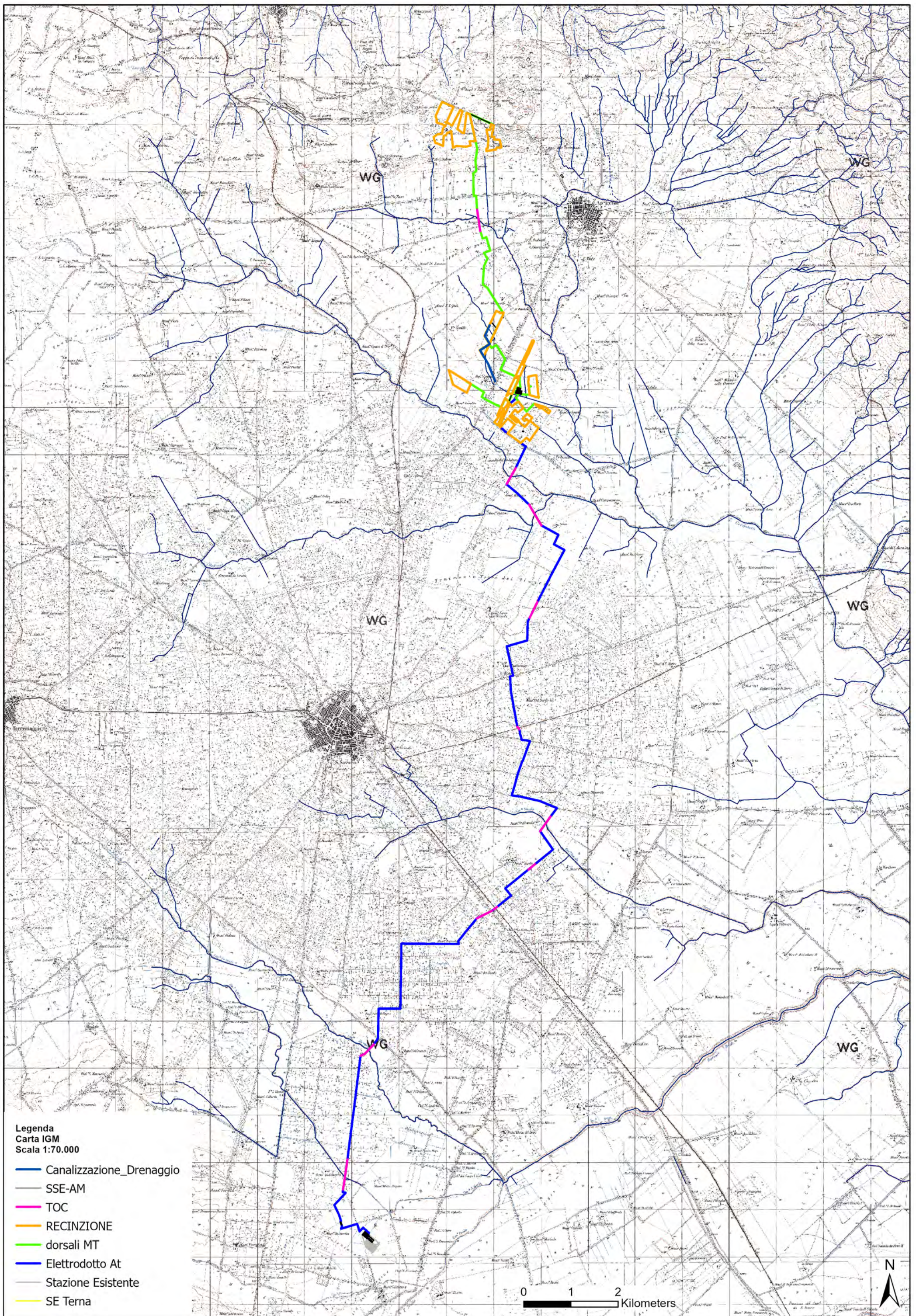
La principale linea d'impiuvio della zona è rappresentata dal C.le S. Martino, che partendo dalle pendici del rilievo garganico borda il centro abitato di Apricena sul lato ovest e scorre poi in direzione sud, per confluire alcuni chilometri più a sud nel T. Candelaro.

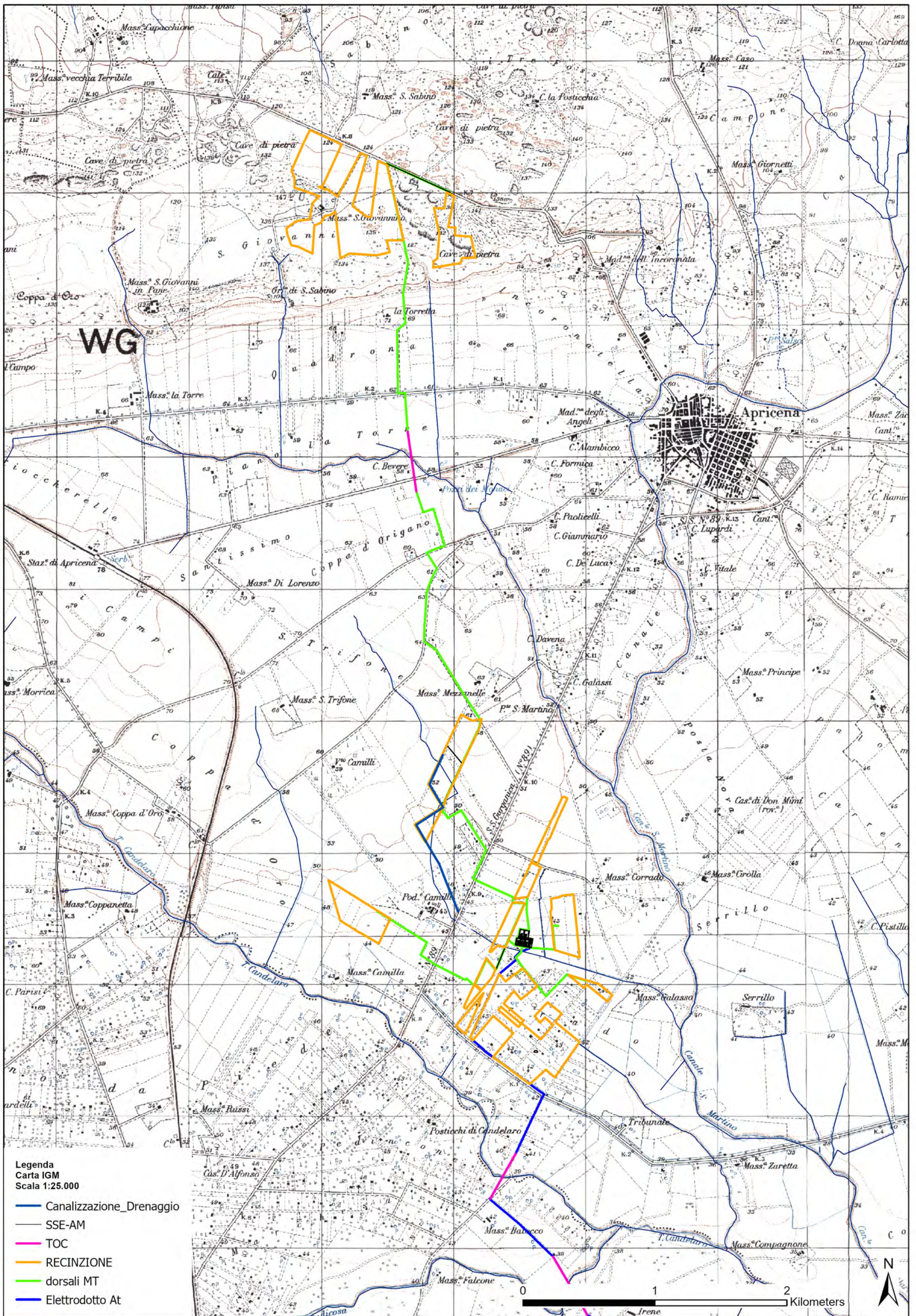
Il progetto in essere prevede due aree di insediamento dei campi produttivi, di cui uno posto in corrispondenza del dominio dei calcari mesozoici (basamento carbonatico) ed uno in corrispondenza del dominio deposizionale di depositi plio-pleistocenici marini e continentali (Sabbie di Serracapriola – Depositi alluvionali terrazzati).

Le aree (Podere Camilli - San Giovanni - Corrado) poste nel dominio del basamento carbonatico interessano sostanzialmente siti generalmente destinati ad attività estrattiva, cave di calcare / calcarenite, attive, in via di

esaurimento e/o dismesse, mentre l'area "Cave" è sita in corrispondenza del dominio sedimentario continentale (Depositi alluvionali terrazzati) è impostata sostanzialmente in corrispondenza delle aree deposizionali marine della formazione delle Sabbie di Serracapriola, in corrispondenza , e/o nei dintorni dell'attuale zona Z.I. SS 89 del Comune di Apricena.

Nelle aree di insediamento dei campi non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili rilevate e/o segnalate, anche in virtù del fatto che, i campi posti in corrispondenza delle cave risultano impostate in corrispondenza di litotipi particolarmente tenaci (Calcari di Apricena), estratti in blocchi e lastre, con elevatissima capacità portante intrinseca, mentre per le aree poste a sud, in Zona Industriale SS89, i litotipi presenti, rappresentati da sabbie e calcareniti poste in aree praticamente tabulari.



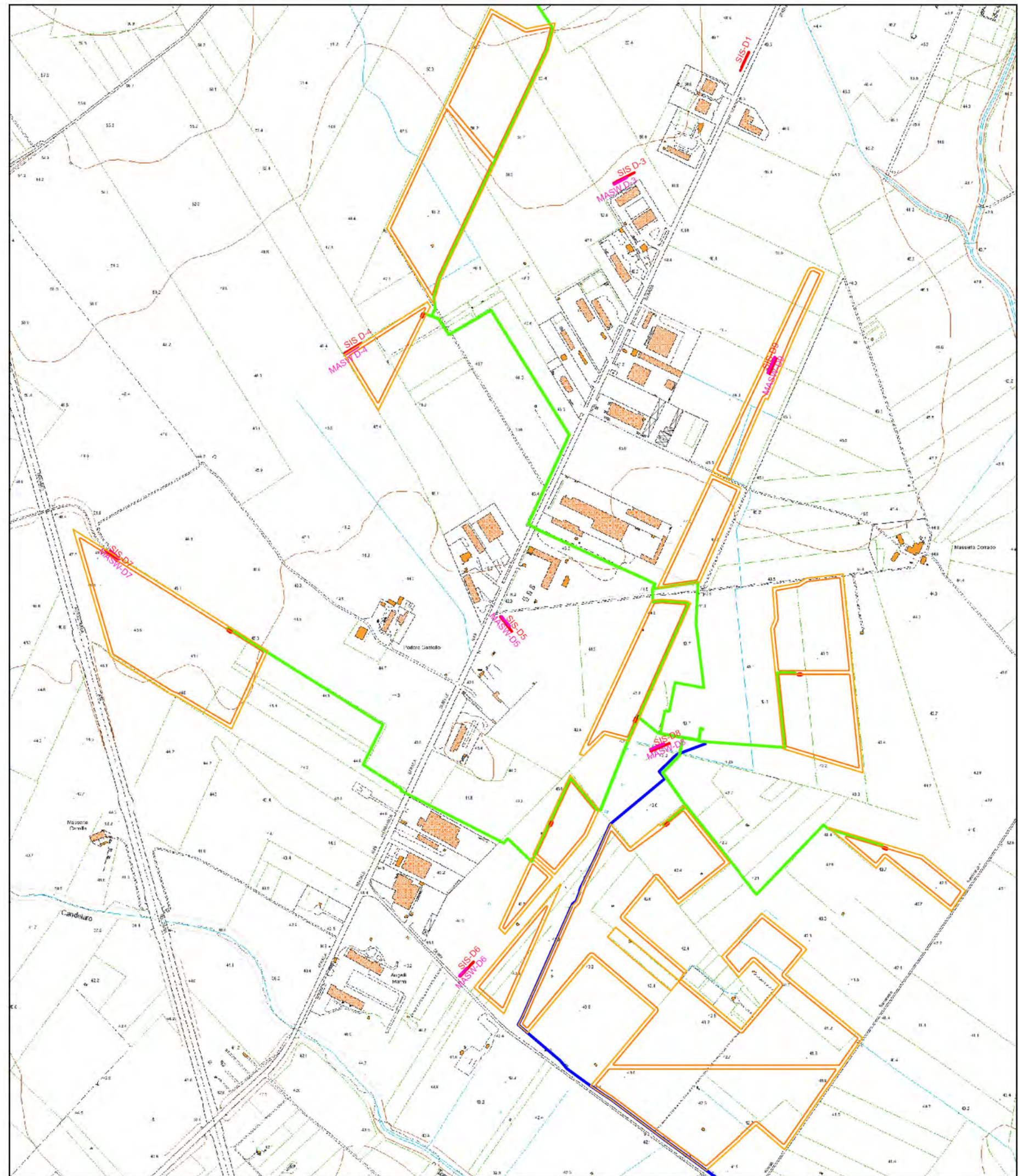
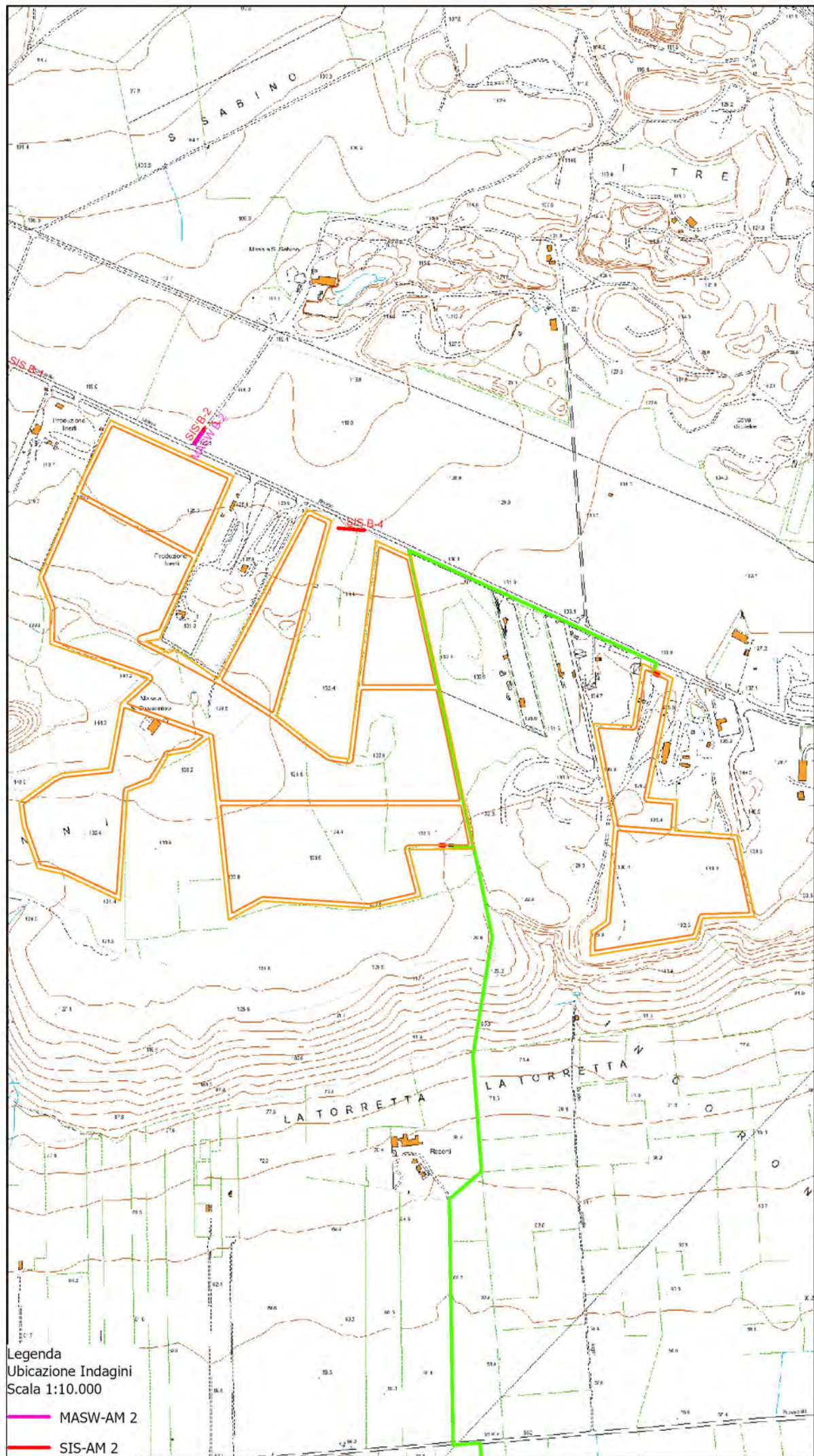


Legenda
 Carta IGM
 Scala 1:25.000

- Canalizzazione_Drenaggio
- SSE-AM
- TOC
- RECINZIONE
- - - dorsali MT
- Elettrodotto At

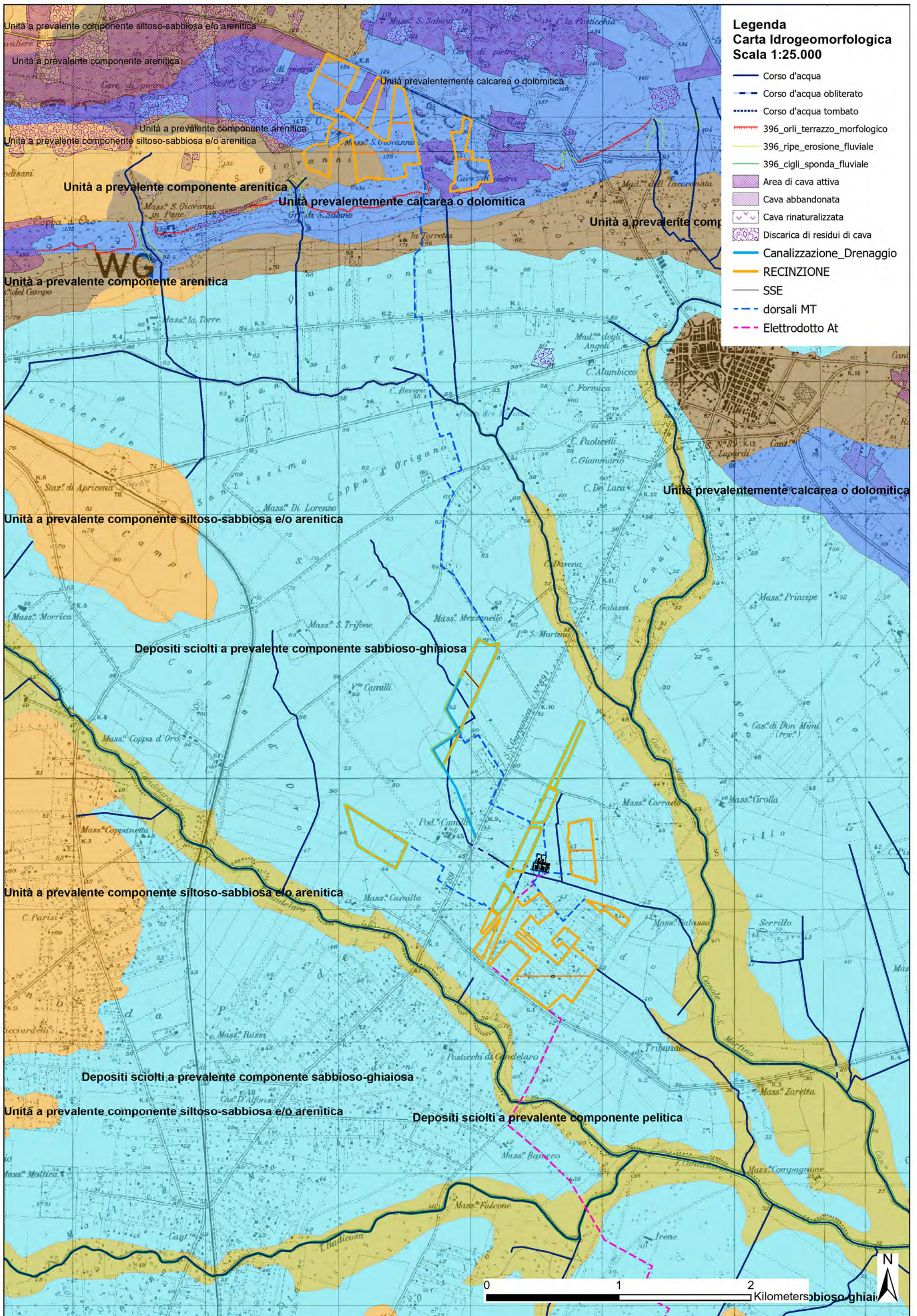
0 1 2 Kilometers





Legenda
Carta Idrogeomorfologica
Scala 1:25.000

- Corso d'acqua
- - - Corso d'acqua obliterato
- ⋯ Corso d'acqua tombato
- ⋯ 396_orli_terrazzo_morfologico
- ⋯ 396_ripe_erosione_fluviale
- ⋯ 396_cigli_sponda_fluviale
- Area di cava attiva
- Area di cava abbandonata
- Area di cava rinaturalizzata
- Discarica di residui di cava
- Canalizzazione_Drenaggio
- RECINZIONE
- SSE
- - - dorsali MT
- ⋯ Elettrodotto At



5. P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO

Sotto il profilo del rischio geomorfologico del P.A.I., le aree di insediamento dei campi fotovoltaici risultano essere tutte esterne a qualsiasi area individuata dal Piano sia per quanto riguarda il rischio geomorfologico, sia per quanto riguarda il rischio alluvionamento.

Il P.A.I. di riferimento è quello dell'Autorità di Bacino Competente (Autorità di Bacini Distrettuale dell'Appennino Meridionale – zona di competenza AdB Puglia).

Trovandoci in presenza di litotipi consistenti, sabbie addensate in zone di cresta, non sono segnalate aree né sottoposte a rischio idraulico, né a rischio geomorfologico.

Con riferimento al reticolo idrografico riportato nella cartografia Idrogeomorfologica, l'area Zona Industriale, risulterebbe interessata da una linea d'impluvio secondaria, che attualmente risulta essere già stata modificata dalla realizzazione di opere di drenaggio in corrispondenza dell'asse stradale della SS89, pertanto non più coincidente con il reticolo cartografato; per il tratto a monte delle opere di cui sopra il progetto prevederà una regimentazione delle acque scolati di monte con riadattamento e ridimensionamento della canalizzazione semi-naturale già esistente e convogliamento controllato presso il recapito della cunetta lungo la SS89, in modo da eliminare in maniera controllata qualsiasi tipo di divagazione delle acque superficiali nelle aree di insediamento dei campi produttivi.

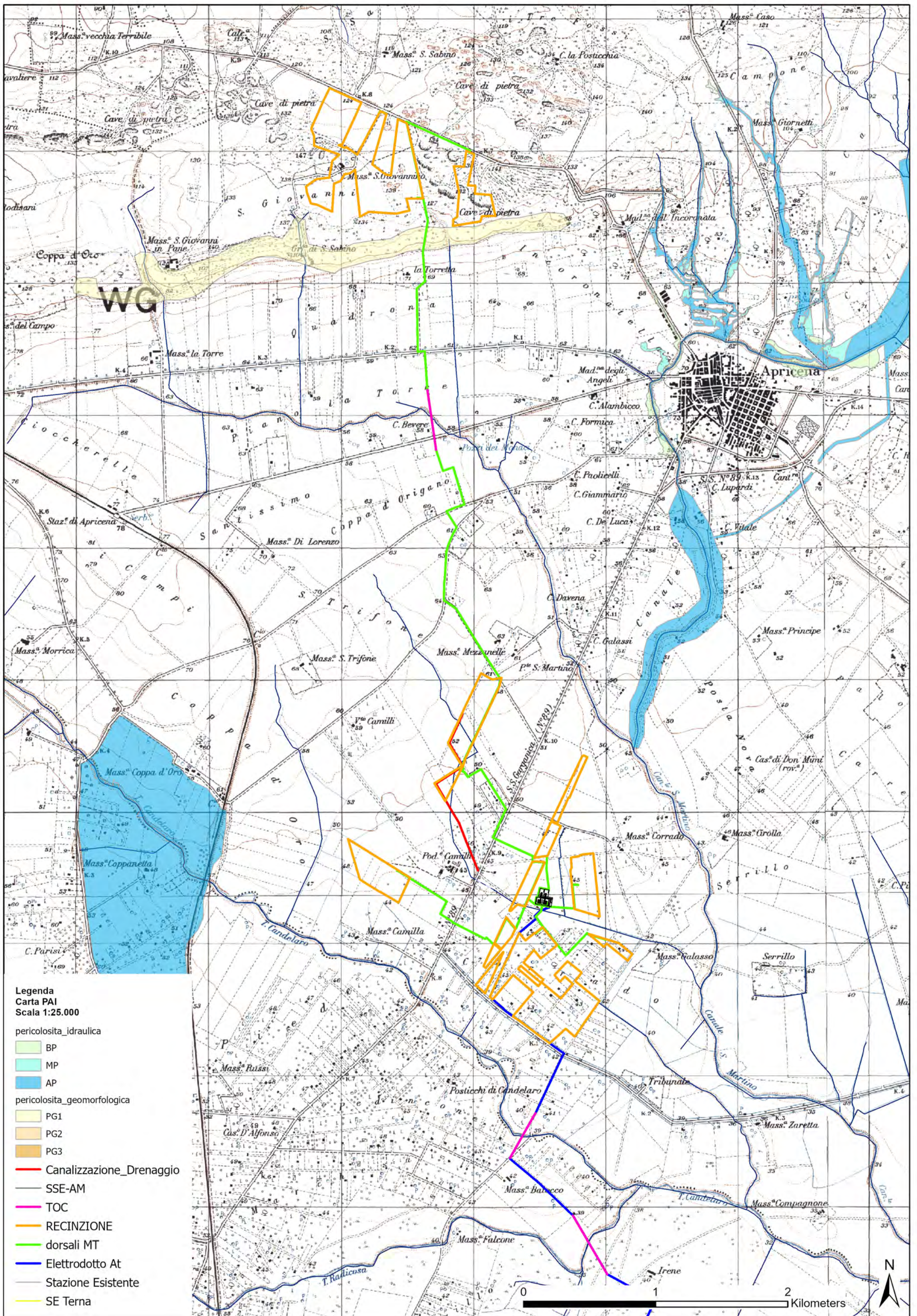
Per gli attraversamenti, delle opere strutturali di collegamento (Cavidotti), in corrispondenza degli assi stradali ed il reticolo idraulico secondario, verrà preferita la tecnica di posizionamento dei cavi di tipo TOC, in sottopasso dell'elemento lineare da superare, invece dello scavo a cielo aperto in trincea.

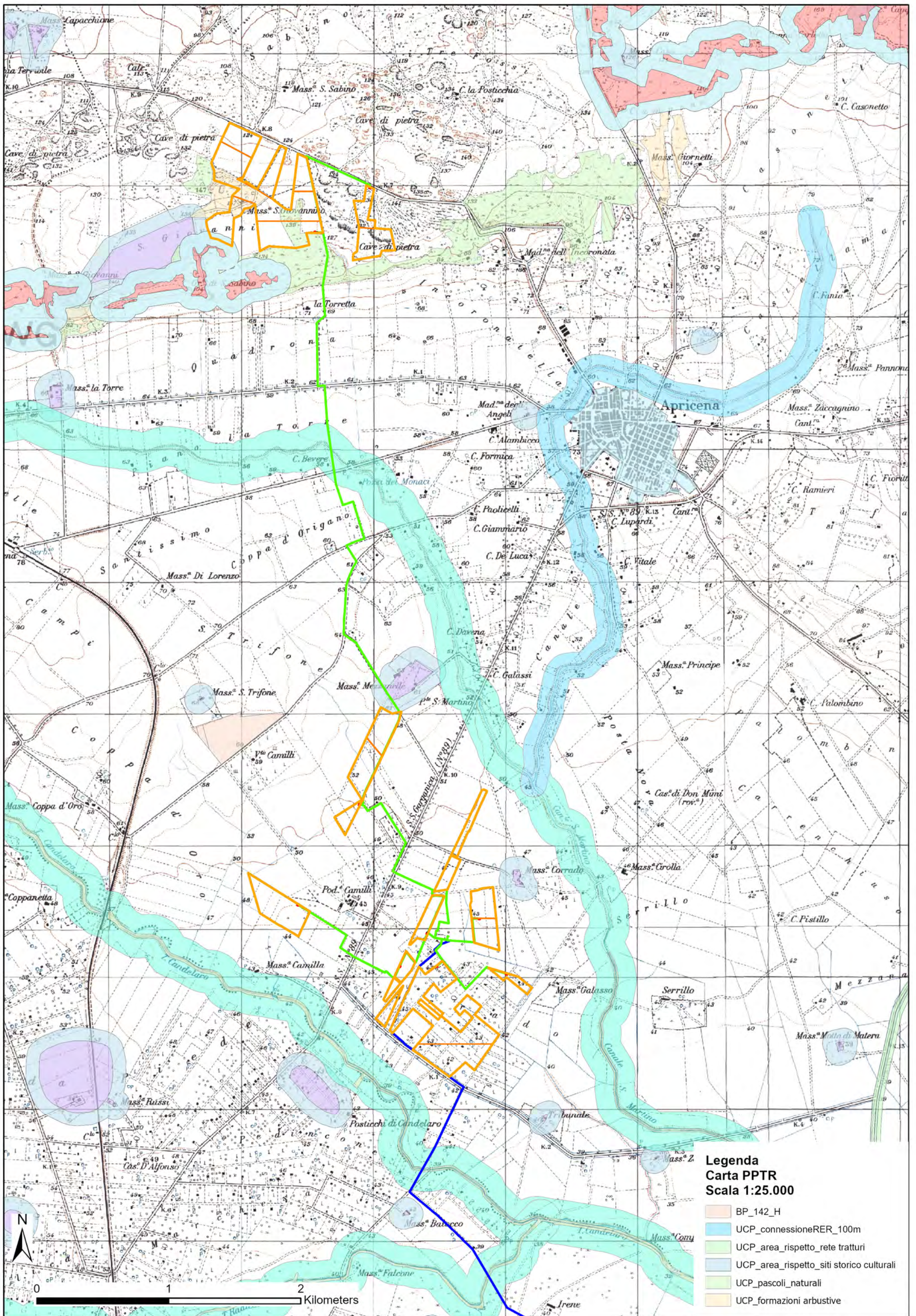
Non si è inteso eseguire verifiche di stabilità dei versanti, trattandosi di superfici prossime alla tabularità

6. PPTR

In riferimento al Piano Paesaggistico Regionale vigente (P.P.T.R.), le aree di insediamento risultano essere quasi totalmente esterne ad aree perimetrate da Beni Paesaggistici (BP) e (UCP); solo una porzione dei siti compresi in località S. Giovanni, ricadono parzialmente in aree perimetrate UCP Pascoli naturali e Formazioni arbustive, nonostante rientrino alle aree individuate dal Piano Estrattivo della Regione Puglia, pertanto soggette ad estrazione.

L'intervento in queste aree, che prevede il recupero appunto di aree estrattive non è in contrasto con gli indirizzi, anche in virtù della natura strutturale che vede la realizzazione di pali infissi (vitoni) di sostegno ai pannelli fotovoltaici.





Legenda
Carta PPTR
Scala 1:25.000

- BP_142_H
- UCP_connesioneRER_100m
- UCP_area_rispetto_rete tratturi
- UCP_area_rispetto_siti storico culturali
- UCP_pascoli_naturali
- UCP_formazioni arbustive

7. IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA'

In riferimento alla presenza di falde nell'area d'interesse, è da rilevare che la cartografia relativa alle piezometriche di zona rappresentano la piezometrica (cfr. Carta Isopieze) essere posta a quote comprese tra 10 e 15 sul l.m., pertanto, confrontando le stesse con le quote specifiche dei singoli siti, la piezometrica è soggiacente a non meno di 10-15 m. dal p.c. più.

La falda prevalente presenti in loco è rappresentata da falda a circolazione carsica posizionata in corrispondenza della formazione carbonatica, rinvenibile a quote non inferiori ai 50-100 m. al di sotto della quota base del mare, con evidenti caratteri di falda in pressione, risalita e stabilizzazione della tavola d'acqua alcuni metri al di sopra di esso.

Pertanto il rinvenimento della stessa avviene a non meno di 50-100 m. dal p.c. (Acquifero Carsico)

ACQUE SOTTERRANEE

L'acqua meteorica ricadente nel bacino di interesse, in parte si infiltra, occupando ed alimentando direttamente la falda superficiale (di modesta capacità) contenuta nelle formazioni sabbioso-ghiaiose ed alluvionali terrazzate, in parte si concentra in piccoli fossi e scoline artificiali di drenaggio agricolo, conflueno presso le principali aste di drenaggio (F. Fortore); i fossi di cui prima sono attivi solo in caso di eventi meteorologici di importante consistenza pluviometrica, mentre non sono state rilevate presenze di emergenze sorgive in zona.

L'infiltrazione e la circolazione delle acque sotterranee nelle formazioni alluvionali e sabbioso-ghiaiose di base possono avvenire esclusivamente in forma diffusa per porosità di interstizi, andando ad alimentare la falda contenuta posta alla base dei livelli prevalentemente impermeabili a componente argillosa.

Questa falda si rinviene al tetto delle formazioni argillose plio-pleistoceniche delle argille grigio azzurre, tra i 40-80 m. dal p.c., alla base dei depositi sabbiosi delle Sabbie di Serra Capriola e dei Conglomerati di Campomarino, che in queste zone raggiungono potenze dell'ordine dei 50-100 metri, tipica della fascia costiera di Serracapriola.

7.1. PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI

La localizzazione in profondità e l'estensione degli acquiferi sono determinate dall'alternanza delle formazioni idrogeologiche permeabili e semipermeabili.

In base alla presenza di una dislocazione verticale del substrato carbonatico, caratterizzato da circolazione primaria per fratturazione e carsismo, affiorante o su cui sono sovrapposte formazioni di depositi sedimentari a granulometria variabile tra le argille, le sabbie e ghiaie, dal punto di vista idrogeologico nell'area in esame si

può distinguere una sola falda idrica utile avente caratteristiche di permeabilità variabile in funzione della maggiore o minore componente limo-argillosa presente nella formazione che la contiene (Sabbie di Serracapriola-Alluvioni Terrazzate) o nel maggiore/minore grado di cementazione della facies conglomeratica.

COLONNA STRATIGRAFICA	LITOTIPI PREVALENTI	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE	ETA'	PERMEABILITA'		UNITA' IDROGEOLOGICHE
				TIPO	GRADO	
	Limi argillosi e sabbie siltose	Depositi lacustri	Olocene	Primaria (porosità d'interstizi)	Da poco permeabile ad impermeabile	Acquitrardo
	Ghiaie e sabbie stratificate da poco a mediamente addensate con lenti limose	Depositi marini e alluvionali, terrazzati e non	Olocene-Pleistocene medio superiore		Mediamente permeabile	Acquifero alluvionale
	Limi argillosi con intercalazioni di sabbie	Argille Subappennine	Pleistocene inferiore -Pliocene medio	Secondaria (fessurazione e/o carsismo)	Impermeabile	Acquicludo
	Calcareniti a grana grossolana, tenere, porose "Tufo calcareo"	Calcareniti di Gravina			Poco permeabile	Acquifero sabbioso
	Calcarei detritico-organogeni	Calcareniti bioclastiche e Calcarei massicci di scogliera	Miocene superiore		Da poco a mediamente permeabile	Acquifero carsico
	Calcarei e dolomie, stratificati e fratturati, a luoghi, carsificati	Calcarei delle Murge	Cretaceo inferiore-Giura superiore		Da mediamente permeabile a molto permeabile	

Fig. 1 Serie idrogeologica delle Unità dell'Avanfossa appenninica.

Estratto da Tesi di Laurea Di Lella Nazario in Idrogeologia e Geotermia – Univ. Di Bari Dip. di Geologia e Geofisica "Caratteri della circolazione idrica profonda del Tavoliere"

Sulla scorta di una stima indiretta del grado di permeabilità di ciascuna unità della locale serie litostratigrafica, basata sulla osservazione e correlazione di parametri diversi (fessurazione, grado di addensamento, granulometria predominante, cadenti piezometriche, ecc..), le condizioni idrogeologiche delle rocce presenti nel territorio risultano quelle schematizzate in Tabella 1.

TABELLA N°1

FORMAZIONE	PERMEABILITÀ	LITOLOGIA	FALDA
Alluvioni e depositi marini sabbiosi/ghiaioso-conglomeratici	per porosità intergranulare e interstratale	Sabbioso-limoso sciolta incoerente / parzialmente coerente e ghiaie conglomeratiche	superficiale
Argille grigio azzurre e limi sabbiosi	porosità solo di tipo interstiziale (impermeabili)	sciolta coerente	assente
Basamento Calcereo mesozoico	permeabile per fessurazione e carsismo	lapidea	falda profonda

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito. In particolare le

facies delle argille plioceniche grigio azzurre sono da ritenersi dotate di scarsa permeabilità e rappresentano il letto della falda superficiale posizionata in corrispondenza delle formazioni alluvionali e sabbiose sovrastanti.

I calcari sono invece dotati di permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo.

In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati secondo il tipo di permeabilità.

➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare**

A questa categoria sono correlabili le rocce sciolte di natura sabbiosa-limosa inerenti all'area in esame, attribuibili ai "Depositi alluvionali e marini terrazzati".

Tali depositi hanno medie capacità di contenimento e di trasmissione idrica e pertanto svolgono, assieme alla componente calcarenitica dei depositi marini terrazzati, il ruolo idrostrutturale di acquifero superiore, vale a dire contengono una falda superficiale di modesta entità.

Permeabilità: Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra $1,0 \times 10^{-4}$ e $1,0 \times 10^{-6}$ cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare ed interstratale**

A questa categoria sono correlabili i depositi sciolti di natura calcarenitica sabbiosa e ghiaiosa. La porosità efficace di tali rocce risulta non trascurabile, difatti, sono considerate mediamente permeabili e svolgono il ruolo idrostrutturale di acquifero superficiale, vale a dire, di contenitore della falda superficiale pleistocenica, attribuibile alle unità basali delle "Sabbie e ghiaie di deposizione marina".

Permeabilità: Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra $1,0 \times 10^{-3}$ e $1,0 \times 10^{-5}$ cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

➤ **Terreni impermeabili**

I terreni riconducibili alla formazione delle Argille grigio azzurre plioceniche, poiché dotate esclusivamente di porosità di tipo interstiziale, hanno grande capacità di contenimento idrico e, al contrario, la trasmissività risulta essere nulla. Sono attribuibili queste caratteristiche idrogeologiche alle unità argillose plioceniche.

Il ruolo idrostrutturale cui assurgono le rocce argillose in oggetto risulta essere quello di acquicludo e di base impermeabile per l'acquifero superiore.

Permeabilità: Acquicludo, è definita da un Coefficiente di Conducibilità molto basso $1,0 \times 10^{-5}$ e $1,0 \times 10^{-7}$ cm/sec. Risulta comunque essere contenitore di una modesta falda discontinua in corrispondenza di livelli

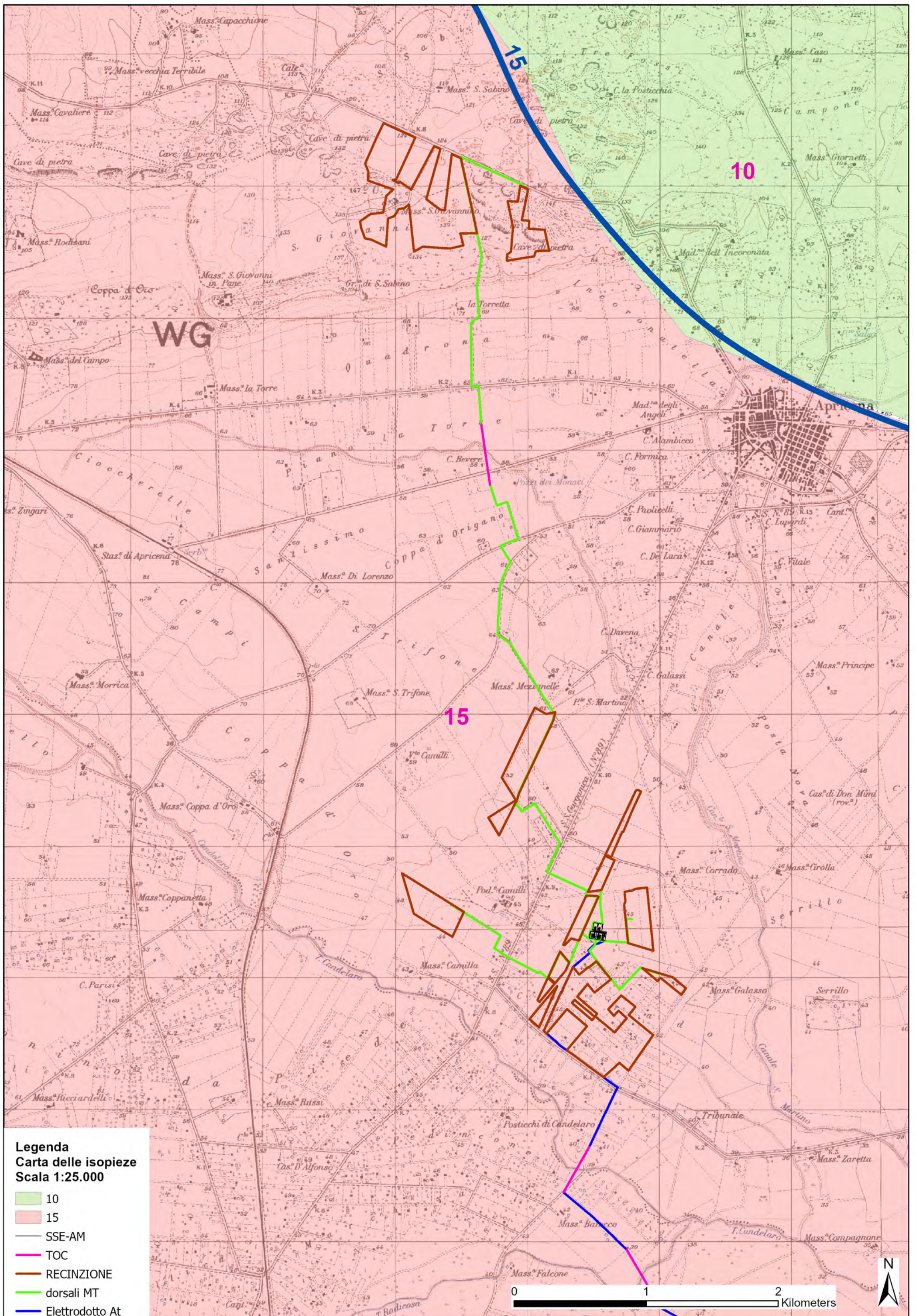
prevalentemente sabbioso fini, posti a quote prossime ai 300-500 m. dal p.c. rappresentante la cosiddetta Falda intermedia Pliocenica, rinvenibile esclusivamente ed in maniera discontinua nei territori dell'alto Tavoliere (sud di Torremaggiore, Sud di S. Severo, Nord di Lucera).

➤ **Rocce permeabili per fessurazione e per carsismo**

Sono rappresentati dai calcari del cretaceo. Più che un acquifero vero e proprio sfruttabile, in questa zona dove il basamento carbonatico è posto a quote elevate, rappresentano acque connate legate a bacini di accumulo petrolifero e gassoso. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (Calcarea e calcareo-dolomitica).

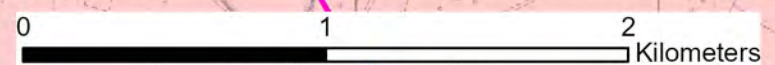
L'elevata capacità di contenimento e di circolazione idrica, e l'elevata porosità efficace, rendono i calcari in oggetto idonei a svolgere il ruolo idrostrutturale di acquifero inferiore, ovvero di contenitore per la falda carsica profonda, direttamente collegate, come bacino di alimentazione, con la circolazione delle acque appartenenti all'Idrostruttura profonda del tavoliere e della fascia pedegarganica.

Permeabilità: Primaria, per fessurazione e carsismo, e definita da un Coefficiente di Conducibilità Idraulica variabile tra $1,0 \times 10^{-6}$ e $1,0 \times 10^{-2}$ cm/sec, con valori medi dell'ordine di $1,0 \times 10^{-3}$ cm/sec, in funzione del grado di fatturazione e fessurazione del basamento carbonatico.



Legenda
Carta delle isopieze
Scala 1:25.000

- 10
- 15
- SSE-AM
- TOC
- RECINZIONE
- dorsali MT
- Elettrodotto At



8. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI

I siti d'insediamento, sulla base di quanto riportato nella carta Geologica d'Italia 1:100.000 (F. 155), ricadono nella fascia di affioramento dei "**Ci-Gs - Calcari di Sannicandro**" Calcari compatti criptocristallini, biancastri, talora rosati o bruni, in grossi strati o banchi, per i siti Tre Fossi, nella fascia di affioramento delle "**Qc - Sabbie di Serracapriola**" Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, per i siti Zona Industriale.

8.1.SERIE PRESENTI IN AREA:

Ci-Gs - Calcari di Sannicandro: Calcari compatti criptocristallini, biancastri, talora rosati o bruni, in grossi strati o banchi, con rare intercalazioni di dolomie e calcari oolitici; macrofauna a rari lamellibranchi e nerinee indeterminabili. Cretacico inf.- Malm (b).

Trattasi di calcari biancastri, talora rosati, bruni o grigi, in grossi strati o banchi, con rare intercalazioni di dolomie biancastre e calcari oolitici. Questi calcari, di ambiente biostromale, passano lateralmente alla Formazione di Monte la Serra ed affiorano nel foglio per uno spessore di 300 m circa.

M3 - Calcareniti di Apricena: Calcareniti biancastre e giallastre, organogene, a stratificazione non sempre netta (M3); alla base è frequente un orizzonte di brecce a cemento calcareo rossastro (Mb3); trasgressive sul Mesozoico del Gargano; microfauna a: *Orbulina suturalis* BRONNIMANN, 0. *Universa*, D'ORB., *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *Globigerinoides triloba* (REUSS). Serravalliano (b).

Affiorano al margine orientale del foglio in una larga fascia, che dall'abitato di Apricena si estende verso i laghi di Lesina e di Varano. Si tratta di calcareniti chiare, biancastre, giallastre, per lo più fortemente cementate, in strati o banchi di vario spessore, dai giunti non sempre netti; la grana è variabile: talvolta si passa a calcilutiti un po' marnose, tal'altra a brecciole ricche di frammenti organogeni (tra cui ceritidi), frequenti in tasche alla base della serie.

Qc - Sabbie di Serracapriola: Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, a stratificazione spesso indistinta con intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani e di argille; abbondante macrofauna a gasteropodi e lamellibranchi (*Ostrea*, *Pecten* ecc.); microfauna a *Bulimina marginata* D'ORB., *B. fusiformis* WILL., *Eponides frigidus granulatus* DI NAP., *Ammonia beccarii* L.. Cabriano-Pliocene sup.?

Le Sabbie di Serracapriola sono costituite prevalentemente da sabbie giallastre quarzose in grossi banchi, a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie abbastanza ben cementate, argille biancastre o verde chiaro. Non mancano i livelli lentiformi di conglomerati ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi.

Poggiano in concordanza sulle Argille di Montesecco, alle quali passano gradualmente per alternanze, con locali fenomeni di eteropia. Il limite fra le due formazioni è stato posto convenzionalmente ove iniziano banchi

sabbiosi più potenti, caratterizzati dalla presenza di intercalazioni arenacee, con locali episodi di sedimentazione più grossolana. Ove il passaggio è più netto, le Sabbie di Serracapriola spiccano con evidenza morfologica sulle tenere argille sottostanti.

Nella zona di Apricena le Sabbie di Serracapriola poggiano direttamente in trasgressione sui terreni mesozoici e miocenici del Gargano. Mentre nella parte occidentale del foglio le sabbie sono quarzose e più grossolane, nella zona orientale (Torremaggiore, S. Severo) esse diventano molto più argillose e a grana più fine. Si presume che in questa zona le Sabbie di Serracapriola comprendano un intervallo stratigrafico più esteso che nel resto del foglio, in parziale eteropia con le Argille di Montesecco; lo spessore della formazione, che è normalmente di circa 30 m, diventa qui più considerevole.

Fra i macrofossili rinvenuti prevalgono i lamellibranchi a guscio più spesso (Ostrea, Pecten). Dal punto di vista micropaleontologico non si è notata una evidente differenza rispetto alla parte superiore delle argille sottostanti, salvo una maggiore scarsità o povertà di forme, per cui il problema dell'attribuzione al Pliocene superiore o al Calabriano si pone nei termini già discussi.

Peraltro anche SELLI non esclude la presenza del Calabriano nella parte alta delle Sabbie di Serracapriola. In un pozzo nei pressi di S. Severo (località S. Antonino da Piede) è stato rinvenuto a pochi metri di profondità un molare di *Elephas antiquus* FALC.; G. CHECCHIA RISPOLI (1900) ritiene che tale reperto si trovi rimaneggiato in terreni di origine marina, verosimilmente nelle Sabbie di Serracapriola. Non si esclude però che esso faccia parte dei sedimenti alluvionali di età più recente trasportati dai vicini corsi d'acqua.

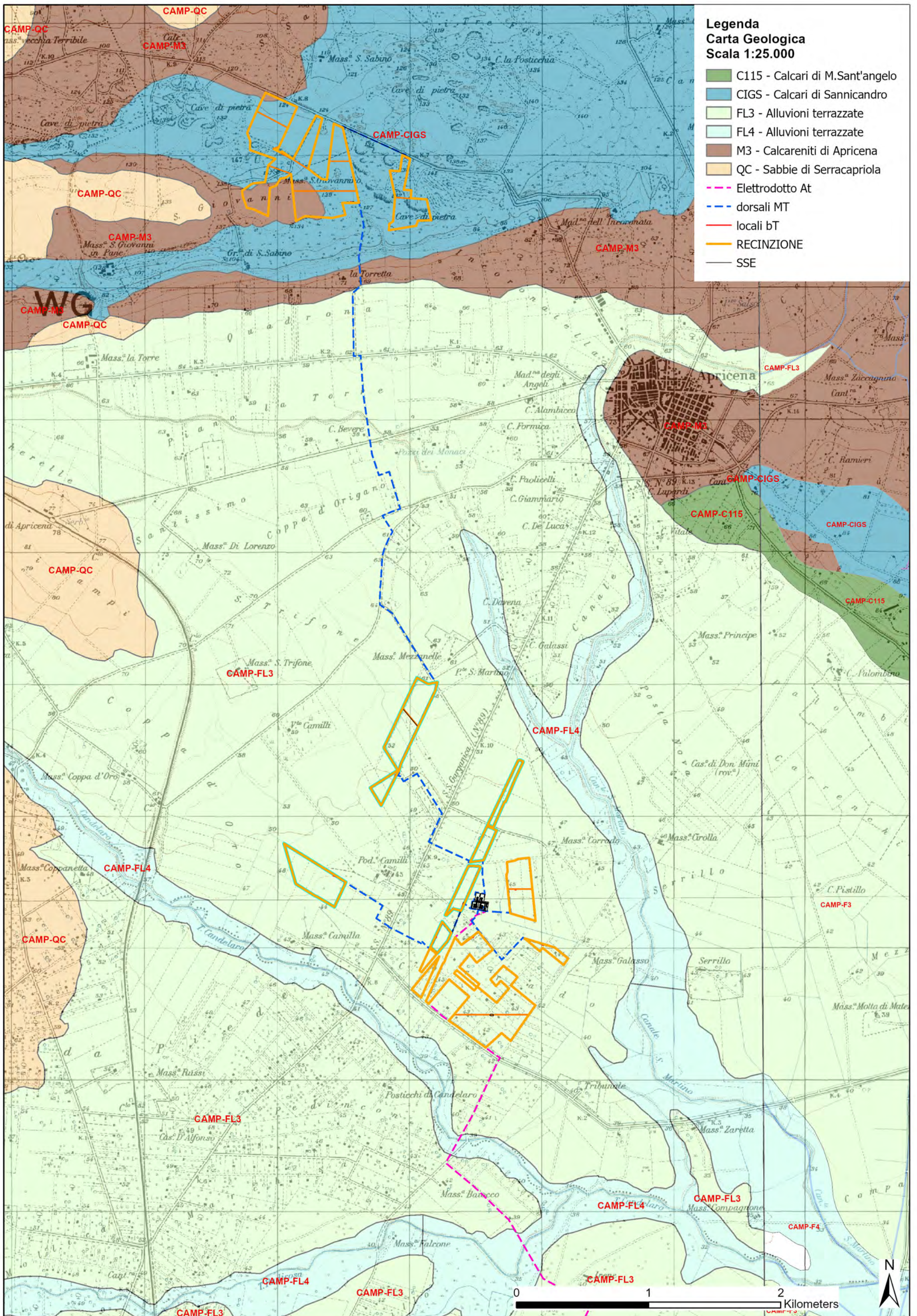
fl³ – Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine di Terrazzi.

Si tratta di depositi più fini dei precedenti con prevalenza di sabbie e argille e rari livelli ghiaiosi. Essi sono stati individuati lungo il F. Fortore, ove costituiscono una piattaforma estesa specie sul versante destro del fiume. Lo spessore del sedimento è dell'ordine di qualche metro ed il suo dislivello sull'attuale alveo del fiume nella zona meridionale del foglio è di circa 40 m. Il terrazzo è evidente solo fino all'altezza del Ponte di Civitate: più a N è di difficile separazione da fl².

fl⁴ - Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi.

Si tratta di limi, argille e sabbie provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici; nella parte alta del F. Fortore a questo materiale fine s'intercalano lenti di ciottoli grossolani di provenienza appenninica. Lo spessore supera i 10 m; solo raramente (lungo il F. Fortore) si osserva la base della formazione costituita da sabbie, localmente poggianti sulla superficie erosa delle argille di Montesecco.

Le alluvioni terrazzate indicate con fl⁴ costituiscono ripiani elevati al massimo di una decina di metri rispetto agli alvei attuali; verso il mare però tale valore decresce progressivamente fino ad annullarsi.



9. INDAGINI IN SITO

Per ottenere la situazione litostratigrafica locale delle aree di insediamento dei campi fotovoltaici, oltre alla esecuzione di un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, che ha evidenziato una sostanziale congruità in presenza dei litotipi riportati in cartografia geologica (depositi sabbioso-limosi terrazzati e calcari mesozoici), si è proceduto alla esecuzione di indagini geofisiche in corrispondenza delle aree dei campi d'impianto FTV.

La campagna d'indagine è consistita nella esecuzione di n° 10 profili Sismici a Rifrazione e n° 8 profili sismici di tipo MASW.

Le prospezioni Sismiche a Rifrazione (SIS) e MASW hanno consentito di determinare le caratteristiche dinamiche dei litotipi investigati, attraverso la stima delle velocità di propagazione delle onde sismiche di tipo P ed S, dei moduli elastici e la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione attraverso il calcolo della $V_{s30}/V_{s,eq}$, come richiesto dalla normativa vigente.

