REGIONE PUGLIA

COMUNE DI NARDÒ

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO "AGROVOLTAICO" PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 30,878 MW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 29,76 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO "NARDÒ" UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI NARDÒ E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI NEL COMUNE DI NARDO' (LE).

KLB AGRISOLARE S.r.l.

VIA COMUNALE DA MAGLIE A BOTRUGNO KM 2 – CAP 73020 – SCORRANO (LE)

PROGETTAZIONE

Ing. Emanuele Verdoscia
Via S.P.119 Lecce Porto Cesareo km 0,3/via Donatello S.N. Arnesano (LE), 73010

DATI CATASTALI: Nardò Fg.47 p.lle: 1085, 1086, 1087
Nardò Fg.59 p.lle: 367, 368

Codice AU: R4QQAJ9



Elaborato	*Tecnico*
Relazione Geologica	Dott. Geol. Giovanni Paolo Mega
	GIOVANNI PAOLO MEGA 17.02.2026 14:20:23 GMT+01:00

INDICE

1 PREMESSA 2
1.1 Riferimenti normativi e bibliografici 4
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 5
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 6
3.1 Assetto Geologico Locale 11
3.1.1 Calcari, calcari dolomitici, dolomie ("Calcari di Altamura") 11
4 IDROGEOLOGIA 13
5 VINCOLISTICA 15
5.1 Caratterizzazione dell'area nell'ambito del Piano di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (P.A.I.) 15
5.2 Inquadramento P.P.T.R. 19
6 INDAGINI GEOFISICHE 24
6.1 Indagini sismiche a rifrazione 25
6.1.1 Indagine M.A.S.W. 30
6.1.2 Hardware e Software 32
7 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO 33
7.1 Percorso cavidotto 36
7.2 Area Impianto 36
8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA 38
9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 42

ALLEGATO 1 - *Carta Geolitologica*
ALLEGATO 2 - *Indagini sismiche a rifrazione & MASW*

1 PREMESSA

Per incarico dell'Ing. Emanuele Verdoscia e della KLB AGRISOLARE S.r.l. (Via Com.le da Maglie a Botrugno, km. 2, 73020, Scorrano –LE-), lo scrivente Geologo dott. Giovanni Paolo Mega, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 818 con studio in Leverano (LE) alla via Fontana, n. 29, ha effettuato uno studio geologico sui terreni ubicati nel territorio Comunale di Nardò (LE), censiti catastalmente al Fg. 47 p.lle 1085,1086,1087 e Fg. 59 p.lle 367, 368, che saranno interessati dalla "Realizzazione di un Impianto Agrovoltaico"; l'impianto è denominato "Nardò".

Lo scopo della seguente, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» all'OPCM n.3431 del 3 Maggio 2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274 del 20/03/2003", e successive modifiche e integrazioni, è quello di definire la caratterizzazione e la modellazione geologica e la definizione di parametri geotecnici. Per definire le caratteristiche del sito interessato, con particolare riguardo all'assetto geologico, ai problemi geotecnici e sismici, si è proceduto a effettuare:

- Raccolta dei dati di bibliografia;

- Rilevamento geologico di dettaglio dell'area e delle zone limitrofe;

- Raccolta dati derivanti da indagini geognostiche di riferimento;

- Esecuzione di una campagna di indagini geofisiche che ha previsto le seguenti attività:

- ***n° 4 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.***

Nella presente si formulano alcune considerazioni finali utili alla comprensione del contesto geologico in cui si inserirà il progetto, alla definizione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e alle tipologie fondazionali più idonee per trasmettere al substrato roccioso i carichi delle strutture. Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" – **NTC 2018.**

L'impianto agrovoltaico prevede i seguenti elementi:

- N. 1711 tracker 1 x 24 e n. 254 tracker 1 x 12;
- 44112 moduli in silicio del tipo VERTEX N-Type i-TOPCon bifacial dual glass Monocrystalline module da 700 W, istallati su tracker per una potenza complessiva di 30,878 MW;
- N.93 Inverter SG350X con tensione fotovoltaica in ingresso max. di 1500 V;
- N. 17 trasformatori da 2000 kV e 1 da 1600 kV;

- viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'impianto e per il passaggio dei cavidotti interrati in MT;
- N.2 cabina di consegna;
- N.18 cabine di campo;
- aree di stoccaggio materiali posizionate in diversi punti del parco, le cui caratteristiche (dimensioni, localizzazione, accessi, etc.) verranno decise in fase di progettazione esecutiva;
- cavidotto interrato in MT (20 kV) di collegamento tra le cabine di campo e la cabina di smistamento;
- rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati via modem o tramite comune linea telefonica.
- recinzione metallica di altezza 2,5 m.

Il piano agrovoltaico oggetto della presente relazione si riferisce a produzioni agricole complementari all'attività di produzione energetica. Si tratta quindi di un sistema integrato, agro fotovoltaico, nel quale le superfici occupate da impianti fotovoltaici (produzione d'energia) si affiancano a superfici destinate a produzioni agricole con contestuale inserimento di attività agricole all'interno degli appezzamenti occupati dagli impianti. Il medesimo piano colturale prevede la realizzazione di:

- Oliveto lungo il perimetro dell'impianto al di fuori della recinzione;
- Agrumeto al di sotto dei tracker di impianto;
- Alberatura potenziale Rete Natura 2000 (siepe) lungo il perimetro dell'impianto all'interno della recinzione.

Si evidenzia che la piantumazione di Siepe e Oliveto non sarà eseguita nelle aree vincolate da PPTR.

1.1 *RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI*

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale per il paesaggio (PPTR) - Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità Interregionale di Bacino della Puglia - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – "Carta del Rischio";
- "Note illustrative della Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000, Foglio 214 "Gallipoli";
- Ciaranfi N. et al (1983) - "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche" (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 "Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi"
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale";
- "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: "Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4….".

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'impianto in oggetto ricade in Agro di Nardò e secondo il PRG comunale, l'area interessata dall'impianto Agrivoltaico, ricade in Zona E1 e E2 catastalmente come segue:

Comune	Foglio	Particella
Nardò	47	1085
Nardò	47	1086
Nardò	47	1087
Nardò	59	367
Nardò	59	368

Tabella 1: Inquadramento catastale dell'area di impianto

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV alla nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 380/150/36 kV, che sarà inserita in entra-esce sulla linea RTN a 380 kV "Erchie 380 – Galatina 380".