Per una più completa caratterizzazione del quadro geotecnico in questa fase di progettazione definitiva, in relazione alle opere che andranno a comporre i campi fotovoltaici, caratterizzati sostanzialmente da pannelli posti su strutture (pali) di sostegno delle stringhe, infissi tra 2,0/3,0 m. dal p.c., si è ritenuto sufficiente eseguire solo una campagna d'indagine di tipo geofisico, rimandando alle fasi progettuali successive un eventuale approfondimento di indagini puntuali e specifiche mirate.

9.1. METODOLOGIE IMPIEGATE

Nell'area oggetto di studio è stata applicata una specifica metodologia d'indagine geofisica, di cui vengono evidenziati brevemente i fondamenti teorici.

➤ PROSPEZIONE SISMICA DI TIPO MASW

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

Dove

h_i = spessore dello strato i -esimo;

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

N = numero di strati;

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

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

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (S_v) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della sua energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S ; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P , propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia Masw risulta particolarmente indicata in ambienti con spazature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock roccioso.

Tuttavia, un limite di tale metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

➤ **Prospezione sismica a rifrazione**

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo per la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- 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) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P; quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio.

➤ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con l'ausilio della seguente strumentazione: **Sismografo PASI mod. GEA24.** (sismica 24 canali).



9.2. MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITA' DI CAMPO

Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per i profili Masw eseguiti è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 44.0 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4.0 m;
- offset di scoppio = 2.0 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" di peso pari a 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde sismiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico.

Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di profili con acquisizione di onde longitudinali (P), aventi le seguenti configurazioni spaziali e temporali:

- lunghezza stendimento = 44.00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4.0 m;
- End shot A = 0.0 metri;

- Central Shot E = 24.0 metri;
- End shot B = 48.0 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 µsec;
- Frequenza geofoni = 4.5 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

10. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

La topografia della superficie dei siti investigati è risultata essere sub-pianeggiante; il rumore ambientale è risultato essere poco rilevante. Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'end shot esterno al 1° geofono sia per l'indagine sismica a rifrazione sia per la Masw.

10.1. Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

L'elaborazione dei dati dell'indagine sismica Masw è stata sviluppata in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software Easy MASW della Geostru.

Le curve di dispersione ed i sismogrammi sperimentali, nonché le relative sezioni elaborate sono mostrati negli allegati a corredo del presente rapporto.

Di seguito si riportano le velocità delle onde Vs relative alle basi sismiche investigate:

MASW - Campi FTV AM2.

UNITA' SIMOSTR.	Velocità (m/s) Spessore medio (m)	MASW B2	MASW D3	MASW D4	MASW D5	MASW D6	MASW D7	MASW D8	MASW D9
U.S. I	Vs →	190	144	113	197	195	213	199	160
	H →	3.3	2.7	1.3	3.6	1.7	3.0	2.2	3.0
U.S. II	Vs →	424	290	225	424	270	347	338	216
	H →	3.7	6.6	1.9	9.7	3.6	1.7	7.1	3.7
U.S. III	Vs →	705	508	866	972	1263	567	816	2.83
	H →	7.7	17.1	2.0	SEMISP.	5.3	14.4	SEMISP.	8.0
U.S. IV	Vs →	1164	638	1107	-	1600	1460	-	678
	H →	SEMISP.	SEMISP.	SEMISP.	-	SEMISP.	SEMISP.	-	SEMISP.
	V _{s30} - V _{sEQ} (m/s)	597	371	678	514	779	580	524	347
PROFILO	TERRENO TIPO	B	B	B	B	B	B	B	C

Per quanto attiene le correlazioni tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate, si rimanda il

lettore alle tabelle seguenti, suddivise per zone, con i valori medi degli spessori:

Zona Cave

SISMOSTRATI	Litologia	SPESSORE MEDIO (m)
I	Terreno vegetale – Terre rosse;	1.5/3.0
II	Terre con trovanti in roccia (cappellaccio);	3.0/5.0
II	Brecce Calcaree (Cappellaccio);	7.0/15.0
IV	Calcri Stratificati.	Semispazio

Zona Industriale

SISMOSTRATI	Litologia	SPESSORE MEDIO (m)
I	Terreno vegetale;	1.3-3.0
II	Limi sabbiosi – sabbie limose;	1.3-9.0
II	Sabbie fini;	2.0-17.0
IV	Limi argilloso-sabbiosi.	Semispazio

10.2. Elaborazione indagine Sismica a Rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software Easy Refract della GEOSTRU per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software EASY REFRACT della GEOSTRU, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

Le relative sezioni sismostratigrafiche elaborate sono mostrate negli allegati a corredo del presente rapporto.

Di seguito si riportano le velocità delle onde P relative alle basi sismiche investigate:

SISMOSTRATO	Velocità (m/s)	SIS	SIS	SIS	SIS	SIS	SIS	SIS	SIS	SIS	SIS
		B2	B4	D1	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
	Spessore medio (m)										
I	Vp →	814	728	285	299	530	498	448	360	497	379
	H →	1.0	2.0	1.5	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	2.0
II	Vp →	1089	1532	675	579	765	1047	835	902	848	718
	H →	7.0	4.0	5.0	5.0	12.0	10.0	8.5	3.5	9.5	11.0
III	Vp →	3099	2262	1192	973	1073	2226	1357	1255	1324	1112
	H →	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.	Indef.

11. CLASSIFICAZIONE SISMICA DI SITO.

Relazione di calcolo per la categoria di sottosuolo

DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»

Circolare 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento del-le "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Generalità

Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito bedrock sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del bedrock, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire "intrappolate" e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive. Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s , che costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con la seguente espressione:

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

con h_i lo spessore in metri dell'iesimo strato di terreno;

$V_{s,i}$ la velocità dell'onda di taglio media corrispondente;

N il numero di strati;

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

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

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

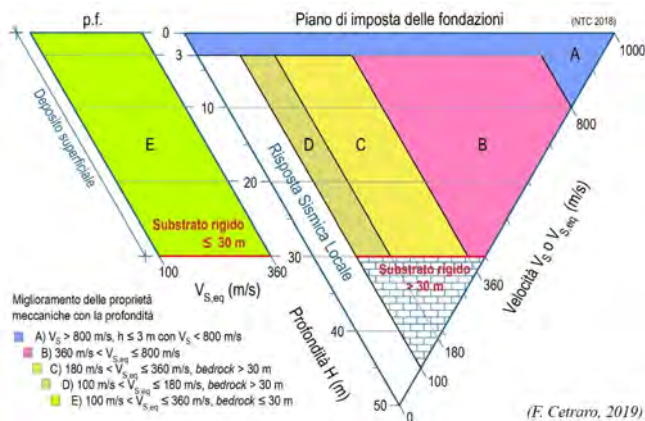


Figura 1 – Diagramma per le categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

Piano di riferimento per le opere di fondazione:

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

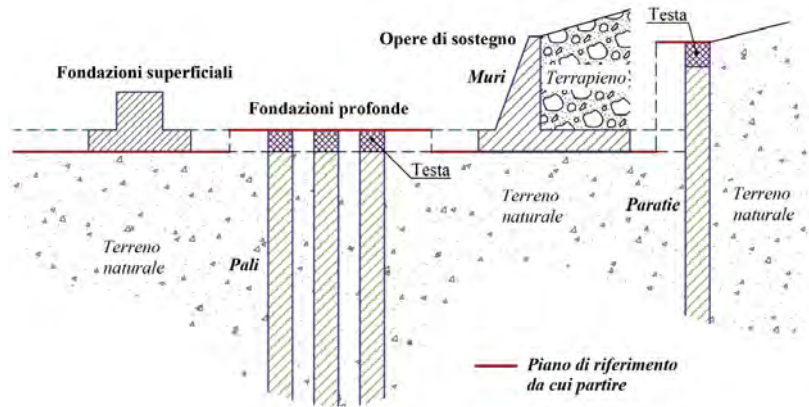


Figura 2 – Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Sulla base delle opere in progetto, la profondità del piano di fondazione è di 0,00 m dal p.c.

Risultati del calcolo

Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità VS di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

A) CAMPI FOTOVOLTAICI

- ZONA CAVE

Per l'area Campi Fotovoltaici è stato calcolato un profilo medio tra le Vs misurate nei profili MASW analizzati (A4-A7-B2).

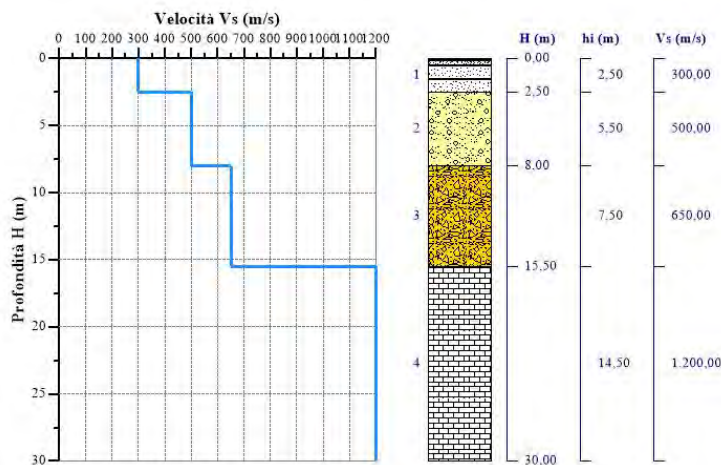
Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori, VS = velocità onde di taglio, Hcalc e hicalc sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.

Tabella 1- Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hicalc (m)	hicalc/Vs (s)
1	2,50	2,50	300,00	2,50	2,50	0,008333
2	8,00	5,50	500,00	8,00	5,50	0,011000
3	15,50	7,50	650,00	15,50	7,50	0,011538
4	30,00	14,50	1.200,00	30,00	14,50	---

Vs,eq = **502,08** m/s Categoria di sottosuolo: **B**

Descrizione: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



- **ZONA INDUSTRIALE**

Per l'area Campi Fotovoltaici è stato calcolato un profilo medio tra le Vs misurate nei profili MASW analizzati (D2-D3-D4-D5-D6-D7-D8-D9).

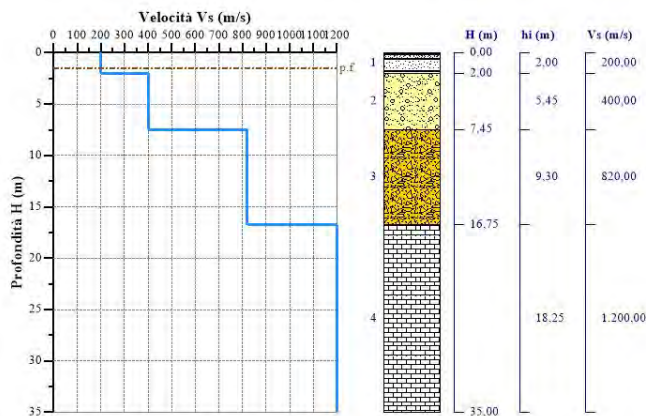
Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato, H = profondità, hi = spessori, VS = velocità onde di taglio, Hcalc e hicalc sono rispettivamente la profondità e gli spessori ricalcolati partendo dal piano d'imposta delle fondazioni.

Tabella 1- Valori utilizzati per il calcolo della categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 alle NTC 2018).

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hicalc (m)	hical/Vs (s)
1	2,00	2,00	200,00	0,50	0,50	0,002500
2	7,45	5,45	400,00	5,95	5,45	0,013625
3	16,75	9,30	820,00	15,25	9,30	---
4	35,00	18,25	1.200,00	30,00	14,75	---

Vs,eq = **368,99** m/s Categoria di sottosuolo: **B**

Descrizione: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



12. CONCLUSIONI

La presente relazione riferisce sulla situazione geologica-geotecnica tre aree ubicate in agro di Apricena sulle quali è prevista la realizzazione di "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "Apricena Agricolo" da realizzarsi su aree agricole ricadenti nella "Solar Belt" delle aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale e cave nelle località "Podere Camilli - San Giovanni - Corrado", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 88,529 MWp ed immissione di 70,4 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)", per conto della Società AM ENERGY 2 S.r.l.* con sede in San Severo (FG), Piazza T. Solis n. 128 - PEC: amenergysrl2@pec.it - C.F. e P.IVA 04351510716, (*)Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. P.IVA 03930741206.

A tal fine è stata effettuata una raccolta dei dati bibliografici disponibili ed è stato eseguito un rilevamento geologico dell'area, completato dalla esecuzione di una campagna d'indagine geofisica per la ricostruzione della situazione stratigrafica e per una prima caratterizzazione geomeccanica dei litotipi presenti in sito, giungendo a determinare la classe di appartenenza ai sensi delle NTC 2018.

Dal punto di vista litologico, il sito è ubicato in corrispondenza delle aree di affioramento di formazioni appartenenti al ciclo deposizionale mesozoico carbonatico e calcarenitico miocenico (Zona Cave), olocenico e plio-pleistocenico (Zona Industriale).


In corrispondenza dei siti è stata rilevata la presenza di depositi terrigeni agrari, sottoforma di copertura superficiale, per spessori medi 1,0-1,5 m., per passare poi alla formazione prima calcarenitica e/o calcare per le aree poste in Zona Cave, mentre nella Zona Industriale sono presenti depositi olocenici appartenenti alle coperture dei terrazzi alluvionali sovrapposte a deposizioni plio-pleistocenici di deposizione marina.

Nell'ambito delle profondità di interesse non sono presenti falde superficiali, mentre una falda di modesta entità è rinvenibile a non meno di 50/70 m. dal p.c., alla base dei depositi marini pleistocenici a contatto con i litotipi torbiditici plio-pleistocenici (Argille grigio-azzurre); nel dominio carbonatico, la falda è rinvenibile a profondità non inferiori ai 50 m. al di sotto del livello base del mare.

Le aree d'insediamento dei campi produttivi si presentano sostanzialmente stabili, senza particolari manifestazioni evidenti di dissesto in atto o prevedibilmente in preparazione e, dalle indagini esperite, ai sensi delle NTC 2018, i siti dei "Campi Fotovoltaici" possono essere classificati come Profilo di Tipo "B" per le aree Zona Cave, di Tipo "B" per la Zona Industriale.

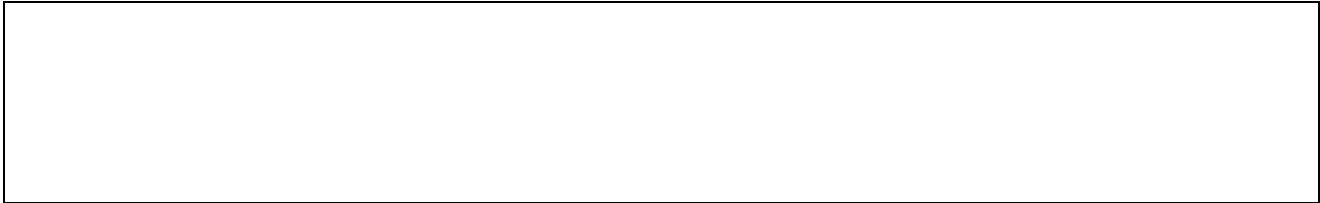
Per tutto quanto considerato nel presente Studio, si può affermare che, per quanto di competenza, non sussistono impedimenti di natura Geologica – Geotecnica alla realizzazione delle opere di progetto.

Apricena, Marzo 2023

A circular blue stamp from the "Ordine dei Geologi Puglia" (Order of Geologists Puglia). The stamp contains the text: "Dott. Geol. Nazario Di Lella", "N° 345", and "PUGLIA". A handwritten signature in black ink is written over the stamp. To the right of the stamp, the text "Dott. Geol. Nazario Di Lella" is printed.

Dott. Geol. Nazario Di Lella
Dott. Geol. Nazario Di Lella

ALLEGATO 1 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (SISMICA A RIFRAZIONE)



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS - B4

	Data: luglio 2022
	Il committente AM-2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

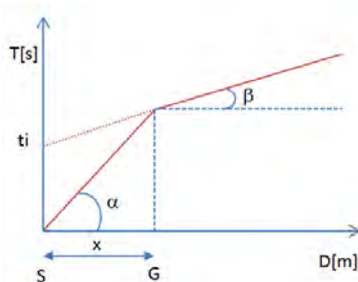
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

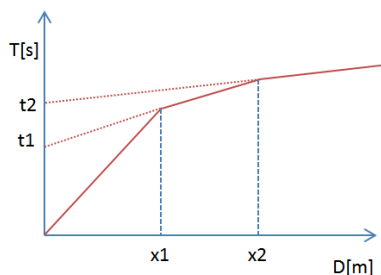
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

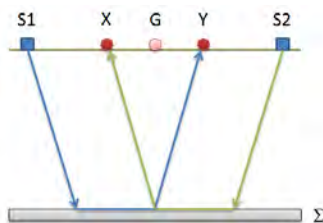


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

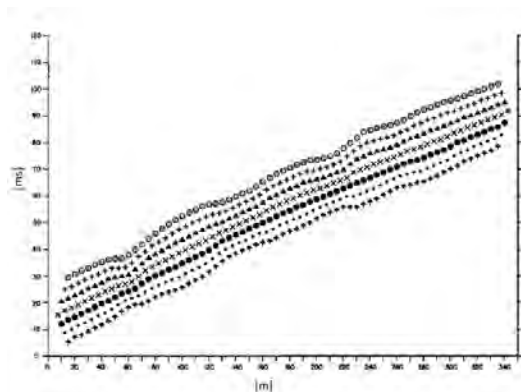
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantomining per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

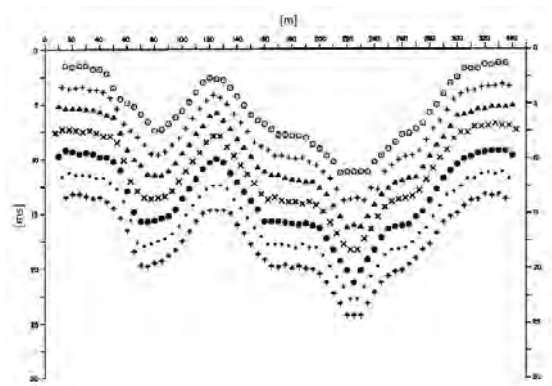
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	SIS - B4
Committente	AM-2 ENERGY SRL
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	01/06/2021
Via	SP 37
Latitudine	41,803763[°]
Longitudine	15,413109[°]
Altitudine	130[m]

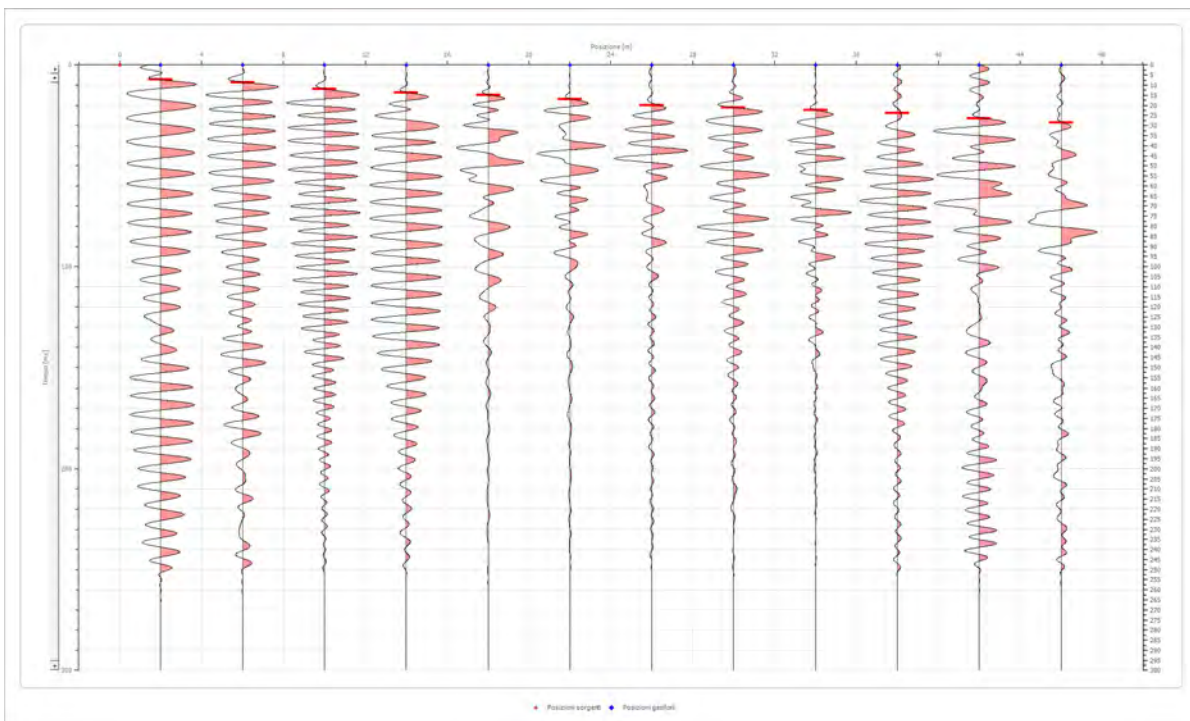
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

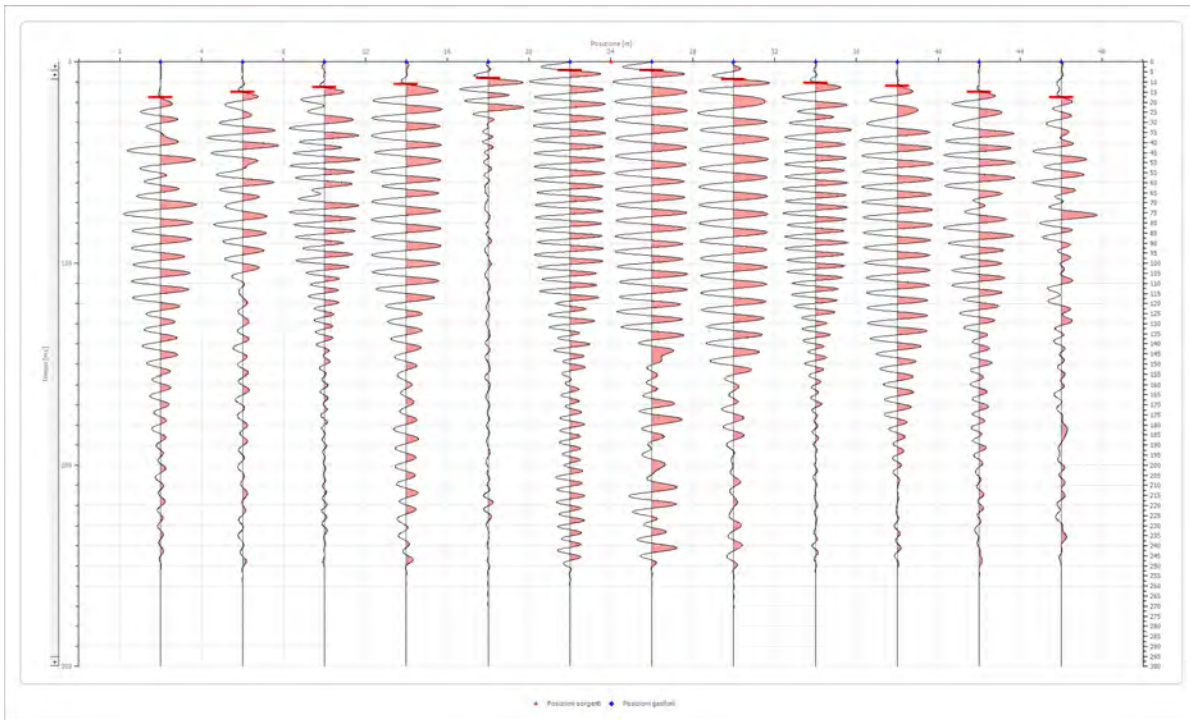


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.0457
6.0	8.5290
10.0	11.8665
14.0	13.7206
18.0	14.8331
22.0	17.0581
26.0	20.0000
30.0	21.1372
34.0	22.2497
38.0	23.7330
42.0	26.6250
46.0	28.6250

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

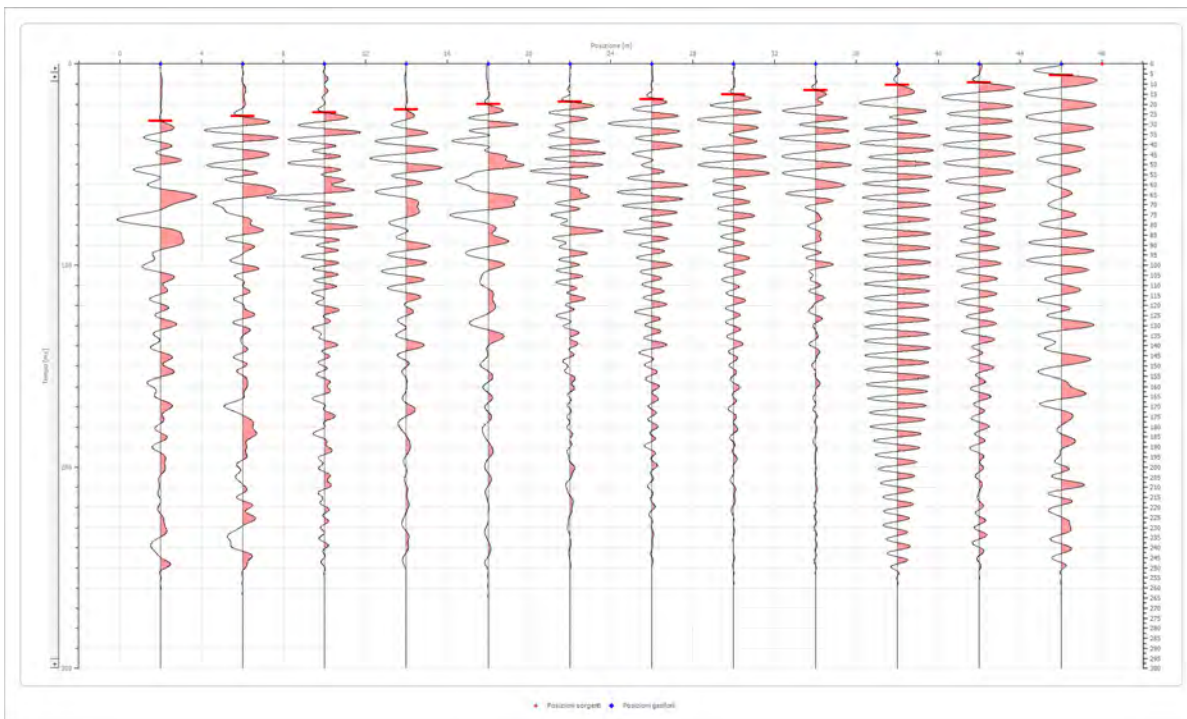


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	17.4289
6.0	14.8331
10.0	12.6082
14.0	11.1248
18.0	8.1582
22.0	4.0791
26.0	4.0791
30.0	8.5290
34.0	10.3832
38.0	11.8665
42.0	14.8331
46.0	17.4289

Battuta 3

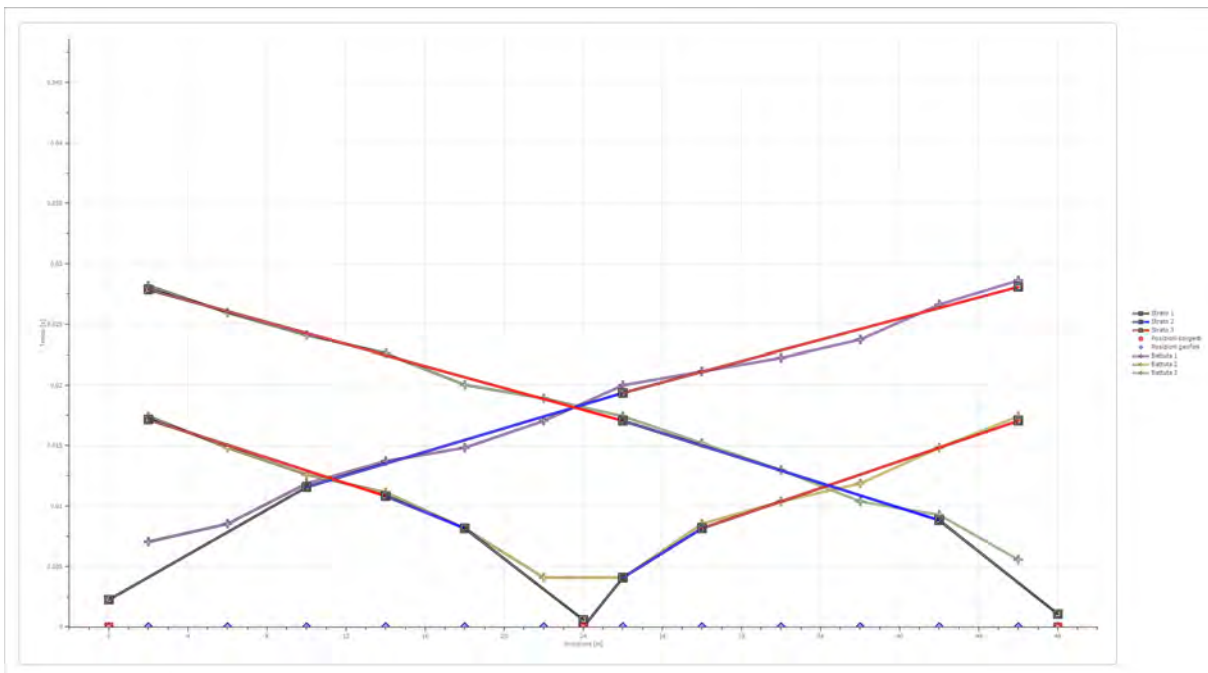
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

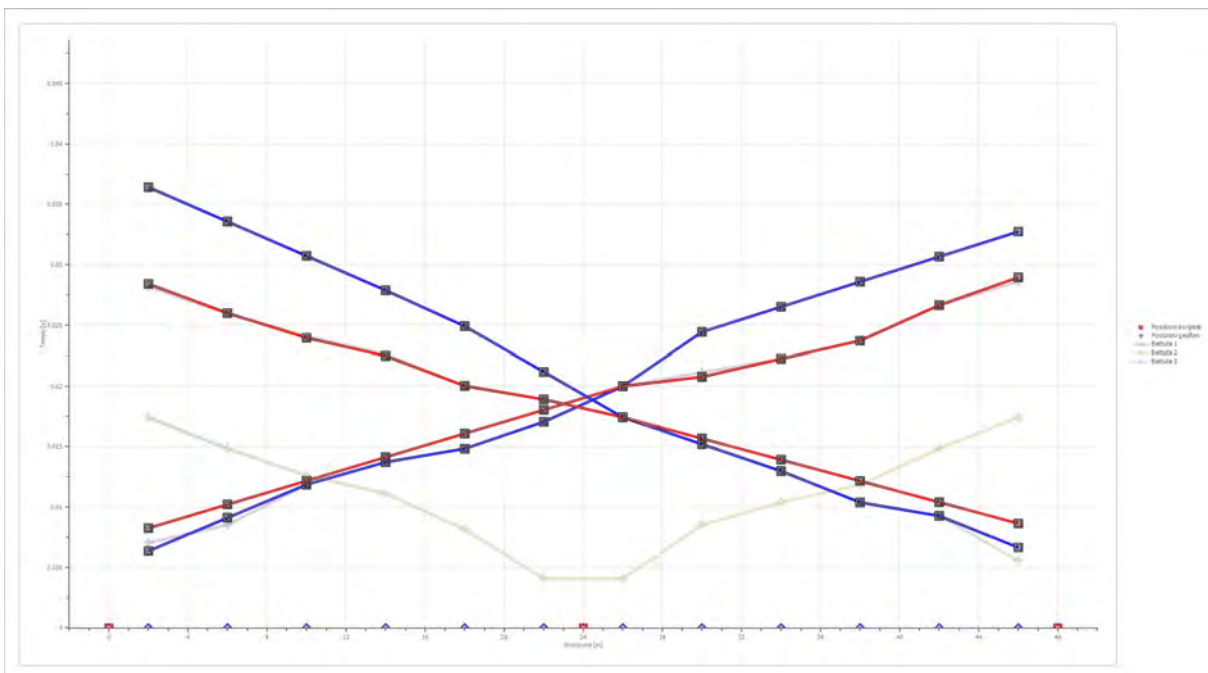


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	28.1829
6.0	25.9580
10.0	24.1038
14.0	22.6205
18.0	20.0247
22.0	18.9122
26.0	17.4289
30.0	15.2040
34.0	12.9790
38.0	10.3832
42.0	9.2707
46.0	5.5624

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

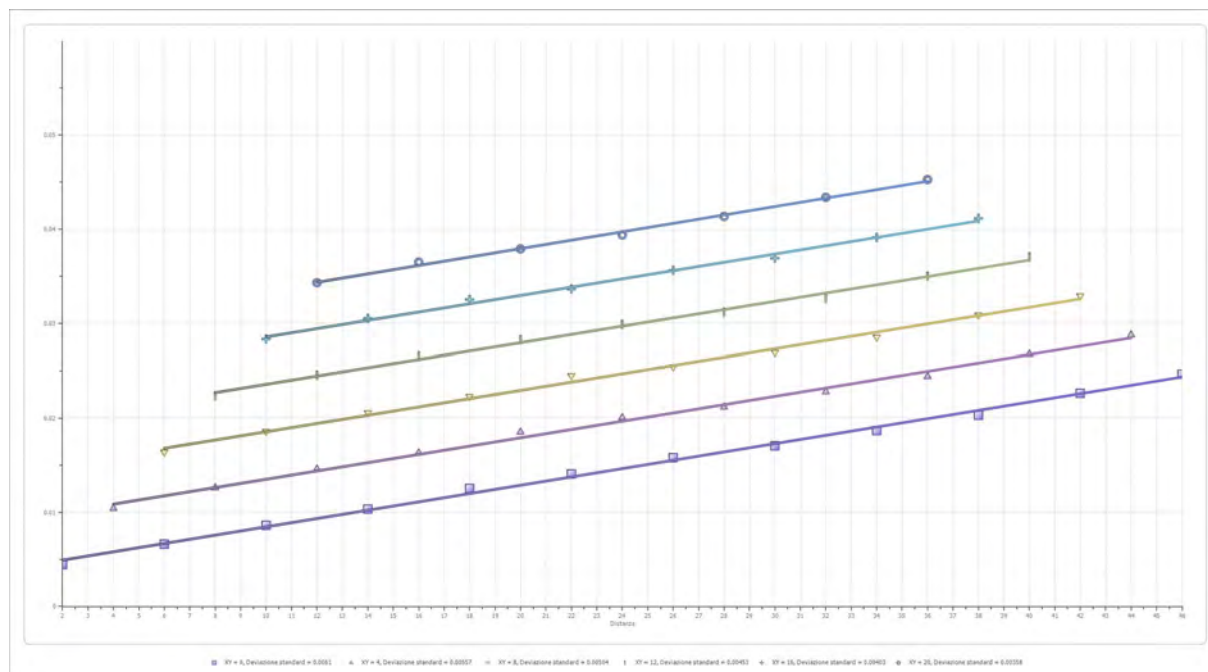
XY: 0

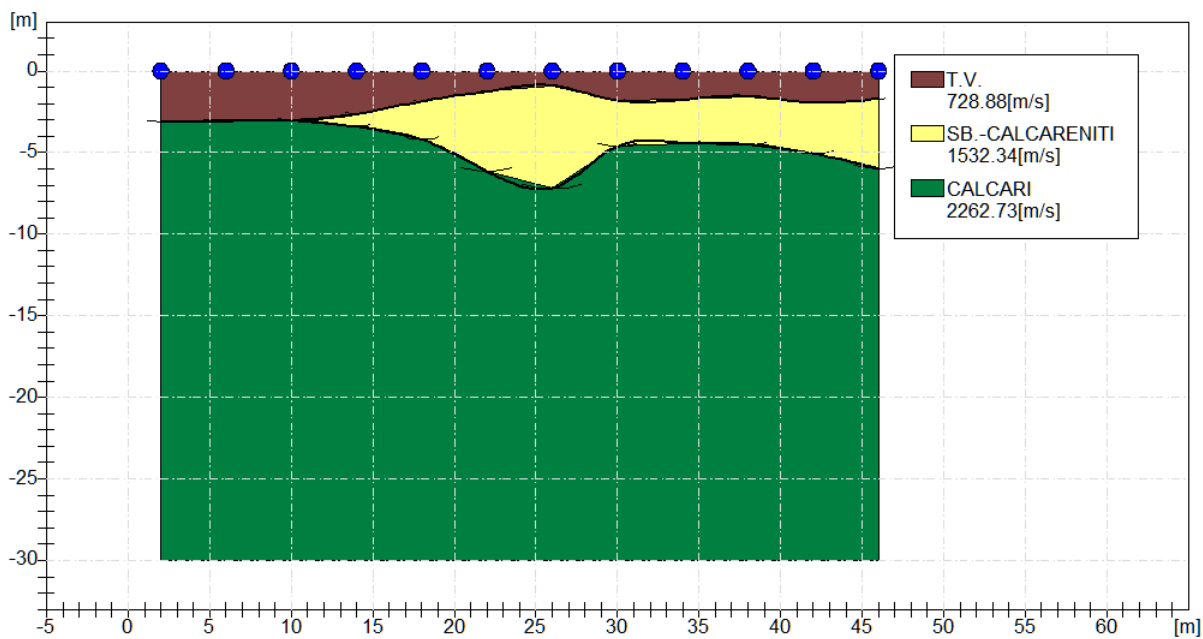
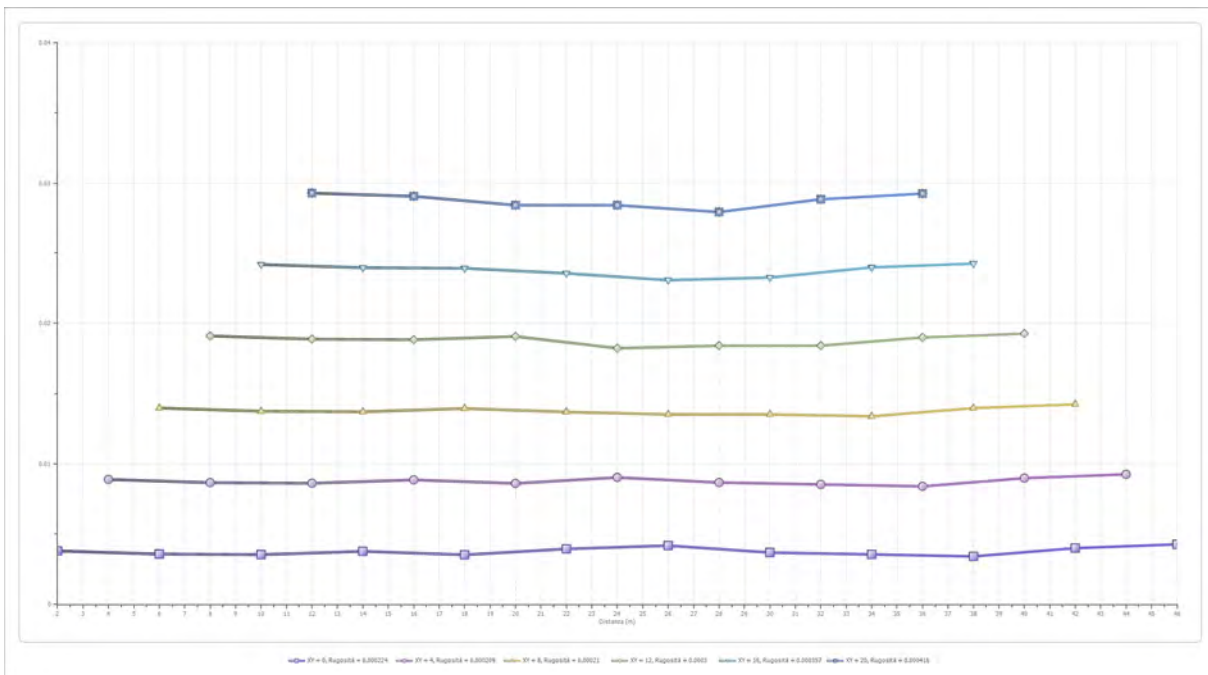
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	3.1	3.1	--
G= 6.0 [m]	3.1	3.1	--
G= 10.0 [m]	3.0	3.0	--
G= 14.0 [m]	2.6	3.4	--
G= 18.0 [m]	1.9	4.2	--
G= 22.0 [m]	1.2	6.1	--
G= 26.0 [m]	0.9	7.2	--
G= 30.0 [m]	1.8	4.6	--
G= 34.0 [m]	1.8	4.4	--
G= 38.0 [m]	1.5	4.5	--
G= 42.0 [m]	1.9	5.0	--
G= 46.0 [m]	1.7	6.0	--
Velocità [m/sec]	728.9	1532.3	2262.7
Descrizione	T.V.	SB.-CALCARENITI	CALCARI

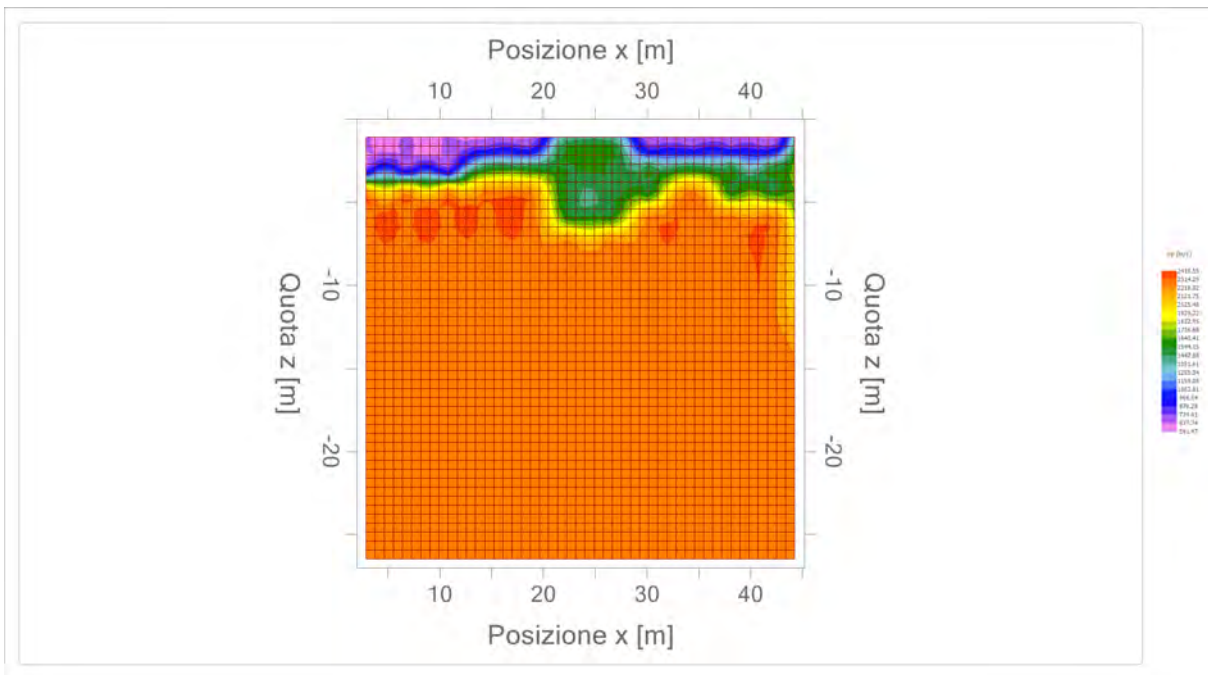
Altri parametri geotecnici

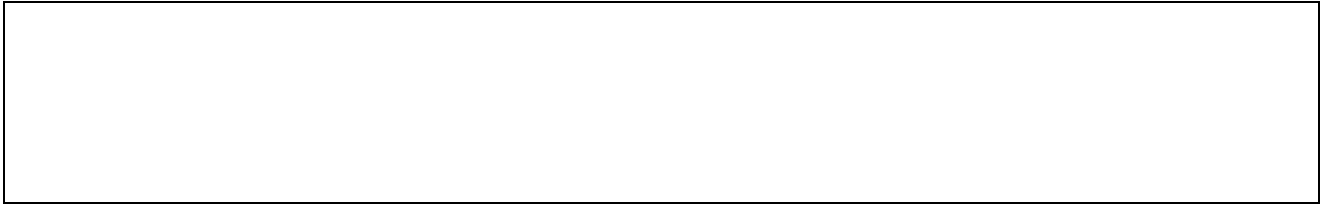
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.38	0.35	0.30
Densità [kg/m³]	1700.00	1900.00	2000.00
Vp [m/s]	728.88	1532.34	2262.73
Vs [m/s]	320.66	736.11	1209.48
G0 [MPa]	174.80	1029.54	2925.69
Ed [Mpa]	903.15	4461.34	10239.93
M0 [MPa]	728.35	3431.80	7314.24
Ey [Mpa]	482.46	2779.76	7606.80

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










Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS - B2

	Data: luglio 2022
	Il committente AM-2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

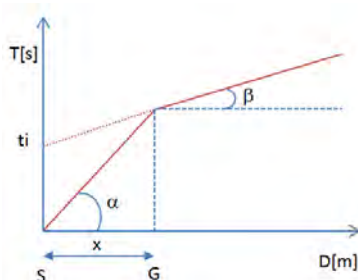
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

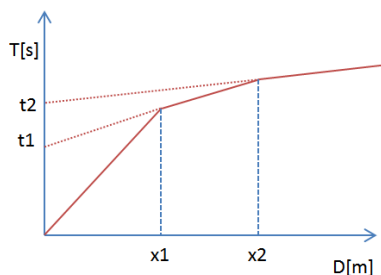
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

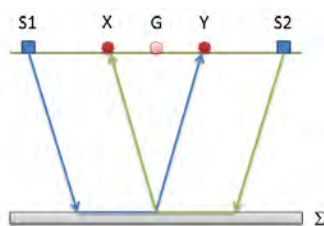


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

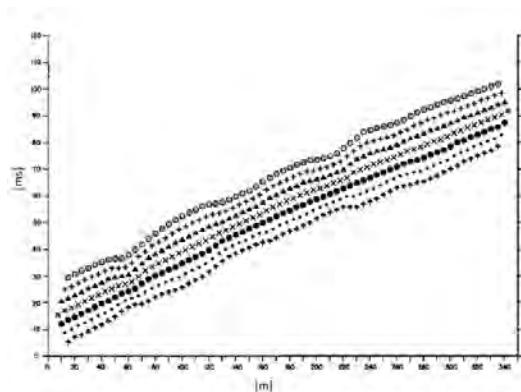
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

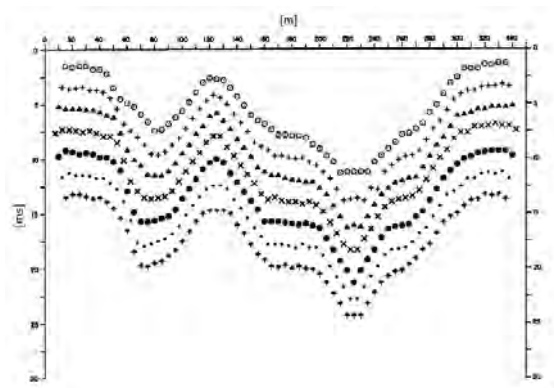
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	SIS - B2
Committente	AM-2 ENERGY SRL
Zona	APRICENA
Operatore	GEOL. N. NAZARIO
Responsabile	GEOL. N. NAZARIO
Data	01/06/2021
Via	SP 37
Latitudine	41,805375[°]
Longitudine	15,409506[°]
Altitudine	122.5[m]

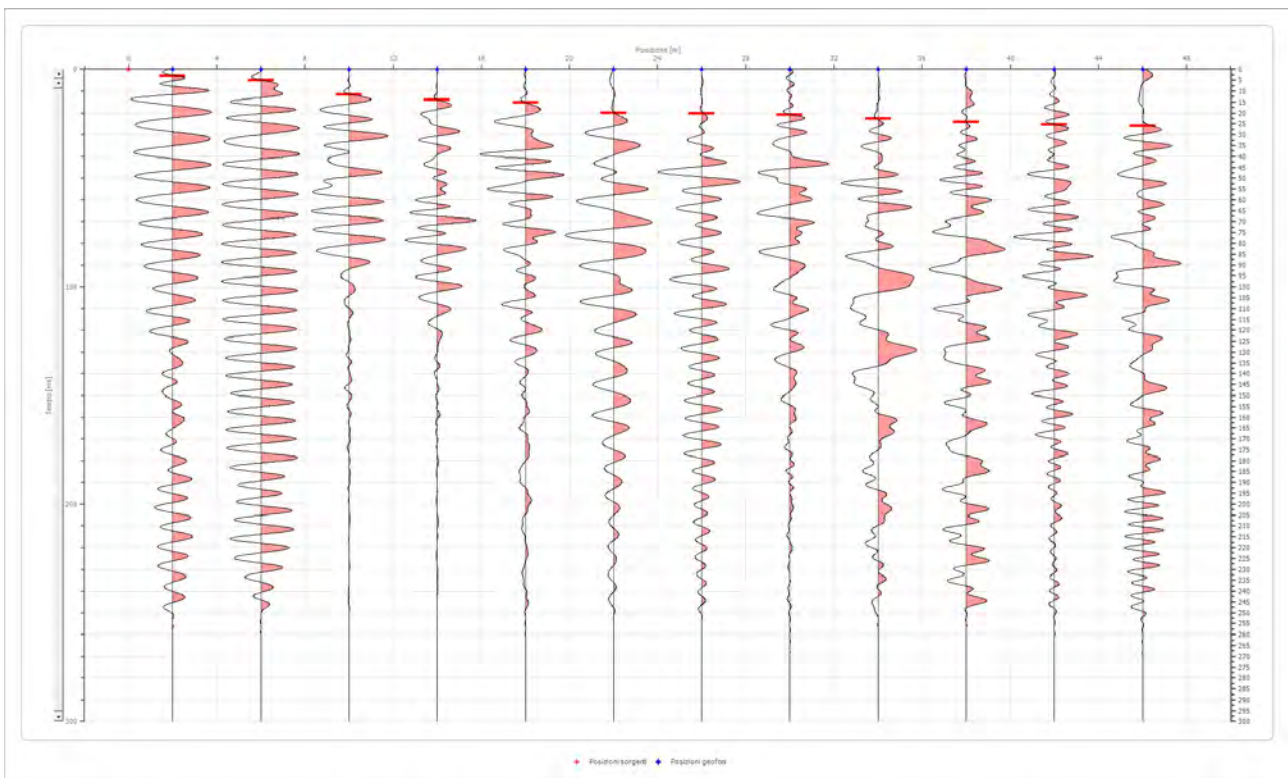
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

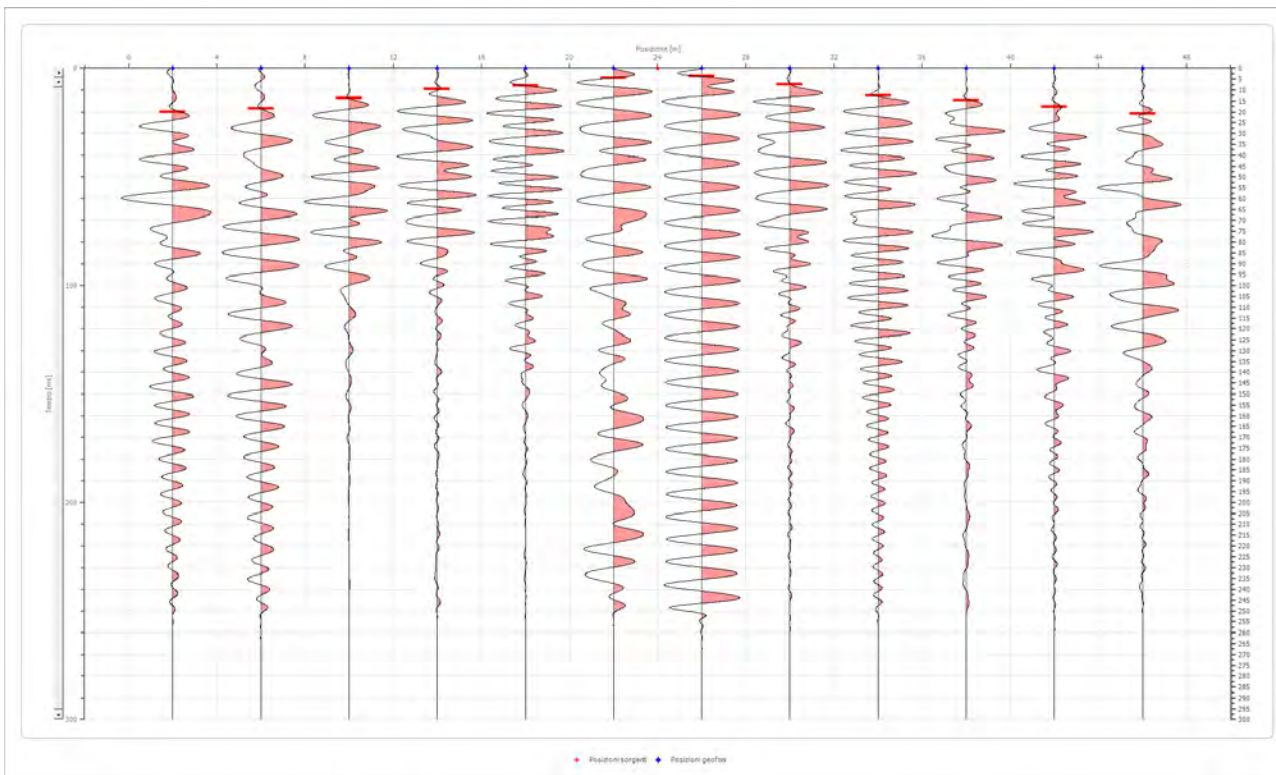


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	2.9666
6.0	5.1916
10.0	11.4957
14.0	14.0915
18.0	15.2040
22.0	20.0247
26.0	20.3956
30.0	20.7664
34.0	22.6205
38.0	24.1038
42.0	25.2163
46.0	25.9580