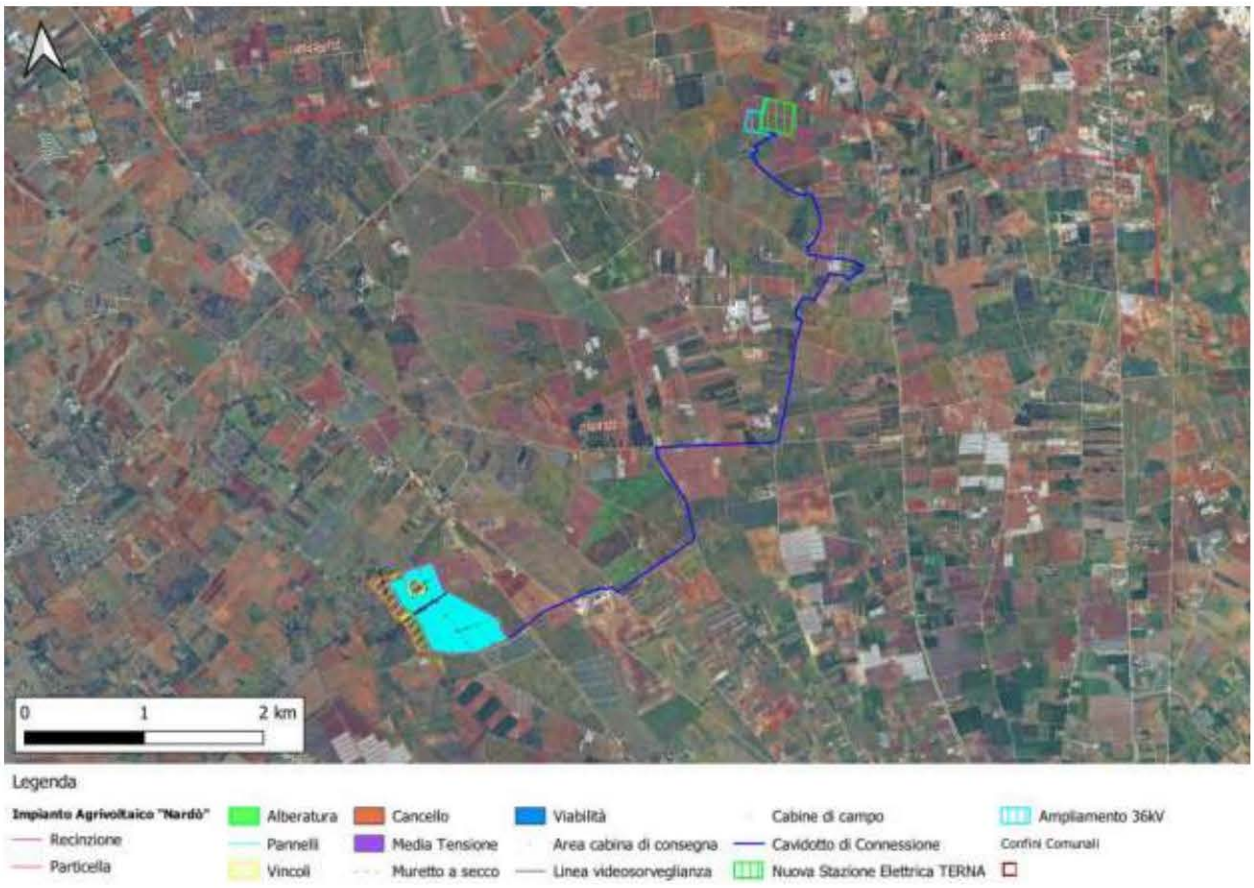


Fig.1 - Inquadramento Impianto con cavidotto e Nuova Stazione Elettrica e Ampliamento a 36 kV su ortofoto 2019

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 214 "Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia (Fig. 2).

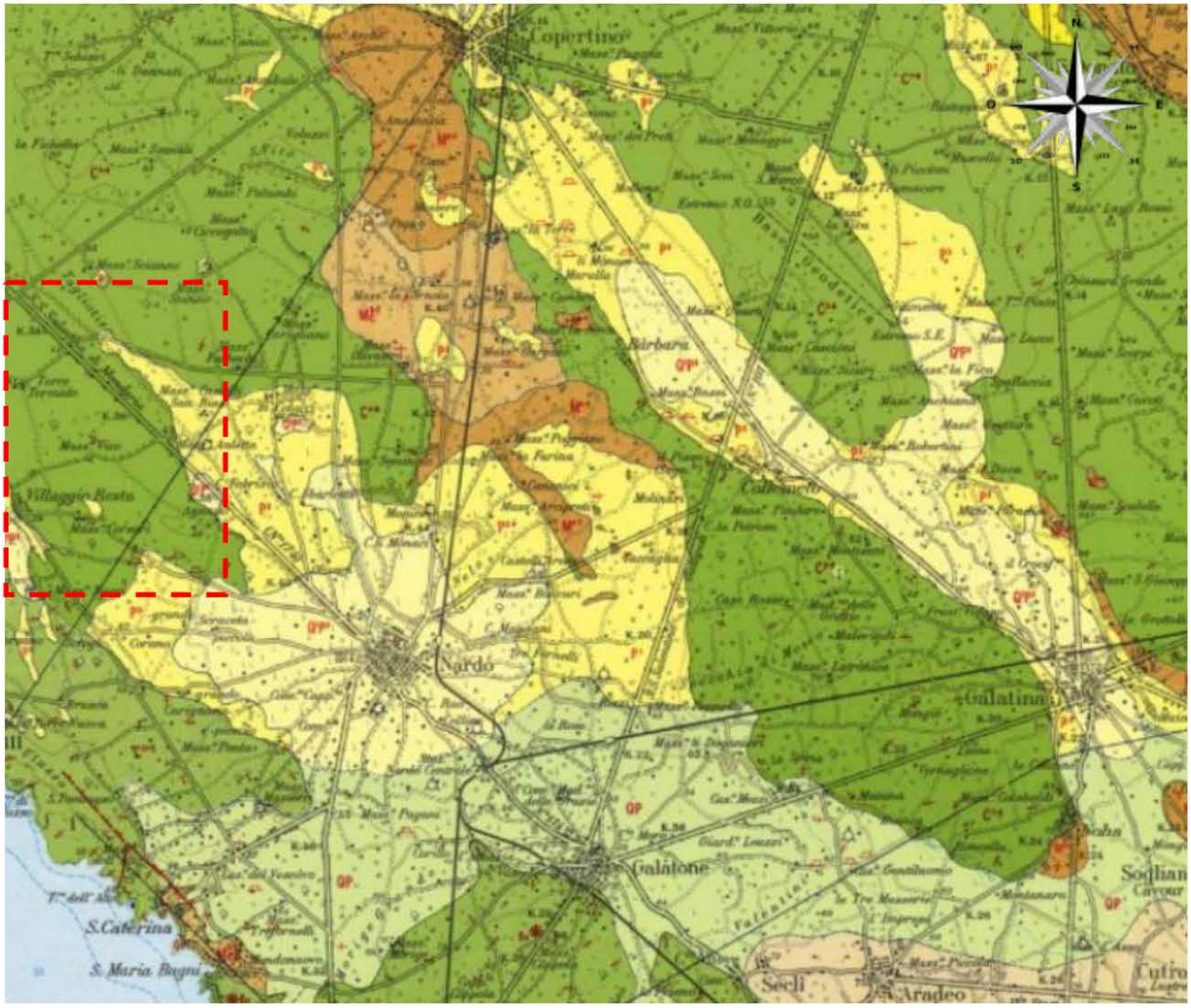


Fig. 2a - Stralcio Carta Geologica d'Italia - Foglio 214 "Gallipoli" (Scala 1:100.000)