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

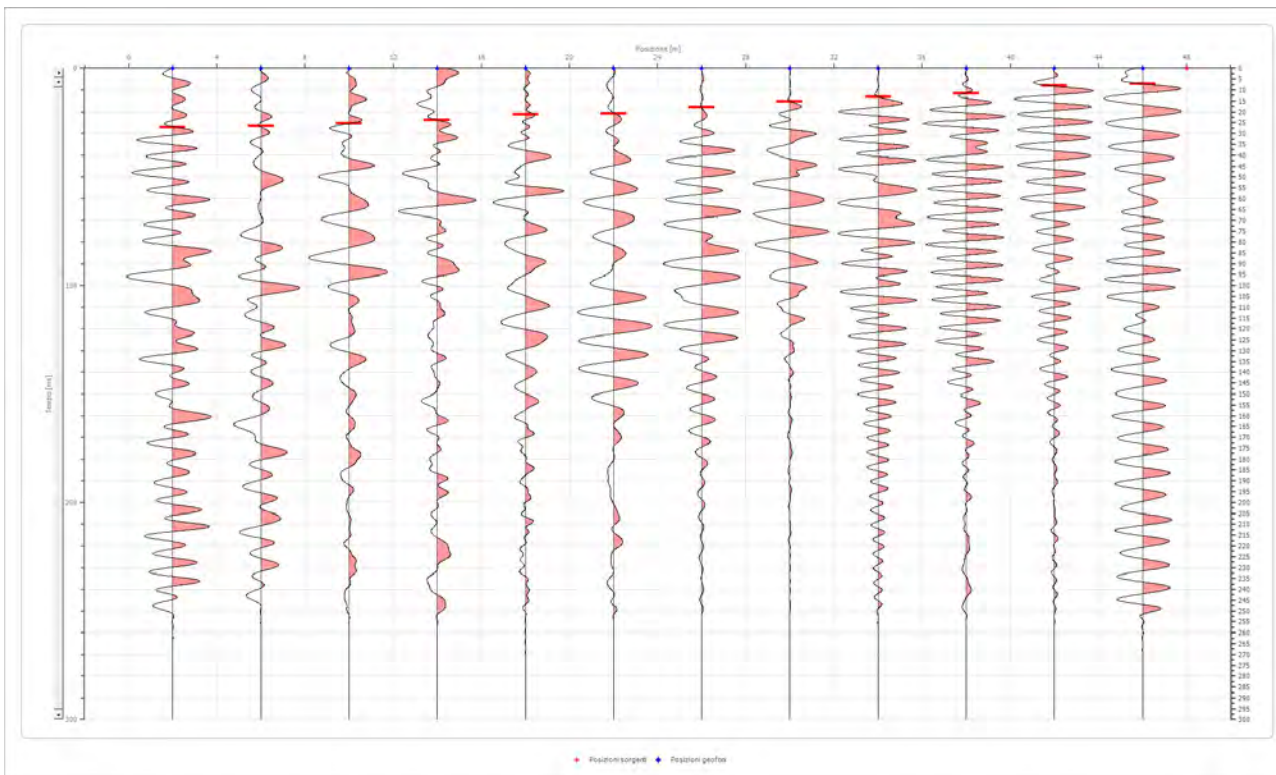
24 [m]
 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	20.0000
6.0	18.5414
10.0	13.7206
14.0	9.6415
18.0	8.1582
22.0	4.4499
26.0	3.7083
30.0	7.4166
34.0	12.6082
38.0	14.4623
42.0	17.4289
46.0	20.7664

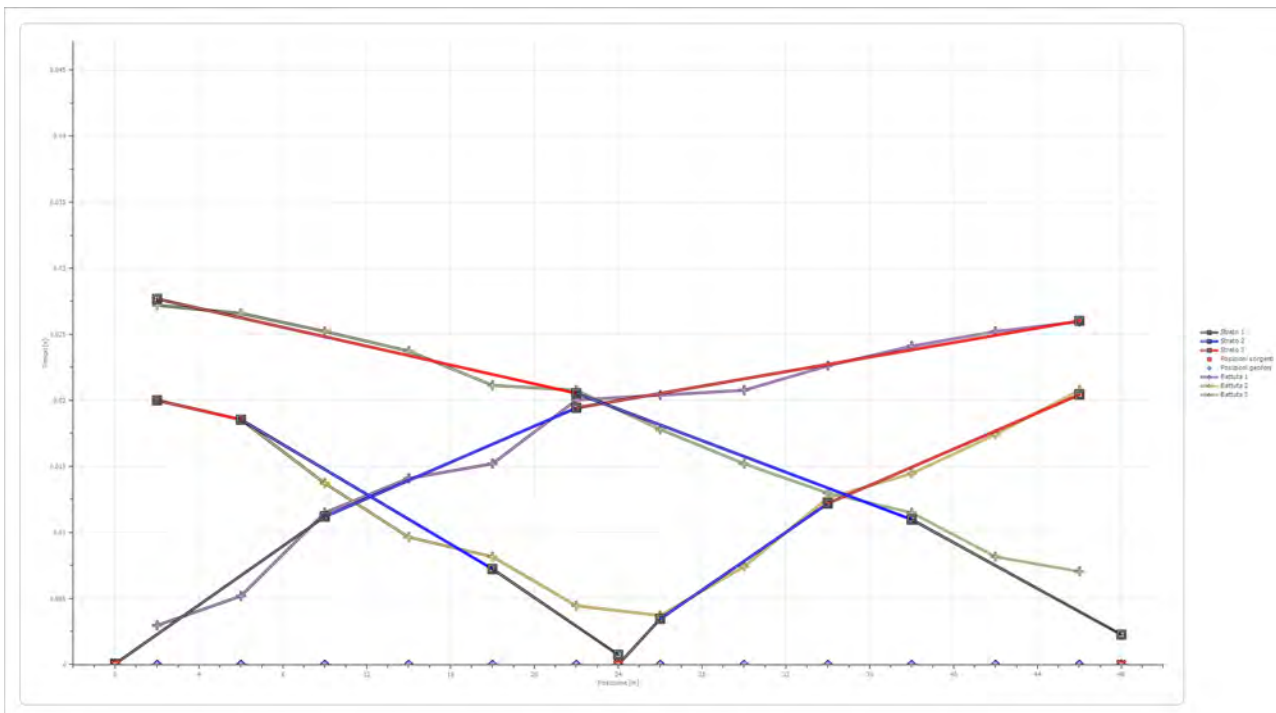
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

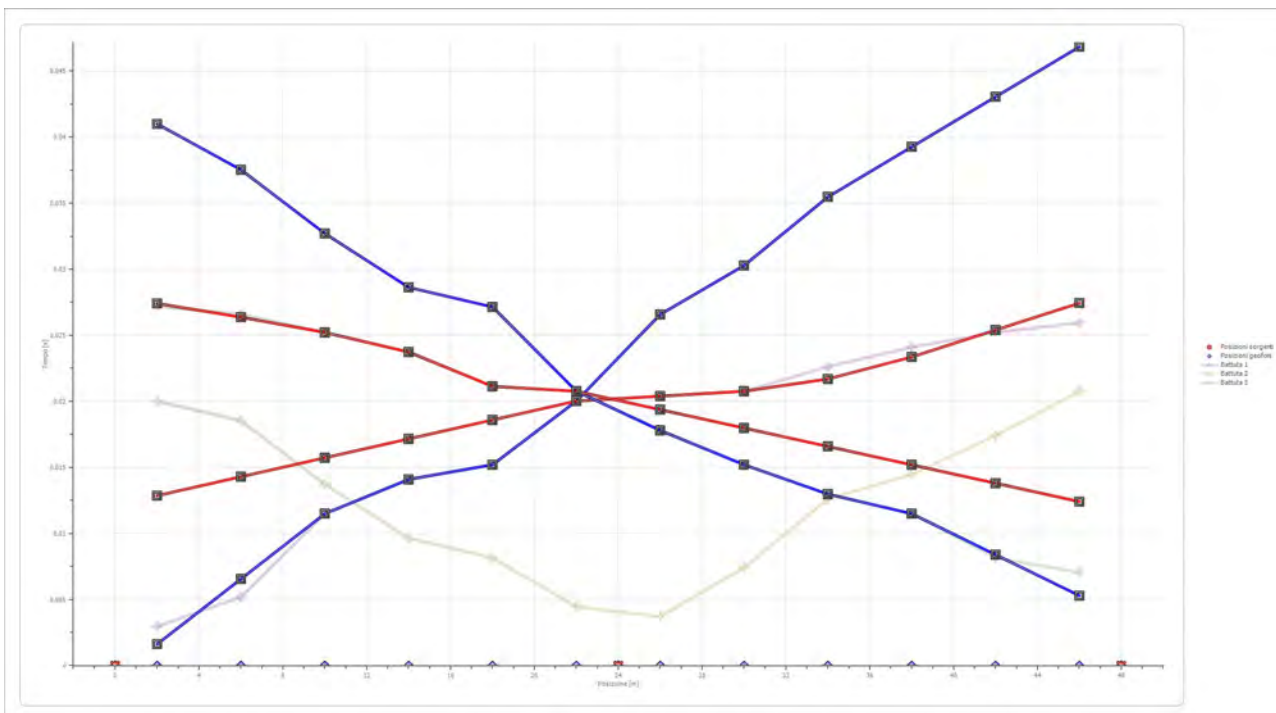


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	27.2009
6.0	26.5827
10.0	25.2163
14.0	23.7330
18.0	21.1372
22.0	20.7664
26.0	17.7998
30.0	15.2040
34.0	12.9790
38.0	11.4957
42.0	8.1582
46.0	7.0457

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

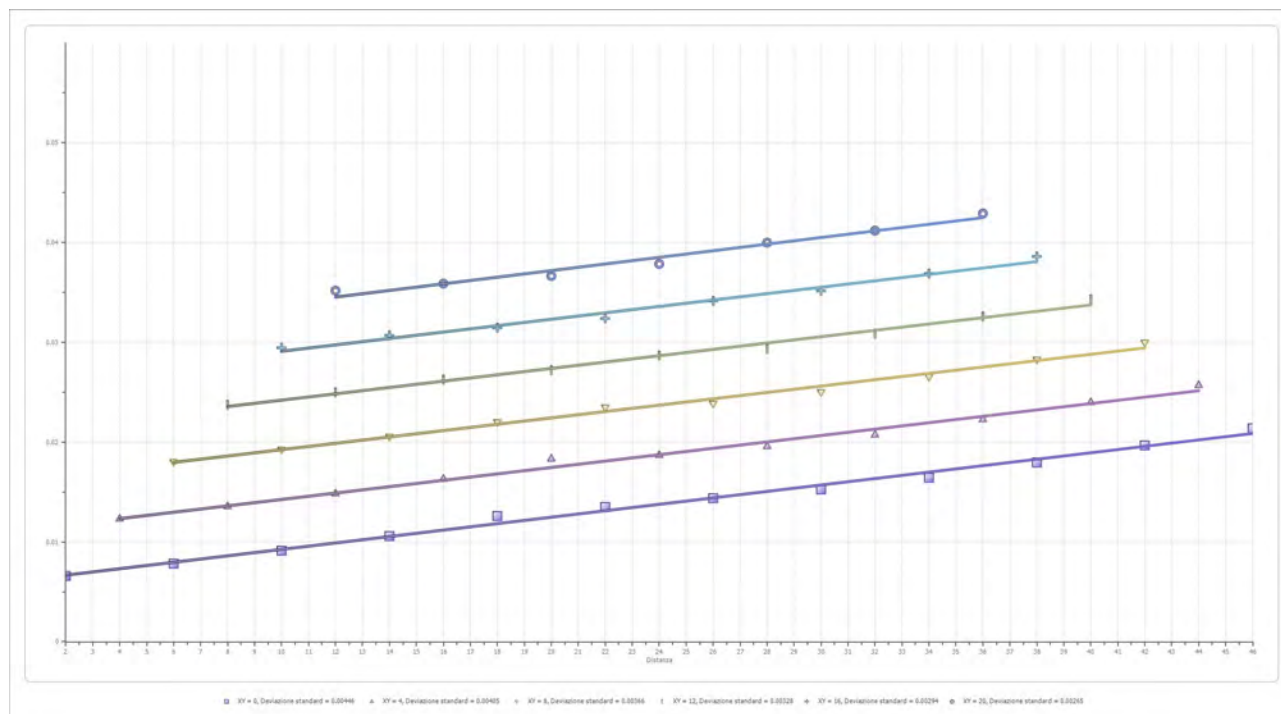
XY: 0

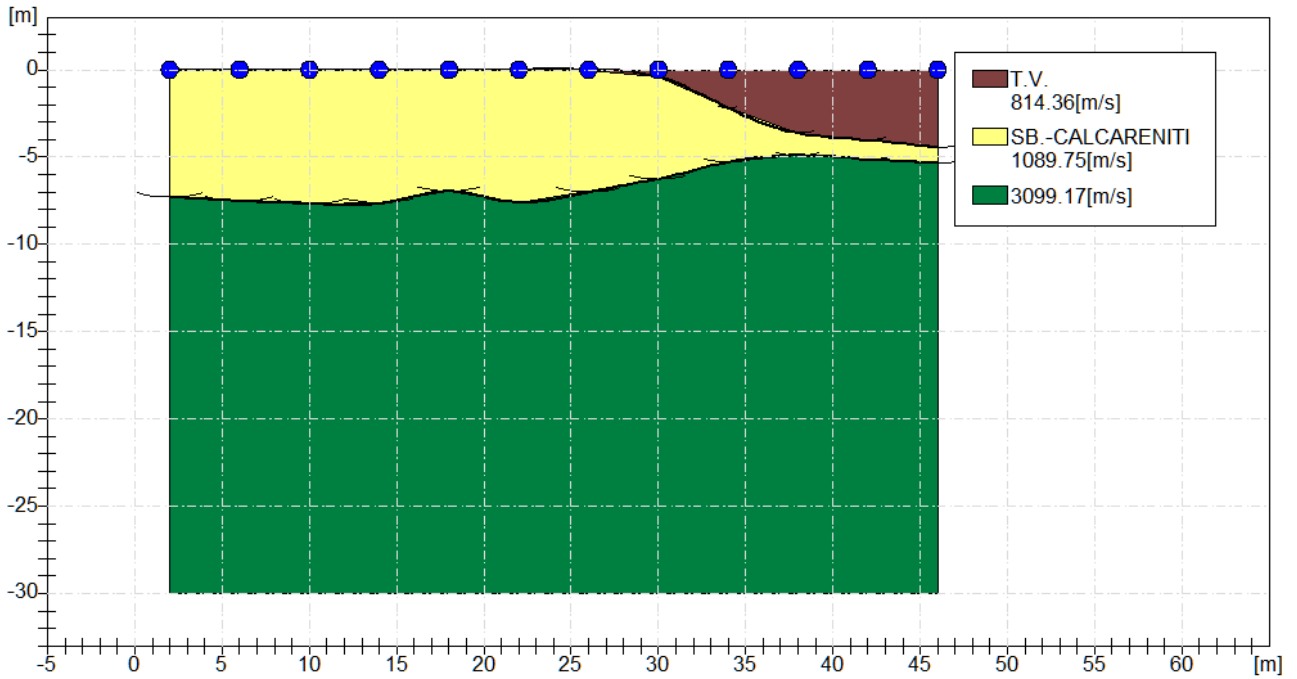
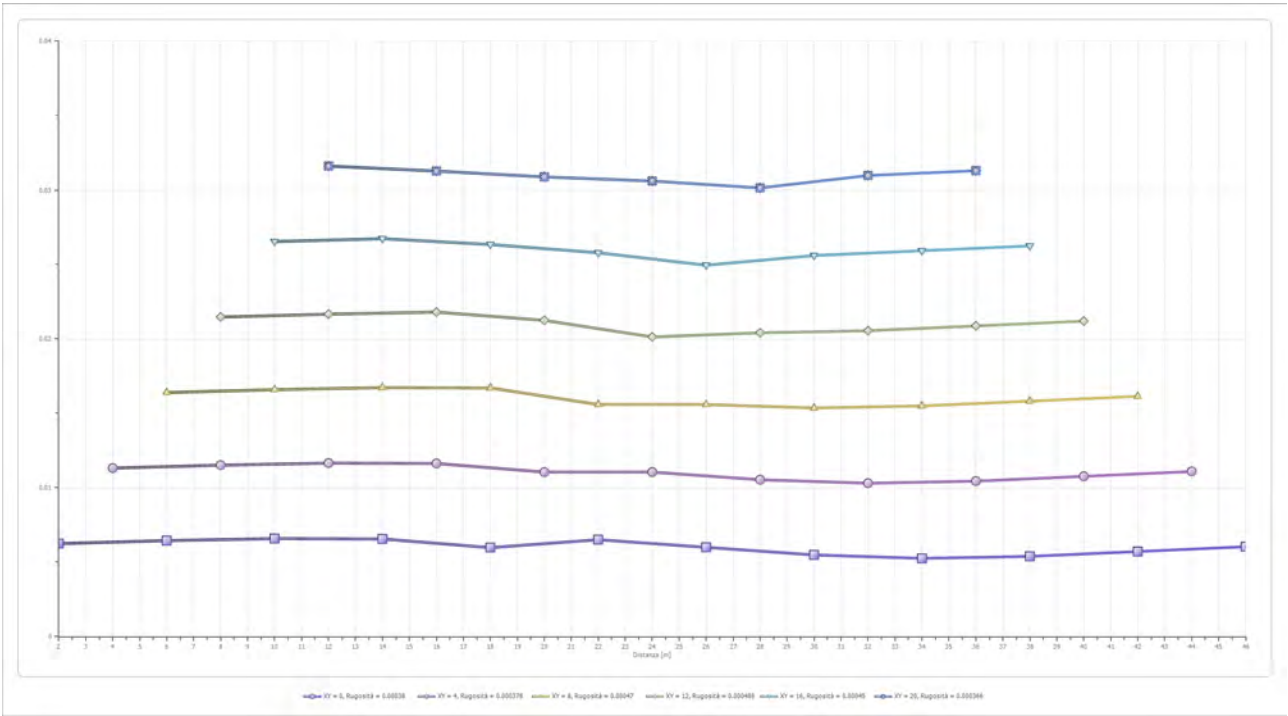
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	7.3	--
G= 6.0 [m]	0.0	7.5	--
G= 10.0 [m]	0.0	7.7	--
G= 14.0 [m]	0.0	7.6	--
G= 18.0 [m]	0.0	7.0	--
G= 22.0 [m]	0.0	7.6	--
G= 26.0 [m]	0.0	7.0	--
G= 30.0 [m]	0.4	6.3	--
G= 34.0 [m]	2.2	5.3	--
G= 38.0 [m]	3.6	4.9	--
G= 42.0 [m]	4.0	5.1	--
G= 46.0 [m]	4.5	5.4	--
Velocità [m/sec]	814.4	1089.8	3099.2
Descrizione	T.V. SB.-CALCARENITI		

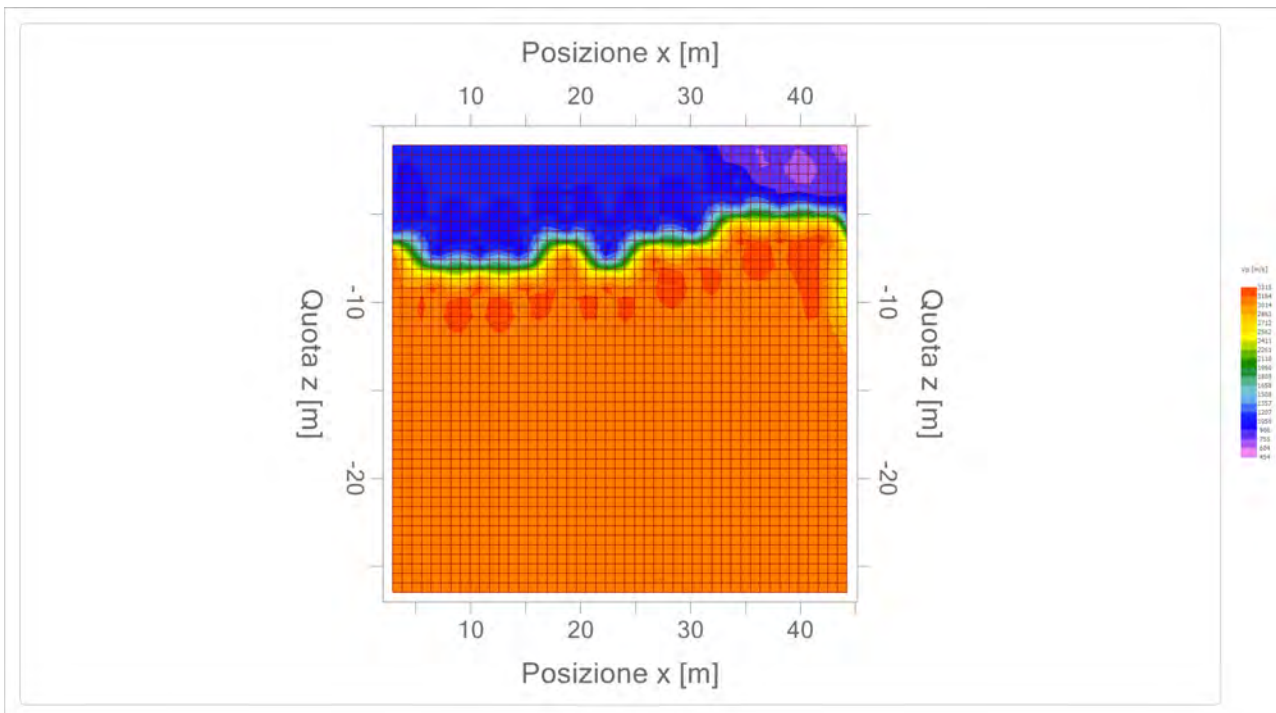
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.25
Densità [kg/m³]	1700.00	1900.00	2200.00
Vp [m/s]	814.36	1089.75	3099.17
Vs [m/s]	391.20	582.50	1789.31
G0 [MPa]	260.17	644.68	7043.55
Ed [Mpa]	1127.40	2256.37	21130.66
M0 [Mpa]	867.23	1611.69	14087.11
Ey [Mpa]	702.45	1676.16	17608.89

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







--

Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-D1

	Data: luglio 2022
	Il committente AM-2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

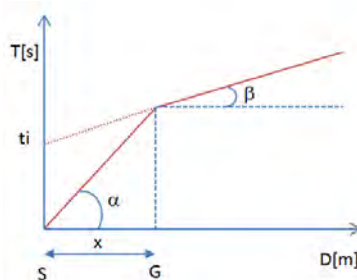
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

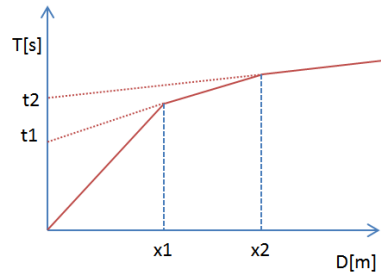
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

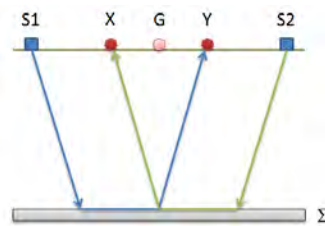


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

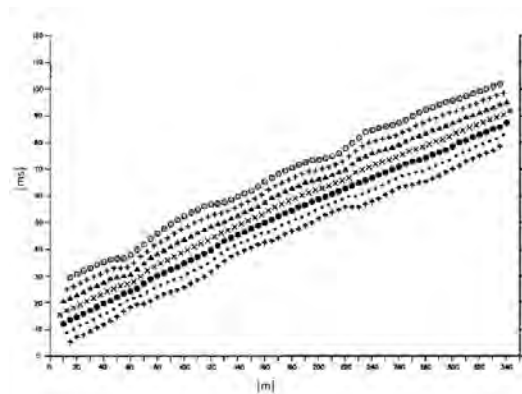
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

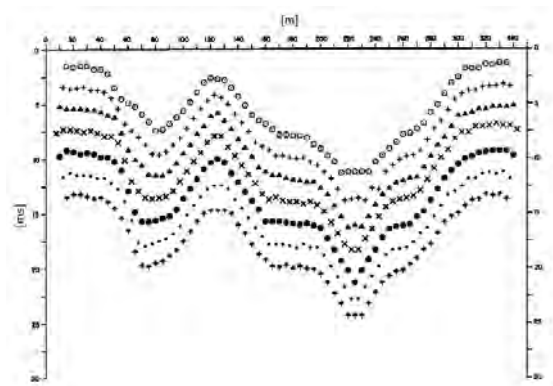
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	SIS-D1
Committente	AM 2 ENERGY SRL
Zona	ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	16/06/2021
Via	Z.I. APRICENA
Latitudine	15,4283605°E[°]
Longitudine	41,7646069°N[°]
Altitudine	49.5[m]

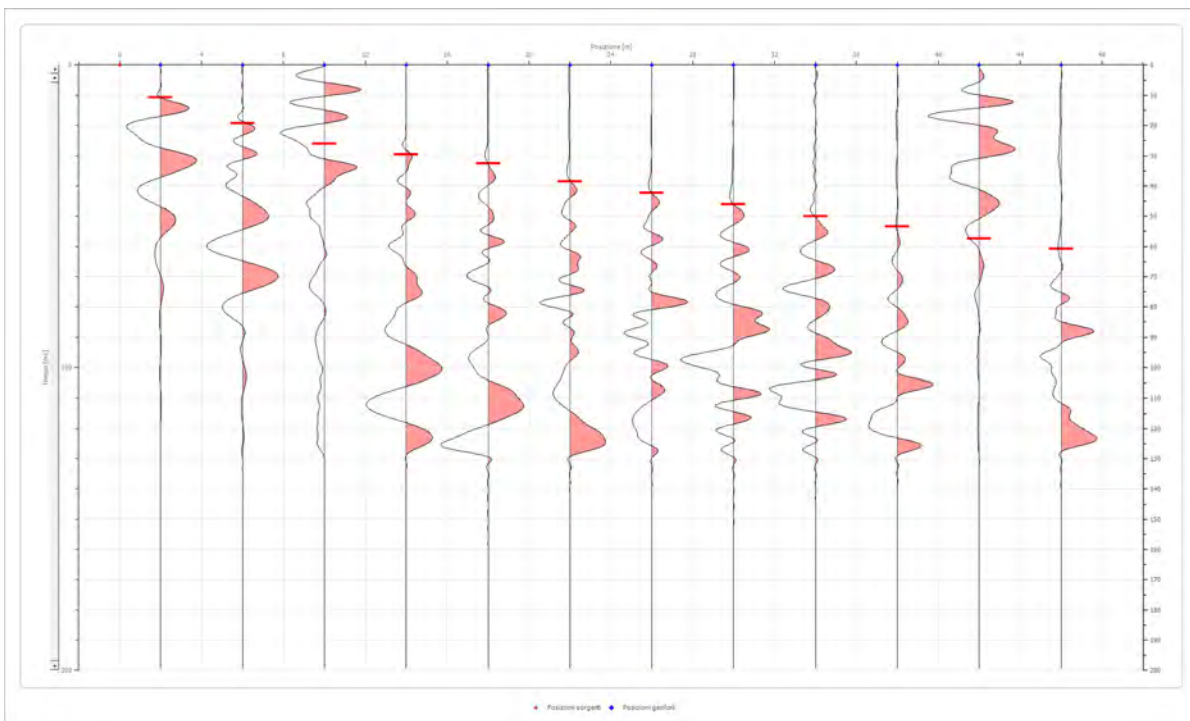
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

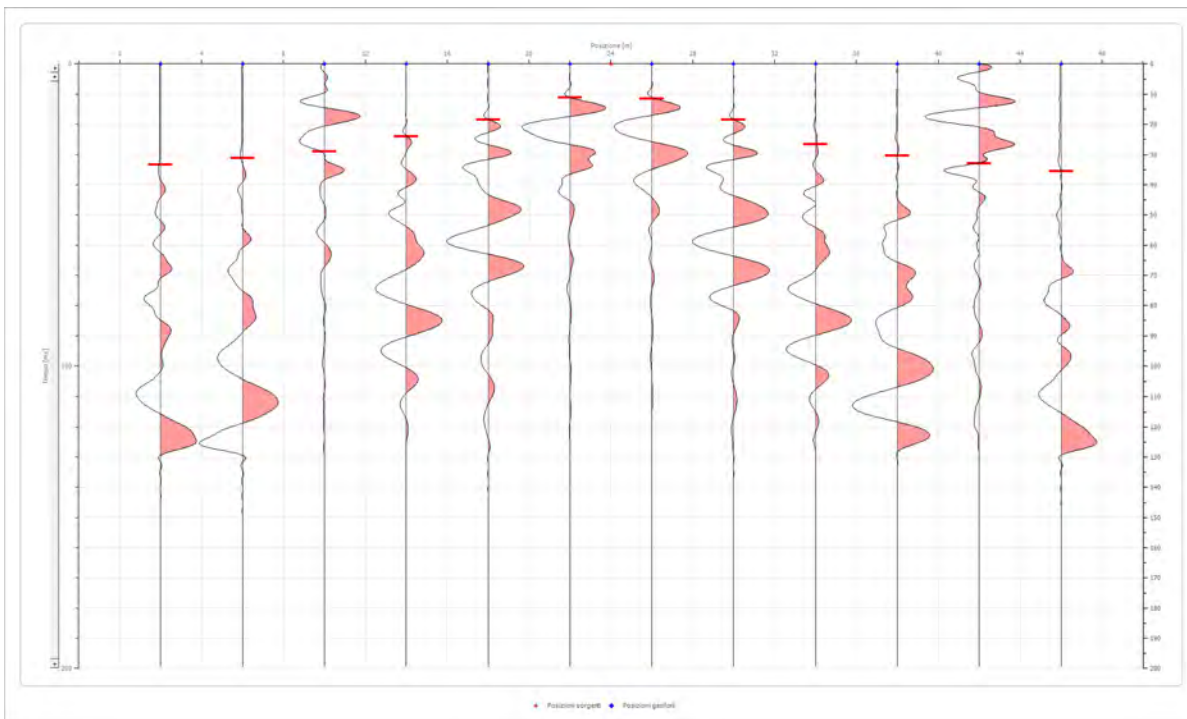


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	10.7540
6.0	19.2651
10.0	25.9580
14.0	29.6663
18.0	32.6329
22.0	38.5661
26.0	42.2744
30.0	45.9827
34.0	50.0618
38.0	53.3993
42.0	57.4784
46.0	60.8158

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

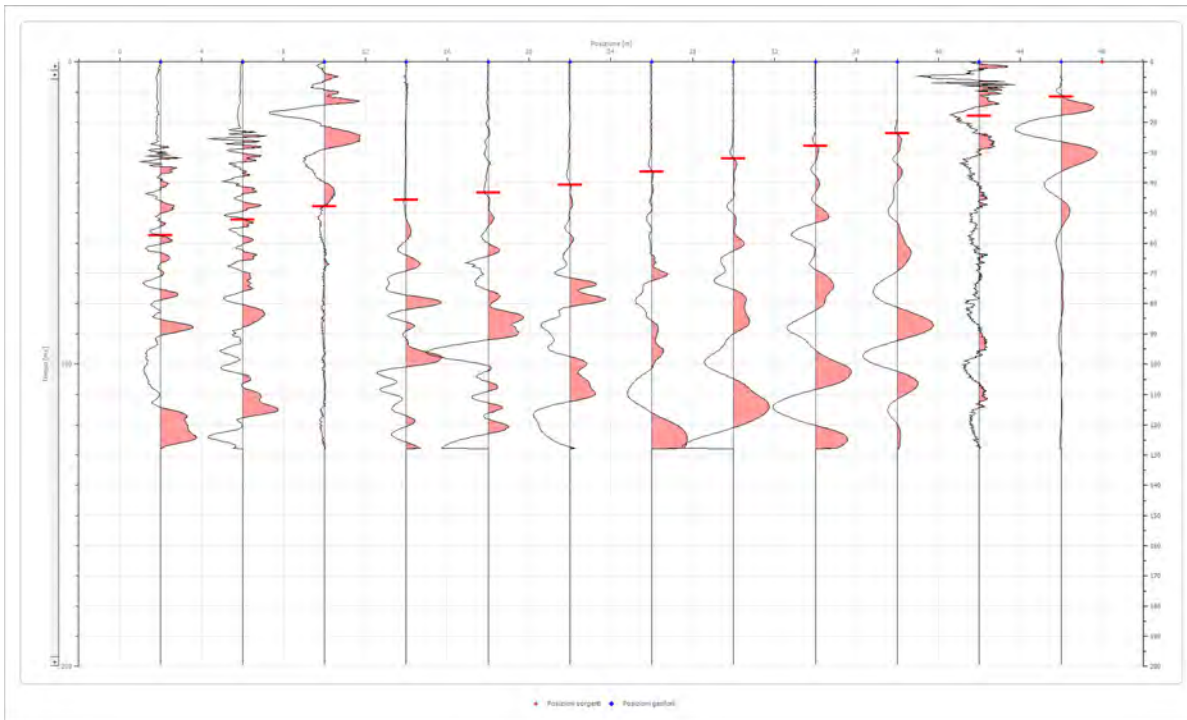
24 [m]
 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.3745
6.0	31.1496
10.0	28.9970
14.0	24.1038
18.0	18.4707
22.0	11.1248
26.0	11.4957
30.0	18.4707
34.0	26.6996
38.0	30.4079
42.0	32.9692
46.0	35.5995

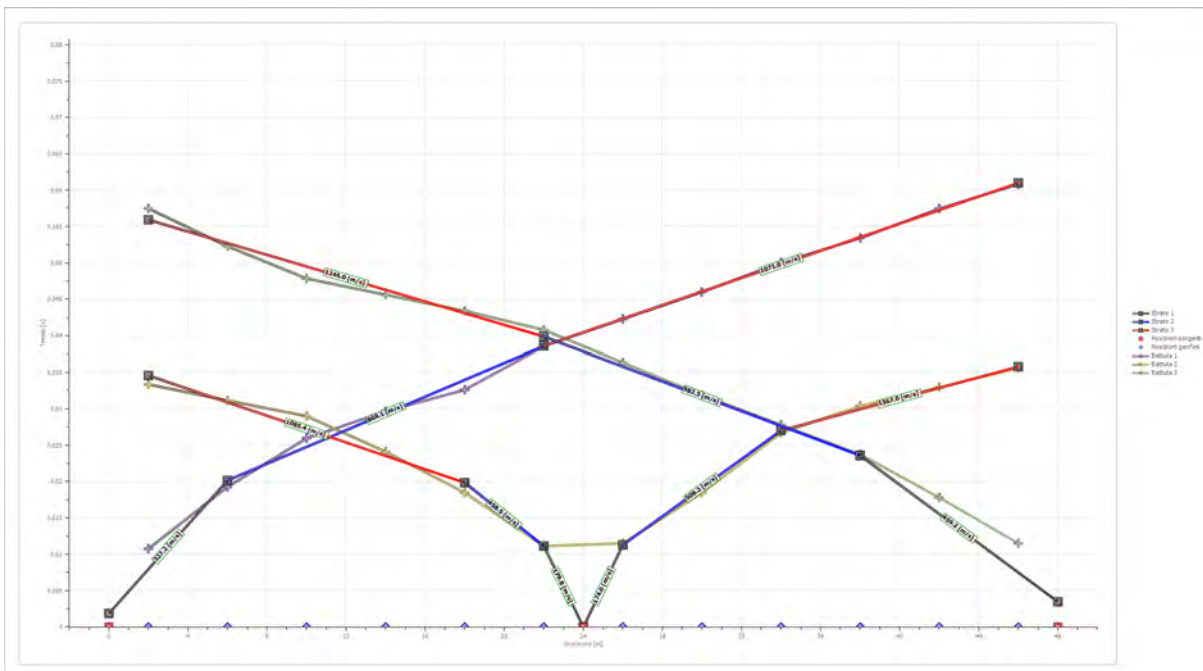
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

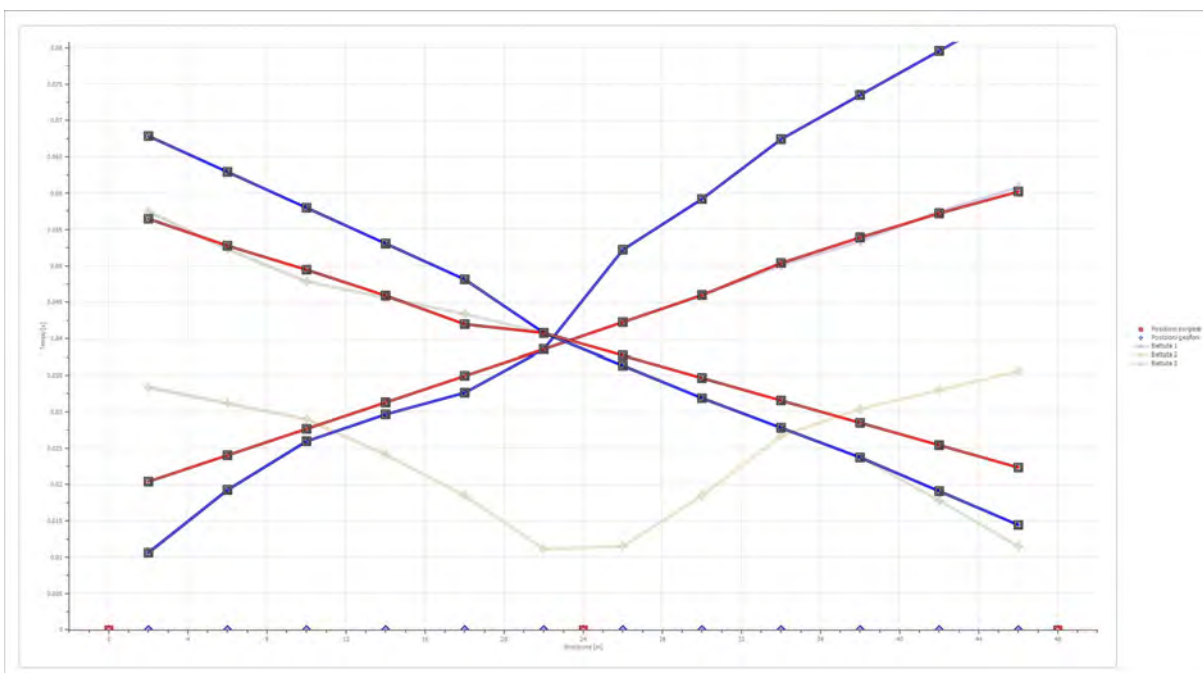


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	57.4784
6.0	52.2868
10.0	47.8368
14.0	45.6119
18.0	43.3869
22.0	40.7911
26.0	36.3412
30.0	31.8912
34.0	27.8121
38.0	23.7330
42.0	17.7998
46.0	11.4957

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

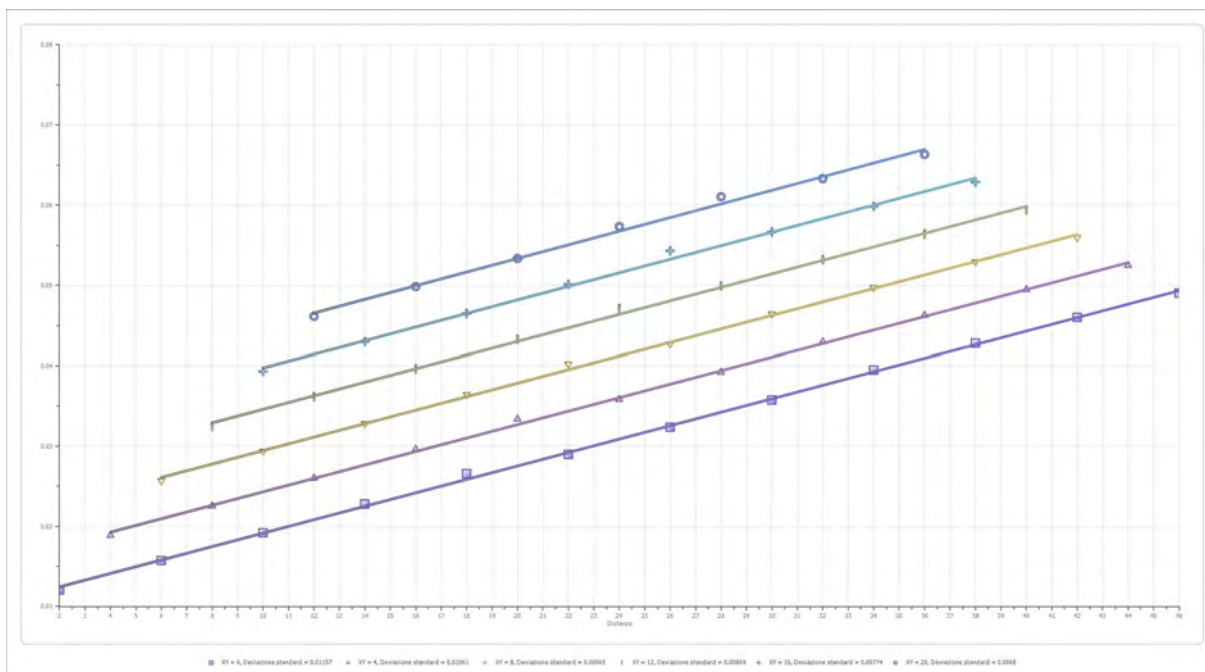
XY: 0

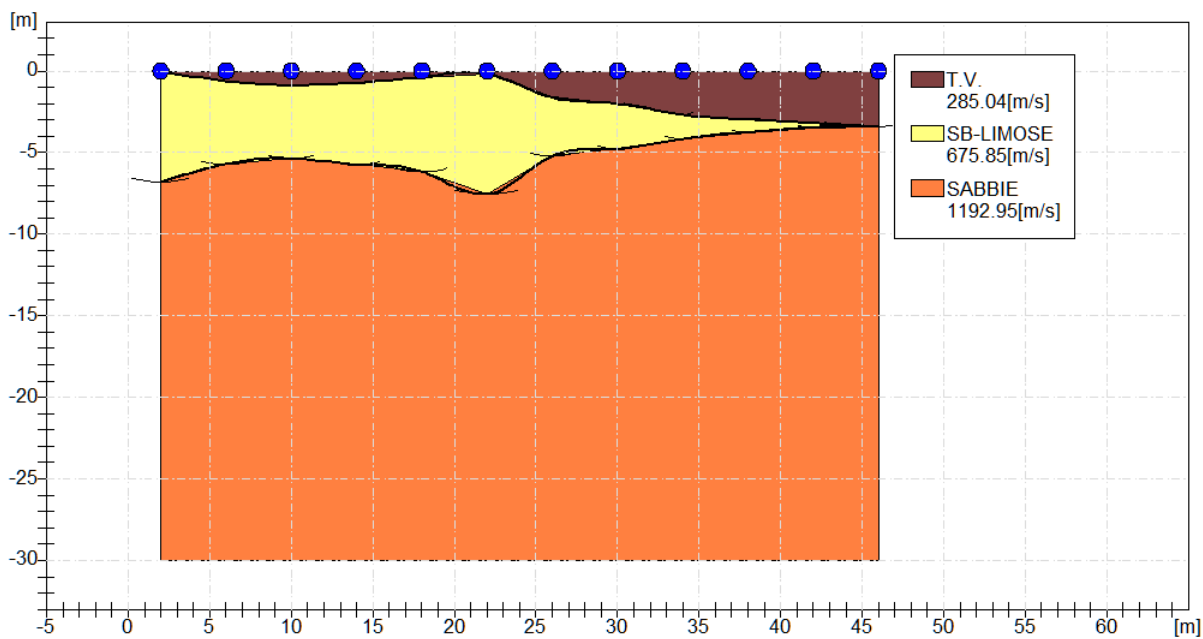
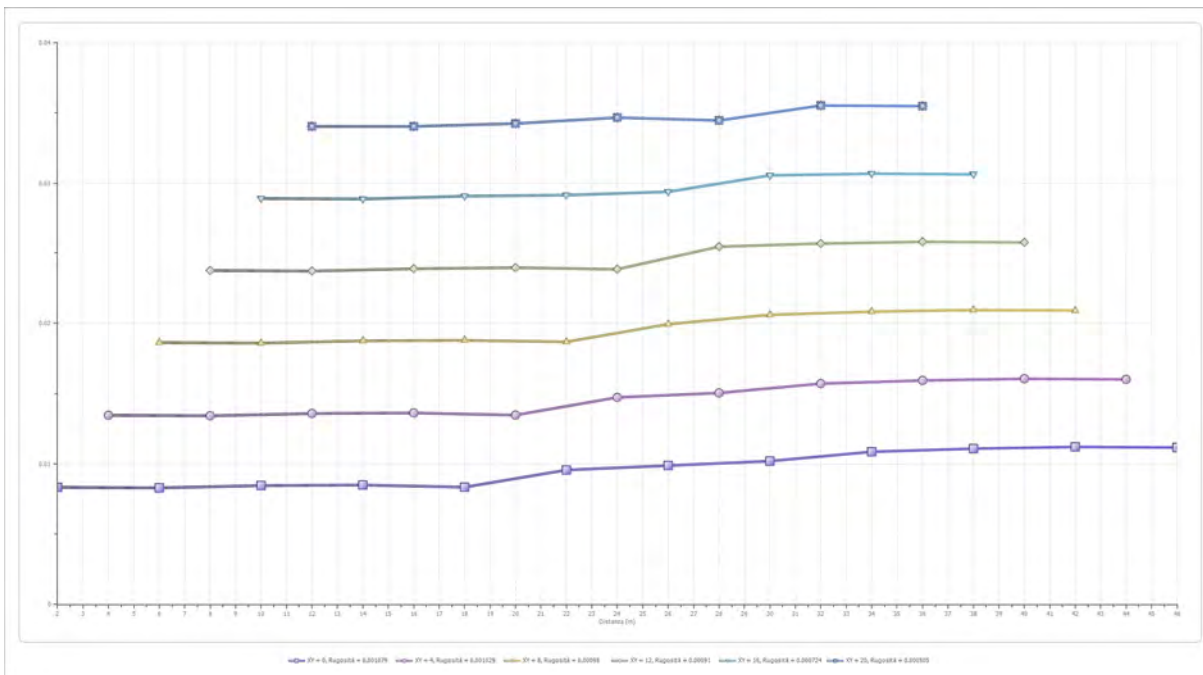
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	6.8	--
G= 6.0 [m]	0.6	5.7	--
G= 10.0 [m]	0.9	5.4	--
G= 14.0 [m]	0.7	5.7	--
G= 18.0 [m]	0.4	6.2	--
G= 22.0 [m]	0.2	7.6	--
G= 26.0 [m]	1.6	5.2	--
G= 30.0 [m]	2.0	4.8	--
G= 34.0 [m]	2.7	4.2	--
G= 38.0 [m]	3.0	3.8	--
G= 42.0 [m]	3.2	3.5	--
G= 46.0 [m]	3.4	3.4	--
Velocità [m/sec]	285.0	675.8	1193.0
Descrizione	T.V.	SB-LIMOSE	SABBIE

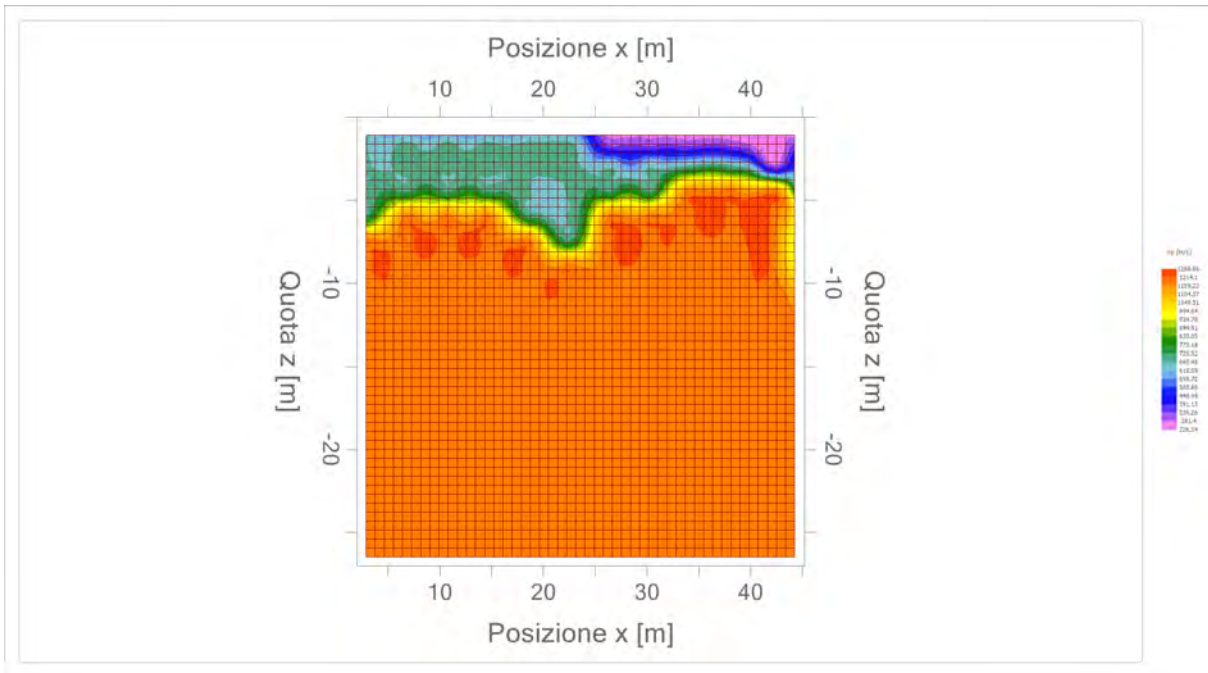
Altri parametri geotecnici

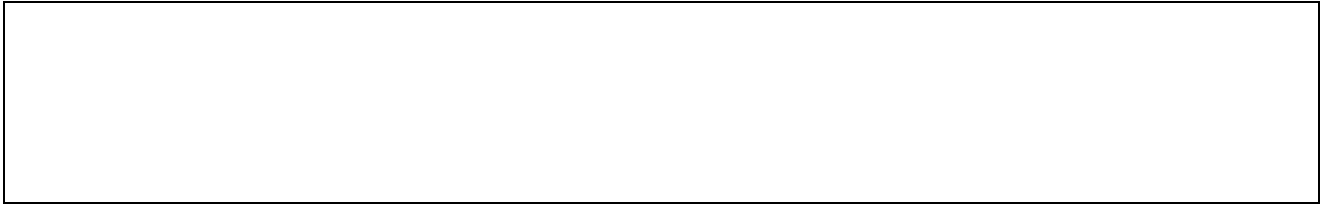
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.48	0.44	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	285.04	675.85	1192.95
Vs [m/s]	55.90	221.22	524.83
G0 [MPa]	5.31	88.09	523.35
Ed [Mpa]	138.12	822.19	2703.95
M0 [MPa]	132.81	734.10	2180.61
Ey [Mpa]	15.72	253.70	1444.43

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS-D3

	Data: luglio 2022
	Il committente AM-2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

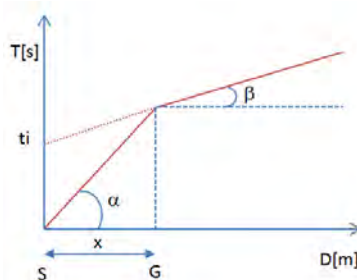
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

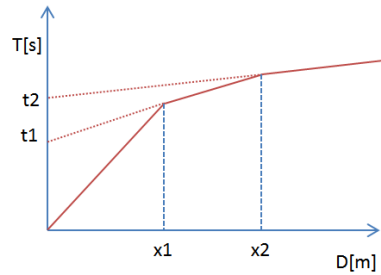
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

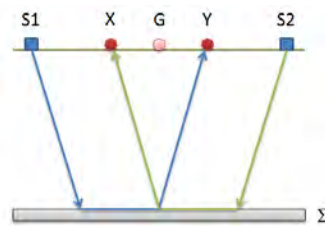


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

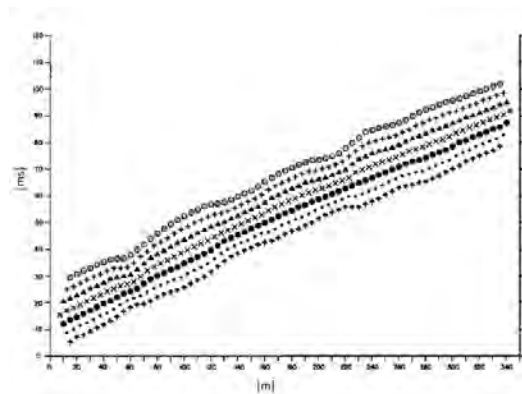
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

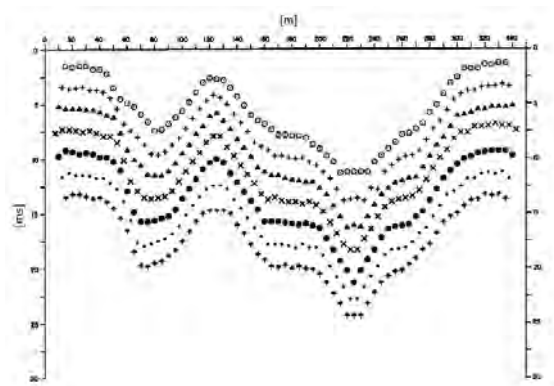
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1 Y} + T_{S_2 X} - \left(T_{S_1 S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	SIS-D3
Committente	AM 2 ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	15/06/2021
Via	Z.I. APRICENA
Latitudine	15,4248392°E[°]
Longitudine	41,7620948°N[°]
Altitudine	49[m]

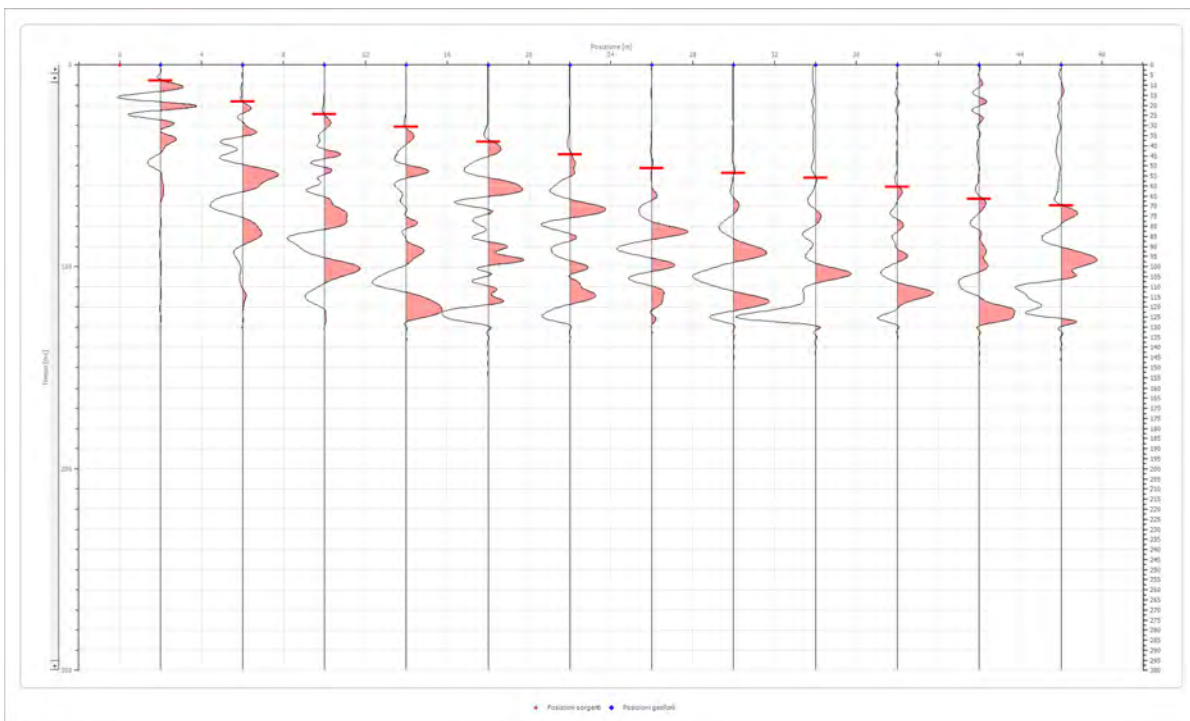
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