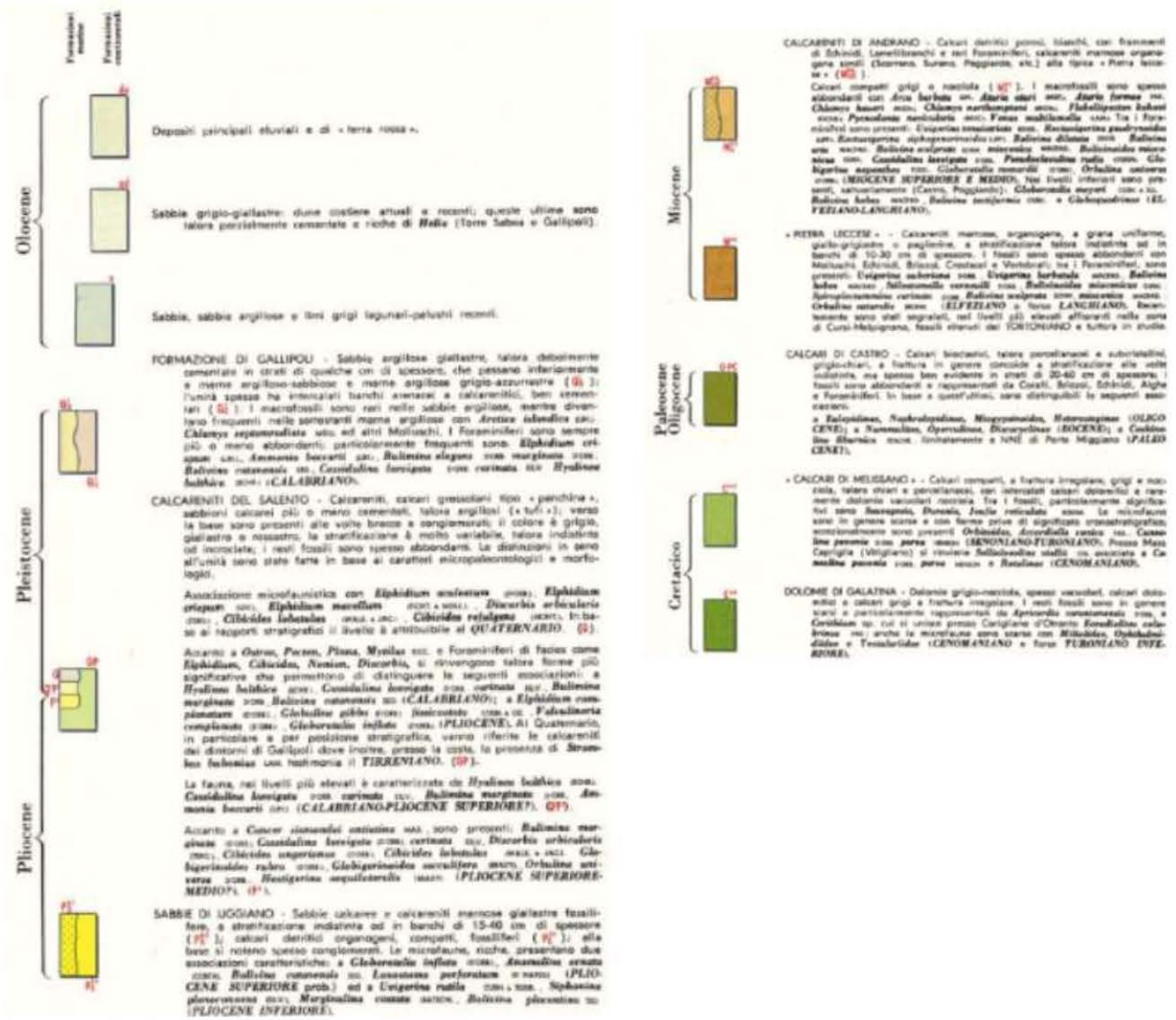


Fig. 2b – Legenda Carta Geologica d'Italia - Foglio 214 "Gallipoli"

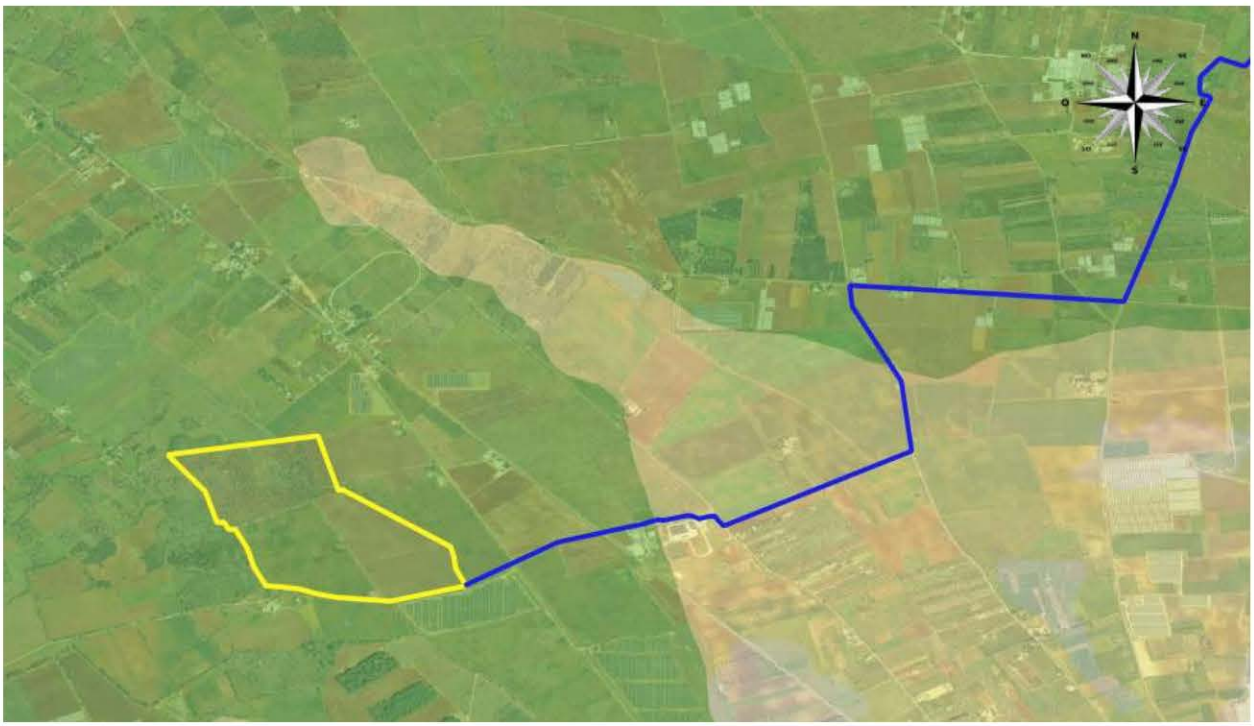


Fig. 3 - Stralcio Carta geolitologica (Allegato 1)

Legenda

Litologia
- Sabbie calcaree e Limi sabbiosi
- Calcareniti
- Calcareniti marnose
- Calcari e calcari dolomitici
- Cavidotto
- Area Impianto

L'area corrisponde ad una parte del versante occidentale ionico della Penisola Salentina. In particolare il sito è ubicato ad una quota di circa 41 m.s.l.m.

In questa regione il rilievo, inciso per la maggior parte nei sedimenti cretacei, mostra anche localmente il suo tipico aspetto di tavolato a vasti piani leggermente sollevati, localmente chiamati "Serre", allungati in senso NNO - SSE e limitati tutto intorno da zone depresse dove affiorano i depositi pleistocenici. Le zone altimetricamente più elevate corrispondono di norma agli affioramenti calcarei cretacei e alle aree più interne del territorio. Di qui il paesaggio degrada verso la costa attraverso una serie di ripiani che si raccordano per mezzo di scarpate più o meno marcate da zona a zona, e che individuano, secondo le più recenti interpretazioni paleogeografiche, antiche linee di costa corrispondenti ad altrettanti livelli marini diversi dall'attuale. La mancanza di veri corsi d'acqua perenni dipende dall'assenza di sorgenti nell'entroterra, dalle brevi precipitazioni e dalla natura assorbente del terreno.

Il territorio di Nardò è ubicato al centro di una depressione di origine tettonica. Tale depressione, costituita da un graben, si presenta allungata in direzione NNW-SSE ed è bordata da horst o alti strutturali, che costituiscono le Serre Salentine. Questo paesaggio ad horst e graben è dovuto al substrato carbonatico che risulta, variamente dislocato da faglie. Sul substrato carbonatico mesozoico giacciono in trasgressione le calcareniti mioceniche e sedimenti calcarenitici, argillosi e sabbiosi del ciclo pliopleistocenico.

Per quanto riguarda i rapporti geometrici e strutturali tra le litofacies, la configurazione geologica dei luoghi non si discosta dallo schema generale che caratterizza tutta la Penisola Salentina. La configurazione morfostrutturale dell'area in esame deriva dagli eventi tettonici e paleogeografici che si sono susseguiti nella regione salentina a partire dal Mesozoico. Durante tale periodo il basamento carbonatico ha subito numerose emersioni e subsidenze accompagnate da ingressioni marine.

Dal punto di vista geologico (Fig. 2), il territorio di Nardò è caratterizzata da un substrato geologico, localmente costituito dai depositi marini terrazzati (Pleistocene Medio-Superiore) trasgressivi sulle sabbie argillose appartenenti alla unità delle Sabbie a Brachiopodi (Pleistocene medio). Stratigraficamente più in basso si riconoscono le argille, l'unità delle Calcareniti di Gravina (Pleistocene inferiore), le Calcareniti marnose mioceniche e il Calcare di Altamura (Cretaceo sup.).

I depositi marini terrazzati, raggiungono uno spessore di circa 5 m. L'età dei depositi di terrazzo può essere riferita sulla base delle conoscenze geologiche regionali al Pleistocene medio-superiore. I depositi marini terrazzati giacciono in trasgressione mediante un sottile livello di paleosuolo, rappresentato principalmente da noduli e lenti di carbonato di calcio di origine secondaria e da patine di ossidi di ferro e manganese, su litotipi riferibili all'unità litostratigrafica delle Sabbie a Brachiopodi (D'Alessandro & Palmentola, 1978). Questi litotipi presentano alla base un livello di sabbie limoso-argillose caratterizzato dalla presenza di Brachiopodi di grosse dimensioni. Le Sabbie a Brachiopodi mostrano localmente uno spessore variabile di circa 2 m, sono state riferite al Pleistocene medio sulla base del contenuto faunistico e dei rapporti stratigrafici (D'Alessandro et al., 1994). Sono argille limose, argille sabbiose e marnose non stratificate dai toni grigio-chiari al tetto dell'unità, a toni azzurri nella parte centrale della stessa e poi a toni nuovamente grigio-azzurri. Nei livelli prossimi alla superficie topografica si possono osservare noduli e lenti di carbonato di calcio di origine secondaria, nonché patine di ossido di ferro e manganese, segni di una pedogenesi incipiente. Alla base è presente un livello di sabbie limoso argillose, nelle quali si rinvengono brachiopodi di grosse dimensioni. L'unità delle sabbie a Brachiopodi, poggia sulle argille. Il colore delle argille è grigiastro, e presenta spessori di circa