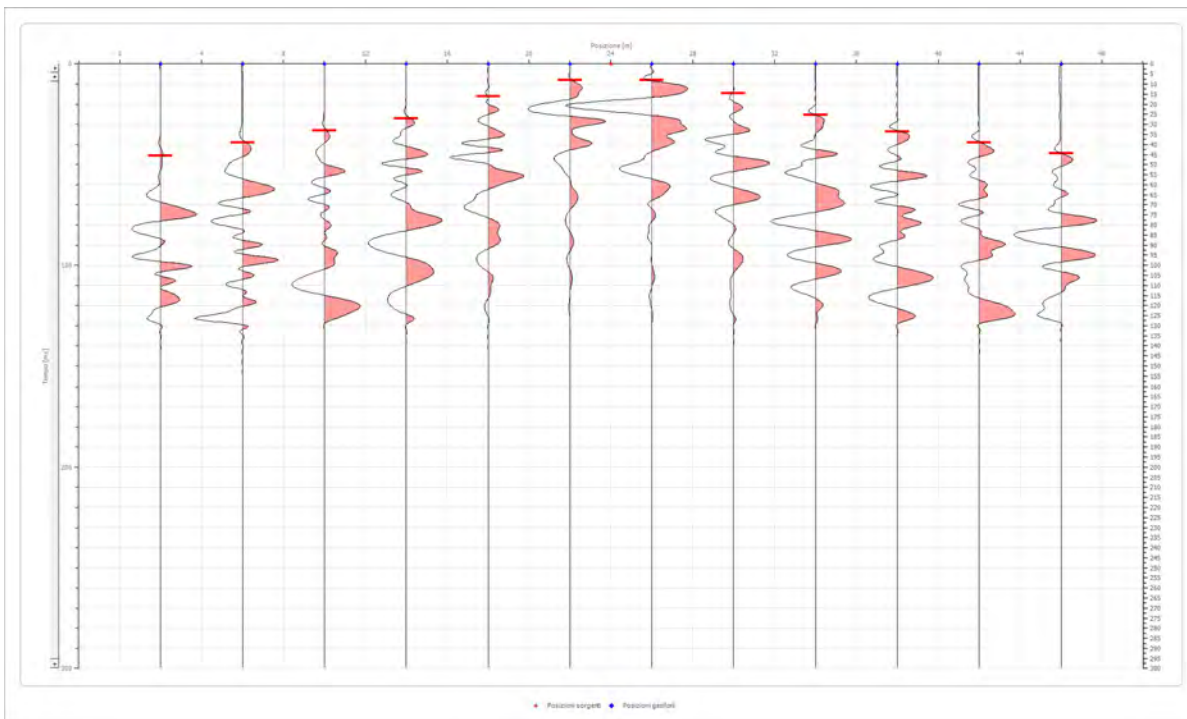


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.7874
6.0	18.1706
10.0	24.4747
14.0	30.7787
18.0	38.1953
22.0	44.2500
26.0	51.1743
30.0	53.7701
34.0	55.9951
38.0	60.4450
42.0	66.3782
46.0	69.7157

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

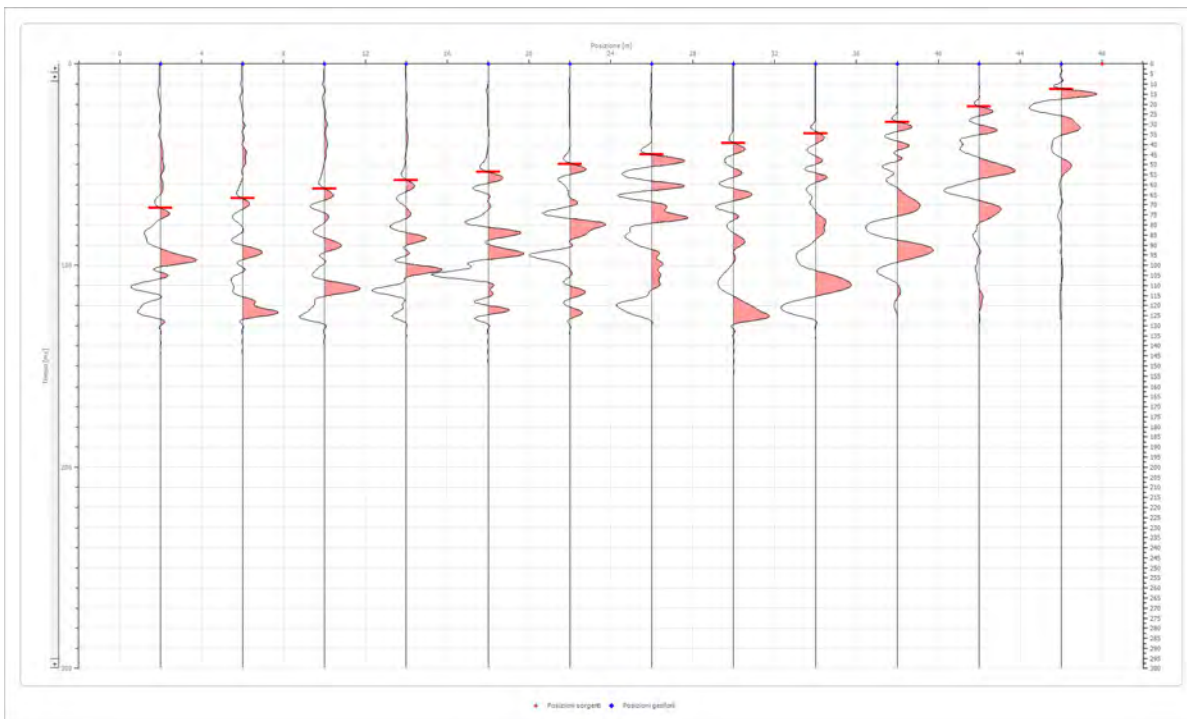
24 [m]
 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	45.6119
6.0	38.9370
10.0	33.0037
14.0	27.0705
18.0	15.9456
22.0	8.1582
26.0	8.1582
30.0	14.4623
34.0	25.2163
38.0	33.7454
42.0	38.9370
46.0	44.4994

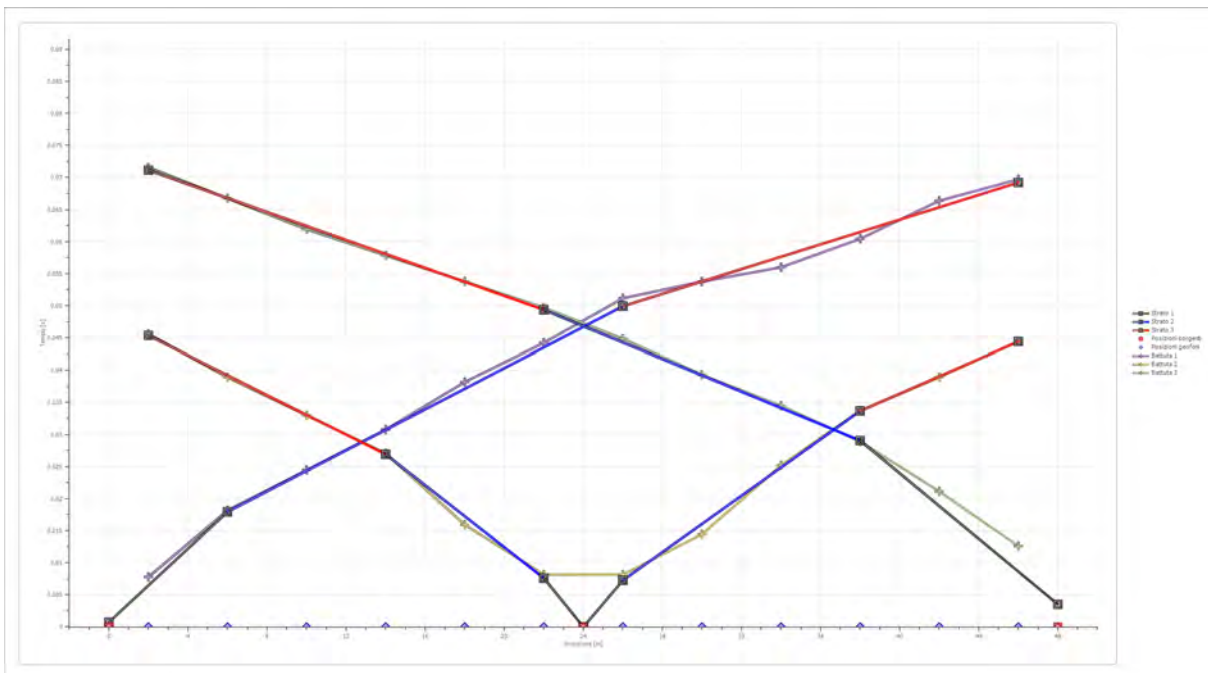
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

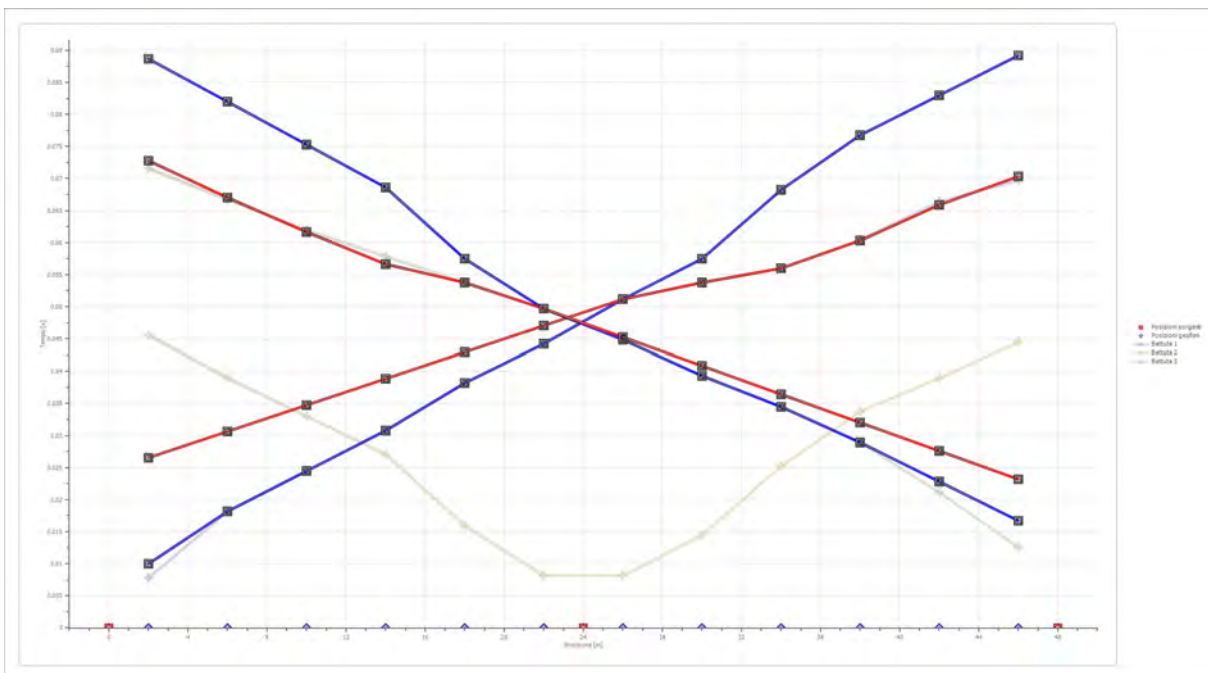


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	71.5698
6.0	66.7491
10.0	61.9283
14.0	57.8492
18.0	53.7701
22.0	49.6910
26.0	44.8702
30.0	39.3078
34.0	34.4870
38.0	28.9246
42.0	21.1372
46.0	12.6082

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

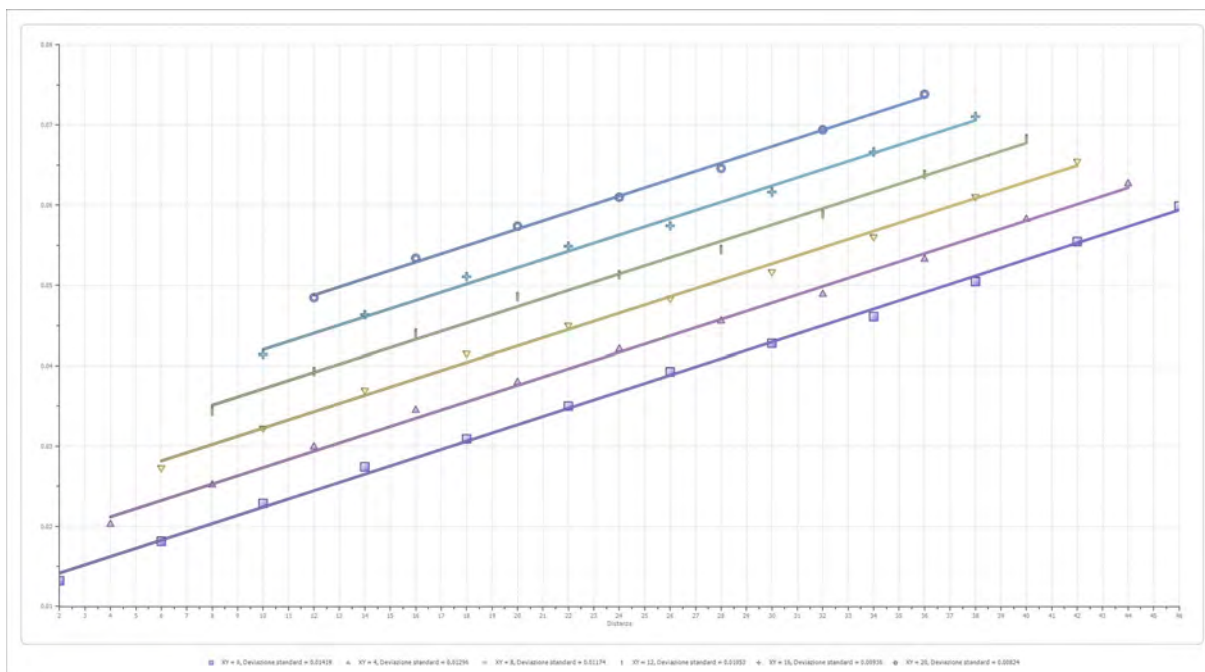
XY: 0

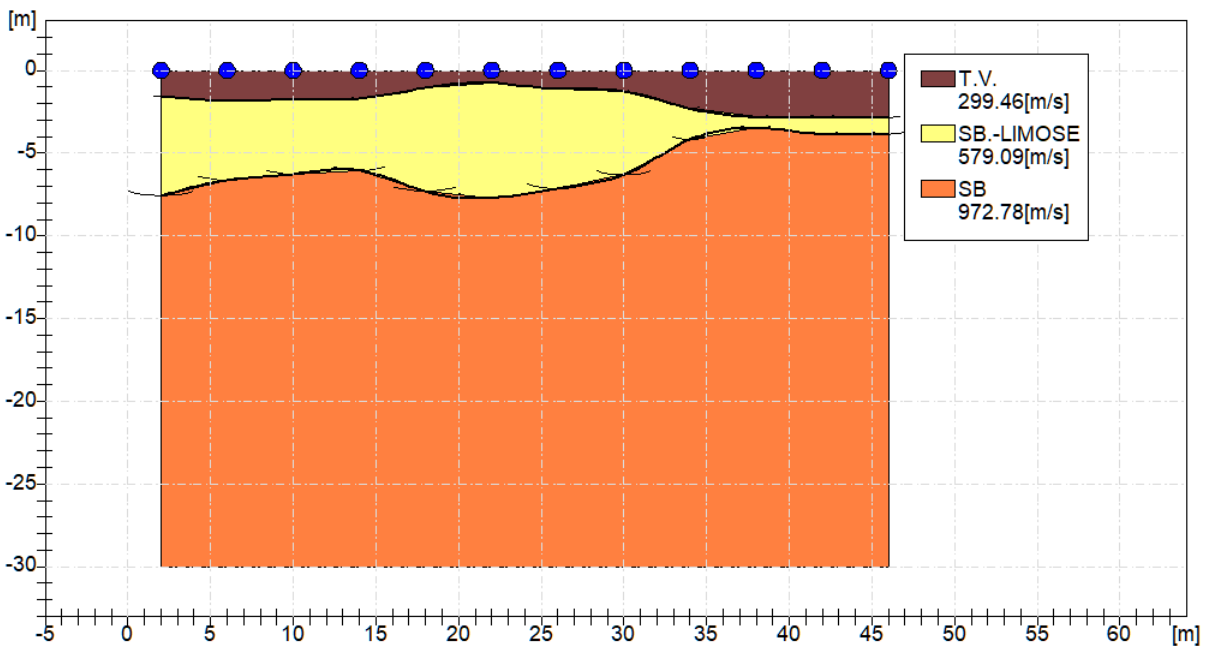
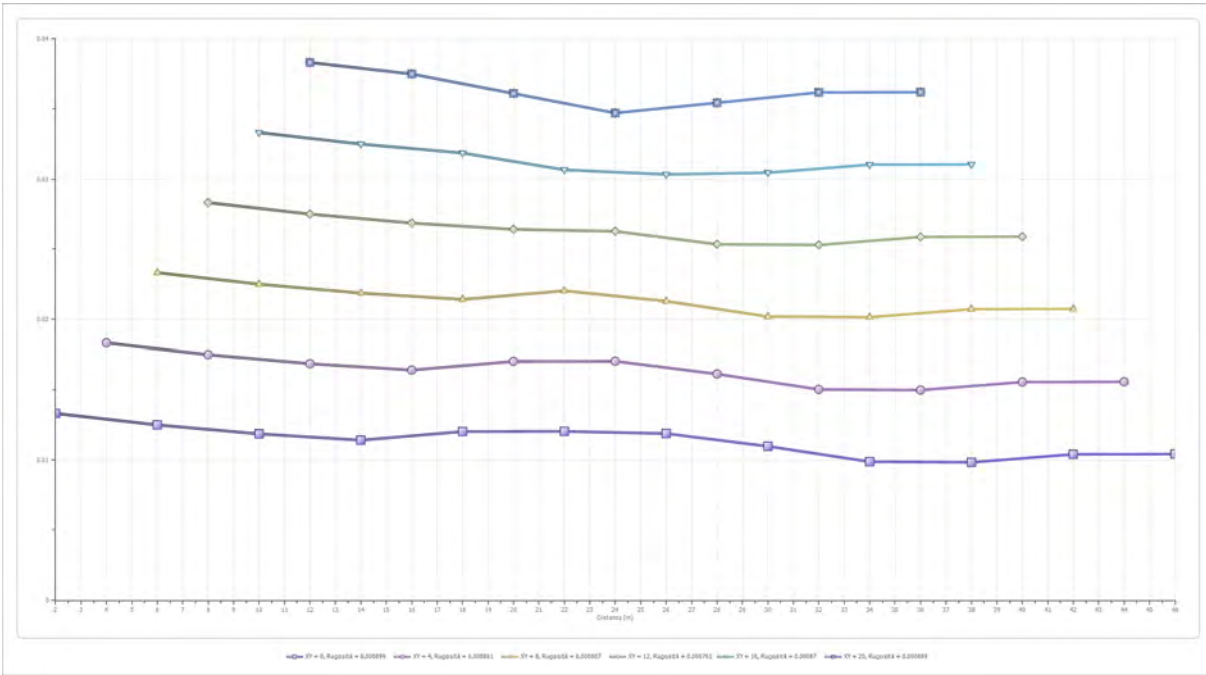
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	1.6	7.6	--
G= 6.0 [m]	1.8	6.6	--
G= 10.0 [m]	1.8	6.3	--
G= 14.0 [m]	1.7	6.0	--
G= 18.0 [m]	1.1	7.3	--
G= 22.0 [m]	0.8	7.7	--
G= 26.0 [m]	1.1	7.1	--
G= 30.0 [m]	1.3	6.3	--
G= 34.0 [m]	2.3	4.2	--
G= 38.0 [m]	2.8	3.5	--
G= 42.0 [m]	2.8	3.9	--
G= 46.0 [m]	2.9	3.8	--
Velocità [m/sec]	299.5	579.1	972.8
Descrizione	T.V.	SB.-LIMOSE	SB

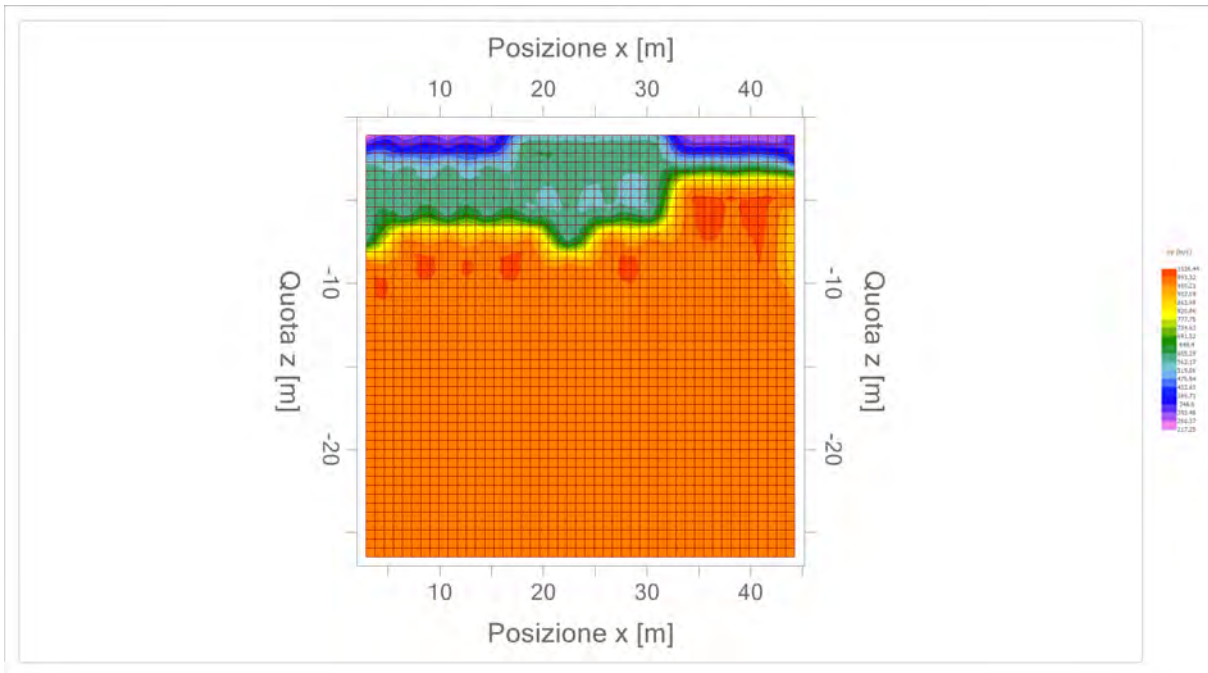
Altri parametri geotecnici

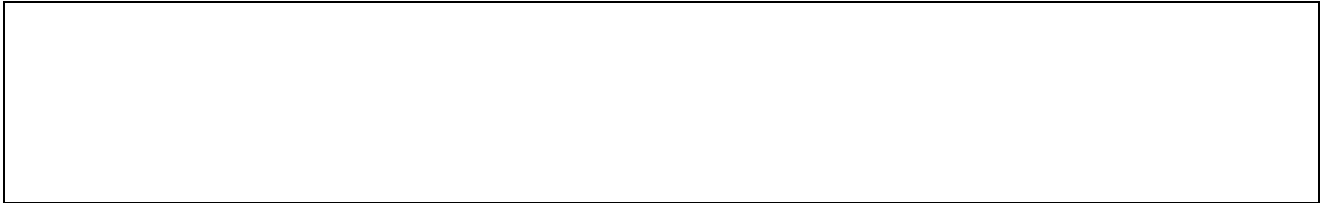
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.44	0.40	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	299.46	579.09	972.78
Vs [m/s]	98.02	236.41	427.96
G0 [MPa]	16.33	100.60	347.99
Ed [Mpa]	152.45	603.62	1797.96
M0 [MPa]	136.11	503.02	1449.97
Ey [Mpa]	47.04	281.69	960.46

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










Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

SIS D-4

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

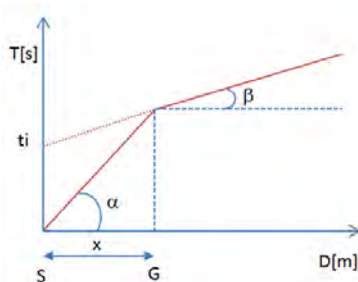
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

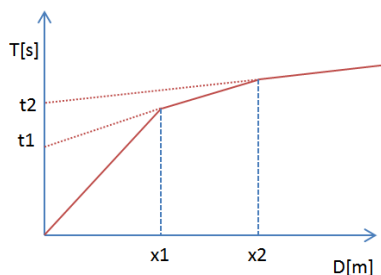
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

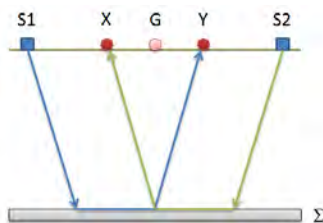


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

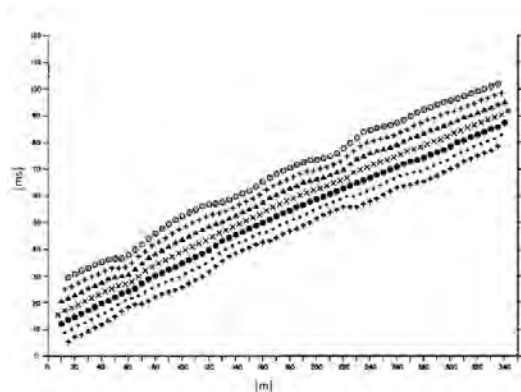
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

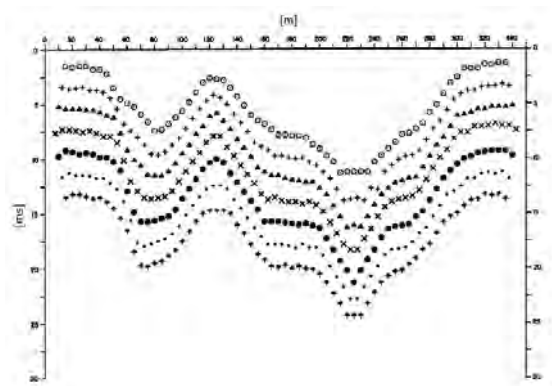
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	SIS D-4
Committente	AM 2 ENERGY SRL
Zona	ASI APRICENA
Operatore	GEOLOG. N. DI LELLA
Responsabile	GEOLOG. N. DI LELLA
Data	24/07/2022
Via	Z.I APRICENA
Latitudine	15,4169502°E[°]
Longitudine	41,7584220°N[°]
Altitudine	46[m]

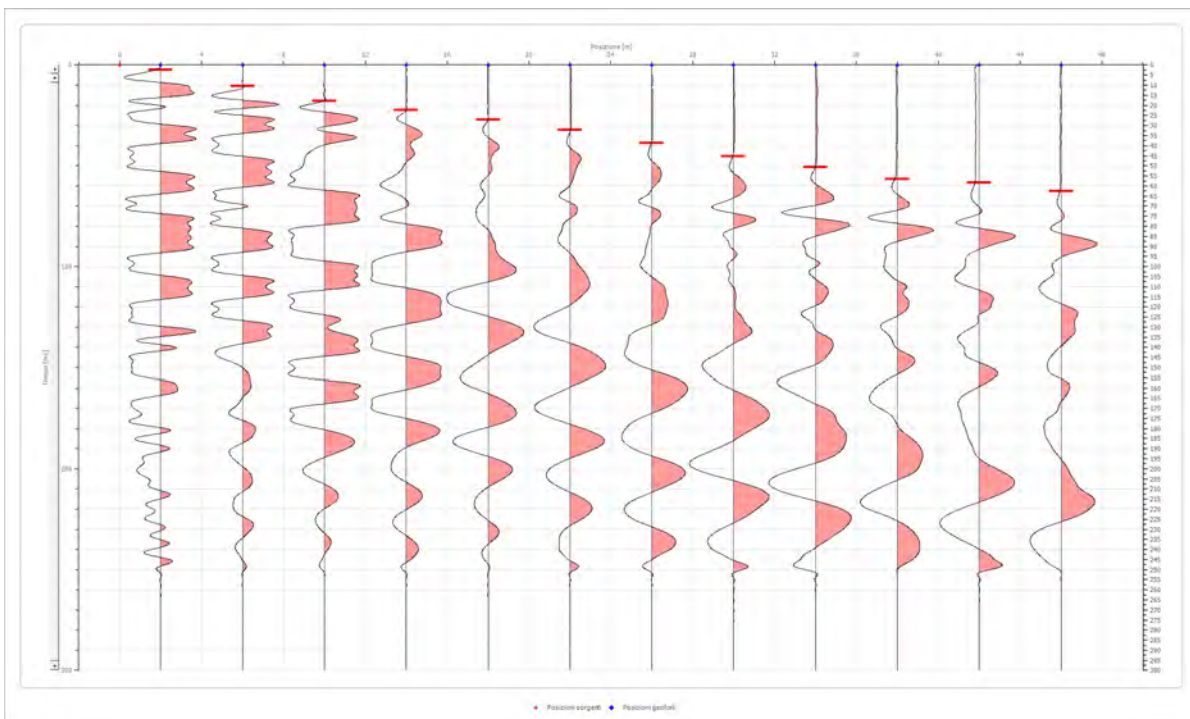
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

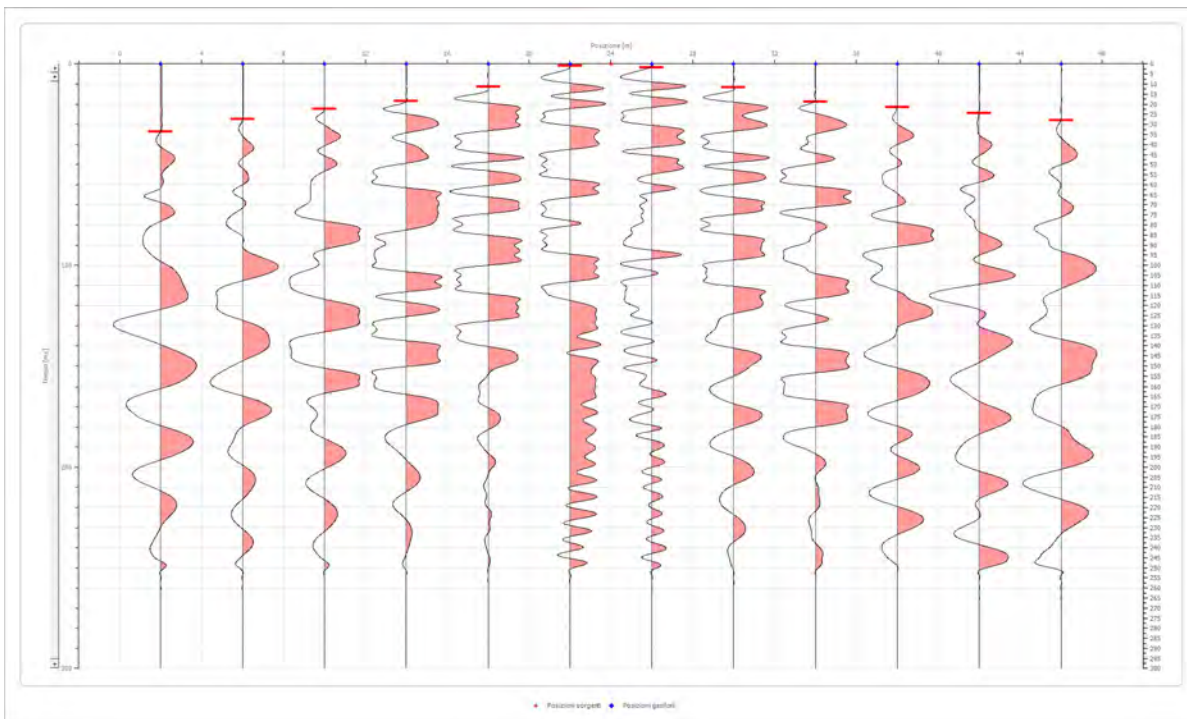


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	2.3833
6.0	10.4270
10.0	17.8749
14.0	22.3436
18.0	27.0000
22.0	32.1748
26.0	38.8750
30.0	45.2500
34.0	50.6455
38.0	56.7500
42.0	58.3913
46.0	62.5621

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

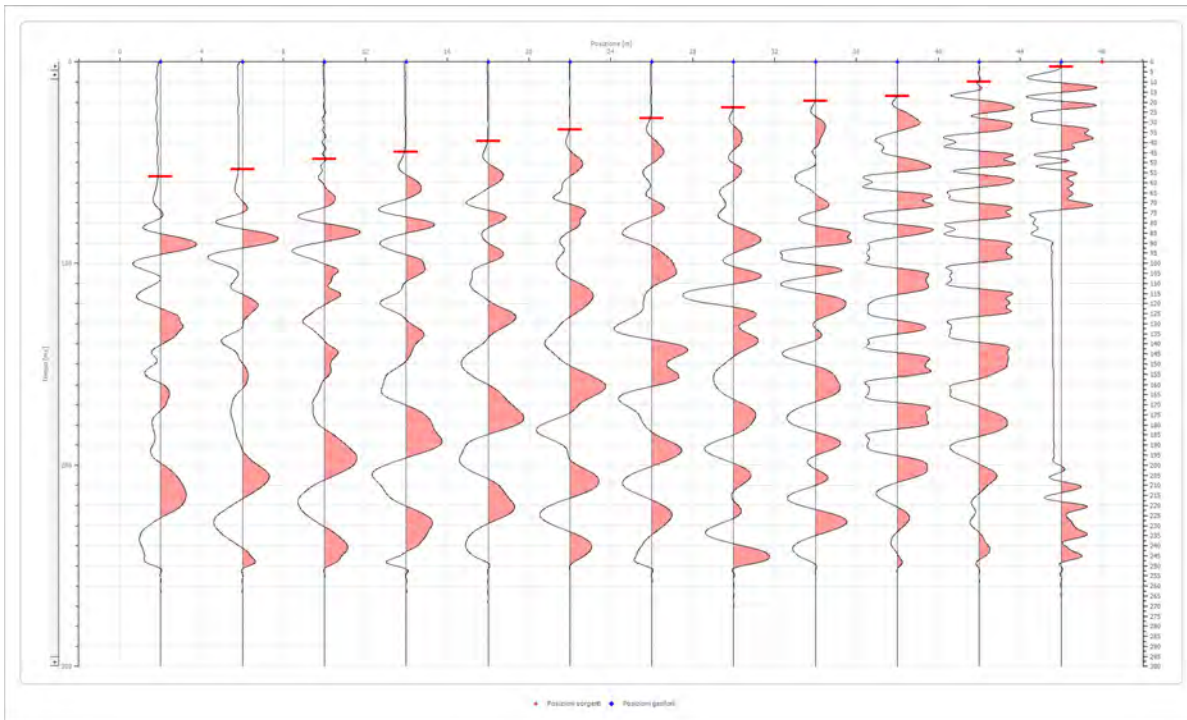
24 [m]
 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.6644
6.0	27.4081
10.0	22.3436
14.0	18.4707
18.0	11.3208
22.0	0.8937
26.0	1.7875
30.0	11.6187
34.0	18.7686
38.0	21.4499
42.0	24.5000
46.0	27.8750

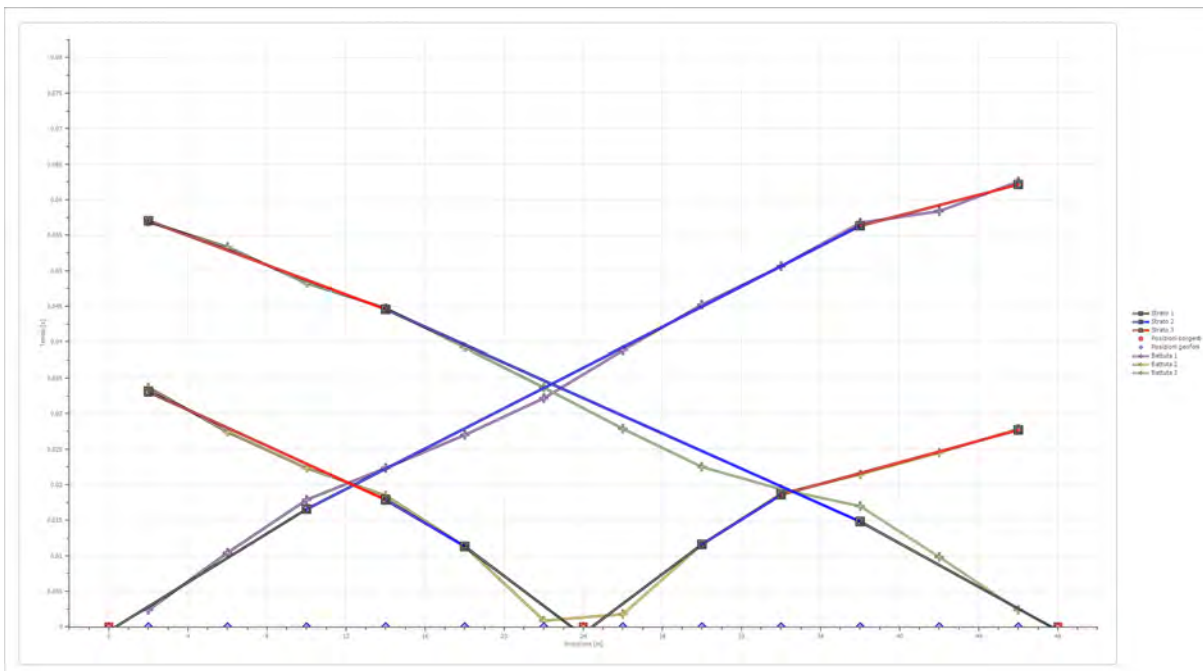
Battuta 3

Posizione sorgente X 48 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

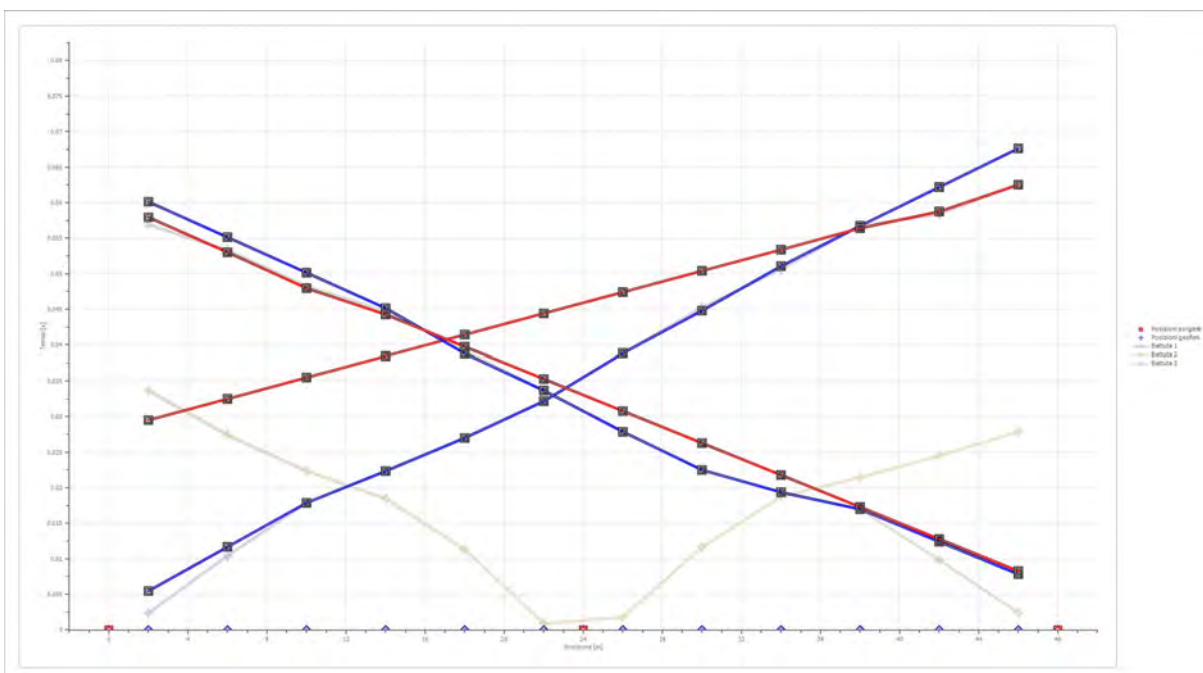


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	56.9017
6.0	53.3267
10.0	48.2622
14.0	44.7500
18.0	39.2500
22.0	33.6644
26.0	27.8750
30.0	22.5000
34.0	19.3644
38.0	16.9811
42.0	9.8312
46.0	2.3833

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

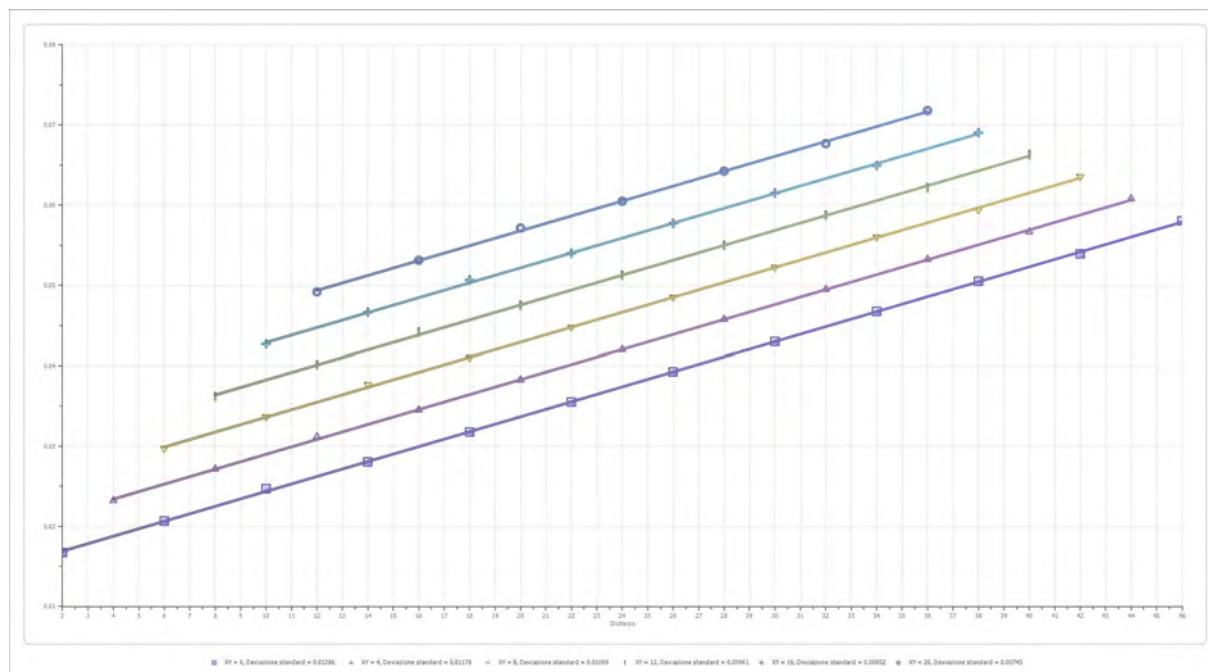
XY: 0

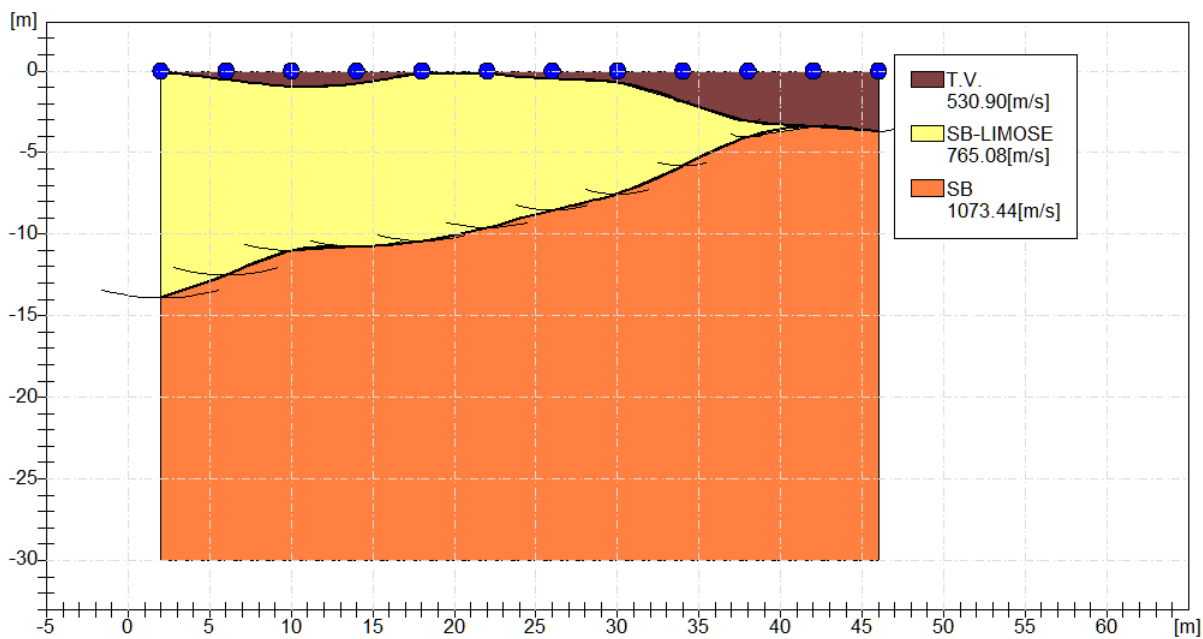
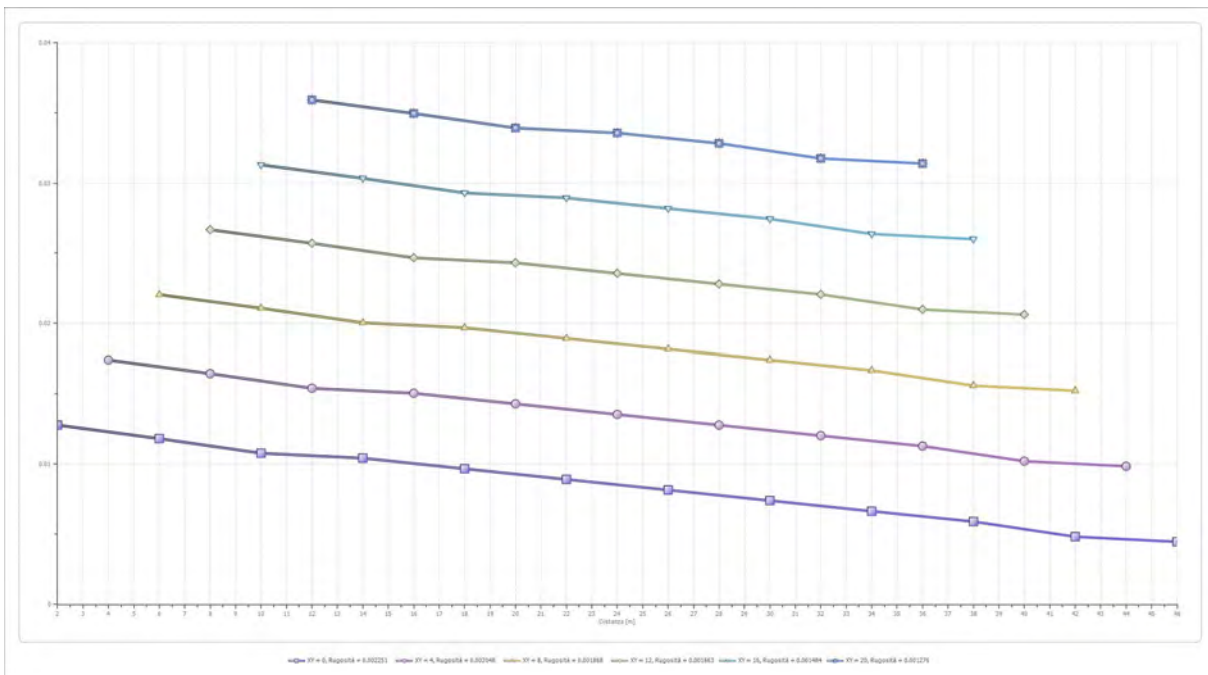
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.1	13.9	--
G= 6.0 [m]	0.5	12.5	--
G= 10.0 [m]	1.0	11.0	--
G= 14.0 [m]	0.8	10.8	--
G= 18.0 [m]	0.2	10.4	--
G= 22.0 [m]	0.2	9.6	--
G= 26.0 [m]	0.5	8.5	--
G= 30.0 [m]	0.7	7.5	--
G= 34.0 [m]	1.9	5.8	--
G= 38.0 [m]	3.1	4.0	--
G= 42.0 [m]	3.4	3.4	--
G= 46.0 [m]	3.7	3.7	--
Velocità [m/sec]	530.9	765.1	1073.4
Descrizione	T.V.	SB-LIMOSE	SB

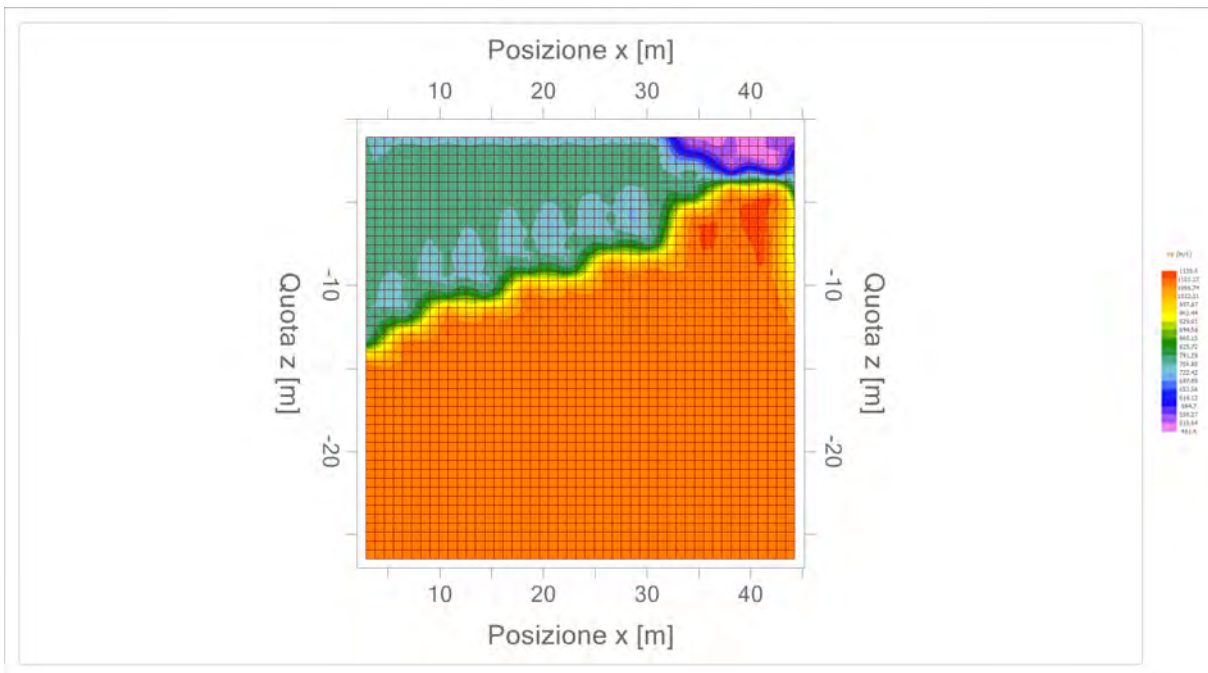
Altri parametri geotecnici

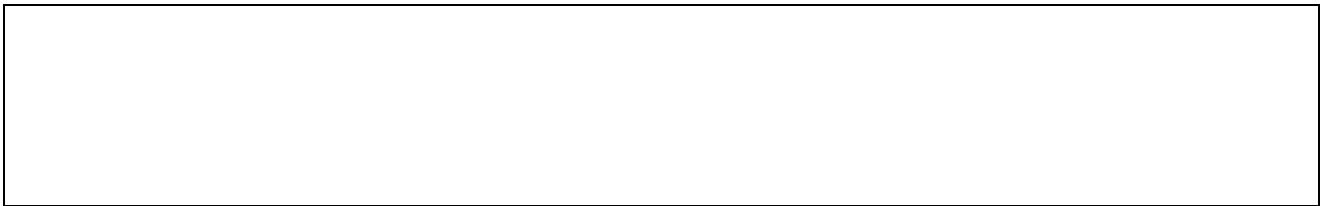
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.44	0.40	0.38
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	530.90	765.08	1073.44
Vs [m/s]	173.78	312.34	472.25
G0 [MPa]	51.34	175.61	423.74
Ed [Mpa]	479.15	1053.64	2189.32
M0 [MPa]	427.82	878.03	1765.58
Ey [Mpa]	147.85	491.70	1169.52

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










Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - SIS-D5

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

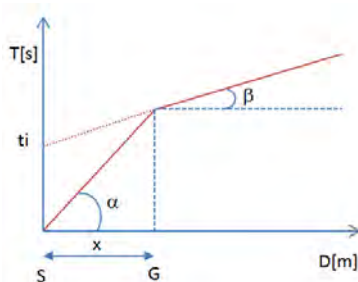
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

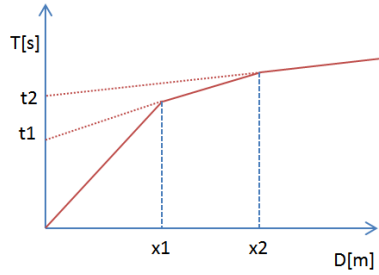
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

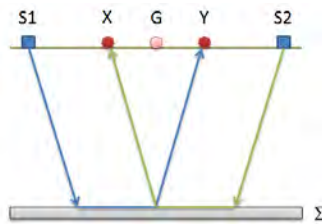


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

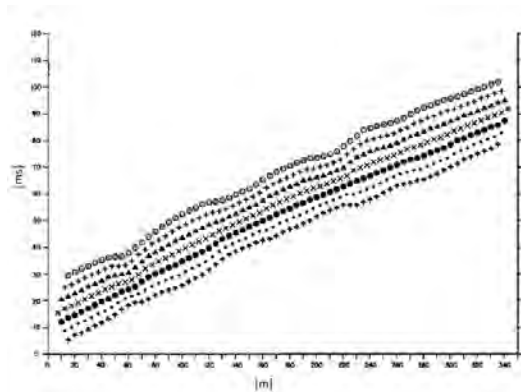
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

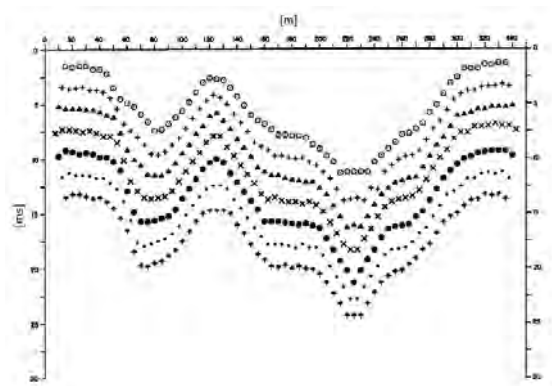
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	FTV - AM2 APRICENA - SIS-D5
Committente	AM 2 ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	12/07/2022
Via	ZONA I. APRICENA
Latitudine	15,4213557°E[°]
Longitudine	41,7524240°N[°]
Altitudine	42.3[m]

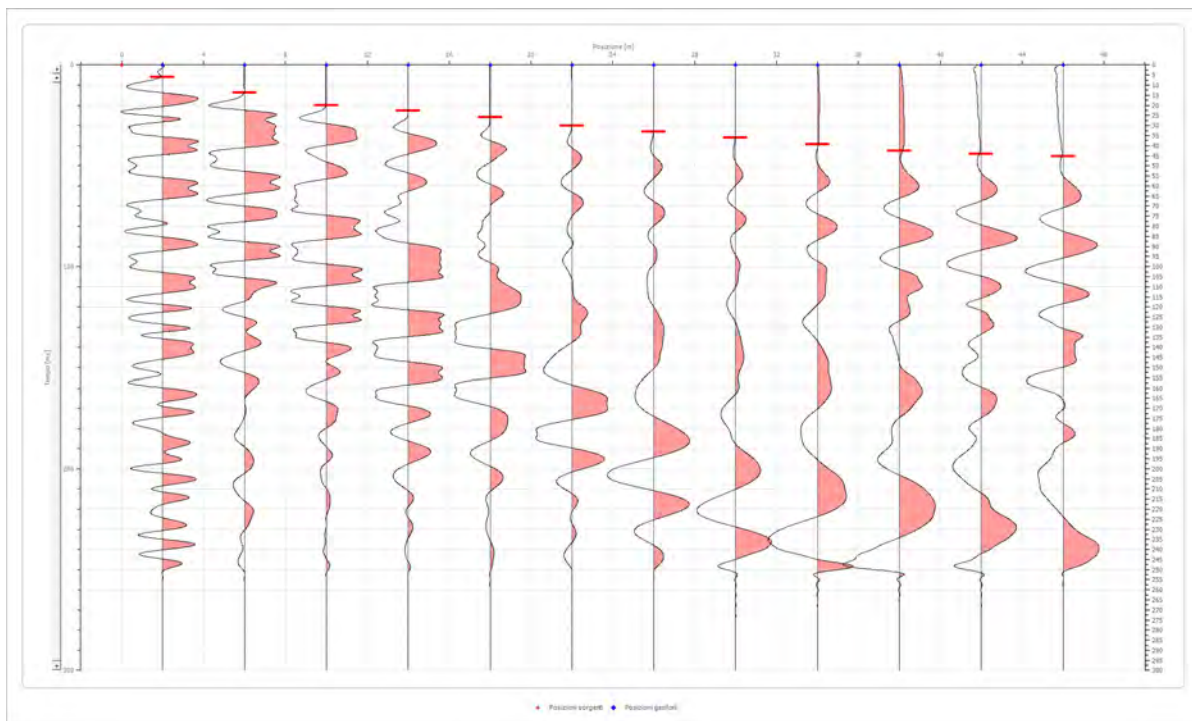
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

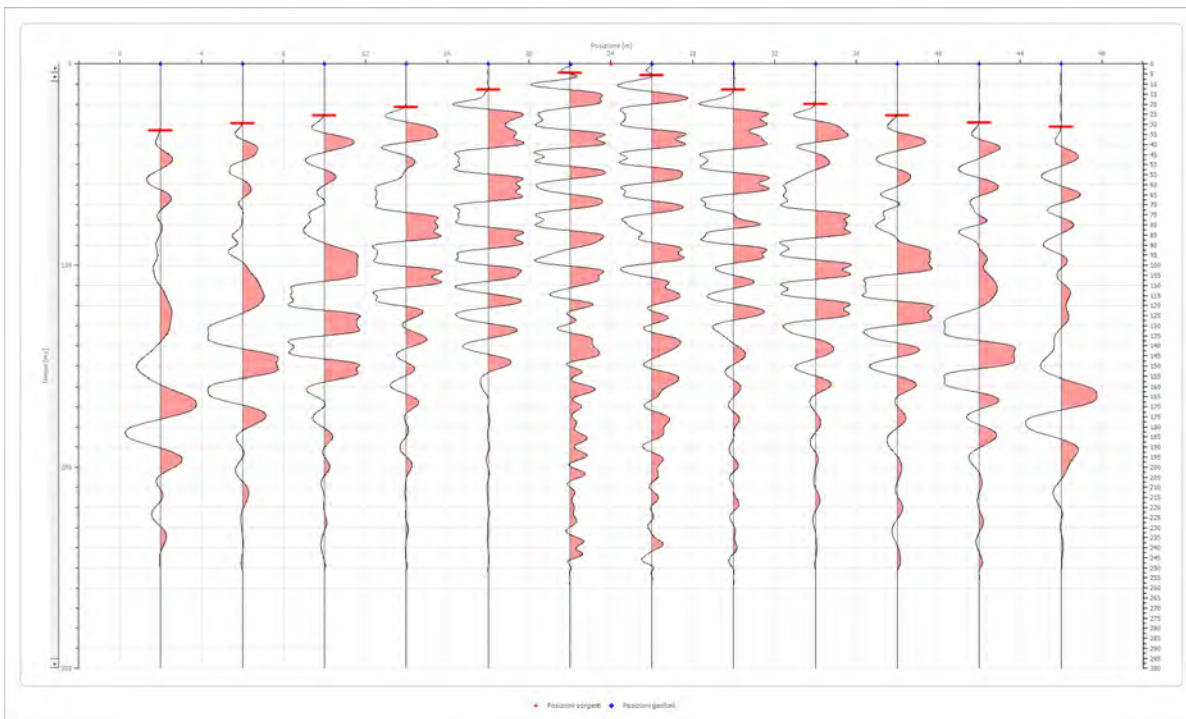


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	5.9583
6.0	13.7041
10.0	20.0000
14.0	22.7500
18.0	26.0000
22.0	30.1250
26.0	33.0000
30.0	36.0000
34.0	39.3247
38.0	42.6018
42.0	44.0914
46.0	45.2830

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

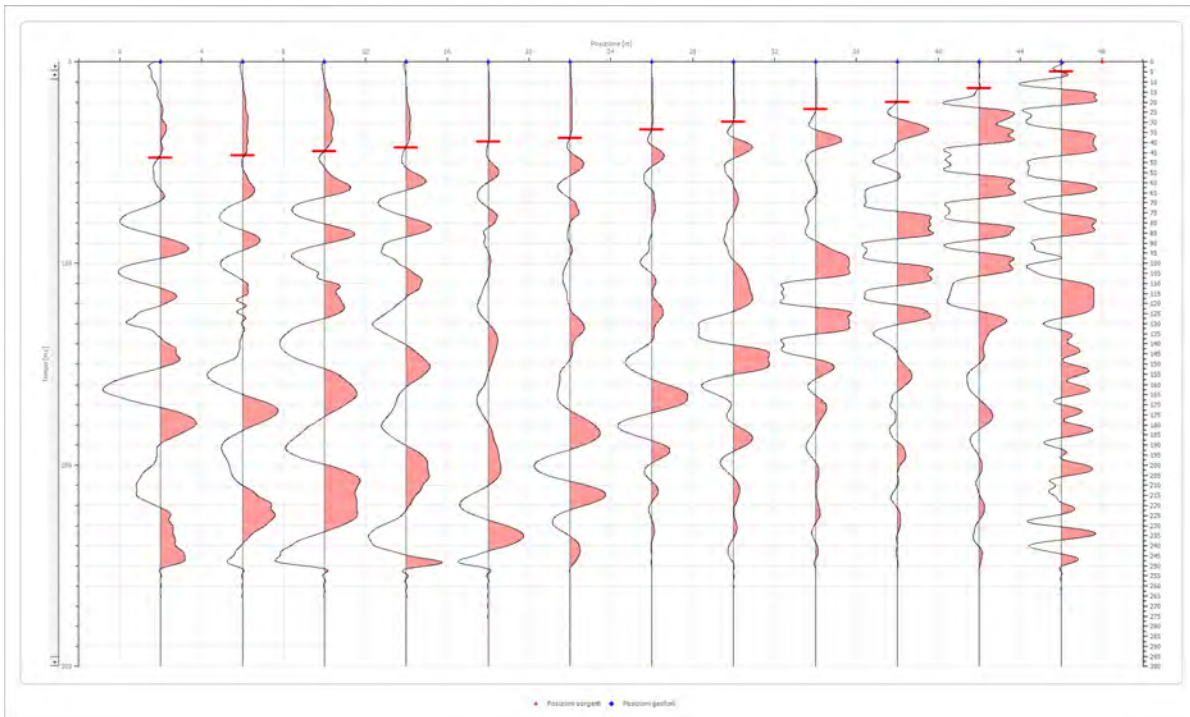


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.0685
6.0	29.3750
10.0	25.6207
14.0	21.4499
18.0	12.8103
22.0	4.4687
26.0	5.6604
30.0	12.8103
34.0	20.0000
38.0	25.6207
42.0	29.1956
46.0	31.3750

Battuta 3

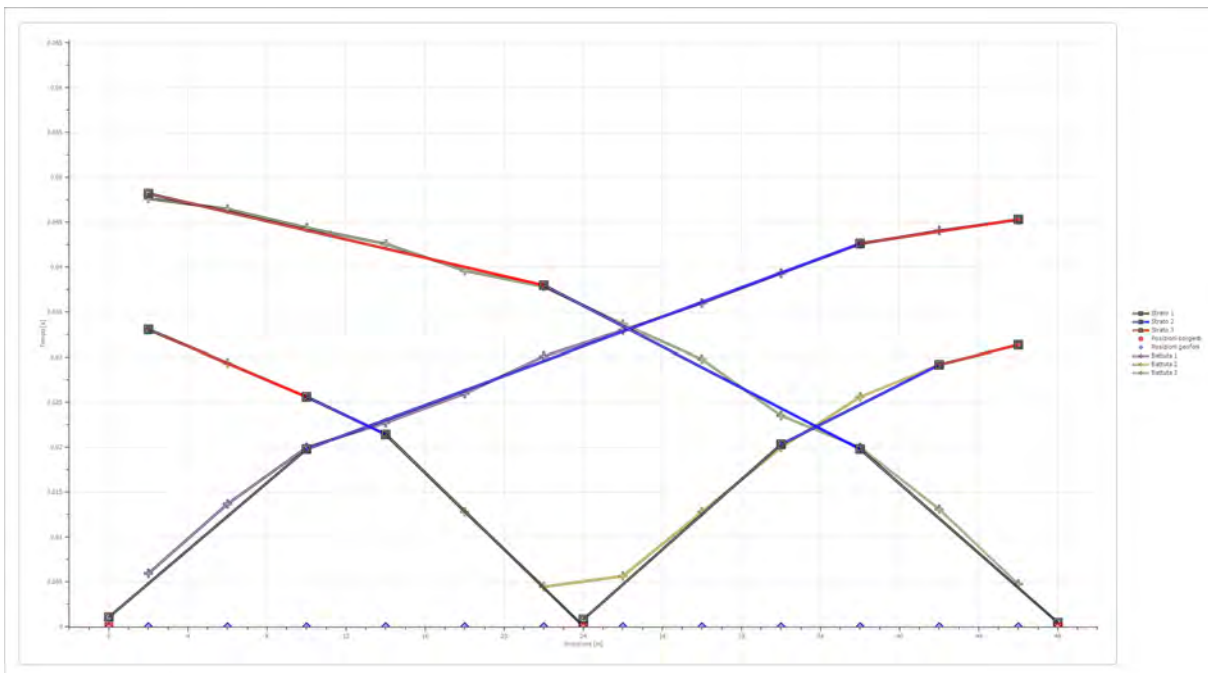
Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

48 [m]
0 [m]

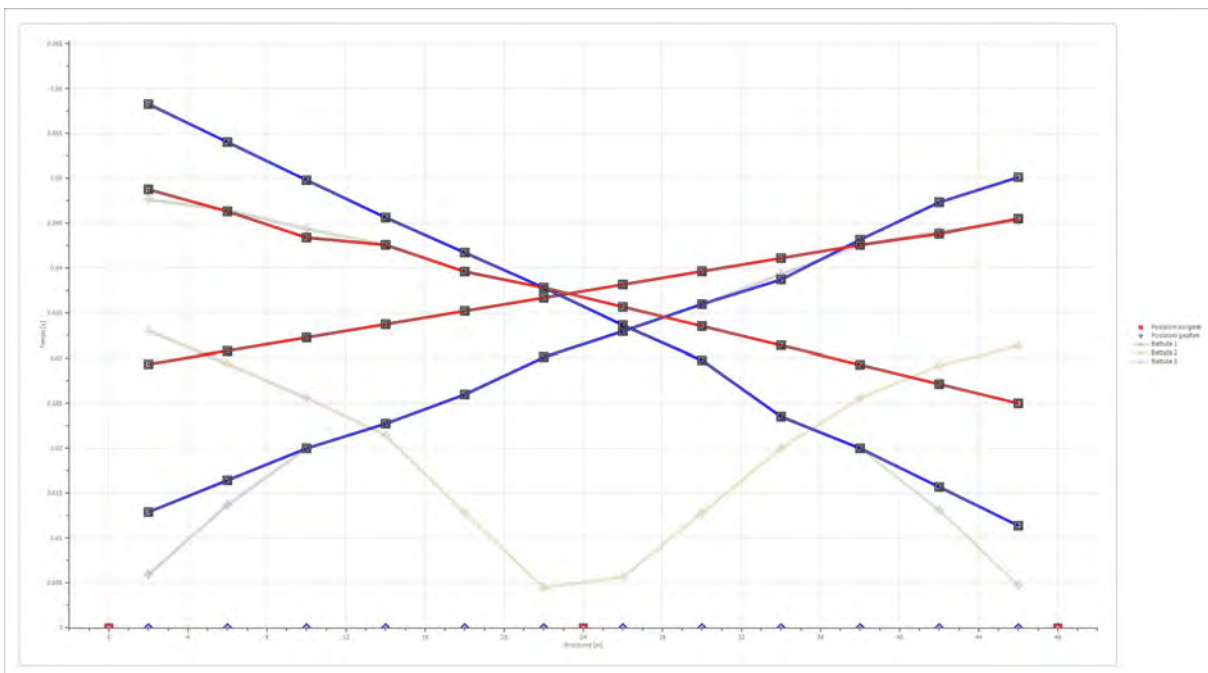


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	47.6663
6.0	46.4747
10.0	44.3893
14.0	42.6018
18.0	39.6226
22.0	37.8352
26.0	33.6644
30.0	29.7915
34.0	23.5353
38.0	20.0000
42.0	13.1082
46.0	4.7666

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

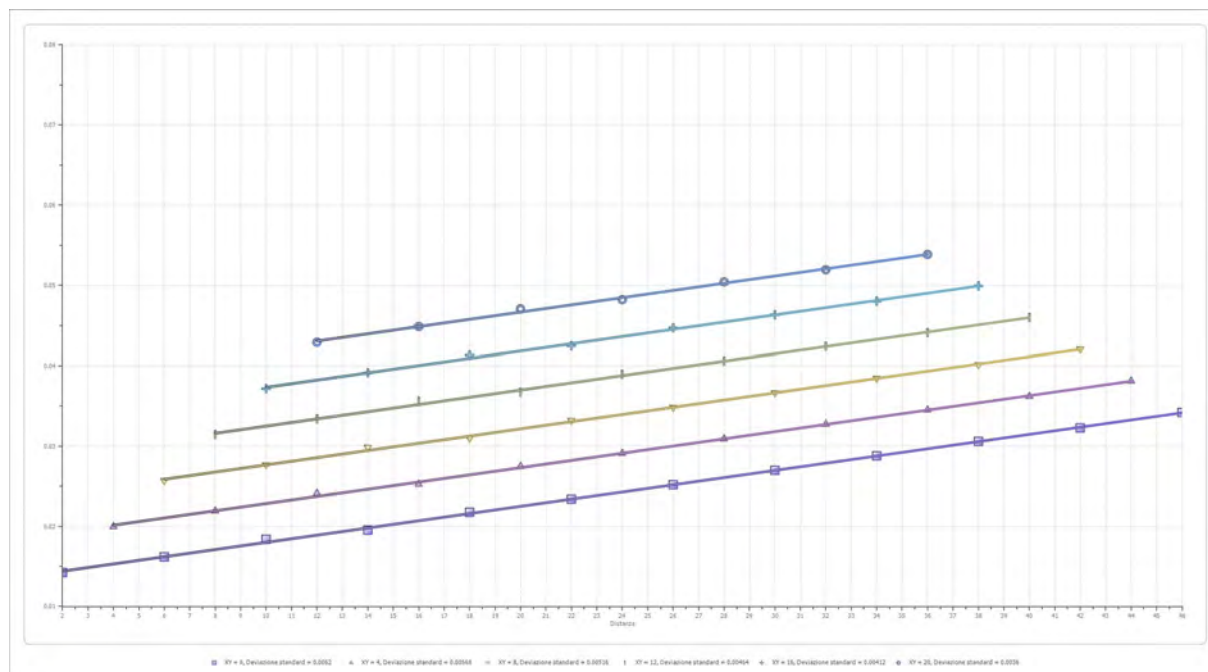
XY: 0

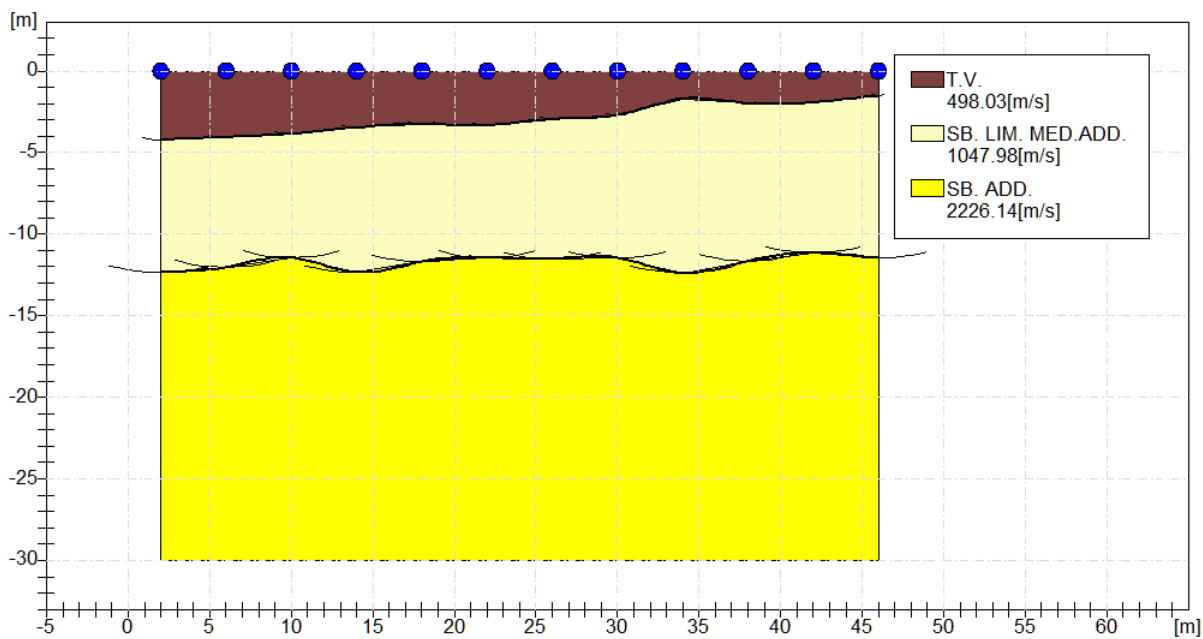
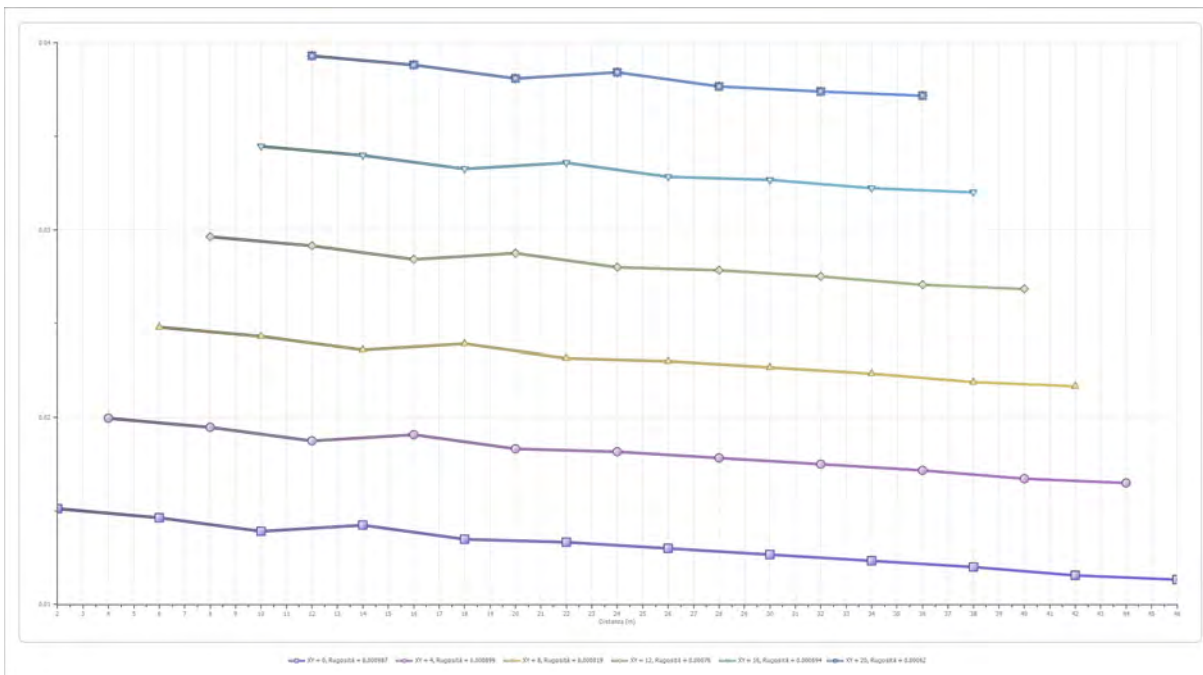
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	4.2	12.4	--
G= 6.0 [m]	4.0	12.0	--
G= 10.0 [m]	3.9	11.4	--
G= 14.0 [m]	3.4	12.4	--
G= 18.0 [m]	3.3	11.7	--
G= 22.0 [m]	3.3	11.4	--
G= 26.0 [m]	3.0	11.5	--
G= 30.0 [m]	2.7	11.5	--
G= 34.0 [m]	1.7	12.4	--
G= 38.0 [m]	2.0	11.6	--
G= 42.0 [m]	1.9	11.2	--
G= 46.0 [m]	1.5	11.5	--
Velocità [m/sec]	498.0	1048.0	2226.1
Descrizione	T.V.	SB. LIM. MED.ADD.	SB. ADD.

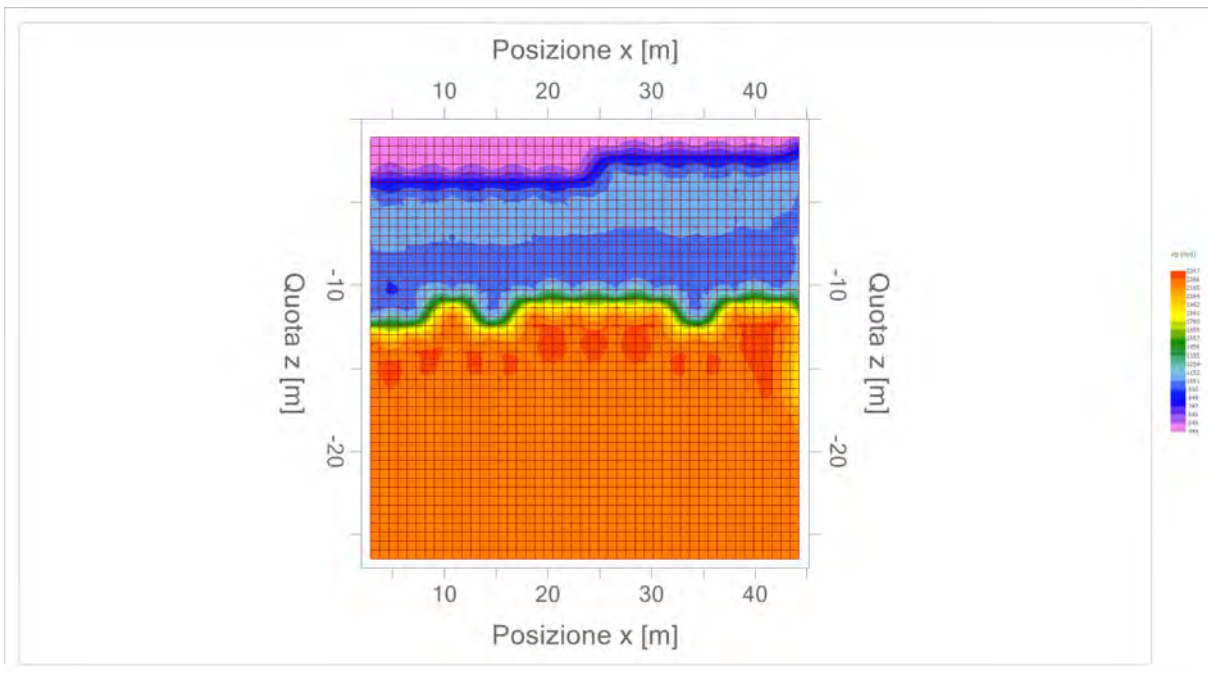
Altri parametri geotecnici

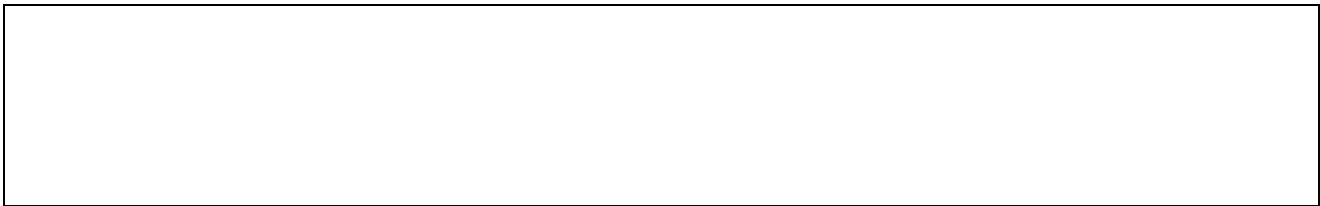
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	498.03	1047.98	2226.14
Vs [m/s]	203.32	461.05	1069.40
G0 [MPa]	70.28	382.62	2172.88
Ed [Mpa]	421.67	1976.86	9415.80
M0 [MPa]	351.39	1594.24	7242.93
Ey [Mpa]	196.78	1056.02	5866.77

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










Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - SIS-D6

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

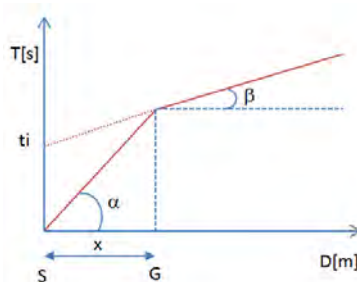
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

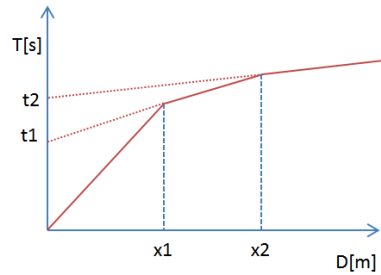
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

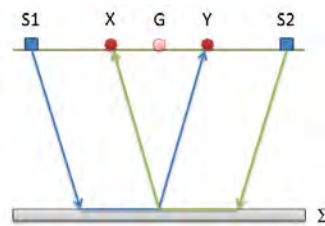


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

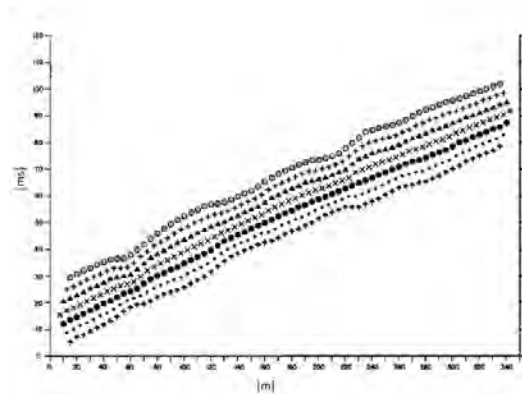
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

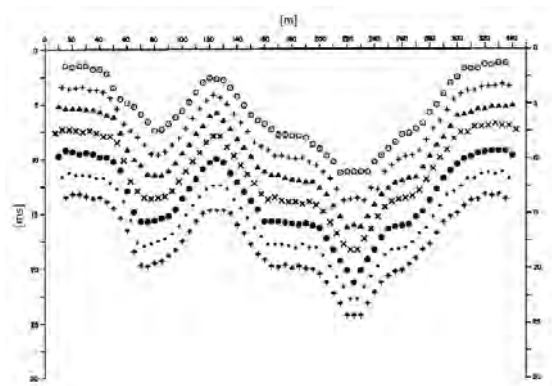
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	FTV - AM2 APRICENA - SIS-D6
Committente	AM 2 ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI APRICENA
Operatore	GEOL. NAZARIO DI LELLA
Responsabile	GEOL. NAZARIO DI LELLA
Data	10/07/2022
Via	Z.I. APRICENA
Latitudine	15,4201710°E[°]
Longitudine	41,7449379°N[°]
Altitudine	43.5[m]

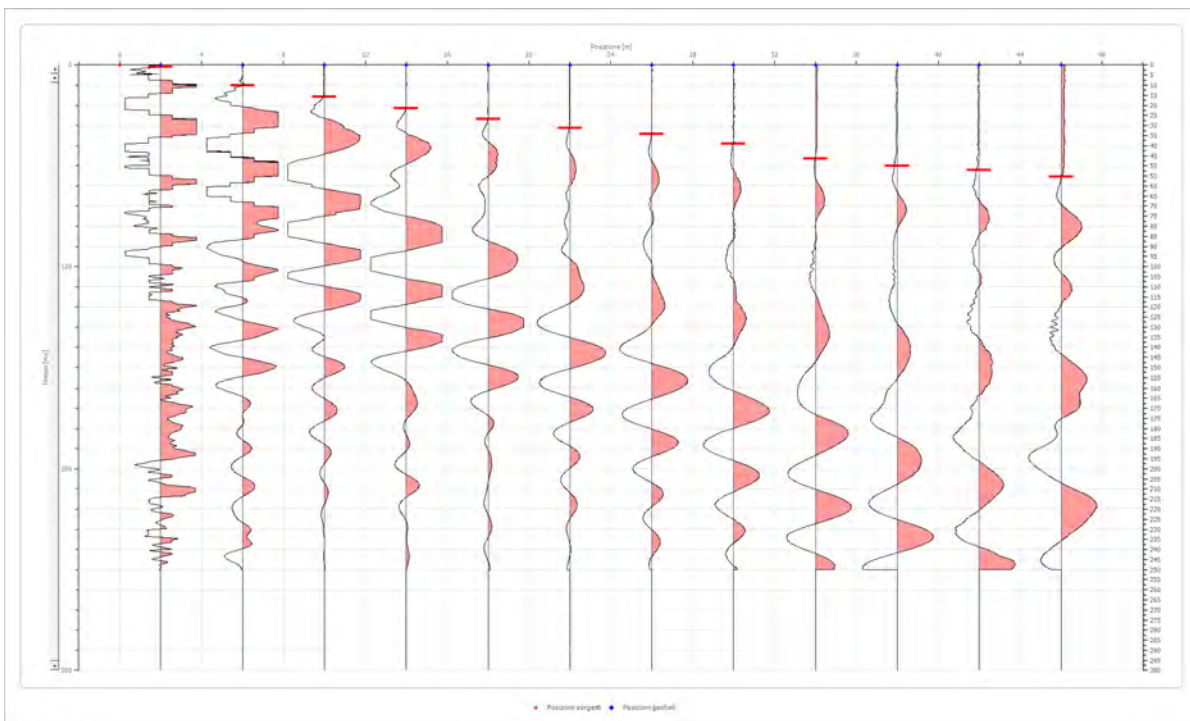
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

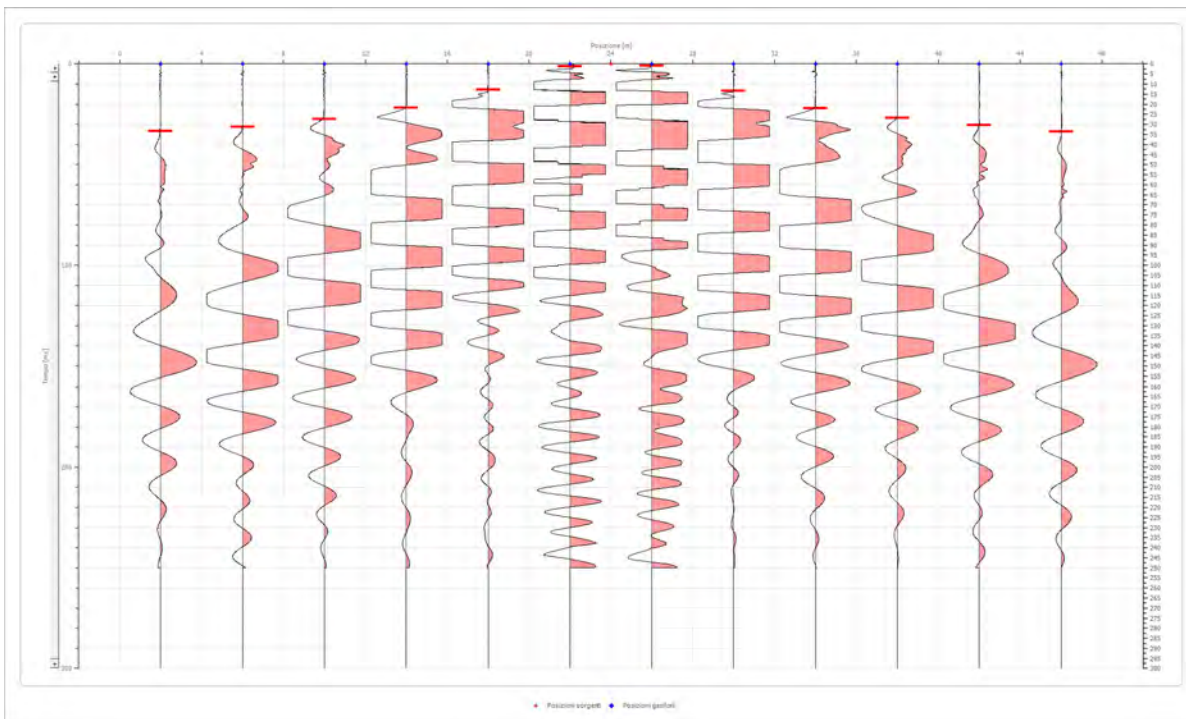


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	0.8937
6.0	10.1291
10.0	15.7895
14.0	21.3750
18.0	26.8750
22.0	31.3750
26.0	34.3750
30.0	39.0000
34.0	46.4747
38.0	50.0497
42.0	52.1351
46.0	55.4121

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

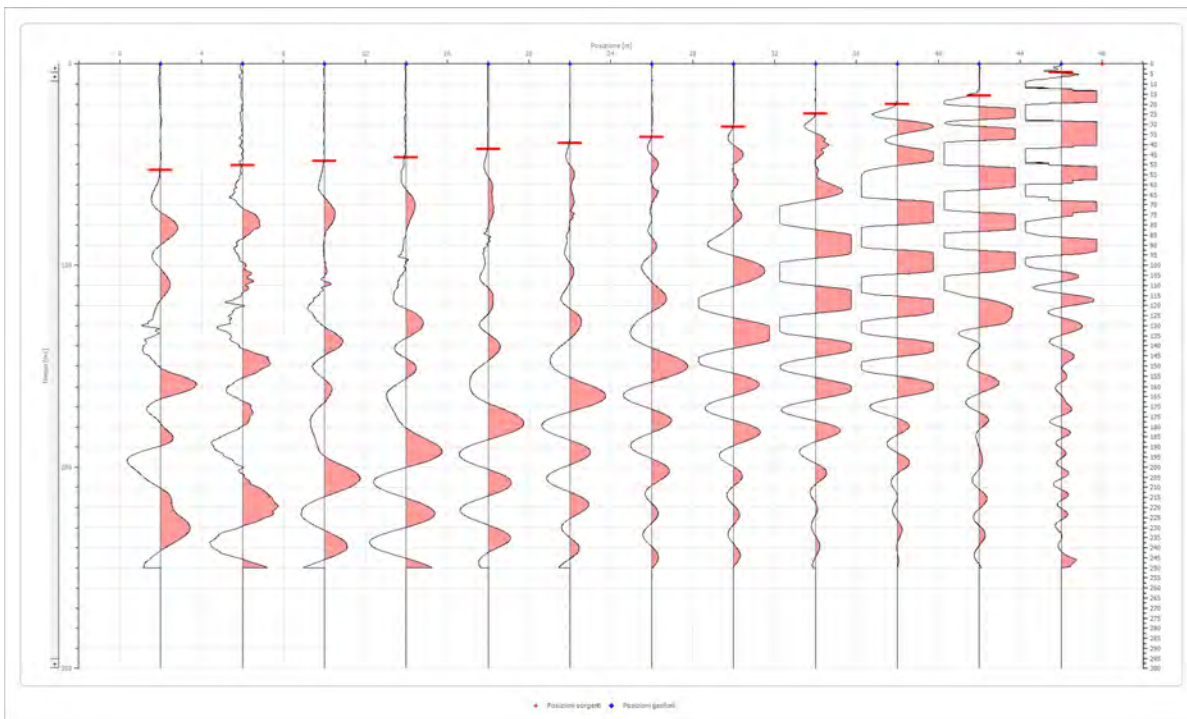


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	33.5000
6.0	31.2500
10.0	27.4081
14.0	21.7500
18.0	12.8103
22.0	1.1917
26.0	0.8937
30.0	13.4062
34.0	22.0457
38.0	26.8123
42.0	30.2500
46.0	33.6644

Battuta 3

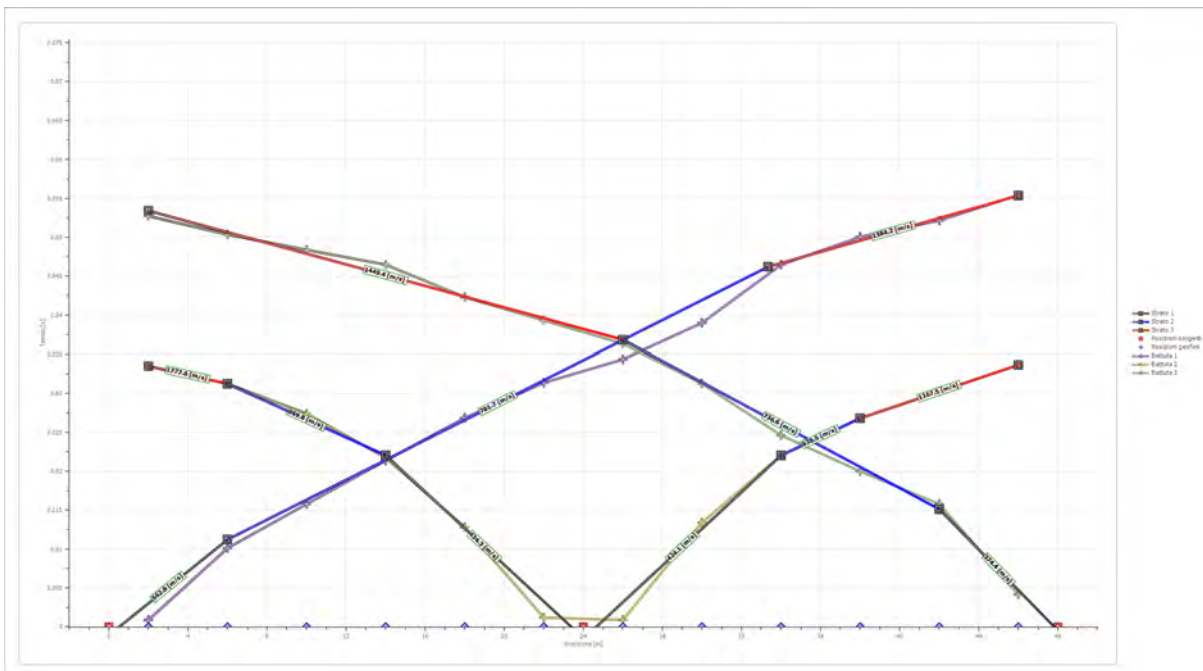
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

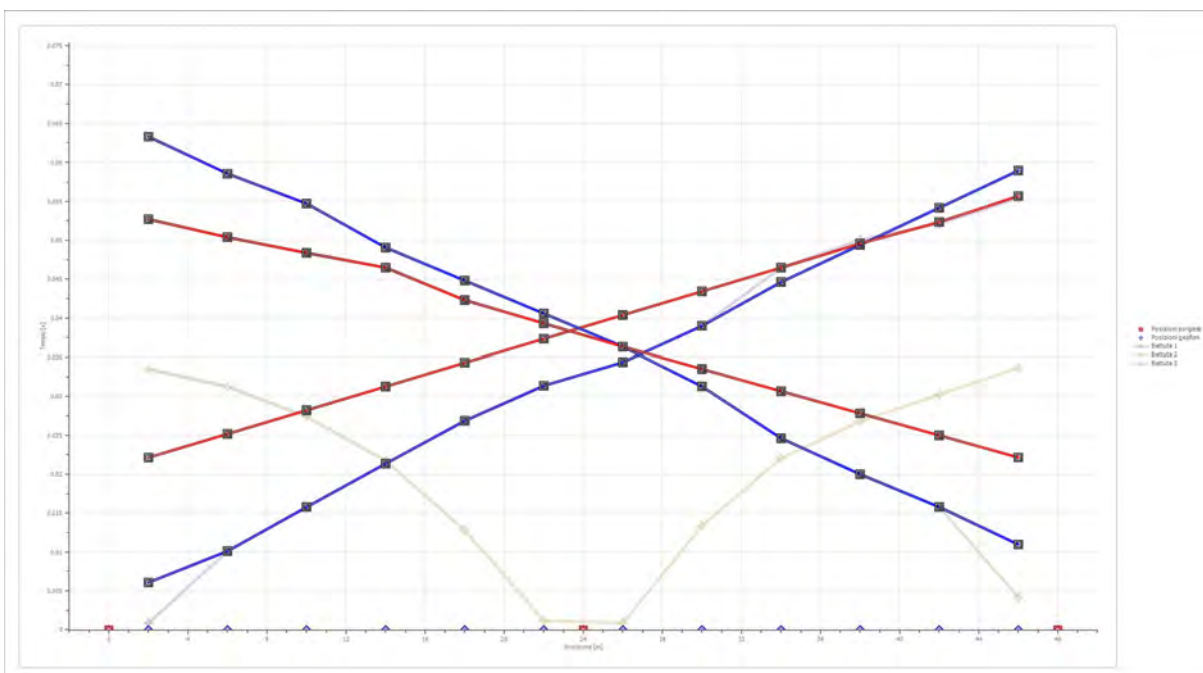


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	52.7309
6.0	50.3476
10.0	48.3750
14.0	46.4747
18.0	42.3039
22.0	39.3247
26.0	36.3456
30.0	31.2810
34.0	24.6250
38.0	20.0000
42.0	15.7895
46.0	4.1708

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

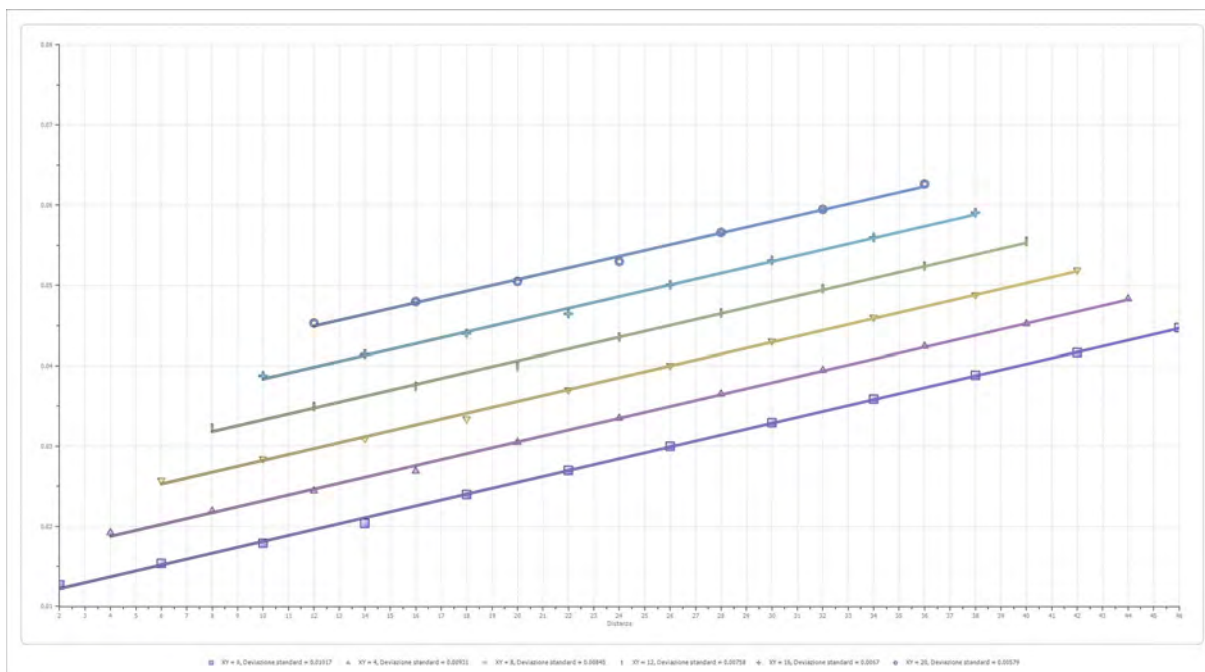
XY: 0

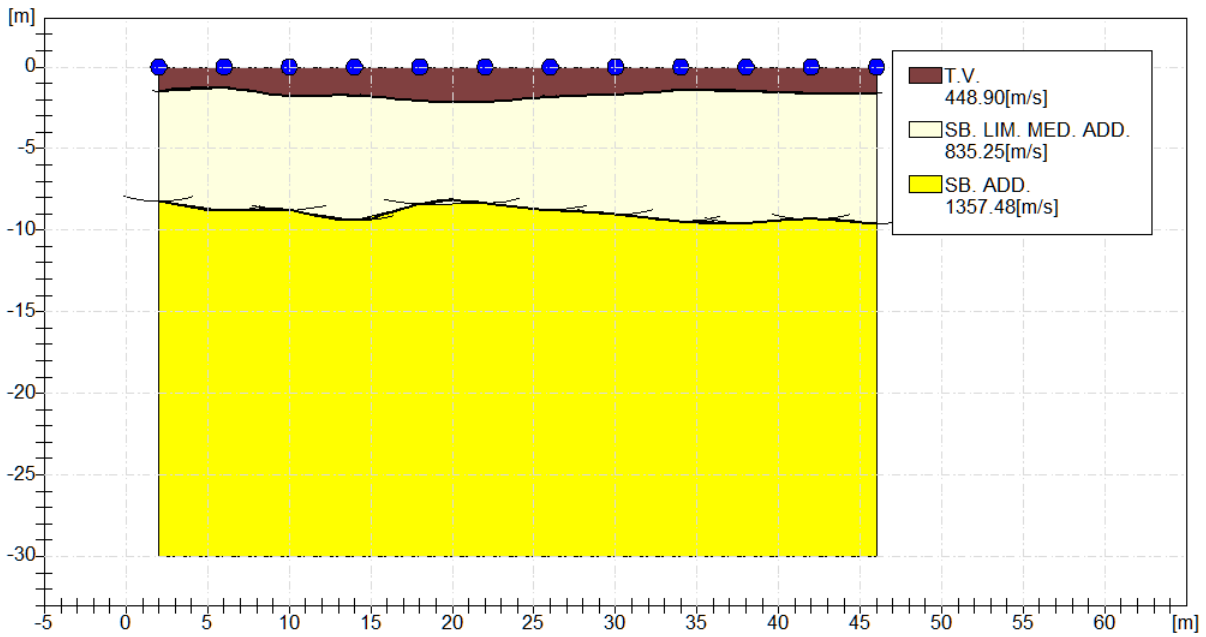
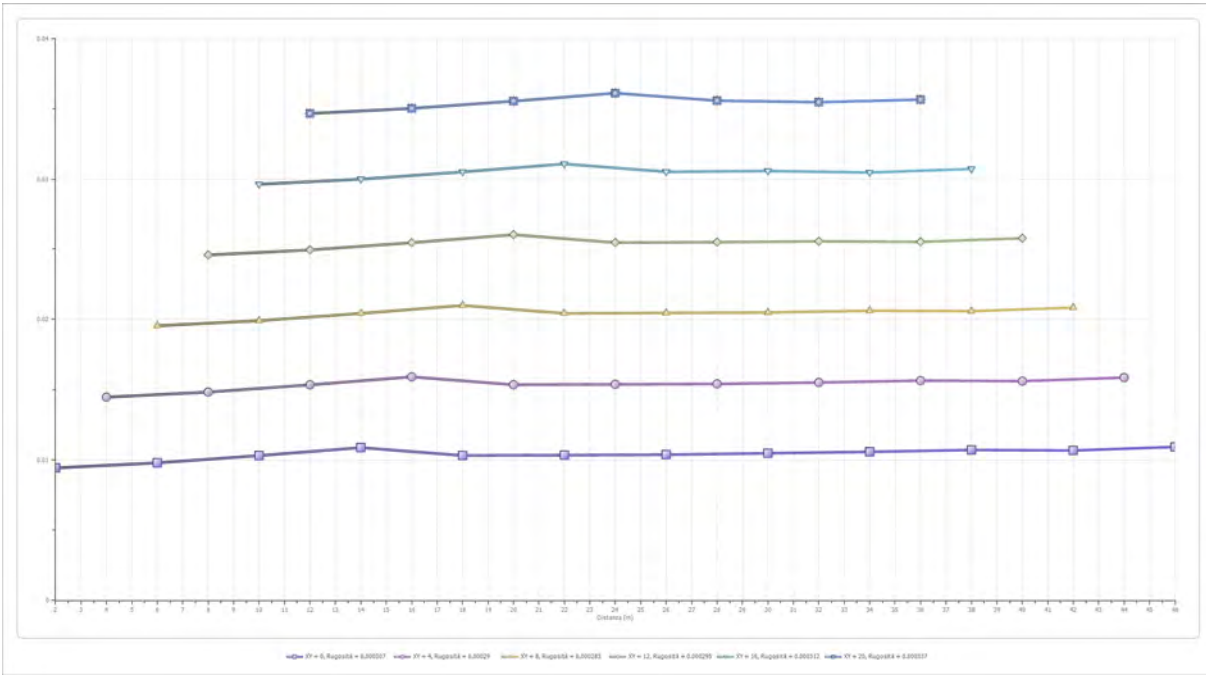
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	1.5	8.2	--
G= 6.0 [m]	1.3	8.8	--
G= 10.0 [m]	1.8	8.8	--
G= 14.0 [m]	1.7	9.4	--
	2.1	8.4	--
G= 22.0 [m]	2.2	8.3	--
G= 26.0 [m] G= 18.0 [m]	1.8	8.8	--
G= 30.0 [m]	1.7	9.0	--
G= 34.0 [m]	1.4	9.5	--
G= 38.0 [m]	1.5	9.6	--
G= 42.0 [m]	1.6	9.3	--
G= 46.0 [m]	1.6	9.6	--
Velocità [m/sec]	448.9	835.3	1357.5
Descrizione	T.V.	SB. LIM. MED. ADD.	SB. ADD.

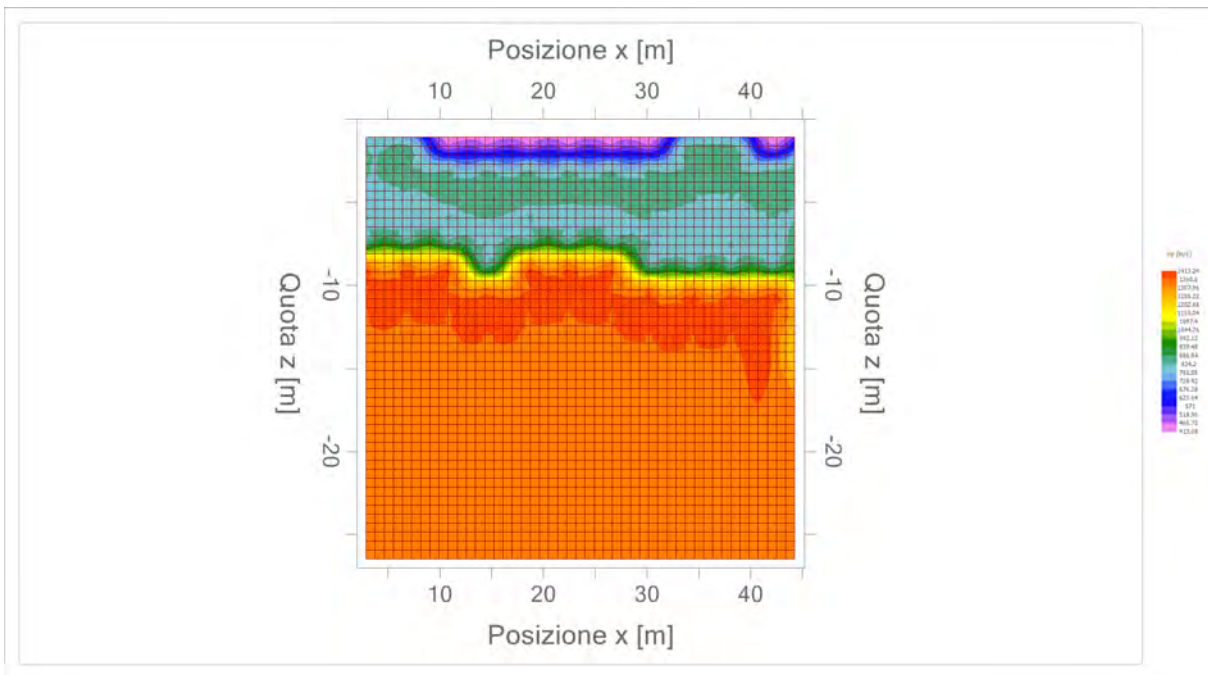
Altri parametri geotecnici

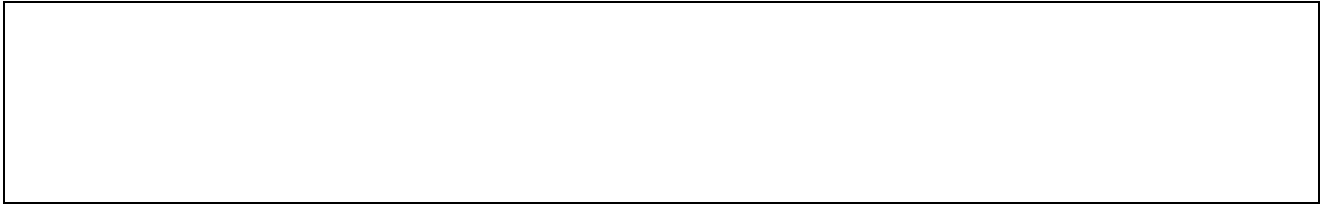
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	448.90	835.25	1357.48
Vs [m/s]	183.26	367.46	652.11
G0 [MPa]	57.09	243.05	807.98
Ed [Mpa]	342.56	1255.77	3501.23
M0 [MPa]	285.47	1012.72	2693.25
Ey [Mpa]	159.86	670.82	2181.54

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










Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - SIS-D7

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

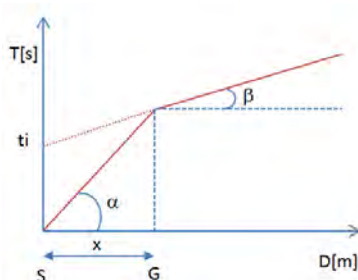
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

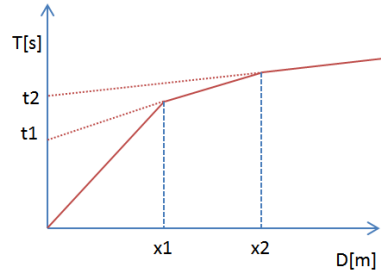
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

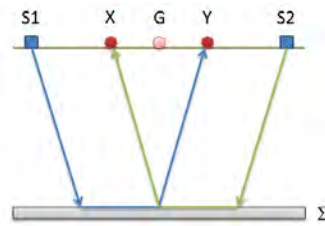


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

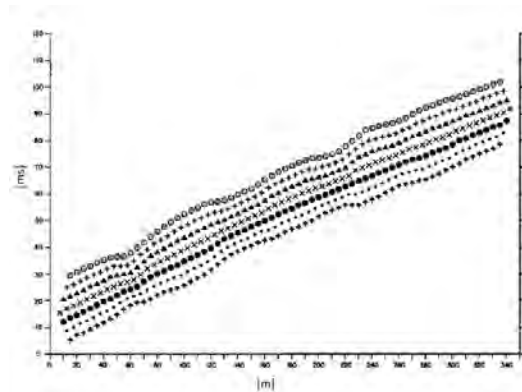
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

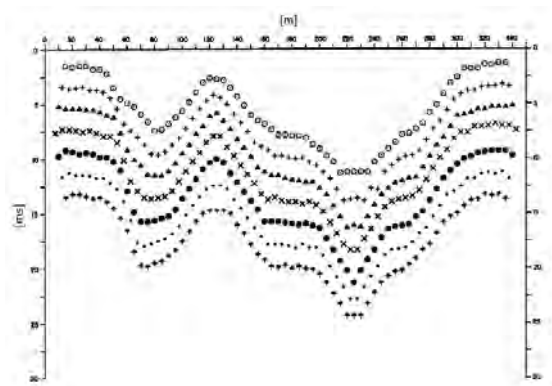
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	FTV - AM2 APRICENA - SIS-D7
Committente	AM2 ENERGY SRL
Zona	ZONA ASI
Operatore	GEOL. DI LELLA NAZARIO
Responsabile	GROL. DI LELLA NAZARIO
Data	10/07/2022
Via	Z.I. APRICENA
Latitudine	15,4099179°E[°]
Longitudine	41,7539529°N[°]
Altitudine	46.5[m]

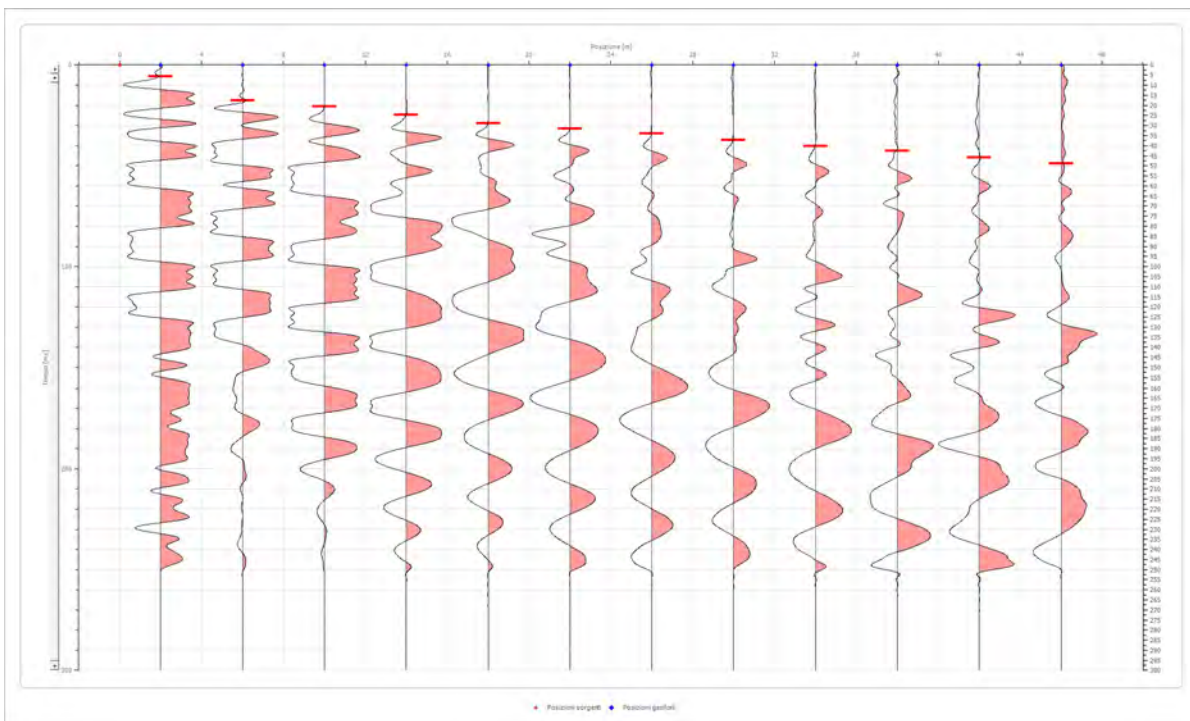
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

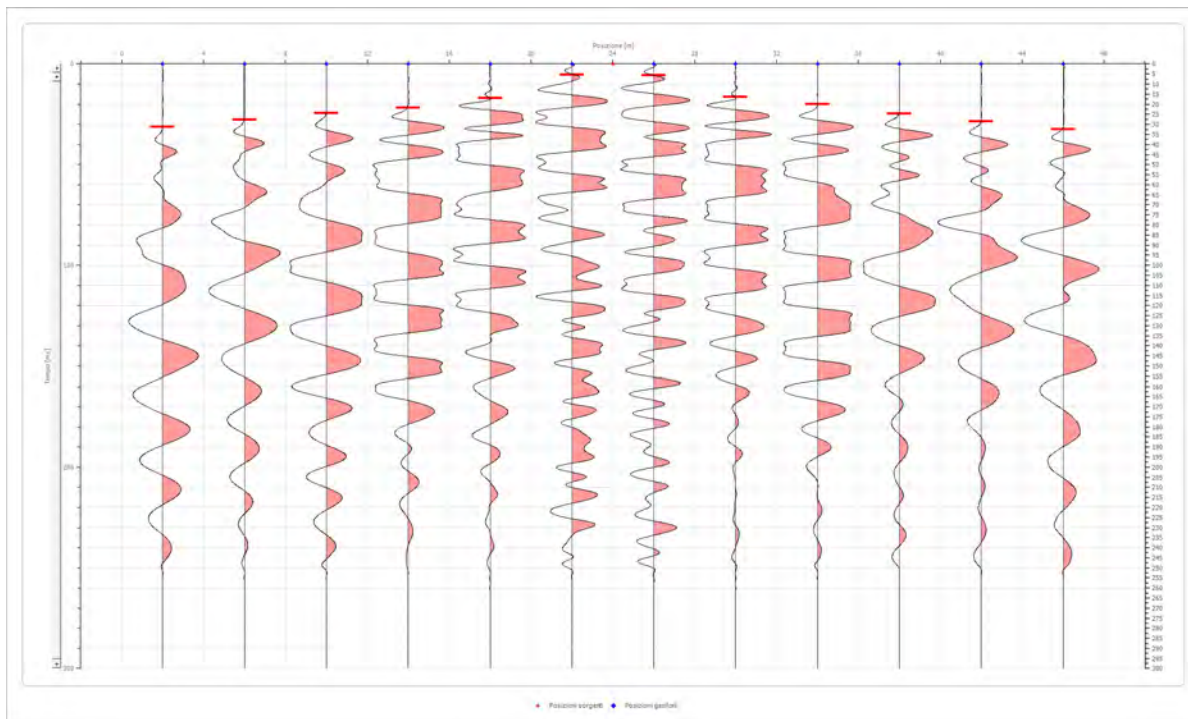


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	5.6604
6.0	17.5770
10.0	20.6250
14.0	24.7500
18.0	28.8750
22.0	31.6250
26.0	33.9623
30.0	37.1250
34.0	40.1250
38.0	42.6018
42.0	45.8788
46.0	48.8580

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

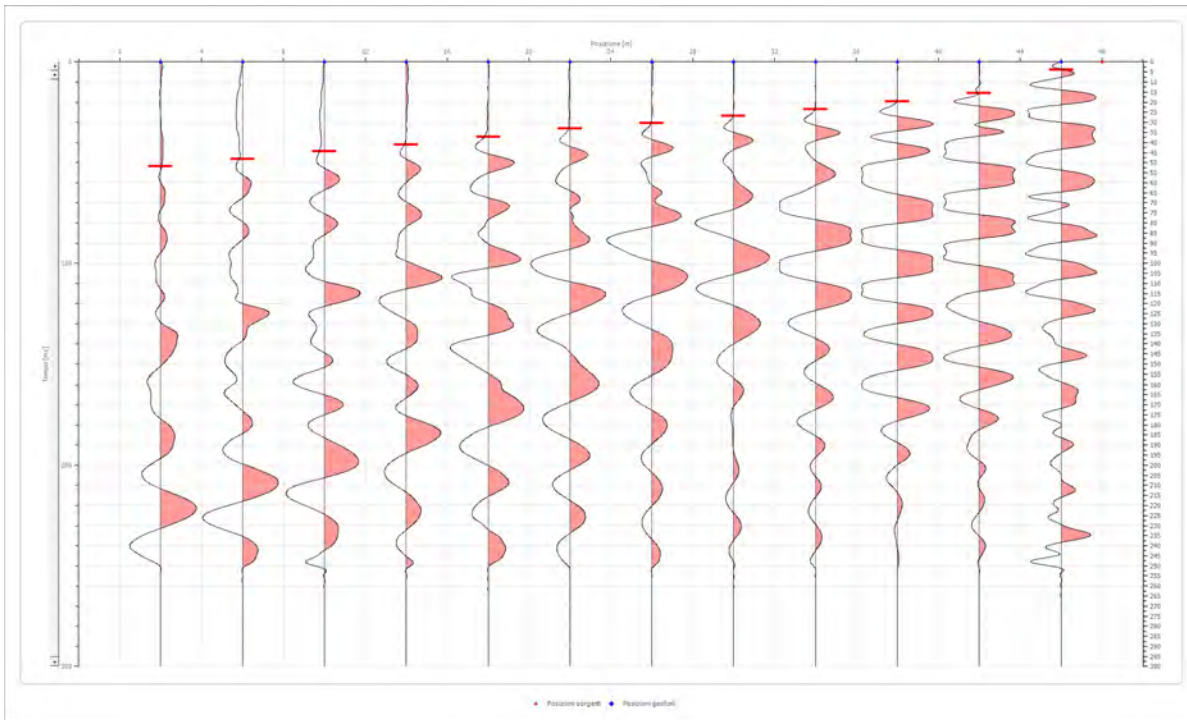


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	31.3750
6.0	27.7061
10.0	24.3750
14.0	21.7478
18.0	16.9811
22.0	5.3625
26.0	5.6604
30.0	16.3853
34.0	20.0000
38.0	24.7269
42.0	28.5000
46.0	32.3750

Battuta 3

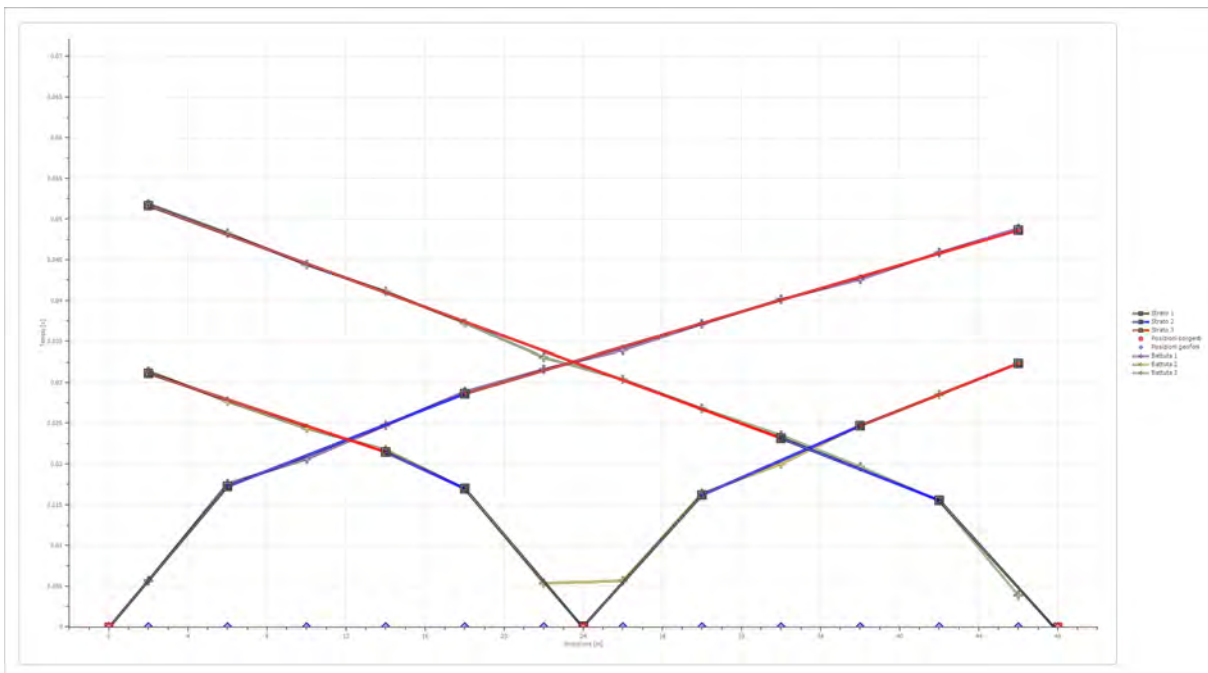
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

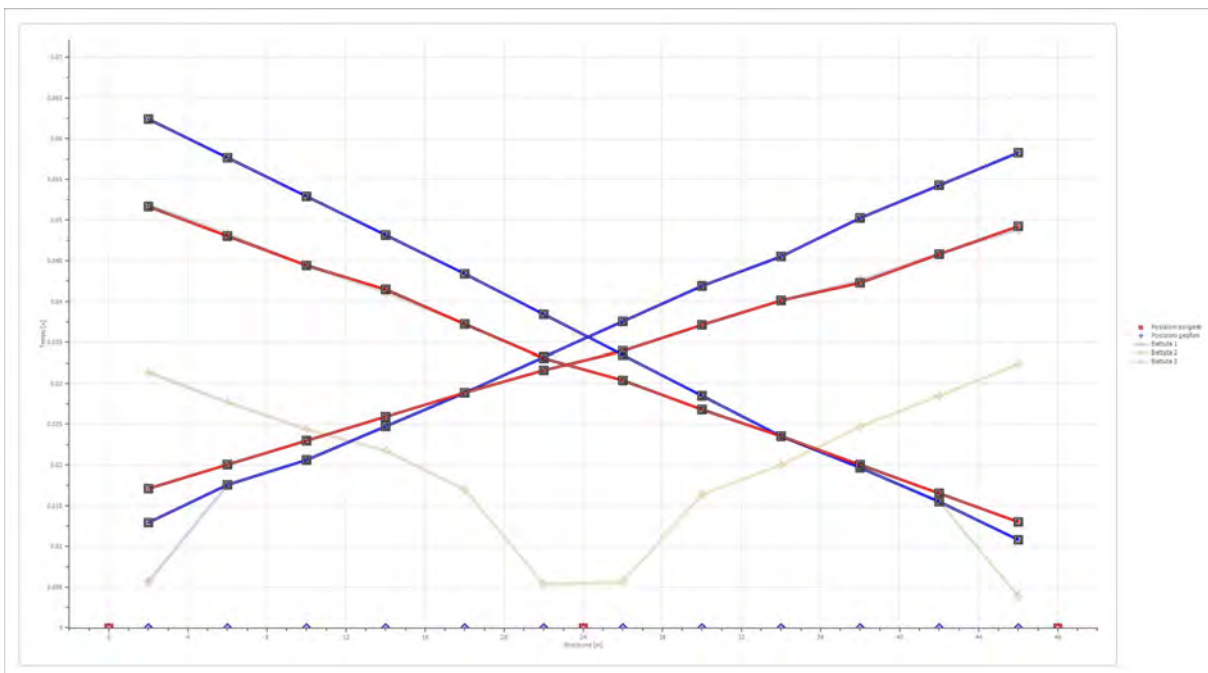


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	51.8371
6.0	48.2622
10.0	44.3893
14.0	41.1122
18.0	37.2393
22.0	33.0685
26.0	30.3873
30.0	26.8123
34.0	23.5353
38.0	19.6624
42.0	15.4916
46.0	3.8729

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

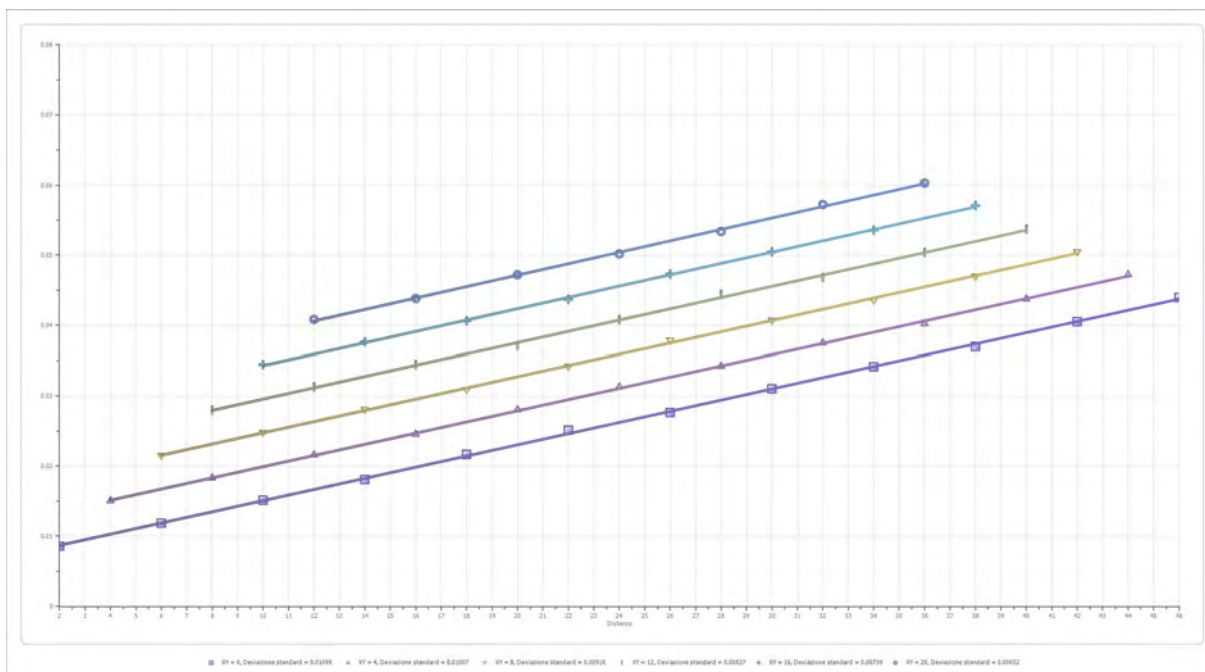
XY: 0

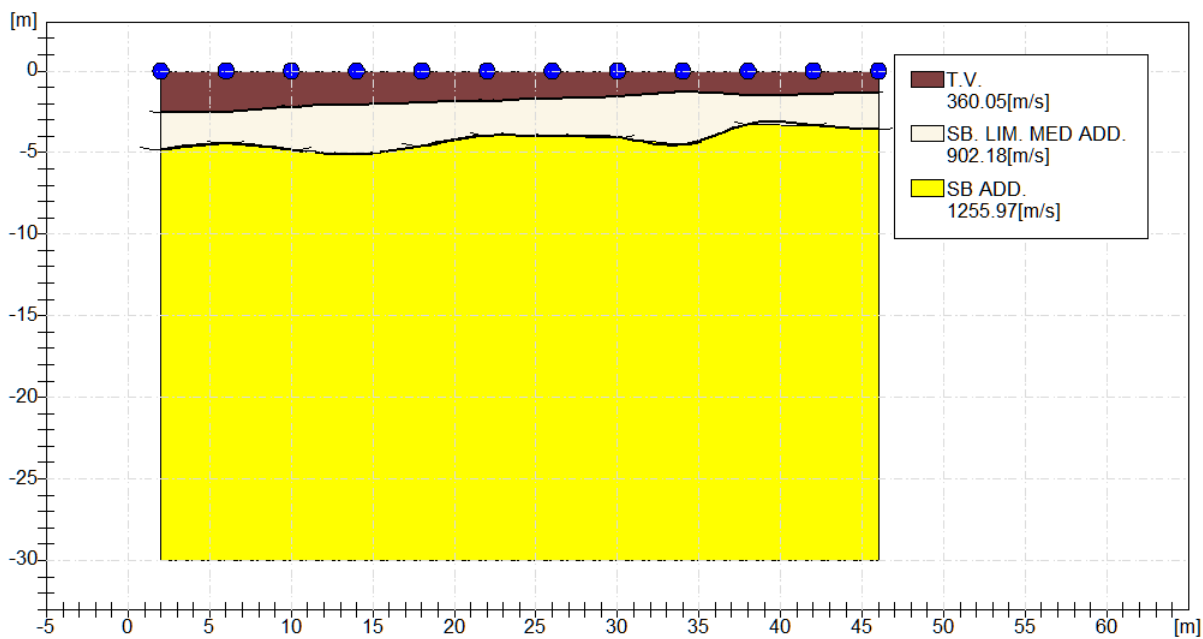
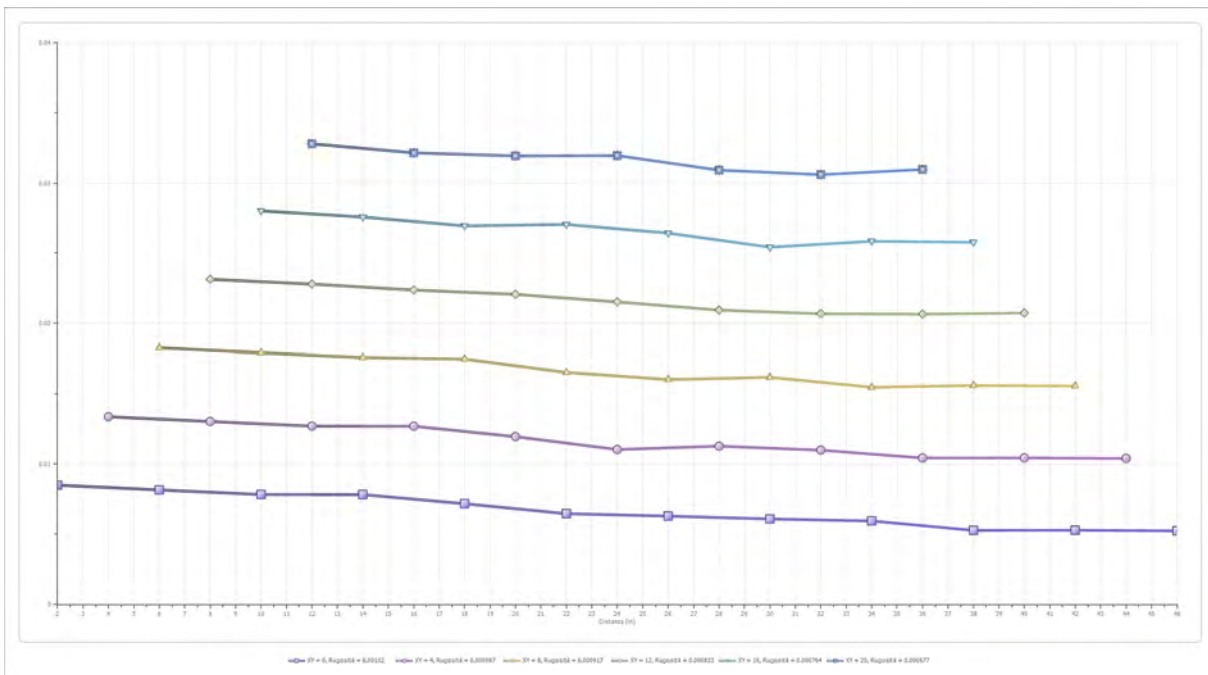
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.5	4.8	--
G= 6.0 [m]	2.5	4.4	--
G= 10.0 [m]	2.2	4.8	--
G= 14.0 [m]	2.1	5.1	--
G= 18.0 [m]	1.9	4.6	--
G= 22.0 [m]	1.8	4.0	--
G= 26.0 [m]	1.7	4.0	--
G= 30.0 [m]	1.6	4.1	--
G= 34.0 [m]	1.3	4.5	--
G= 38.0 [m]	1.5	3.3	--
G= 42.0 [m]	1.4	3.3	--
G= 46.0 [m]	1.3	3.6	--
Velocità [m/sec]	360.0	902.2	1256.0
Descrizione	T.V.	SB. LIM. MED ADD.	SB ADD.

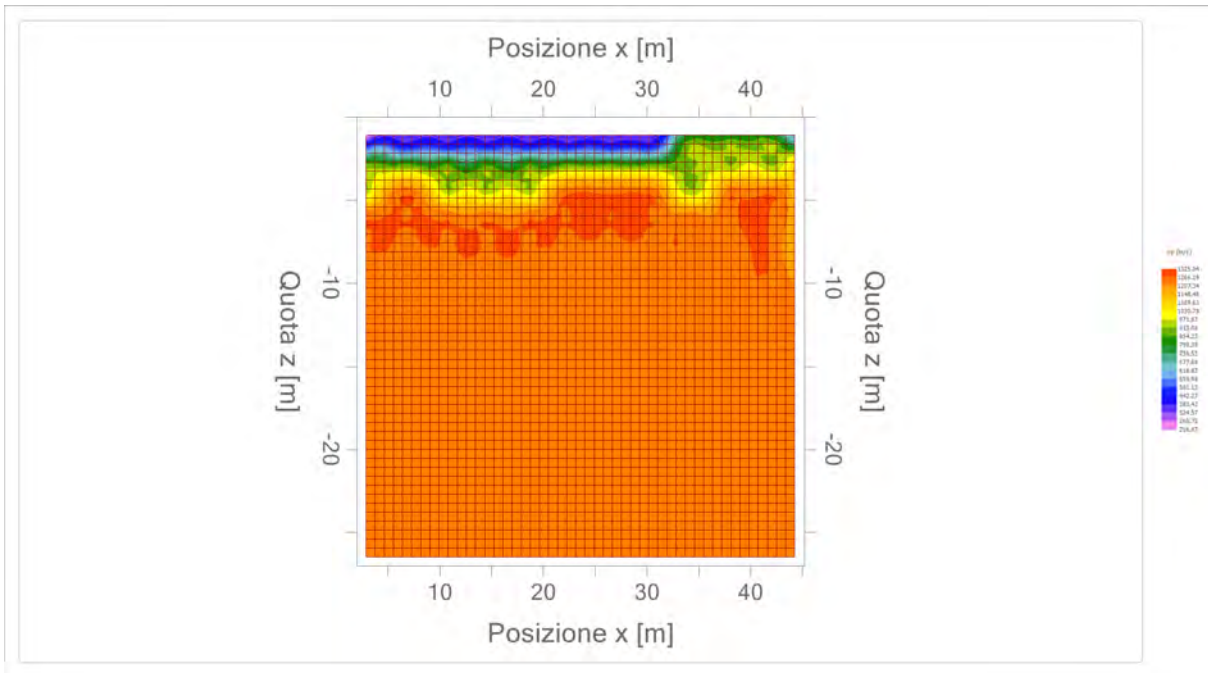
Altri parametri geotecnici

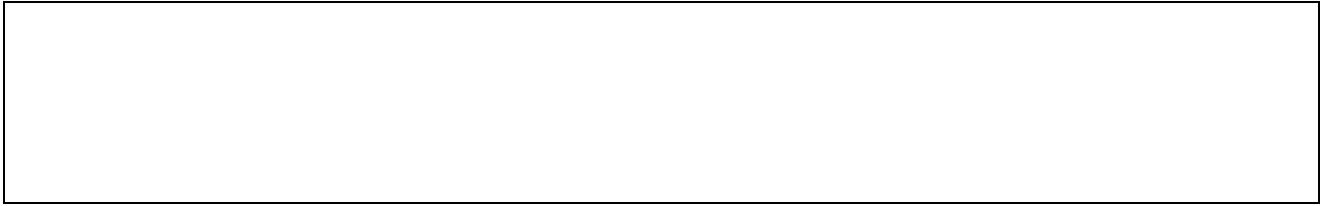
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	360.05	902.18	1255.97
Vs [m/s]	146.99	396.91	603.35
G0 [MPa]	36.73	283.56	691.66
Ed [Mpa]	220.38	1465.07	2997.18
M0 [MPa]	183.65	1181.51	2305.53
Ey [Mpa]	102.84	782.63	1867.48

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









Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - SIS-D8

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

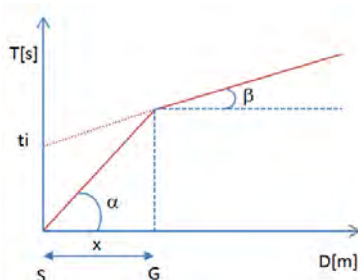
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

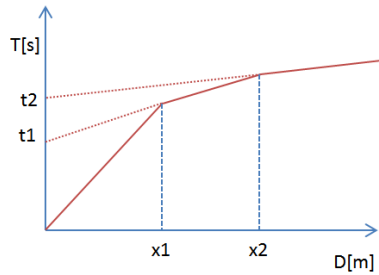
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

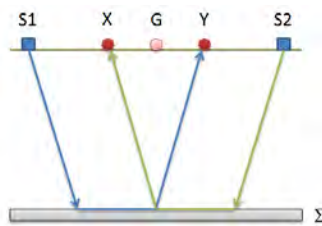


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

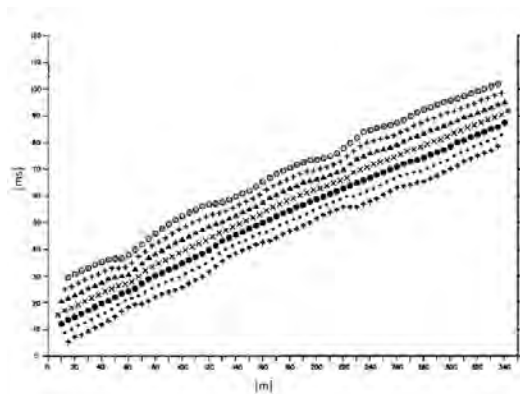
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantomng per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

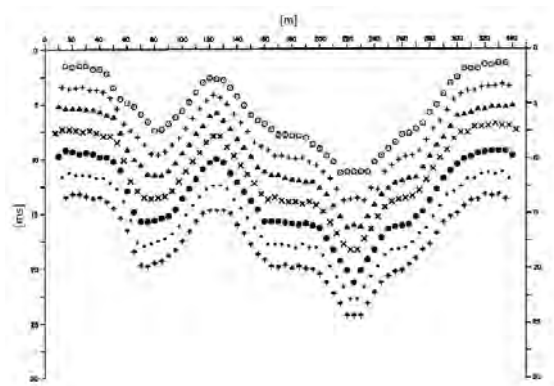
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	FTV - AM1 APRICENA - SIS-D8
Committente	AM ENERGY SRL
Zona	Z.I APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	12/07/2022
Via	Z.I APRICENA
Latitudine	15,4258023°E[°]
Longitudine	41,7497325°N[°]
Altitudine	43.2[m]

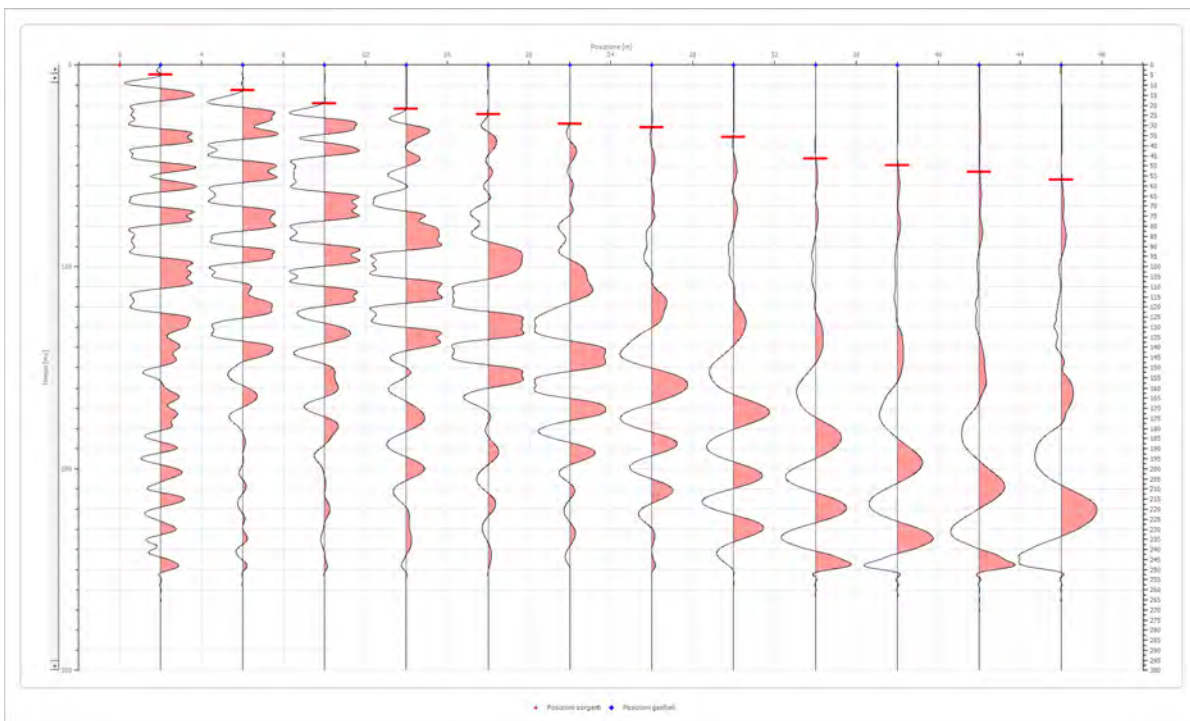
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

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

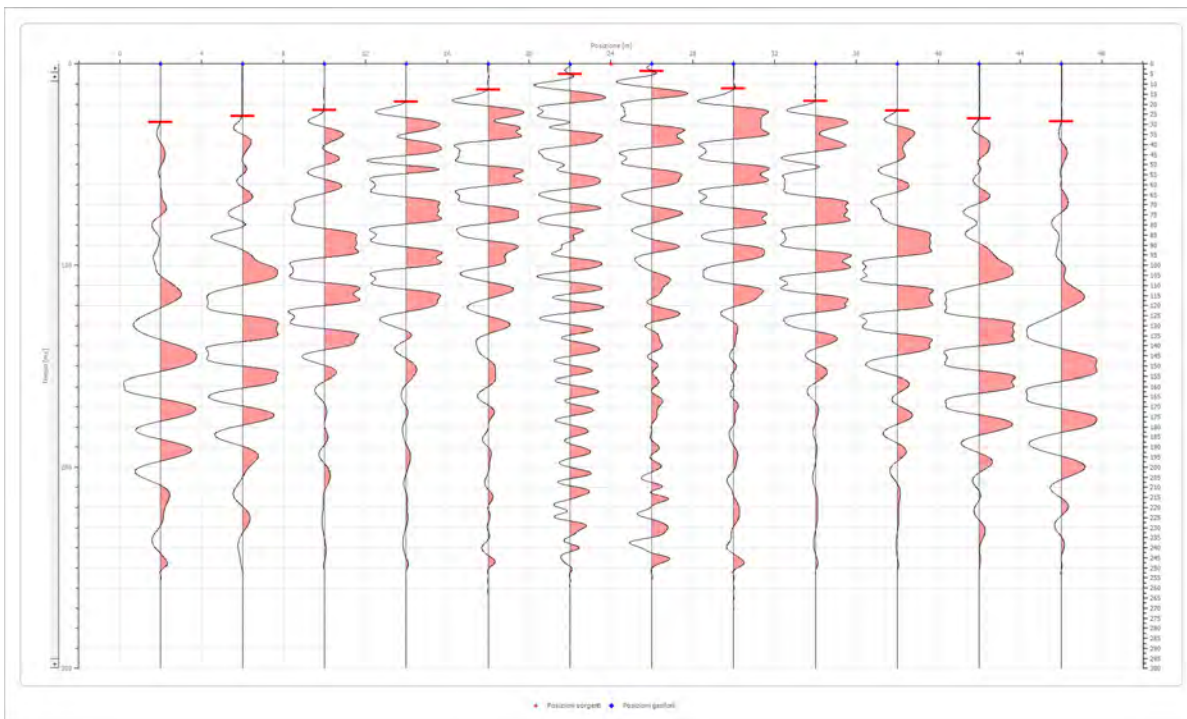


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	4.7666
6.0	12.5124
10.0	19.0665
14.0	21.8750
18.0	24.4290
22.0	29.2500
26.0	31.1250
30.0	35.6250
34.0	46.5000
38.0	49.6250
42.0	53.0288
46.0	56.9017

Battuta 2

Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

24 [m]
 0 [m]

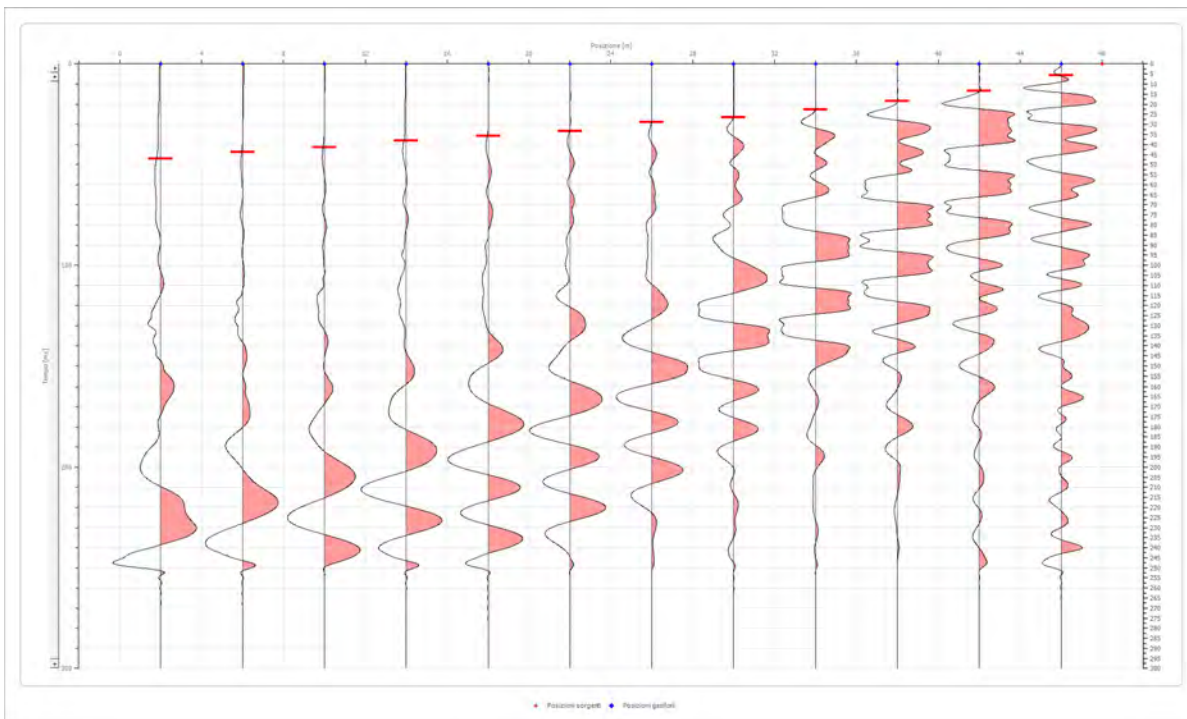


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	28.8977
6.0	25.9186
10.0	22.9394
14.0	18.7686
18.0	12.8103
22.0	5.0645
26.0	3.5750
30.0	12.2145
34.0	18.4707
38.0	23.2373
42.0	27.2500
46.0	28.5998

Battuta 3

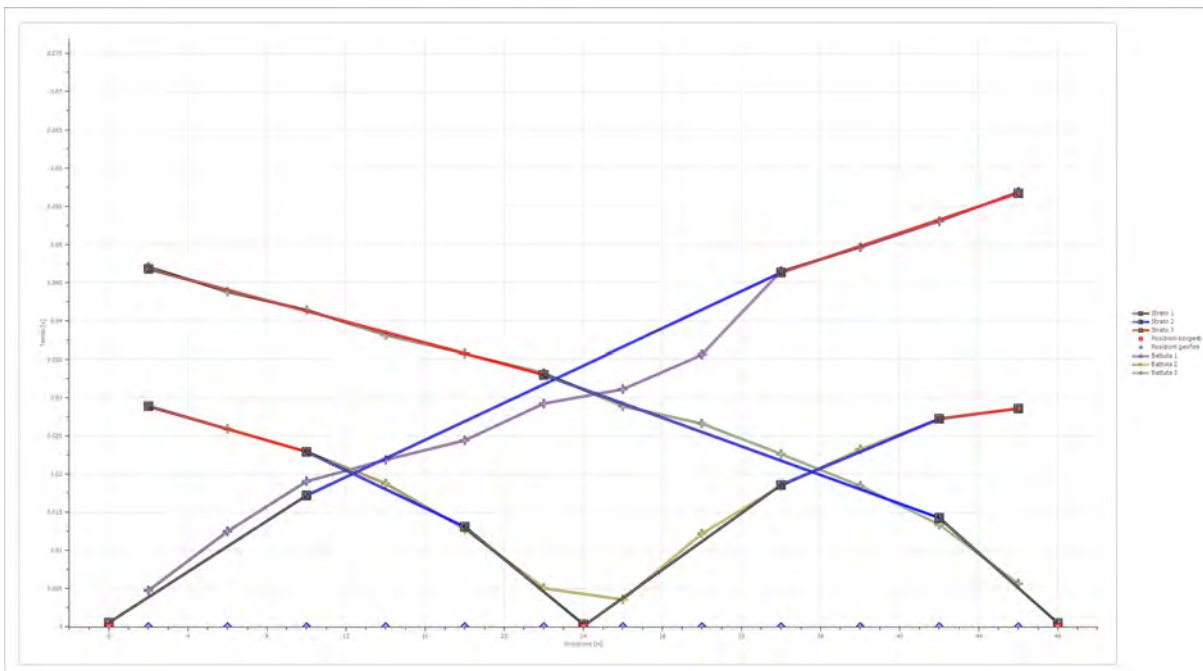
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

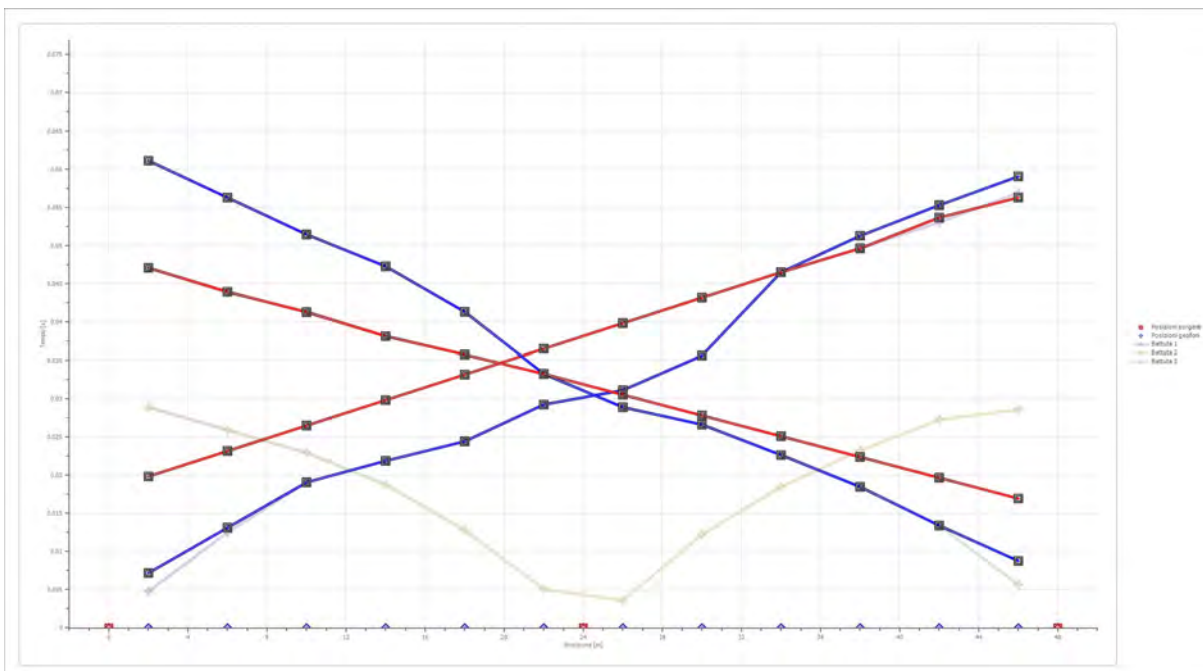


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	47.0705
6.0	43.7934
10.0	41.4101
14.0	38.1331
18.0	35.7500
22.0	33.2500
26.0	28.8977
30.0	26.6250
34.0	22.6415
38.0	18.4707
42.0	13.4062
46.0	5.6604

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_r.R.M.

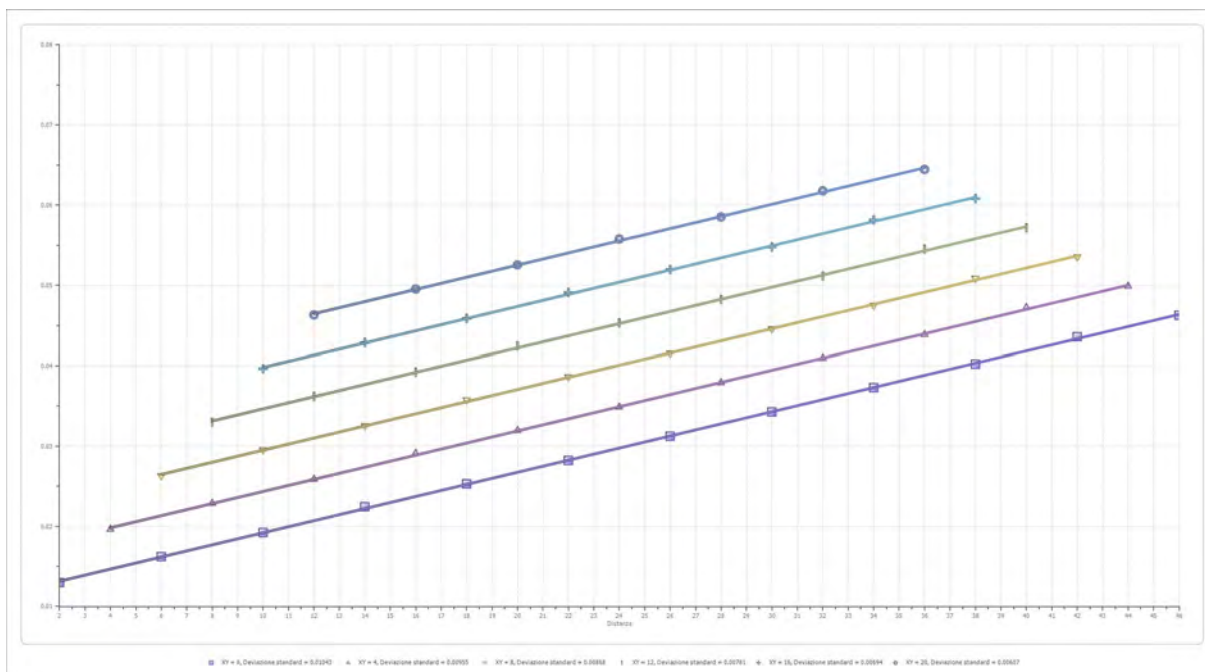
XY: 0

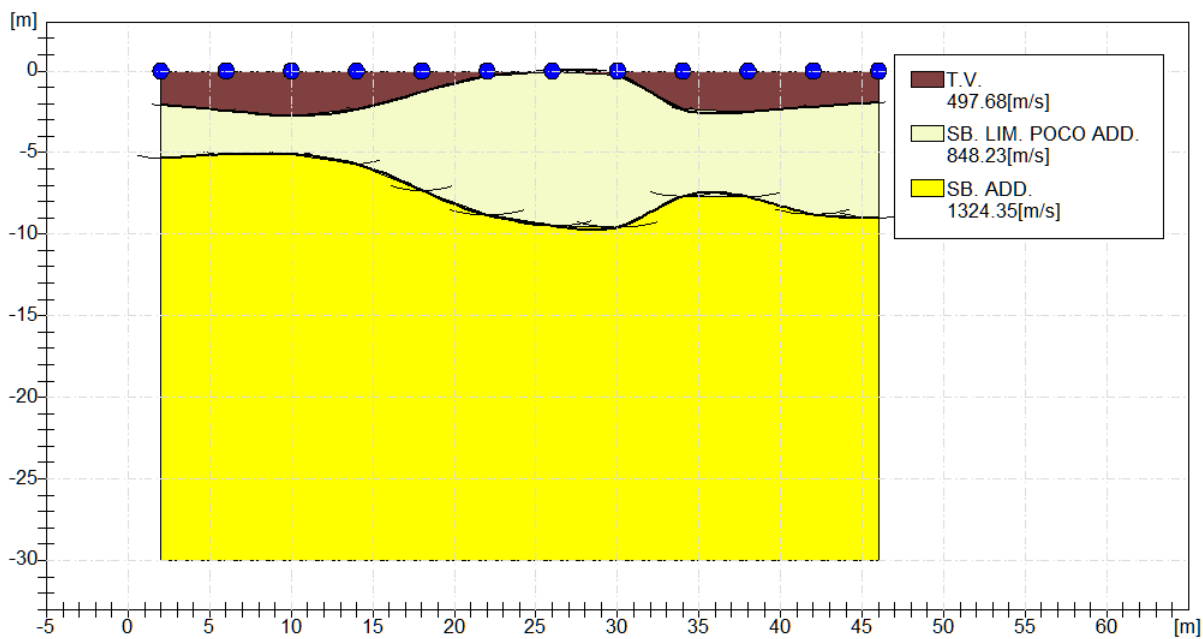
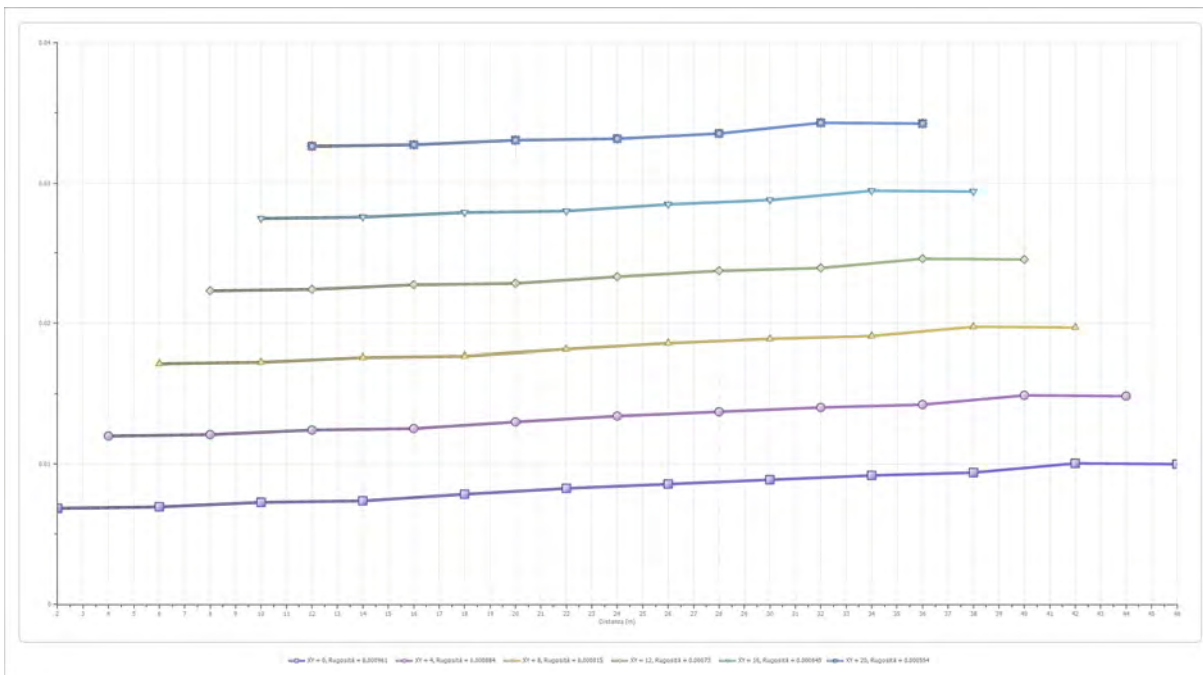
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.1	5.4	--
G= 6.0 [m]	2.4	5.1	--
G= 10.0 [m]	2.8	5.1	--
G= 14.0 [m]	2.3	5.7	--
G= 18.0 [m]	1.3	7.3	--
G= 22.0 [m]	0.3	8.8	--
G= 26.0 [m]	0.0	9.5	--
G= 30.0 [m]	0.2	9.6	--
G= 34.0 [m]	2.3	7.7	--
G= 38.0 [m]	2.5	7.7	--
G= 42.0 [m]	2.2	8.8	--
G= 46.0 [m]	1.9	9.0	--
Velocità [m/sec]	497.7	848.2	1324.3
Descrizione	T.V.	SB. LIM. POCO ADD.	SB. ADD.

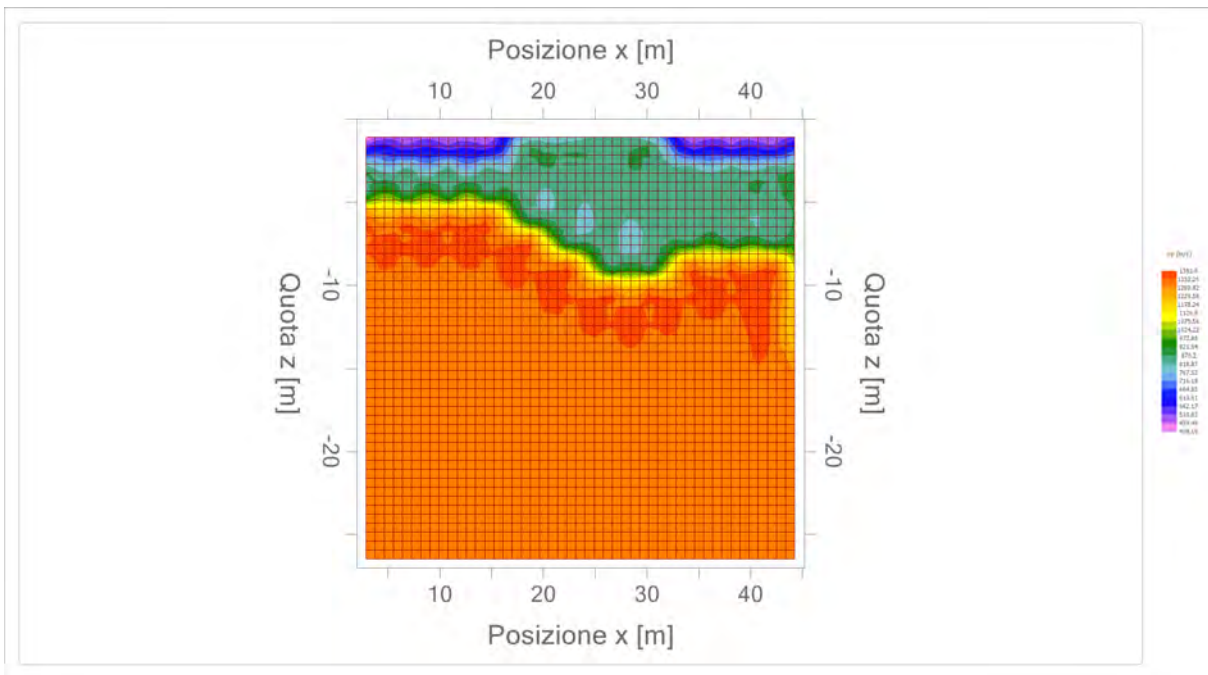
Altri parametri geotecnici

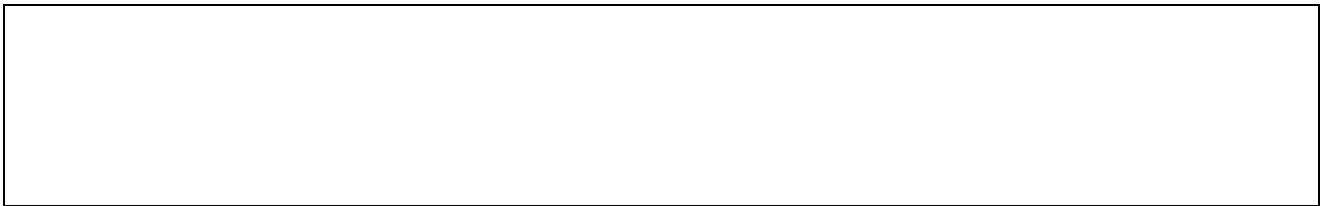
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.40	0.38	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	497.68	848.23	1324.35
Vs [m/s]	203.18	373.17	636.20
G0 [MPa]	70.18	250.66	769.02
Ed [Mpa]	421.06	1295.10	3332.40
M0 [MPa]	350.88	1044.43	2563.39
Ey [Mpa]	196.49	691.83	2076.34

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










Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - SIS-D9

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite sismica a rifrazione	

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

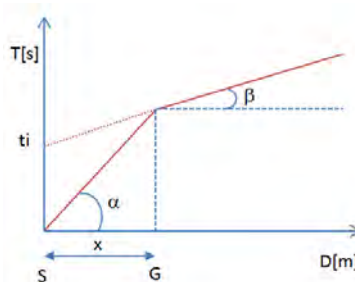
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

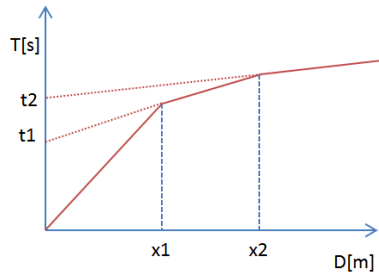
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

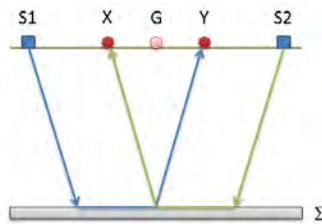


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

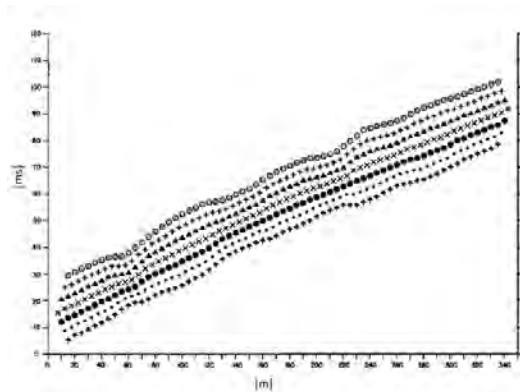
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è

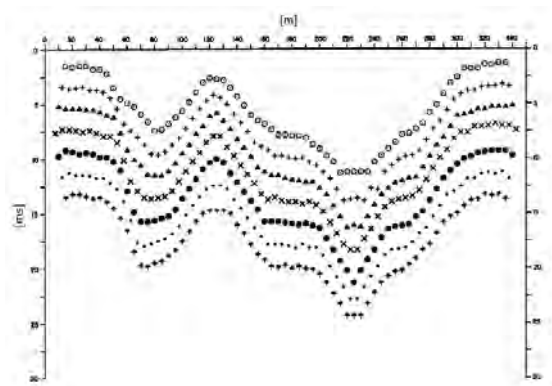
il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Descrizione	FTV - AM2 APRICENA - SIS-D9
Committente	AM 2 ENERGY SRL
Zona	Z.I. APRICENA
Operatore	GEOL. N. DI LELLA
Responsabile	GEOL. N. DI LELLA
Data	24/07/2022
Via	Z.I. APRICENA
Latitudine	15,4291372°E[°]
Longitudine	41,7579937°N[°]
Altitudine	45.8[m]

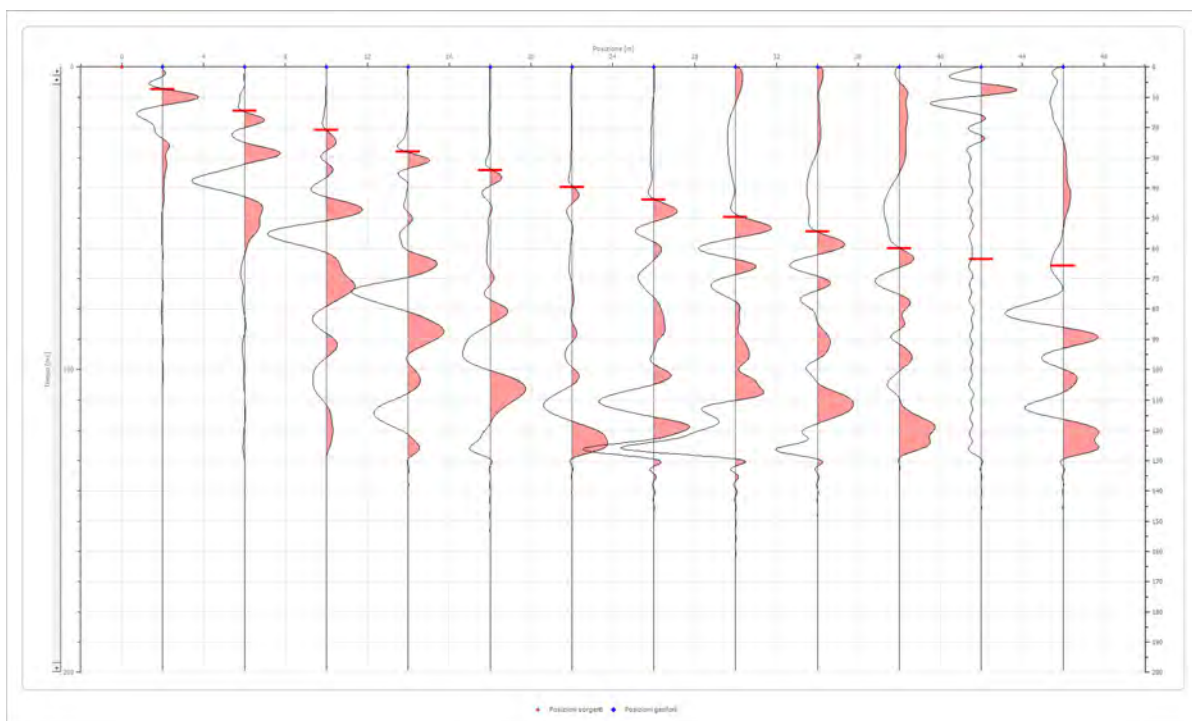
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	6.0	0.0
3	10.0	0.0
4	14.0	0.0
5	18.0	0.0
6	22.0	0.0
7	26.0	0.0
8	30.0	0.0
9	34.0	0.0
10	38.0	0.0
11	42.0	0.0
12	46.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

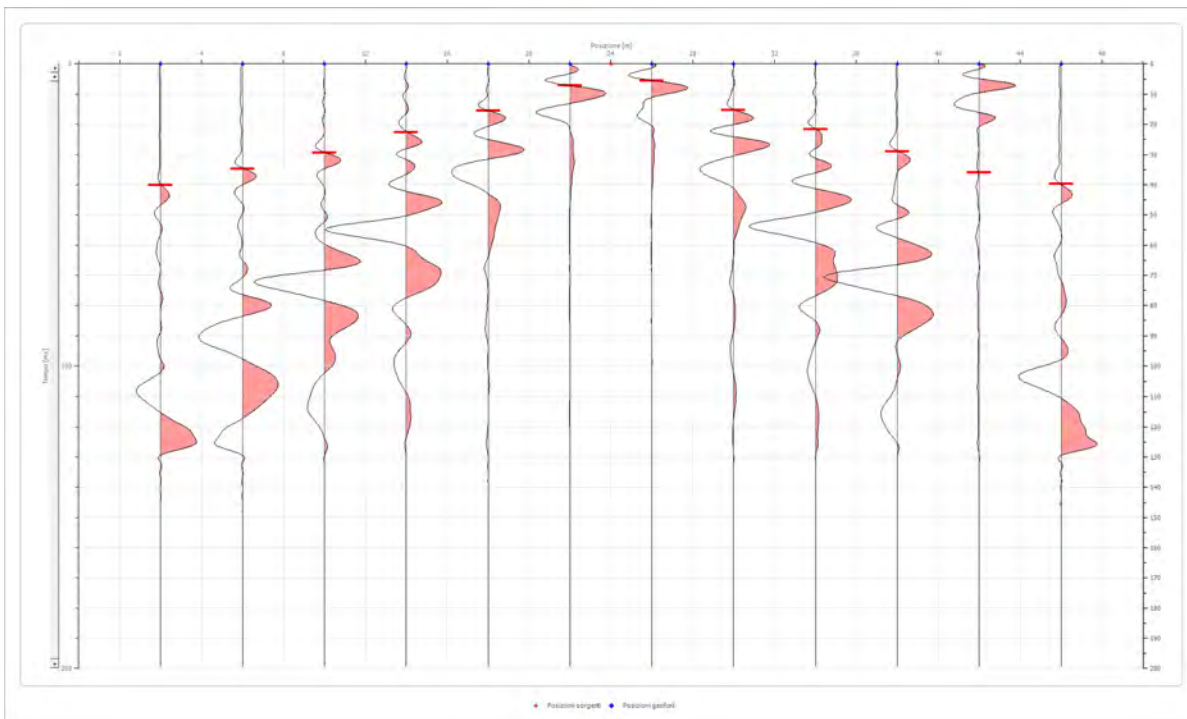
Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	7.3486
6.0	14.4985
10.0	20.8540
14.0	28.0040
18.0	34.1609
22.0	39.7219
26.0	43.8928
30.0	49.7500
34.0	54.4191
38.0	59.9801
42.0	63.5551
46.0	65.7398

Battuta 2

Posizione sorgente X 24 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

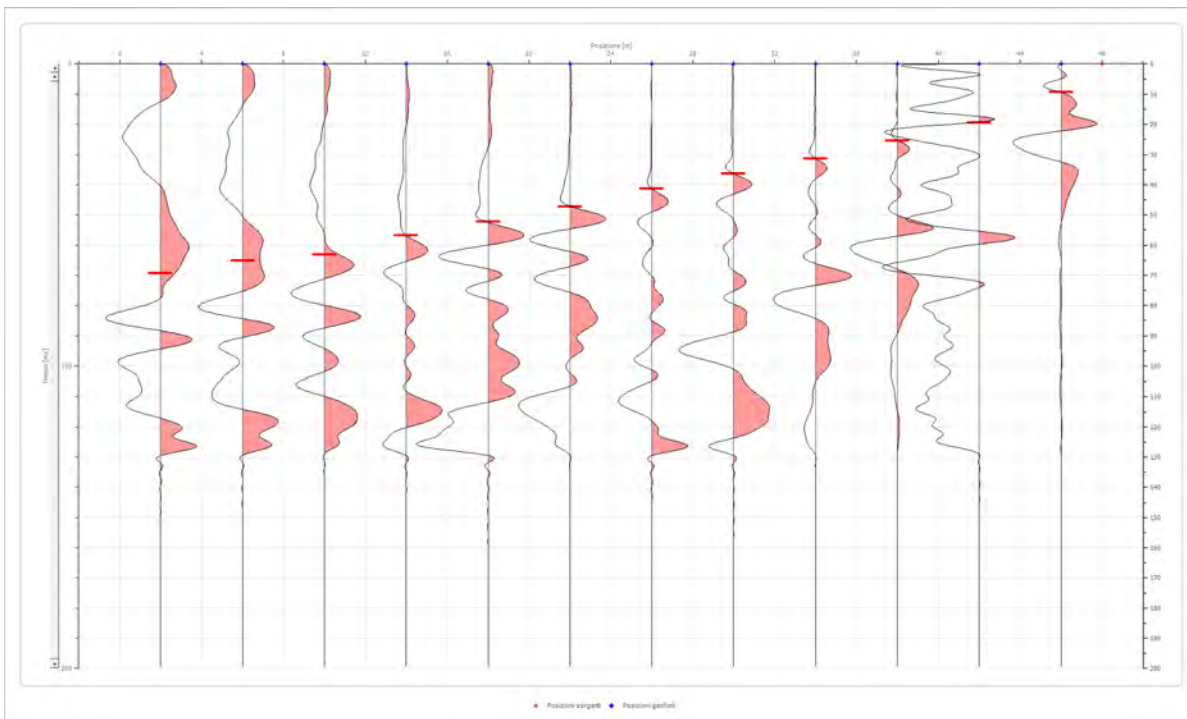


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	40.1192
6.0	34.7567
10.0	29.3942
14.0	22.6415
18.0	15.4916
22.0	7.1500
26.0	5.5611
30.0	15.2929
34.0	21.6485
38.0	28.9970
42.0	35.9484
46.0	39.7219

Battuta 3

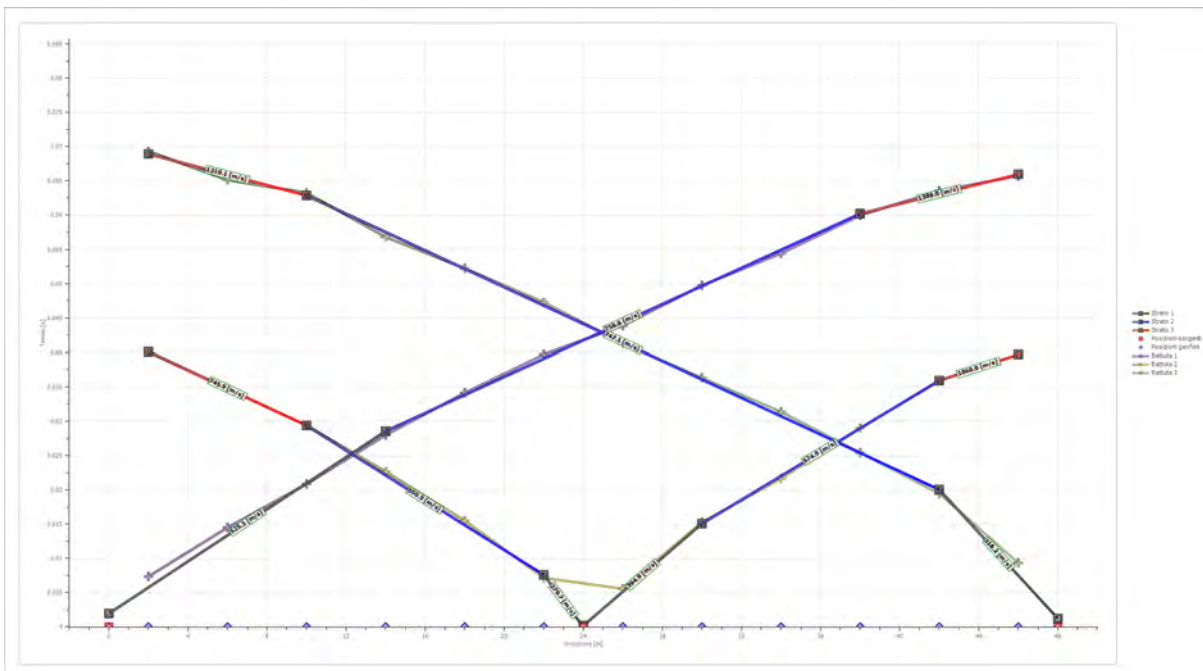
Posizione sorgente X
 Posizione sorgente Z

48 [m]
 0 [m]

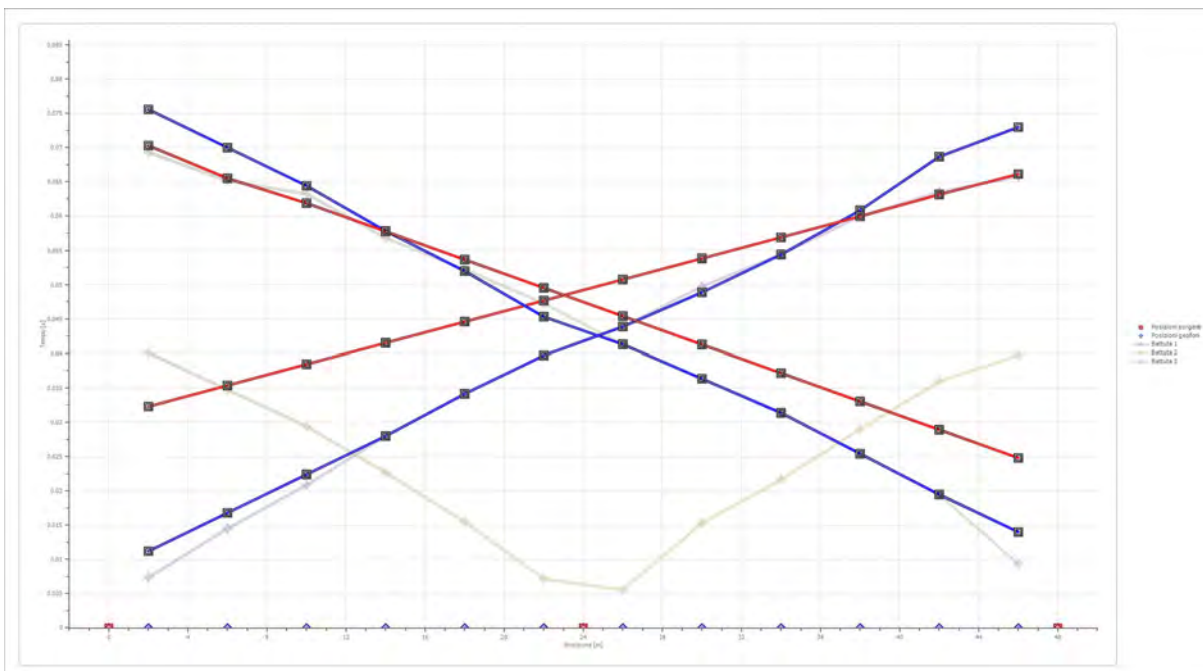


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	69.3148
6.0	65.1440
10.0	63.2500
14.0	56.8024
18.0	52.2344
22.0	47.2691
26.0	41.3108
30.0	36.3456
34.0	31.3803
38.0	25.4220
42.0	19.4638
46.0	9.3347

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

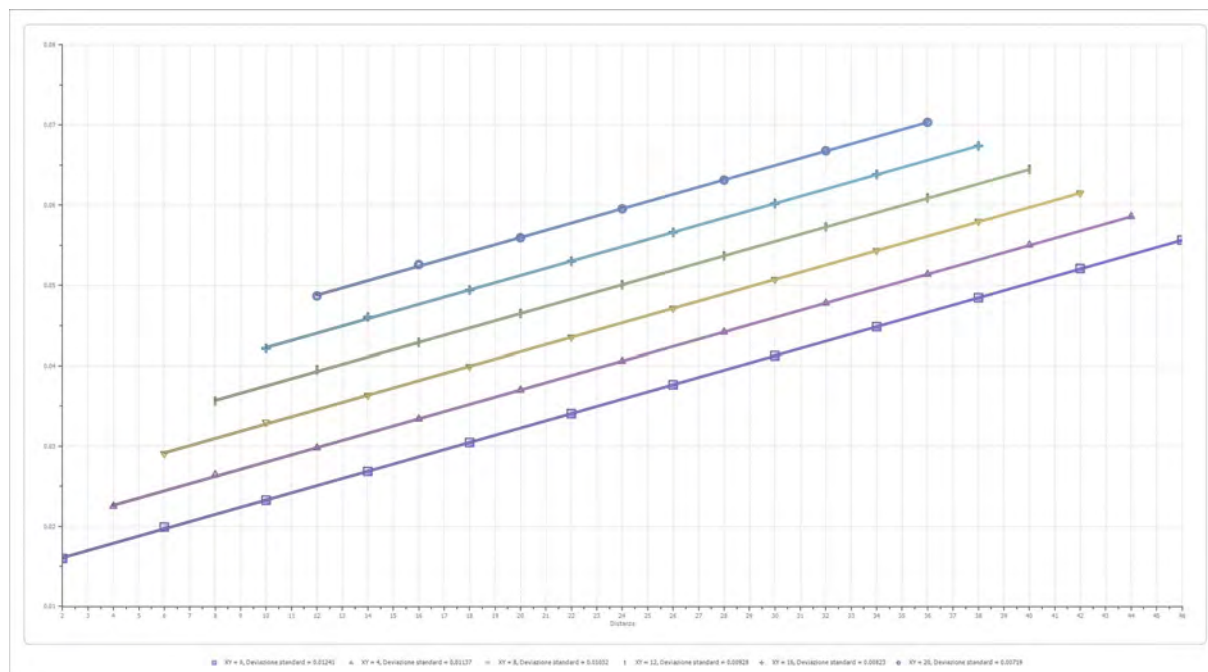
XY: 0

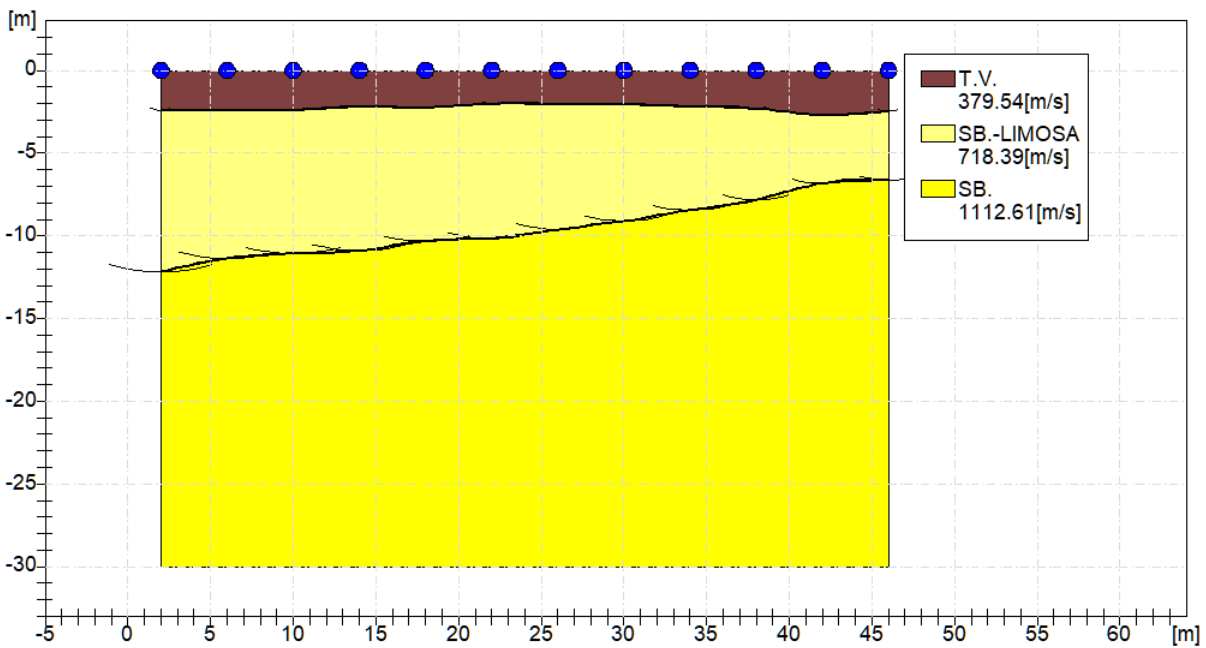
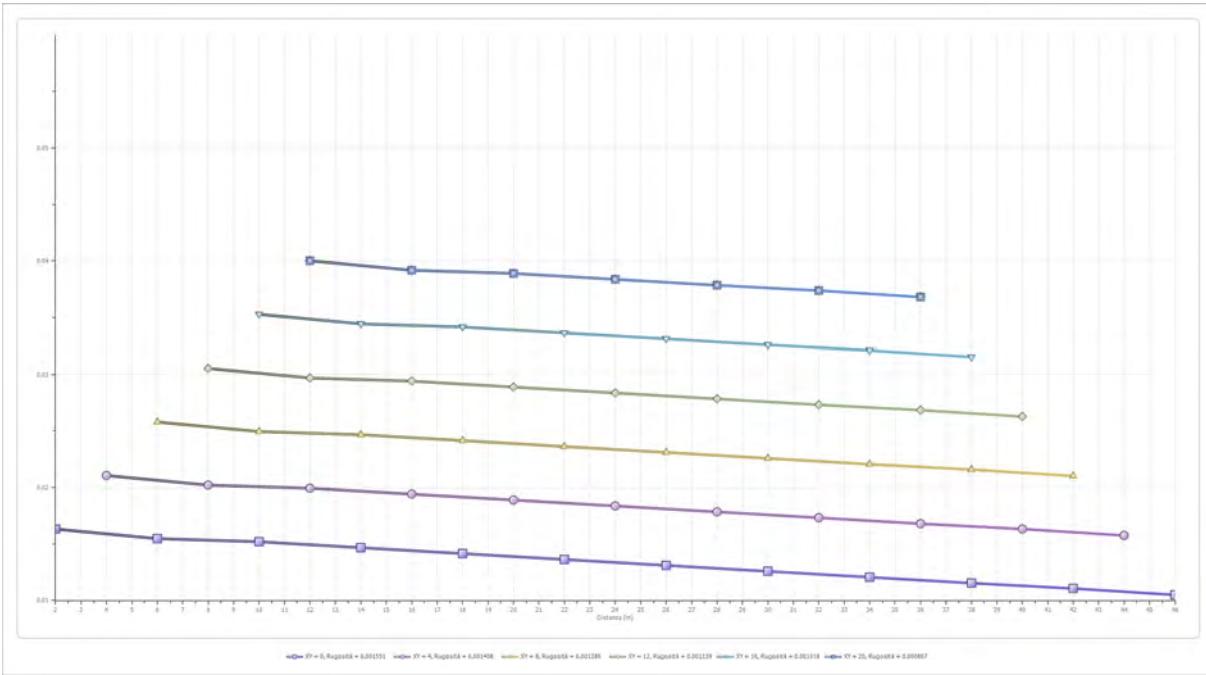
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	2.4	12.2	--
G= 6.0 [m]	2.4	11.4	--
G= 10.0 [m]	2.4	11.1	--
G= 14.0 [m]	2.2	10.9	--
G= 18.0 [m]	2.3	10.3	--
G= 22.0 [m]	2.0	10.1	--
G= 26.0 [m]	2.0	9.6	--
G= 30.0 [m]	2.1	9.1	--
G= 34.0 [m]	2.2	8.4	--
G= 38.0 [m]	2.3	7.8	--
G= 42.0 [m]	2.7	6.8	--
G= 46.0 [m]	2.4	6.6	--
Velocità [m/sec]	379.5	718.4	1112.6
Descrizione	T.V.	SB.-LIMOSA	SB.

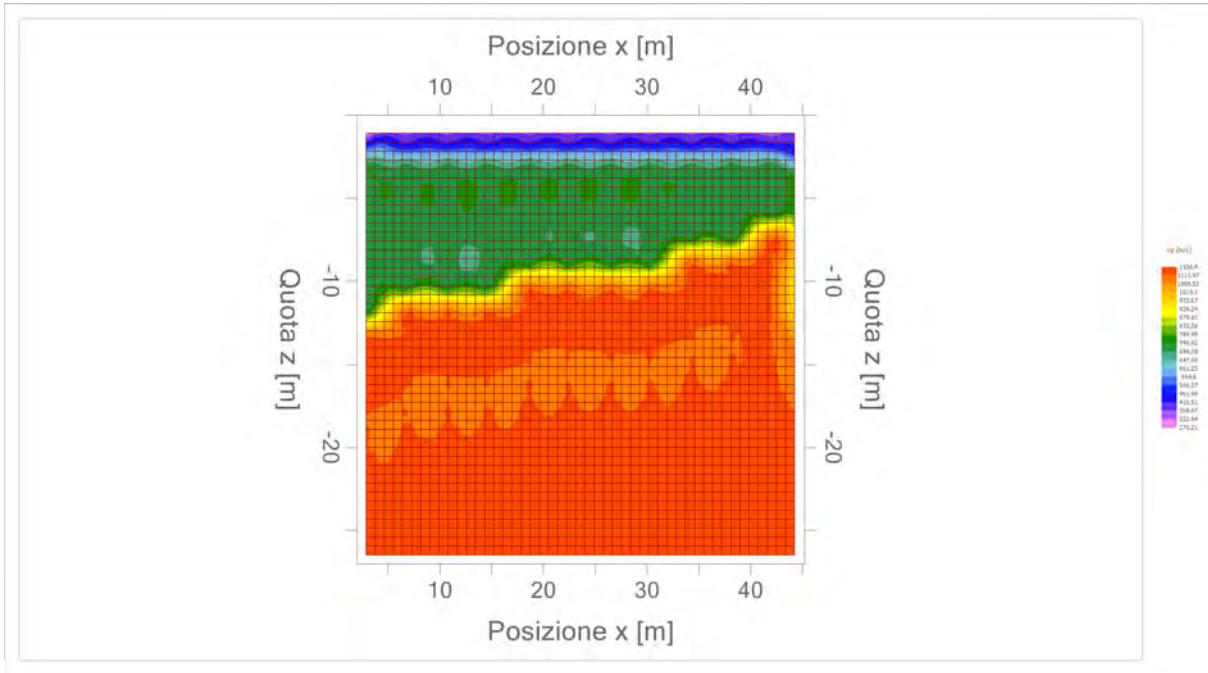
Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.50	0.40	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	379.54	718.39	1112.61
Vs [m/s]	0.00	293.28	534.48
G0 [MPa]	0.00	154.82	542.77
Ed [Mpa]	244.88	928.94	2352.00
M0 [MPa]	244.88	774.12	1809.23
Ey [Mpa]	Non un numero reale	433.50	1465.48

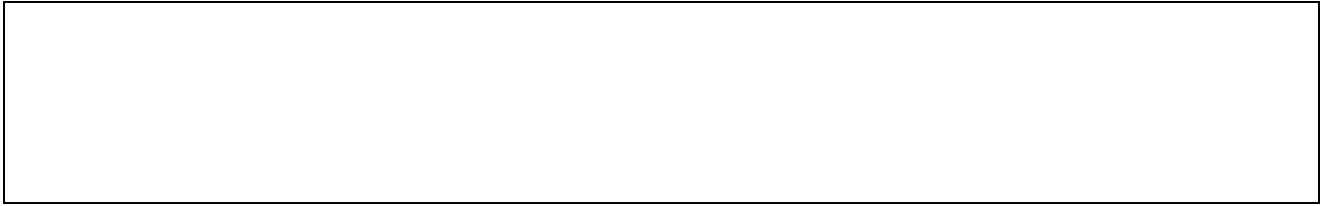
G0: Modulo di deformazione al taglio;
 Ed: Modulo edometrico;
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
 Ey: Modulo di Young;








ALLEGATO 2 – RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA (MASW)



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW-B2

	Data: giugno 2021
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

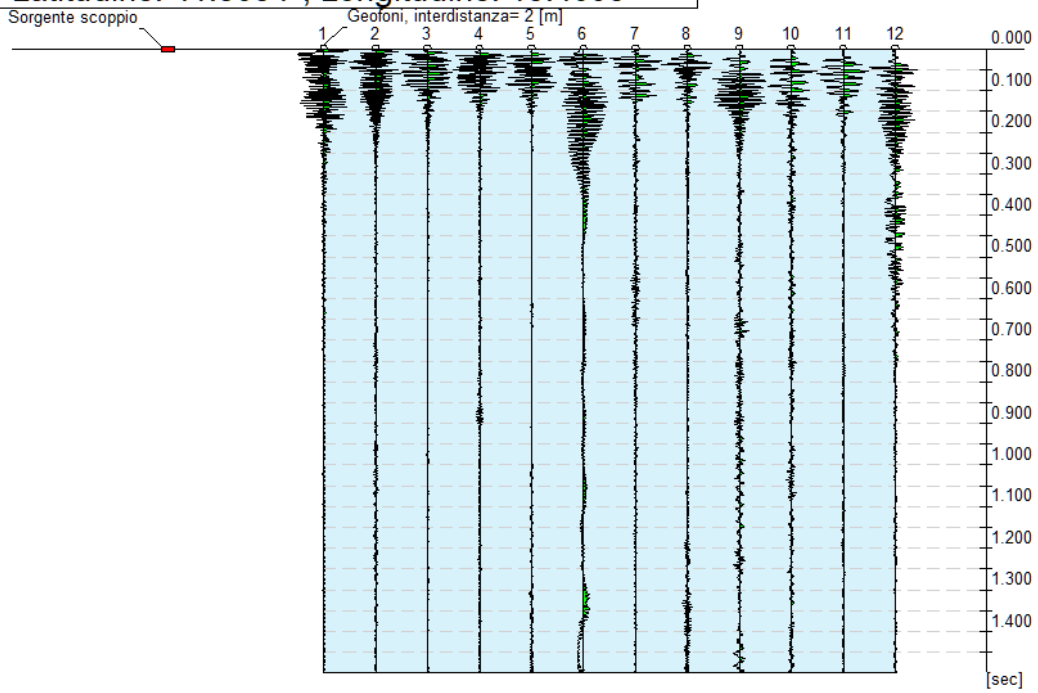
Dati generali

Committente	AM 2 ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	SP 37
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	SP 37
Data	01/06/2021 01:29
Latitudine	41.8054
Longitudine	15.4095

Tracce

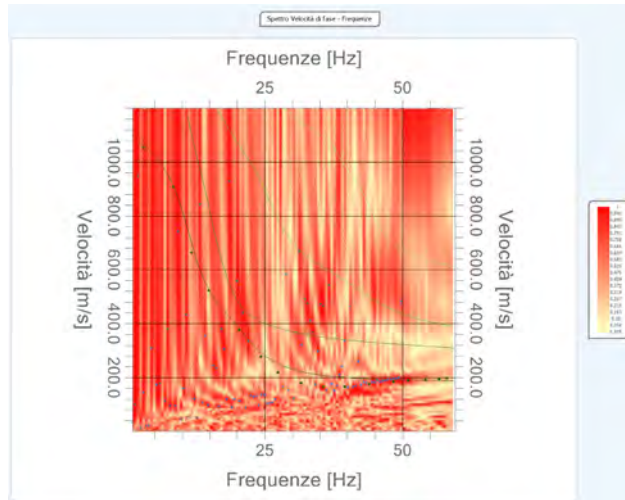
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: APRICENA
Località: SP 37
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 01/06/2021
Latitudine: 41.8054°, Longitudine: 15.4095°



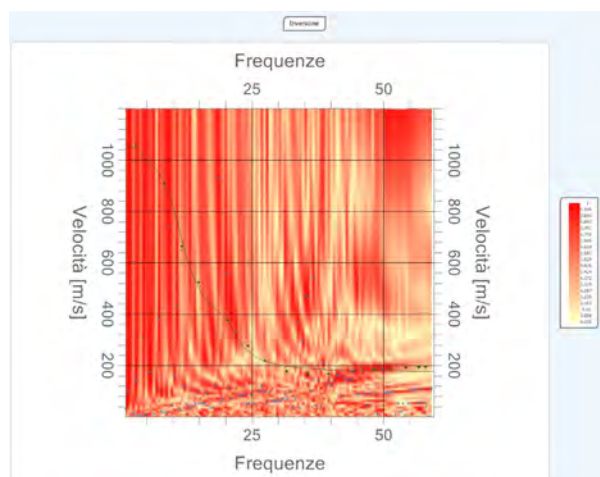
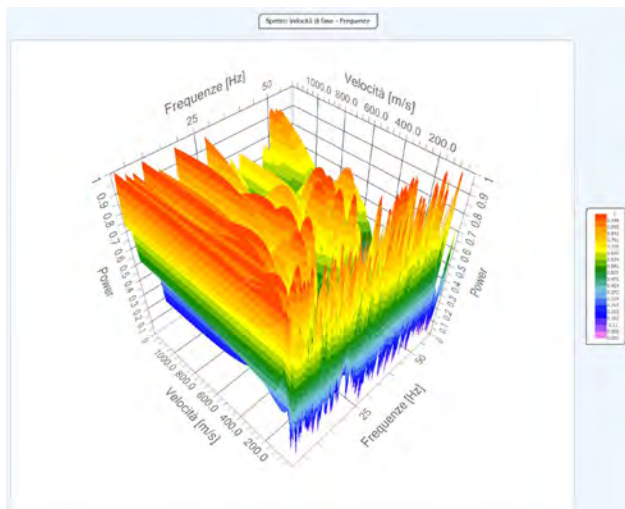
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60
Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
Velocità massima di elaborazione [m/sec] 1200
Intervallo velocità [m/sec] 1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.0	1054.9	0
2	8.4	907.8	0
3	11.7	664.0	0
4	14.9	522.9	0
5	20.4	375.8	0
6	24.3	277.1	0
7	27.4	218.6	0
8	31.7	178.3	0
9	35.6	166.2	0
10	39.5	166.2	0
11	44.0	176.3	0
12	48.4	184.4	0
13	51.0	188.4	0
14	54.2	190.4	0
15	56.6	194.5	0
16	58.0	196.5	0



Inversione

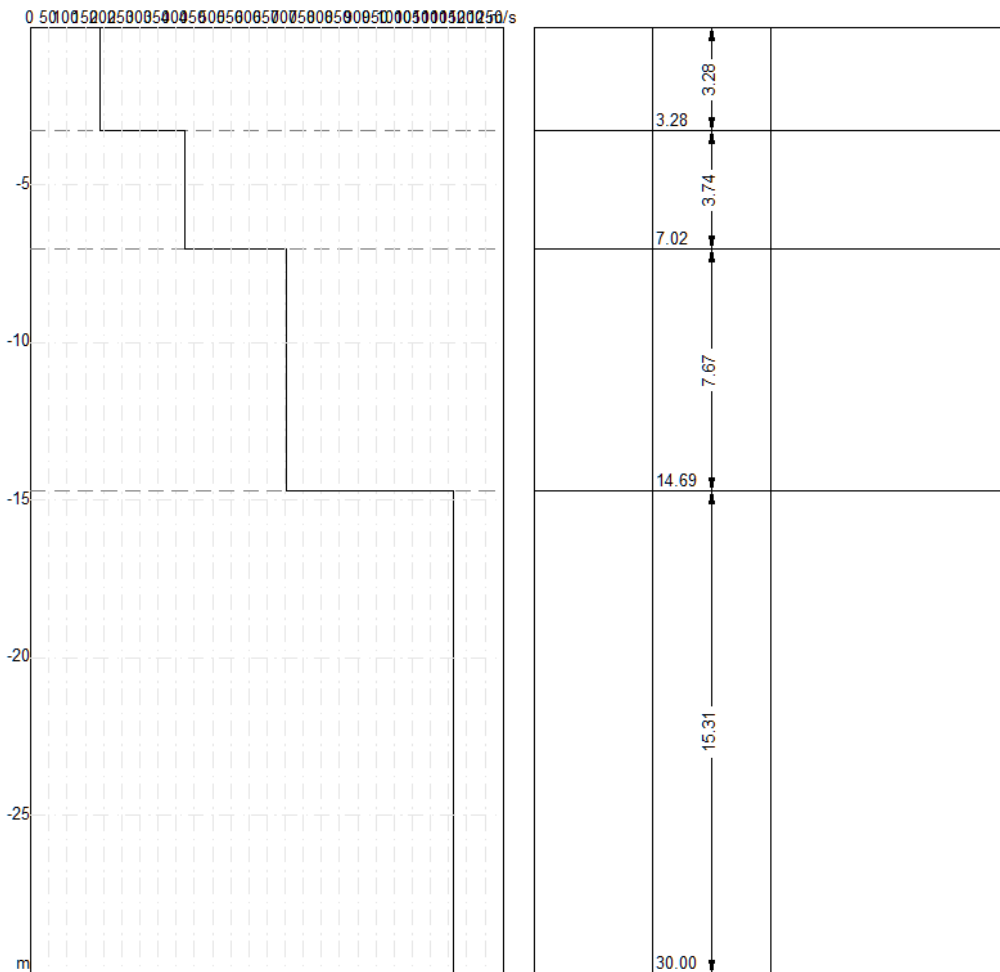
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.28	3.28	1850.0	0.3	No	354.7	189.6
2		7.02	3.74	2000.0	0.3	No	793.1	423.9
3		14.69	7.67	2200.0	0.3	No	1317.9	704.5
4		oo	oo	2400.0	0.3	No	2178.3	1164.4

Percentuale di errore

0.122 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.069



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	597.97
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

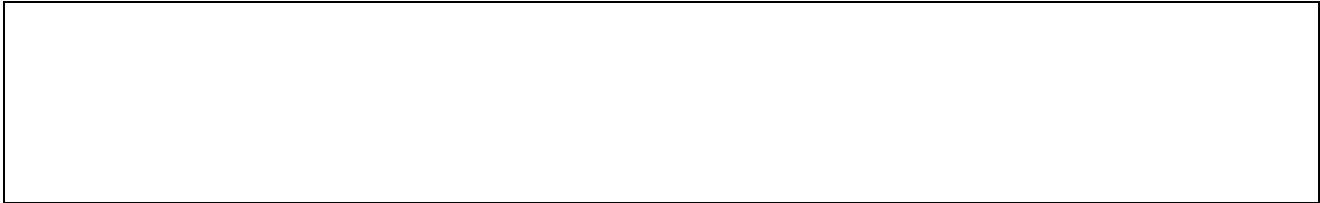
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.28	3.28	189.59	354.68	1800.00	0.30	64.70	226.44	140.18	168.21	N/A	581.27
2	7.02	3.74	423.95	793.13	1900.00	0.30	341.49	1195.22	739.90	887.88	N/A	N/A
3	14.69	7.67	704.46	1317.93	2000.00	0.30	992.54	3473.89	2150.50	2580.61	N/A	N/A
4	oo	oo	1164.38	2178.35	2200.00	0.30	2982.70	10439.45	6462.51	7755.02	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D3

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

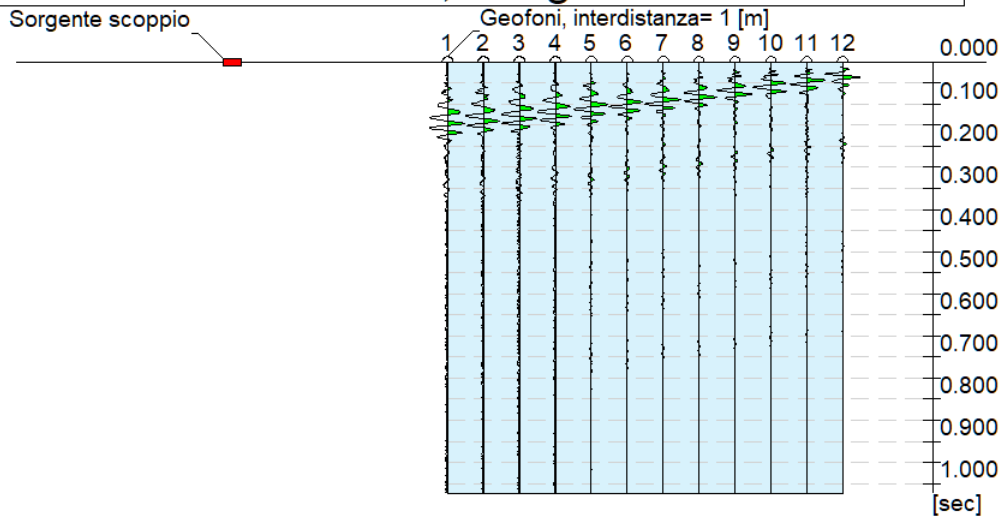
Dati generali

Committente	AM 2 ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	Z.I. APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	03/06/2021 12:00
Latitudine	15.4247
Longitudine	41.7620

Tracce

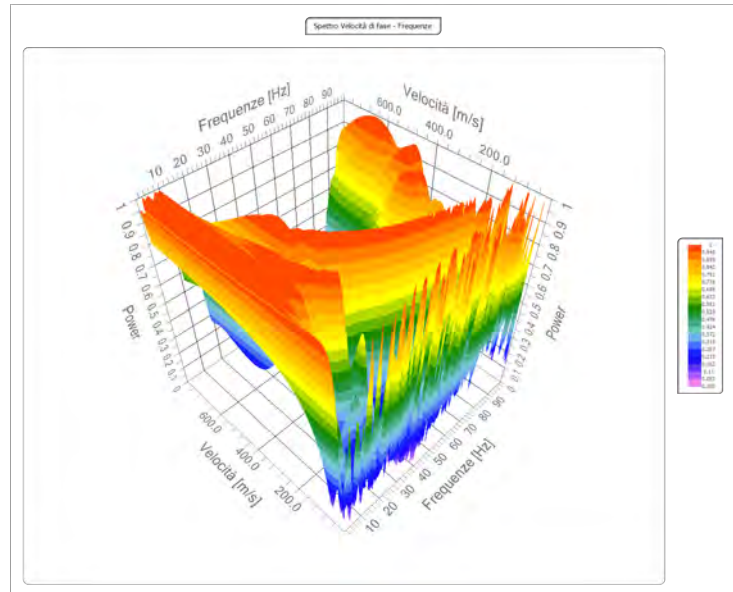
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 03/06/2021
Latitudine: 15.4247°, Longitudine: 41.7620°



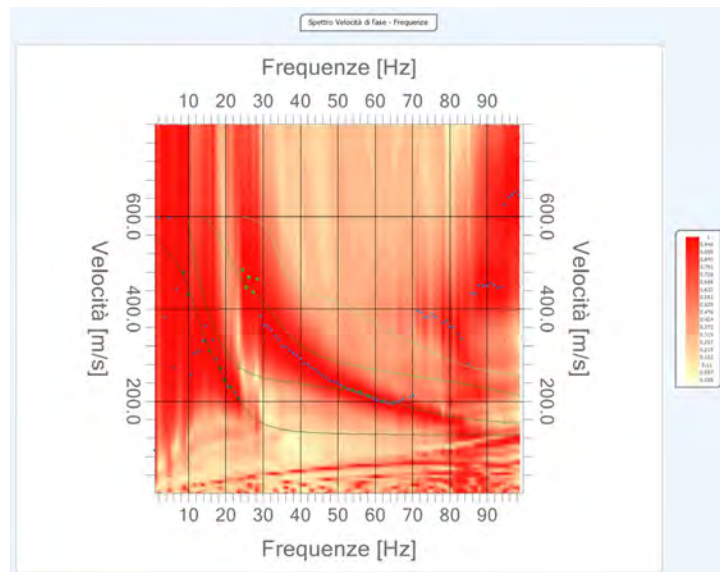
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.8	478.2	0
2	10.0	431.5	0
3	14.5	331.5	0
4	15.6	308.6	0
5	18.7	271.7	0
6	19.6	244.5	0
7	21.4	229.3	0
8	23.4	205.4	0
9	24.6	484.7	2
10	25.5	446.7	2
11	26.2	468.4	2
12	27.4	435.8	2
13	28.5	465.2	2
14	51.7	230.4	1
15	53.9	224.9	1
16	56.1	220.6	1
17	58.2	211.9	1
18	61.8	198.8	1
19	64.8	197.8	1



Inversione

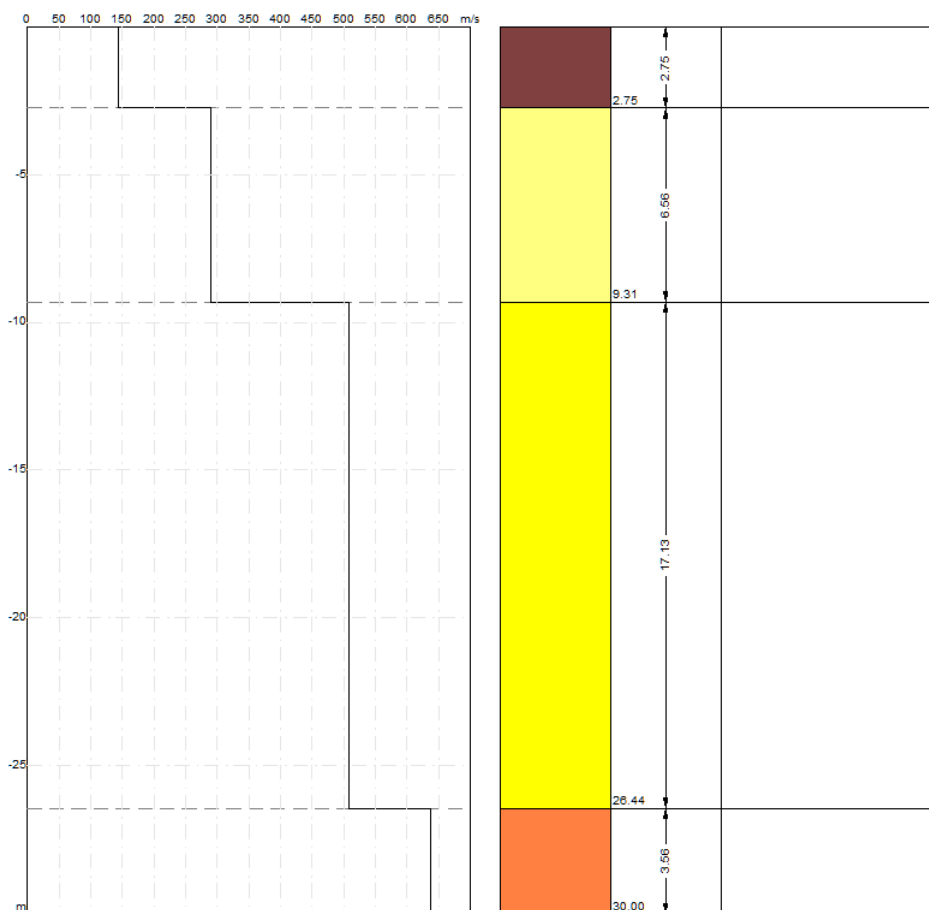
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.75	2.75	1750.0	0.5	No	735.8	144.3
2		9.31	6.56	1850.0	0.4	No	887.7	290.6
3		26.44	17.13	1950.0	0.4	No	1367.9	508.0
4		∞	∞	2000.0	0.4	No	1449.8	637.8

Percentuale di errore

0.085 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.024



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	370.64
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

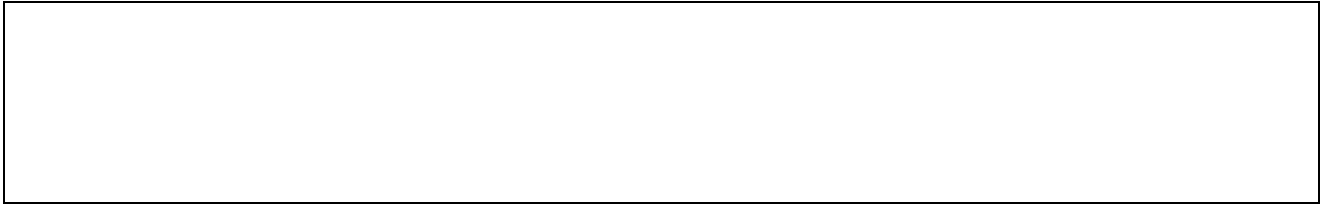
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.75	2.75	144.31	735.82	1700.00	0.48	35.40	920.44	873.24	104.79	52	147.50
2	9.31	6.56	290.57	887.69	1800.00	0.44	151.97	1418.40	1215.77	437.68	N/A	4968.57
3	26.44	17.13	508.03	1367.92	1900.00	0.42	490.38	3555.27	2901.42	1392.68	N/A	N/A
4	oo	oo	637.84	1449.83	1950.00	0.38	793.34	4098.94	3041.15	2189.63	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L01I054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D4

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

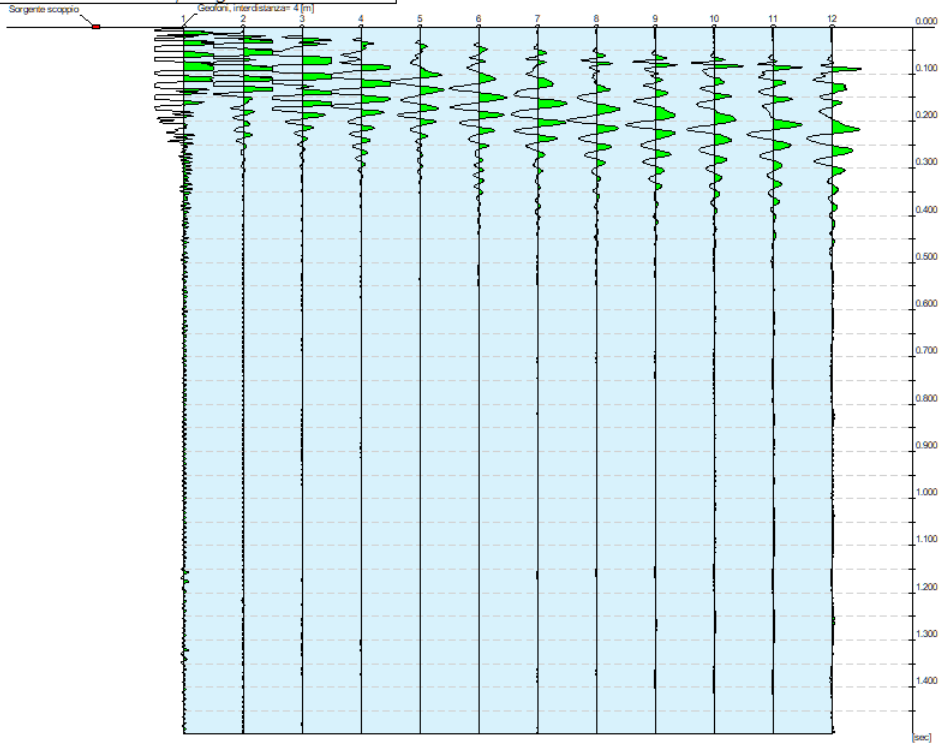
Dati generali

Committente	AM 2 ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	Z.I. APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	01/06/2022 12:00
Latitudine	15.4169
Longitudine	41.7584

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM 1-2
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 01/06/2022
Latitudine: 15.4169°, Longitudine: 41.7584°

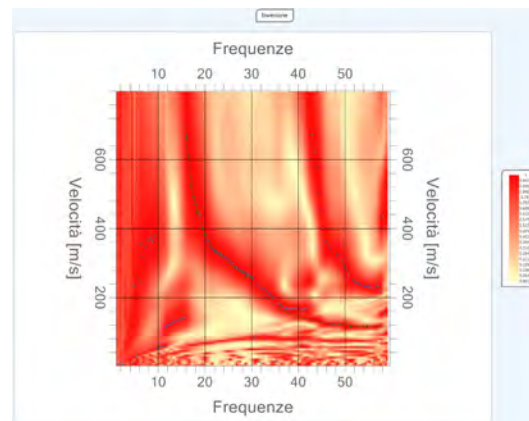
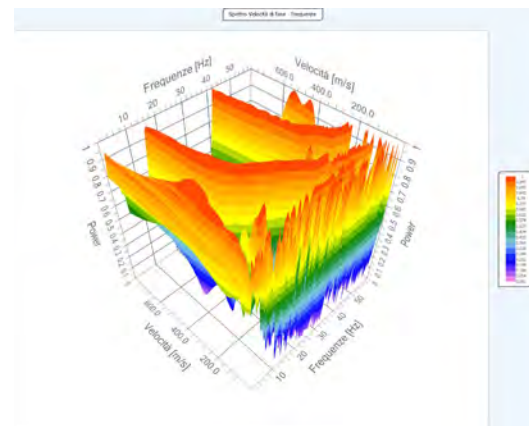
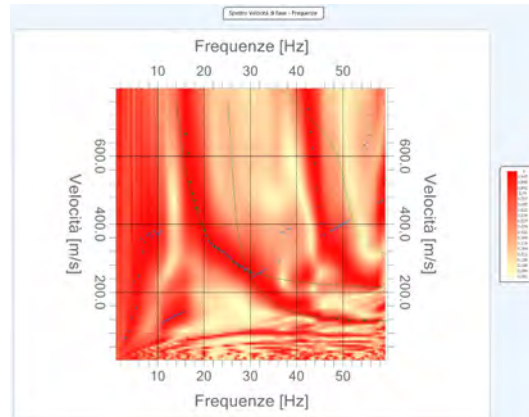


Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	16.0	666.3	0
2	16.6	608.7	0
3	17.0	523.9	0
4	17.6	490.2	0
5	18.1	469.5	0
6	18.4	447.8	0
7	19.5	401.0	0
8	20.1	383.7	0
9	22.3	334.7	0
10	23.1	328.2	0
11	26.3	290.2	0
12	27.6	277.1	0
13	28.8	263.0	0
14	29.9	258.6	0
15	48.8	121.7	0
16	51.2	115.1	0
17	54.7	117.3	0



Inversione

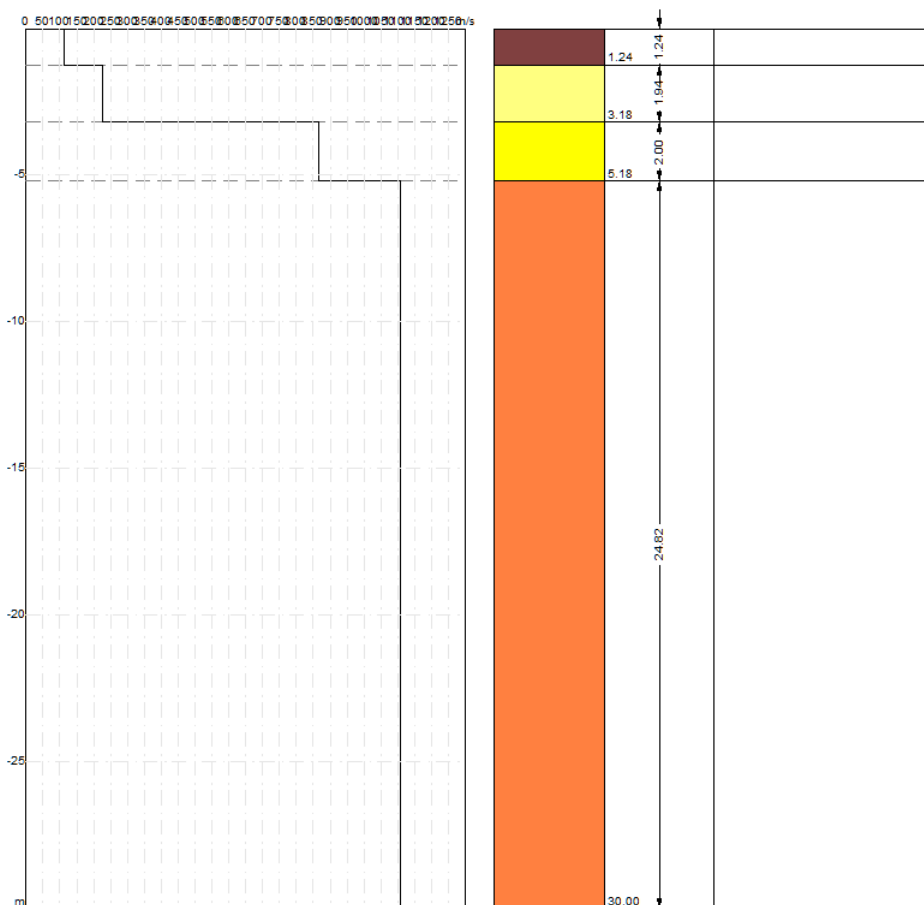
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.24	1.24	1750.0	0.4	No	236.2	113.5
2		3.18	1.94	1800.0	0.4	No	607.3	225.5
3		5.18	2.00	1850.0	0.4	No	2121.5	866.1
4		∞	∞	1900.0	0.4	No	2517.3	1107.5

Percentuale di errore

0.041 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.017



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	677.88
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

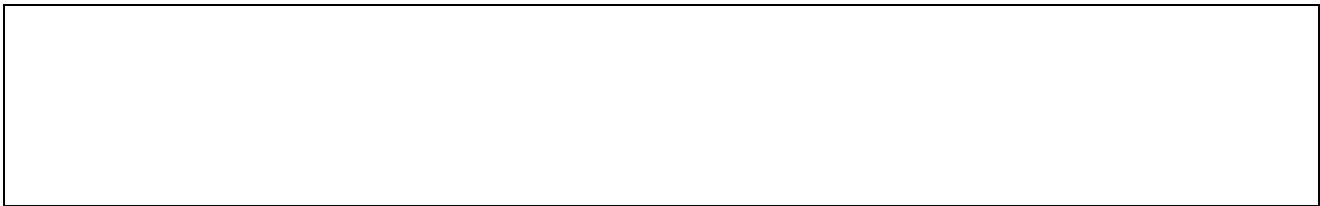
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.24	1.24	113.46	236.19	1700.00	0.35	21.89	94.84	65.66	59.09	32	44.06
2	3.18	1.94	225.54	607.30	1750.00	0.42	89.02	645.42	526.72	252.83	54	1391.26
3	5.18	2.00	866.12	2121.55	1800.00	0.40	1350.29	8101.75	6301.36	3780.82	N/A	N/A
4	oo	oo	1107.48	2517.34	1850.00	0.38	2269.05	11723.45	8698.04	6262.59	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - MASW-D5

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

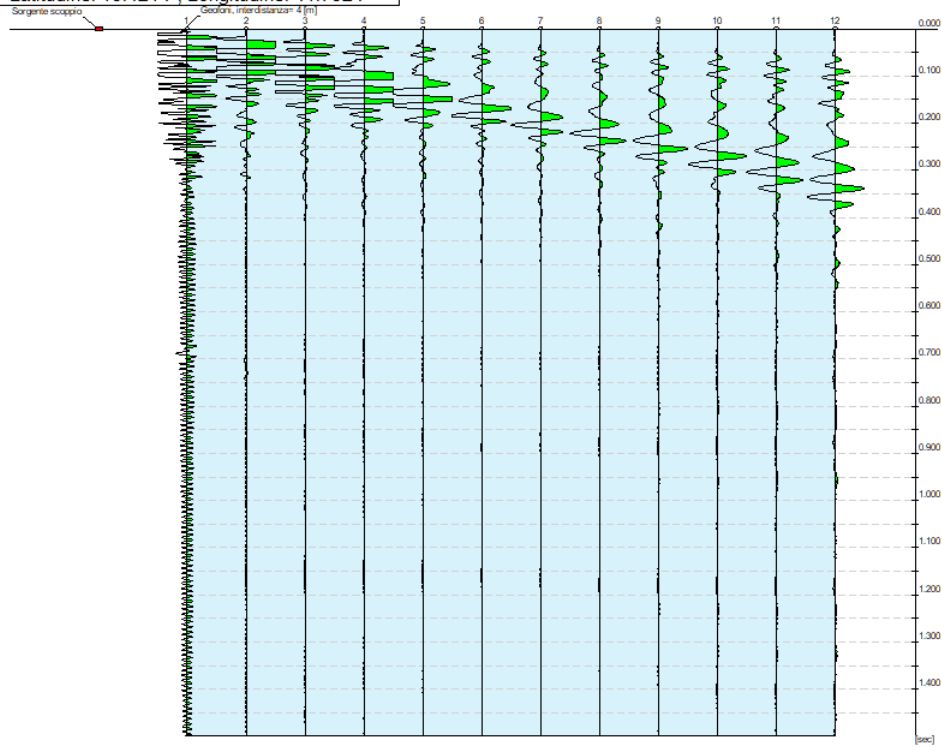
Dati generali

Committente	AM 2 ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	Z.I. APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	13/07/2022 11:15
Latitudine	15.4214
Longitudine	41.7524

Tracce

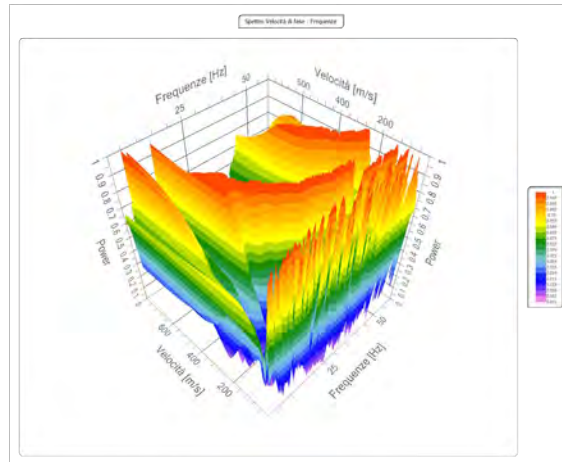
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ZONA ASI APRICENA
Località: ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 13/07/2022
Latitudine: 15.4214°, Longitudine: 41.7524°



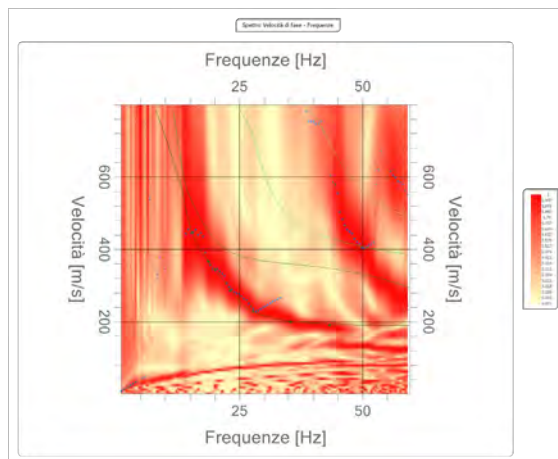
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.4	446.7	0
2	18.8	366.3	0
3	20.1	343.4	0
4	23.1	285.8	0
5	27.8	229.3	0
6	35.3	198.8	0
7	43.3	190.2	0



Inversione

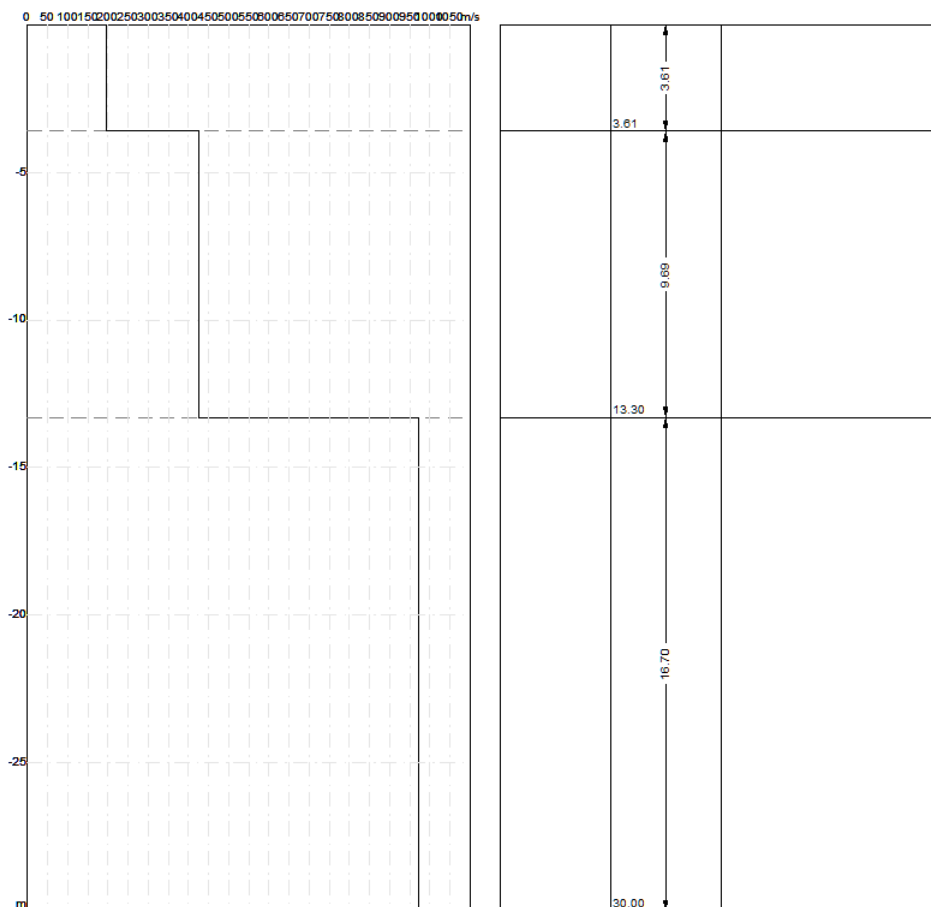
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.61	3.61	1750.0	0.4	No	482.9	197.1
2		13.30	9.69	1850.0	0.4	No	964.2	424.2
3		∞	∞	1950.0	0.4	No	2023.1	971.9

Percentuale di errore

0.002 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.006



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	514.23
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

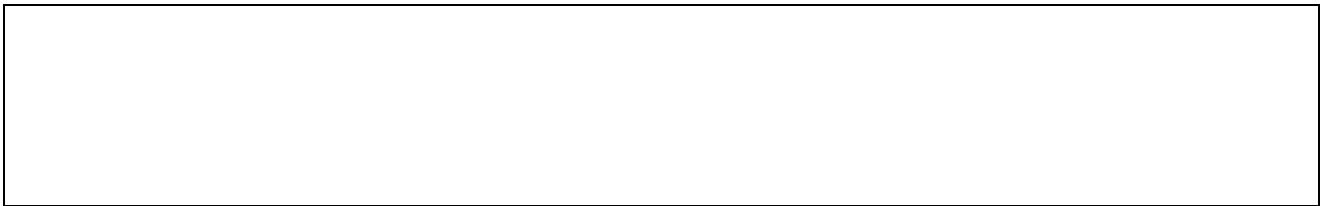
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.61	3.61	197.13	482.87	1700.00	0.40	66.06	396.38	308.30	184.98	N/A	707.25
2	13.30	9.69	424.20	964.22	1800.00	0.38	323.90	1673.50	1241.63	893.97	N/A	N/A
3	oo	oo	971.89	2023.14	1900.00	0.35	1794.67	7776.92	5384.02	4845.62	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV AM 2 ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D6

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

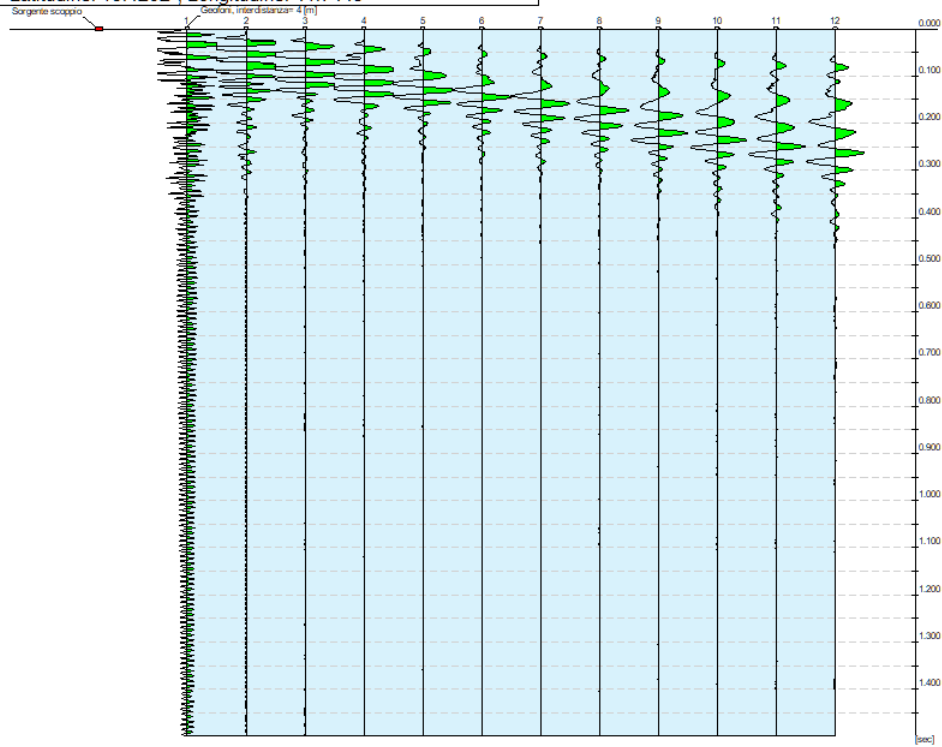
Dati generali

Committente	AM 2 ENERGY SRL
Cantiere	FTV AM ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D7
Località	Z.I. APRICENA
Operatore	Dott. Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	10/07/2022 06:35
Latitudine	15.4202
Longitudine	41.7449

Tracce

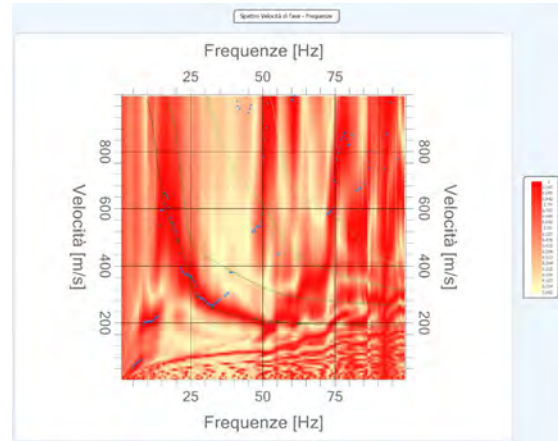
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: FTV AM ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D7
Località: ZONA ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 10/07/2022
Latitudine: 15.4202°, Longitudine: 41.7449°



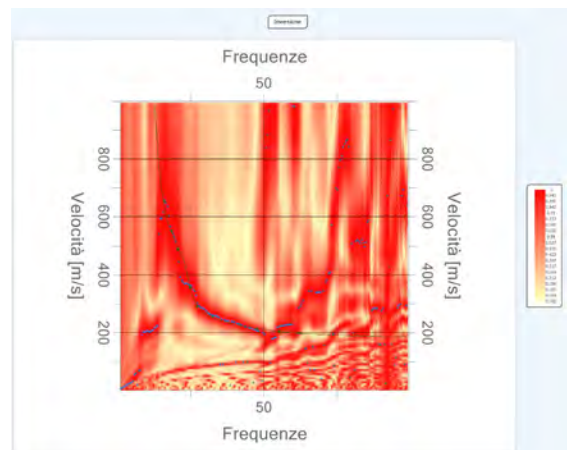
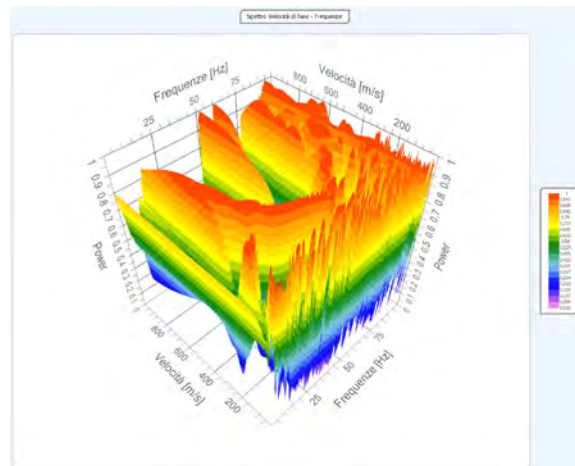
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.9	652.0	0
2	18.6	551.5	0
3	20.6	487.6	0
4	24.9	357.1	0
5	27.3	290.5	0
6	32.6	255.2	0
7	47.6	213.0	0
8	55.3	204.9	0
9	62.5	198.1	0



Inversione

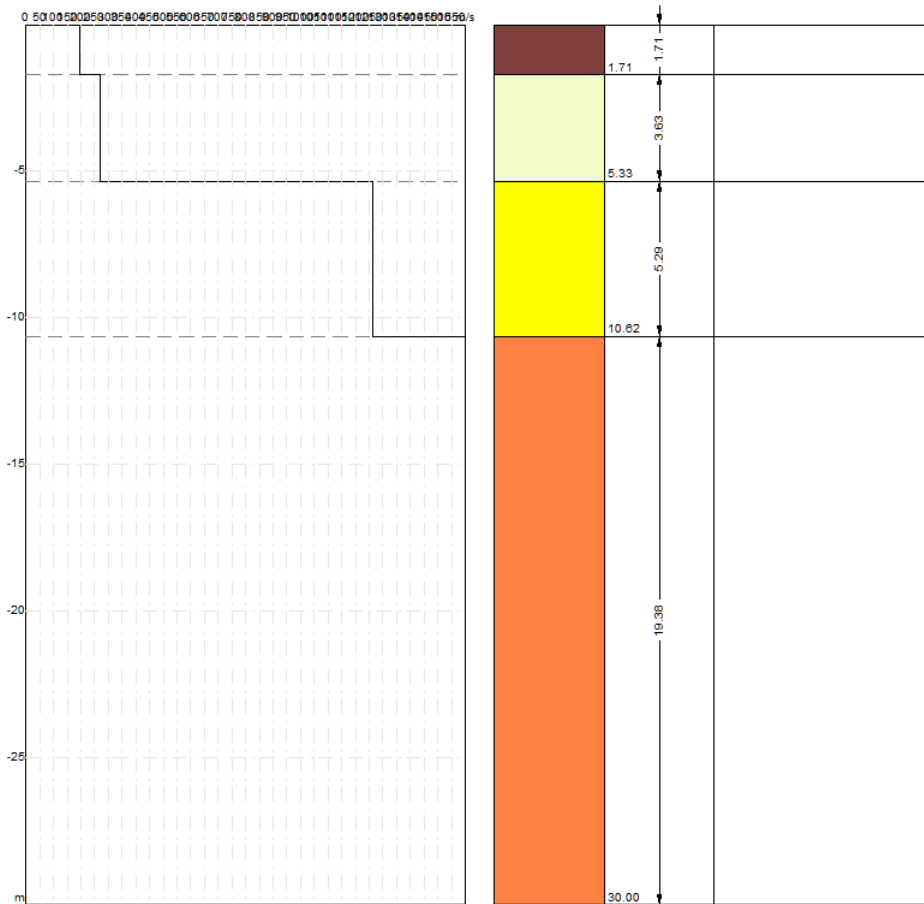
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.71	1.71	1750.0	0.4	No	477.3	194.9
2		5.33	3.63	1850.0	0.4	No	613.1	269.7
3		10.62	5.29	1950.0	0.4	No	2629.4	1263.1
4		∞	∞	2000.0	0.3	No	2993.3	1600.0

Percentuale di errore

0.024 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.013



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	779.35
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

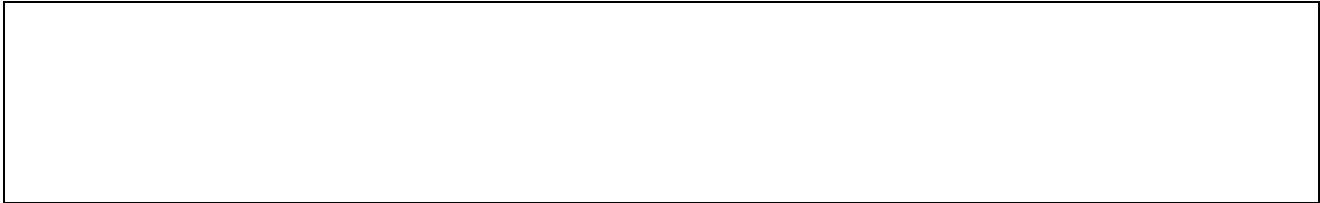
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.71	1.71	194.88	477.35	1700.00	0.40	64.56	387.37	301.28	180.77	N/A	667.50
2	5.33	3.63	269.73	613.10	1800.00	0.38	130.96	676.61	502.00	361.44	N/A	3418.56
3	10.62	5.29	1263.12	2629.39	1900.00	0.35	3031.38	13135.98	9094.14	8184.73	N/A	N/A
4	oo	oo	1600.00	2993.33	2000.00	0.30	5120.00	17920.00	11093.33	13312.00	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV AM 2 ENERGY SRL - APRICENA - MASW-D7

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

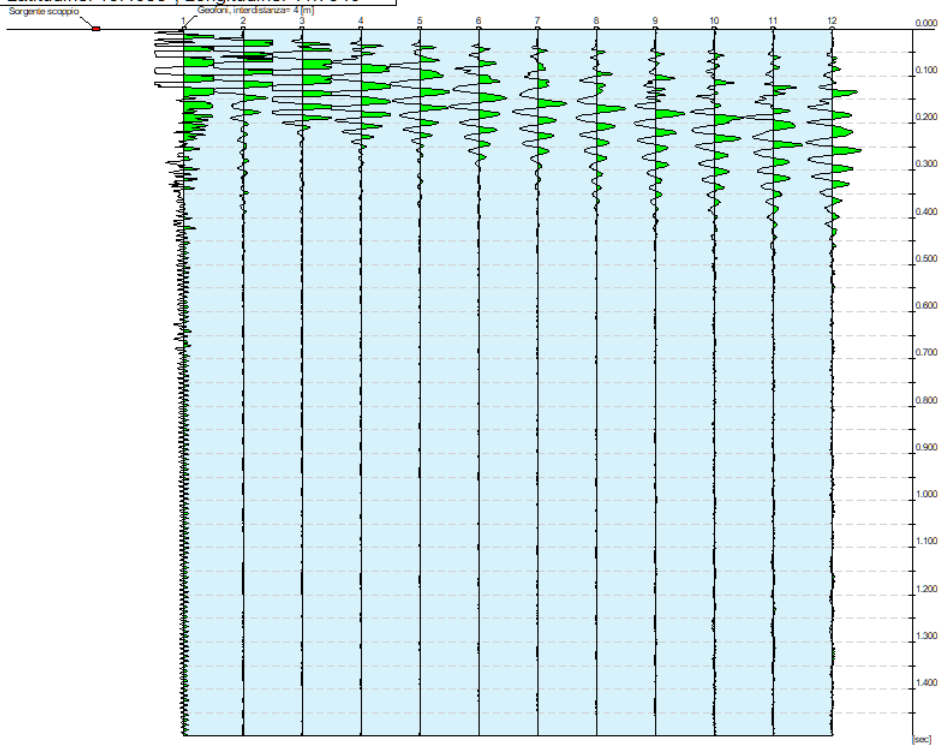
Dati generali

Committente	AM 2 ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	Z.I. APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	10/07/2022 06:10
Latitudine	15.4099
Longitudine	41.7540

Tracce

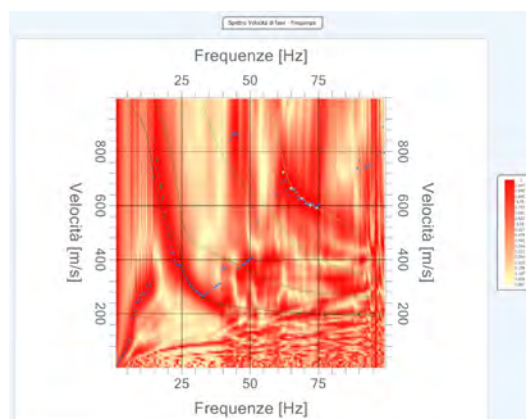
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ZONA ASI APRICENA
Località: ZONA ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 10/07/2022
Latitudine: 15.4099°, Longitudine: 41.7540°



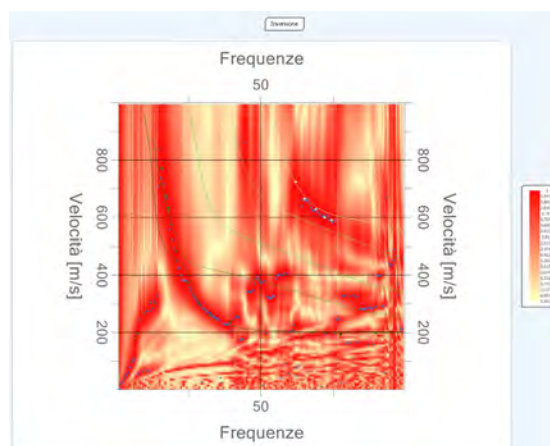
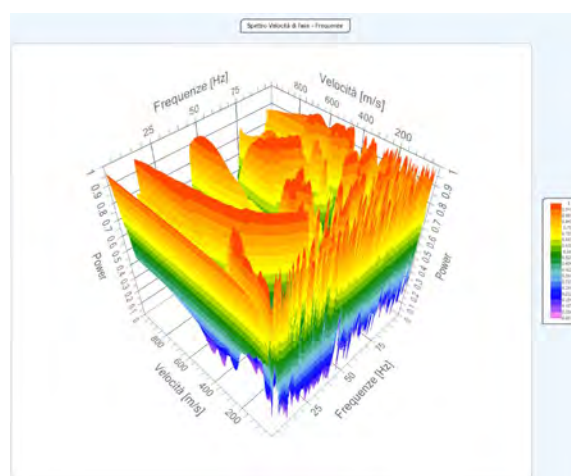
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.7	771.7	1
2	17.6	673.8	1
3	18.2	631.7	1
4	20.7	483.5	0
5	25.0	373.4	0
6	28.6	300.0	0
7	32.6	259.2	0
8	39.3	236.1	0
9	62.1	724.1	4
10	65.1	664.3	4
11	67.7	199.4	0
12	68.9	627.6	4
13	72.0	600.4	4
14	74.4	590.9	4
15	77.5	192.6	0
16	89.7	198.1	0



Inversione

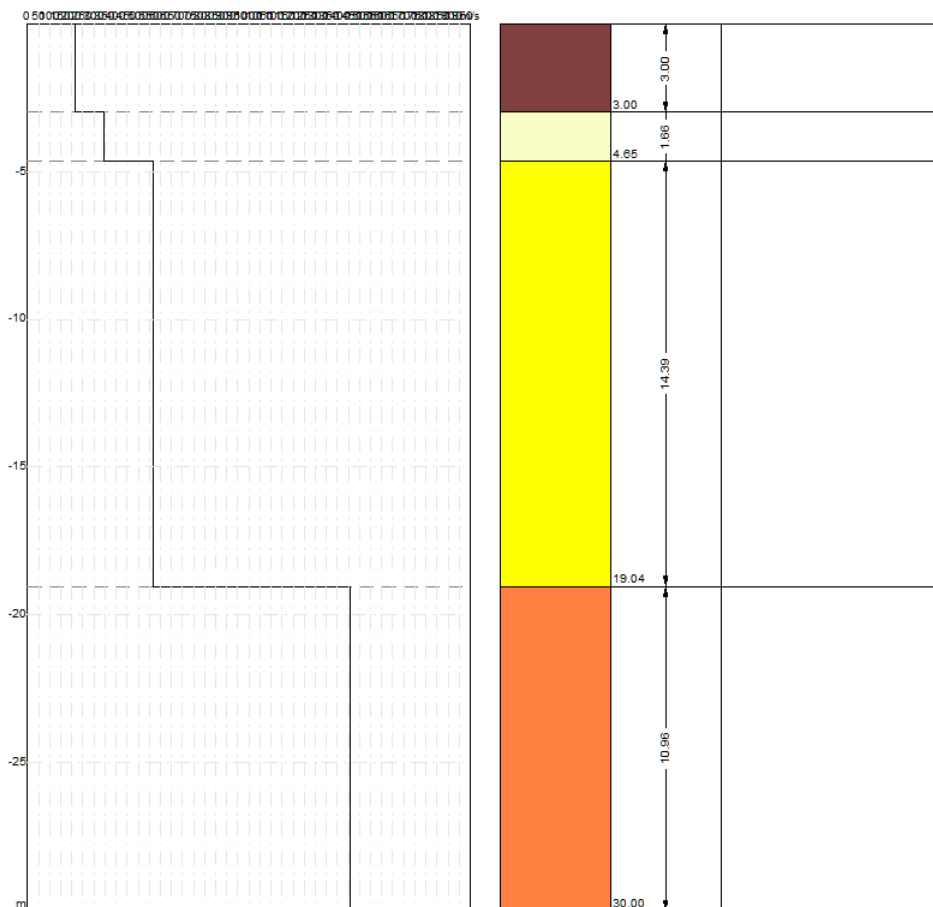
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1750.0	0.4	No	521.2	212.8
2		4.65	1.66	1850.0	0.4	No	788.0	346.7
3		19.04	14.39	1950.0	0.4	No	1179.9	566.8
4		∞	∞	2000.0	0.3	No	2730.8	1459.7

Percentuale di errore

0.187 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.042



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	579.71
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

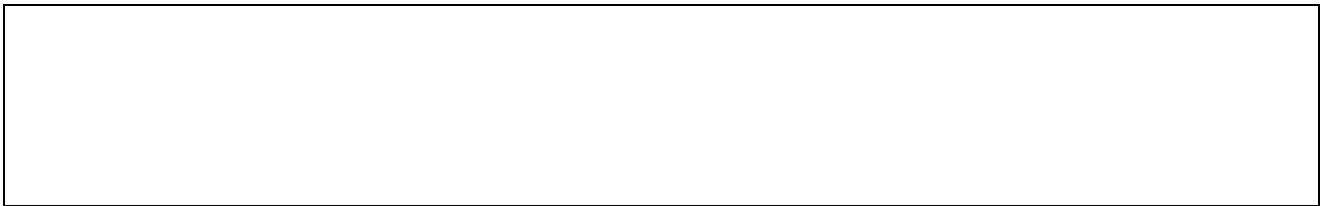
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	212.80	521.24	1700.00	0.40	76.98	461.88	359.24	215.54	N/A	1038.55
2	4.65	1.66	346.67	787.98	1800.00	0.38	216.32	1117.65	829.23	597.04	N/A	N/A
3	19.04	14.39	566.81	1179.91	1900.00	0.35	610.42	2645.15	1831.26	1648.13	N/A	N/A
4	∞	∞	1459.67	2730.79	2000.00	0.30	4261.26	14914.41	9232.73	11079.27	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

FTV - AM2 APRICENA - MASW-D8

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

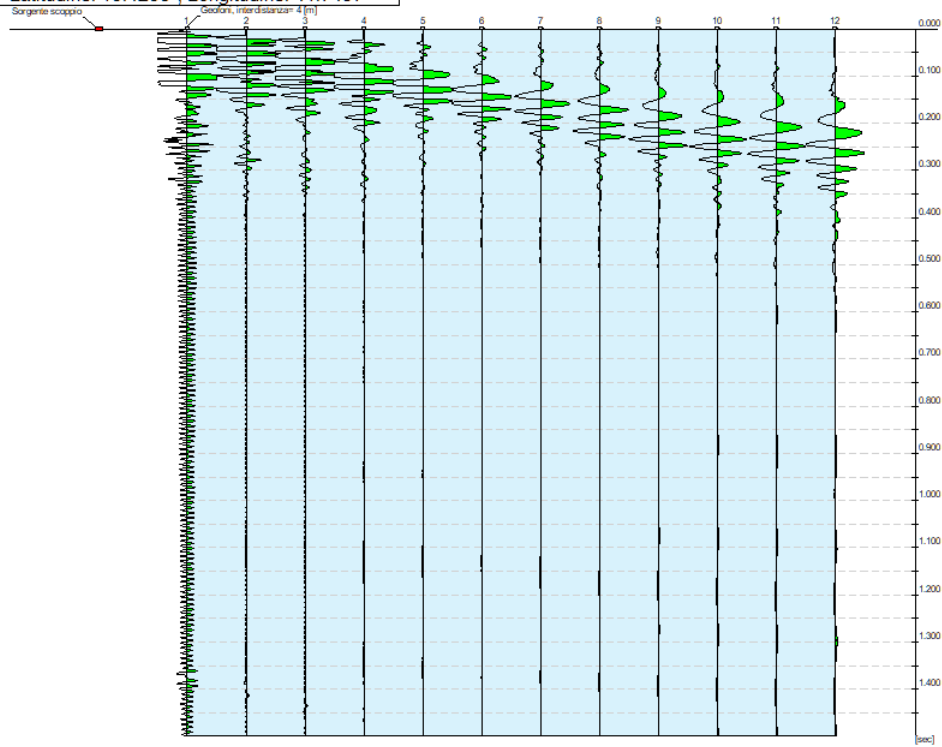
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	APRICENA Z.I.
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	13/07/2022 11:55
Latitudine	15.4258
Longitudine	41.7497

Tracce

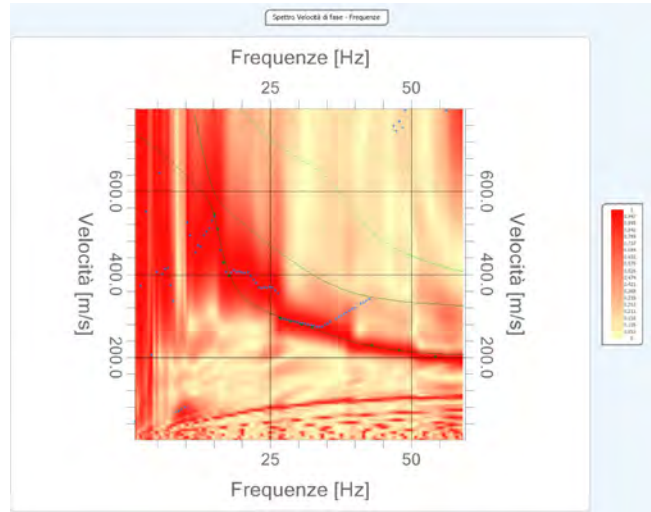
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ZONA ASI APRICENA
Località: ZONA ASI APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 13/07/2022
Latitudine: 15.4258°, Longitudine: 41.7497°



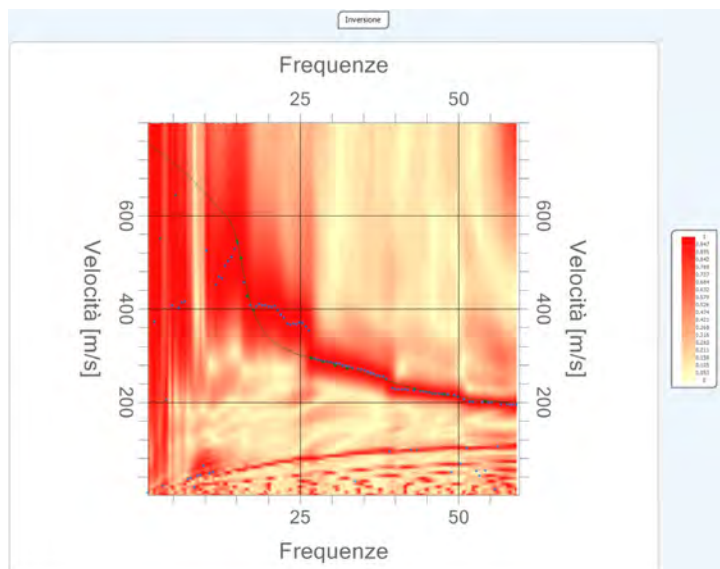
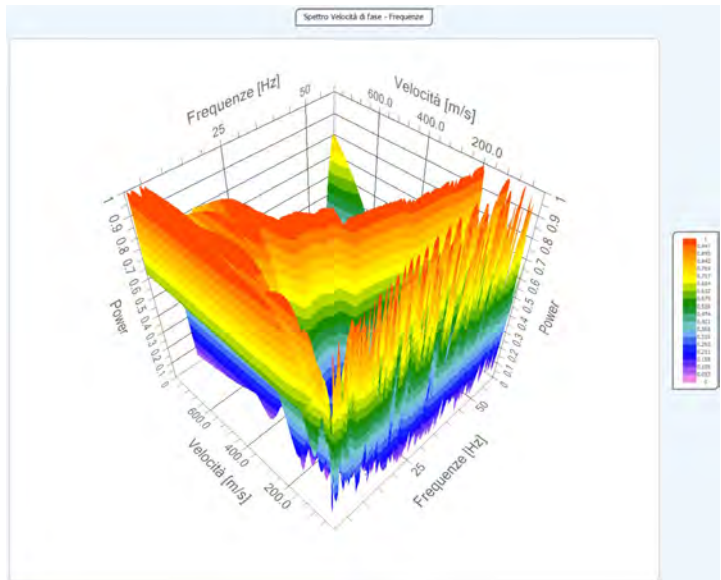
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.1	545.6	0
2	15.7	508.7	0
3	16.8	428.2	0
4	17.7	397.8	0
5	26.7	295.6	0
6	28.6	286.9	0
7	30.5	279.3	0
8	32.4	272.8	0
9	43.0	229.3	0
10	47.8	217.3	0
11	54.3	202.1	0



Inversione

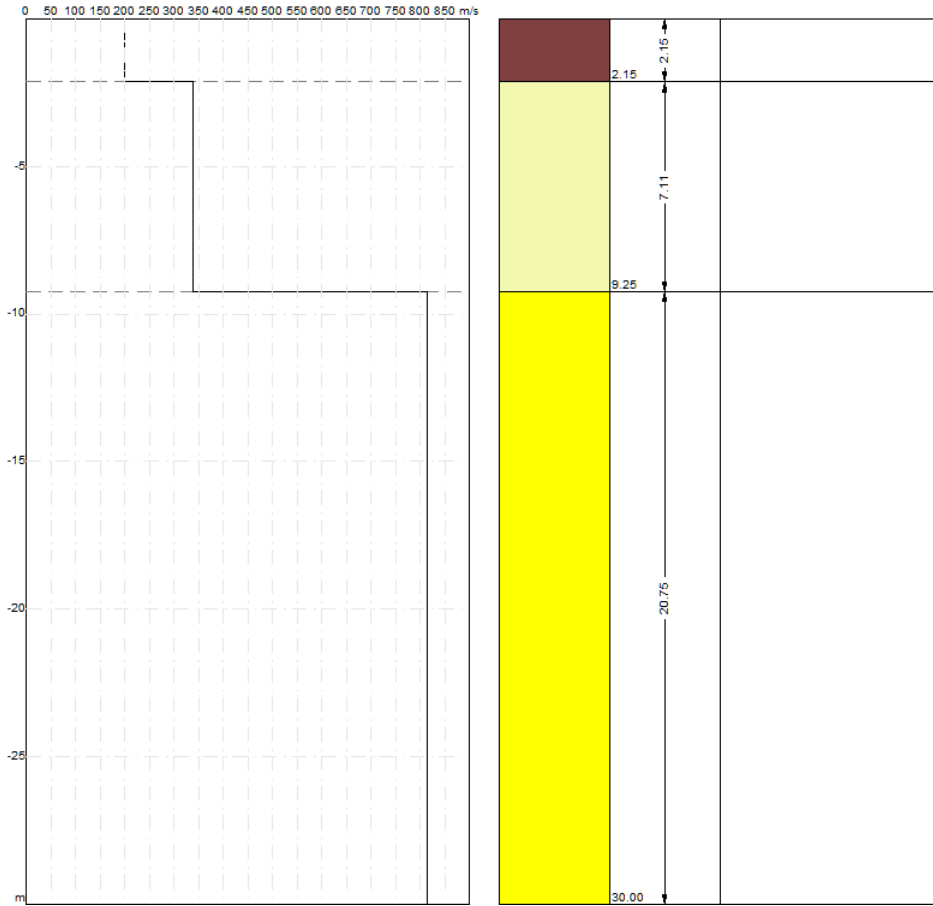
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.15	2.15	1750.0	0.4	No	486.5	198.6
2		9.25	7.11	1850.0	0.4	No	768.3	338.0
3		∞	∞	1950.0	0.4	No	1697.8	815.6

Percentuale di errore

0.009 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.009



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	523.88
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

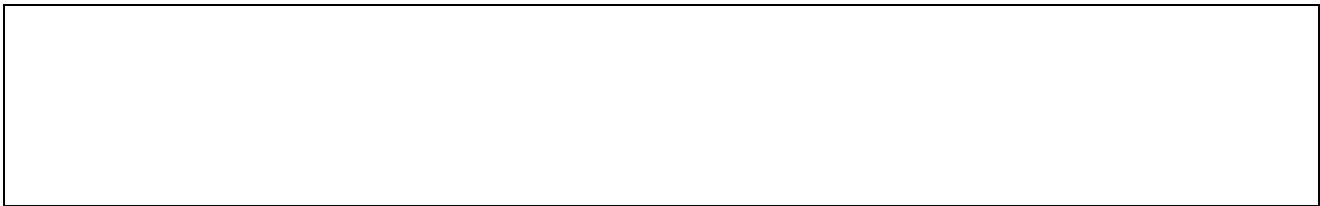
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.15	2.15	198.61	486.49	1700.00	0.40	67.06	402.35	312.94	187.76	N/A	734.29
2	9.25	7.11	338.03	768.35	1800.00	0.38	205.67	1062.65	788.42	567.66	N/A	N/A
3	oo	oo	815.60	1697.80	1900.00	0.35	1263.87	5476.79	3791.62	3412.46	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;


M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Geol. Nazario DI LELLA STUDIO DI GEOLOGIA C.FISC: DLLNZR64L011054R P.IVA: 02101530711	Via: via Ripalta 21/A 71010 Lesina - FG Tel: 0882.218822 - 328.3250902 Fax: 0882.218822 Email: geol.dilella@gmail.com Web:
--	---

MASW - D9

	Data: luglio 2022
	Il committente AM 2 ENERGY SRL
	IL Tecnico GEOL. N. DI LELLA
	Il Progettista GEOL. N. DI LELLA
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy 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:

$$v = \lambda \times v$$

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

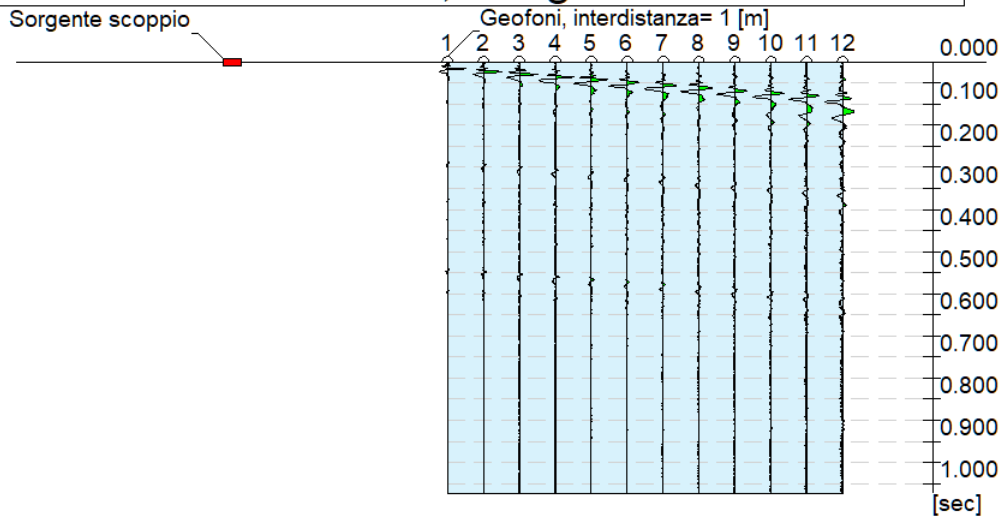
Dati generali

Committente	AM ENERGY SRL
Cantiere	APRICENA
Località	Z.I. APRICENA
Operatore	Dott.Nazario Di Lella
Responsabile	Dott. Nazario Di Lella
Zona	Z.I. APRICENA
Data	01/06/2022 12:00
Latitudine	15.4305
Longitudine	41.7601

Tracce

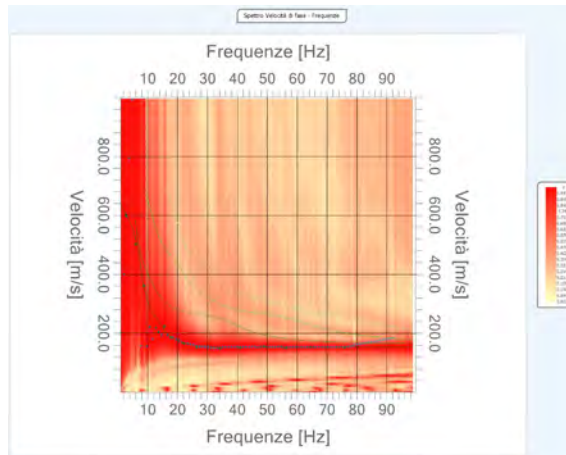
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00

Committente: AM ENERGY SRL
Cantiere: ASI APRICENA
Località: APRICENA
Operatore: Dott. Nazario Di Lella
Responsabile: Dott. Nazario Di Lella
Data: 01/06/2022
Latitudine: 15.4305°, Longitudine: 41.7601°



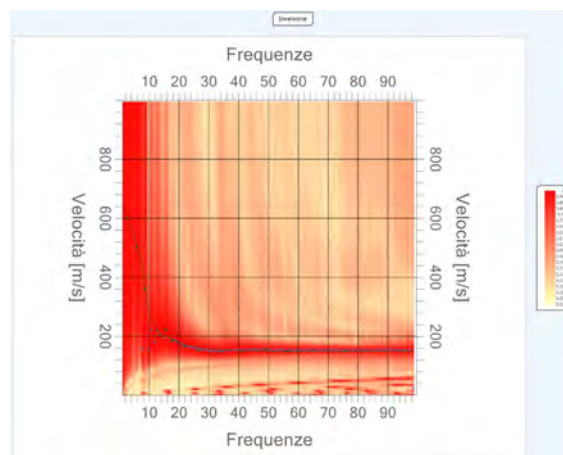
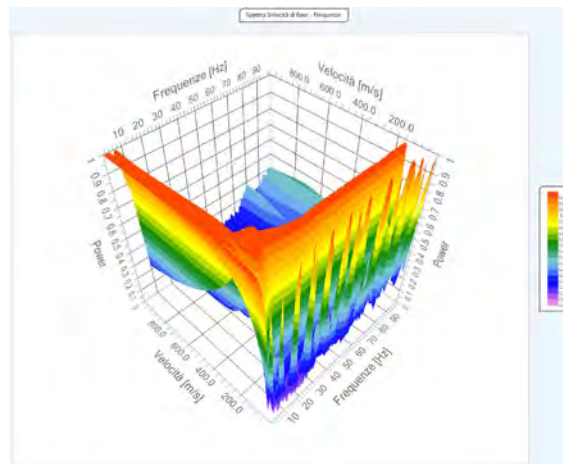
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.7	601.8	0
2	6.0	502.5	0
3	8.6	359.8	0
4	15.6	221.2	0
5	17.8	185.8	0
6	22.2	165.5	0
7	34.2	147.8	0
8	26.5	151.9	0
9	56.5	150.5	0
10	41.1	150.5	0
11	49.0	155.9	0
12	64.5	153.2	0
13	75.9	151.9	0



Inversione

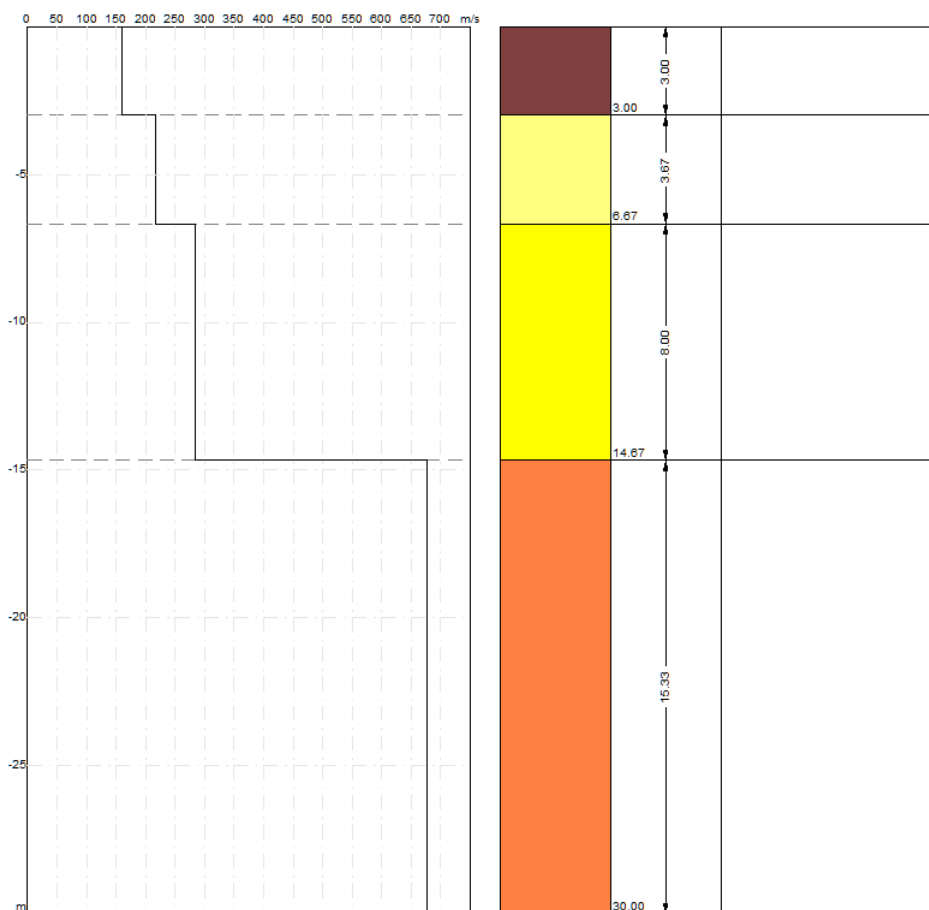
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1750.0	0.4	No	333.1	160.0
2		6.67	3.67	1800.0	0.4	No	582.6	216.4
3		14.67	8.00	1850.0	0.4	No	694.1	283.4
4		∞	∞	1900.0	0.4	No	1540.1	677.6

Percentuale di errore

0.078 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.040



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	346.57
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT},30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu},30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	160.00	333.07	1700.00	0.35	43.52	188.59	130.56	117.50	86	247.80
2	6.67	3.67	216.36	582.57	1750.00	0.42	81.92	593.92	484.69	232.65	18	1128.94
3	14.67	8.00	283.35	694.07	1800.00	0.40	144.52	867.11	674.42	404.65	35	4378.90
4	oo	oo	677.57	1540.15	1850.00	0.38	849.35	4388.30	3255.84	2344.20	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;