15 m, generalmente si trova in continuità sulle Calcareniti di Gravina. L'unità della Calcareniti di Gravina è rappresentata da calcareniti a grana da media a grossa, friabili e porose, con frequenti macro e microfossili (foraminiferi bentonici, briozoi, lamellibranchi, gasteropodi, echinodermi, alghe calcaree e serpulidi). Il colore è giallo pallido sul taglio fresco, mentre sulle superfici alterate il colore si presenta giallo rossastro. Le Calcareniti di Gravina, presentano stratificazione irregolare, con singoli spessori che variano da alcuni decimetri a due metri; localmente è visibile una stratificazione incrociata a piccola scala. Il frequente contenuto di macrofossili e microfossili, è indicativo di un mare freddo e di un ambiente di sedimentazione che, da profondità inizialmente modeste, ha raggiunto batimetrie non molto discostanti da quelle del limite tra zona neritica interna ed esterna. Nel Foglio 214 "Gallipoli" della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100000 (Fig. 2) questa unità è indicata con il nome informale di Calcareniti del Salento. Al di sotto delle Calcareniti di Gravina sono presenti le calcareniti marnose del miocene. Si tratta di micriti e biospariti con prevalenti foraminiferi planctonici, caratterizzate generalmente dalla abbondante presenza di microgranuli fosfatici e molto subordinatamente di microgranuli glauconitici. Il colore di queste rocce varia soprattutto in funzione della quantità di questi due componenti passando dall'avana chiara, a toni marcatamente più scuri in virtù della maggiore presenza di granuli fosfatici, infine a tonalità verdastre là dove prevale decisamente la componente glauconitica. La formazione miocenica giace in discordanza sui calcari cretacei e tale discordanza è marcata dalla presenza di terre rosse dal colore bruno verdastro. Essa da un punto di vista mineralogico è costituita essenzialmente da calcite organogena che contiene piccole quantità di Mg^{++} vicariante del Ca^{++}. Il residuo insolubile è costituito da $Si0_2$, Al_20_3, Fe_20_3. La permeabilità per porosità risulta molto ridotta ma si rinvengono orizzonti concrezionati a permeabilità elevata che sono sede di acquiferi che, a seconda delle zone possono essere di una buona capacità oppure molto scarsi. Sotto le calcareniti marnose del miocene sono presenti i Calcari di Altamura. L'unità è costituita da strati e banchi di calcari micritici chiari subcristallini o porcellanacei, di aspetto ceroide ed a frattura concoide, calcari in prevalenza bioclastici di colore biancastro o grigiastro, compatti e a frattura irregolare; a questi litotipi si intercalano o si sostituiscono calcari dolomitici e dolomie subcristalline vacuolari, di colore nocciola o grigio. Le faune presenti permettono di riferire il Calcare di Altamura ad un intervallo esteso dal Senoniano e probabilmente fino al Paleocene. Questa unità è riferibile al Gruppo dei Calcari delle Murge e del Salento ed è parte integrante di una successione carbonatica di piattaforma - margine di piattaforma potente alcune migliaia di metri.

I tipi litologici che si rinvengono nel sottosuolo sono pertanto, in linea generale i seguenti:

- Sabbie limose passanti a limi (Pleistocene)

- Argille subappennine (Pleistocene)

- Calcareniti argillose (Calcareniti di Gravina Pliopleistocene)

- Calcareniti marnose (Miocene)

- Calcari e calcari dolomitici (Cretaceo)

3.1 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'assetto geologico dell'area indagata, è caratterizzato dalla presenza del substrato calcareo cretaceo, inclinato in direzione della costa (Fig. 3).

Si sono così delineati i limiti fra le singole formazioni affioranti ed i rapporti stratigrafici esistenti tra queste e quelle che si rinvengono in profondità. La successione stratigrafica comprende, dall'alto verso il basso e nel senso più generale, i seguenti termini geolitologici:

- Calcari, calcari dolomitici, dolomie ("Calcari di Altamura" -Cretaceo-)

3.1.1 Calcari, calcari dolomitici, dolomie ("Calcari di Altamura")

Questa formazione è costituita da calcari biancastri e avana e da calcari dolomitici; subordinatamente sono presenti dolomie grigio scure. Affioramenti di rocce appartenenti a questa formazione si rinvengono nell'area di intervento al di sotto del terreno di riporto.

Nella seconda edizione del Foglio 213 "MARUGGIO" e 214 "GALLIPOLI", i calcari cretacei affioranti nella zona in esame, sono stati distinti, soprattutto su basi litologiche, in due unità indicate coi nomi di "Dolomie di Galatina", di età cenomaniano-turoniana, e di "Calcari di Melissano", di età turoniano-senoniano (Martinis, 1967). Successivi studi (Ricchetti 1971 e 1972) hanno dimostrato non solo la non esistenza di una vera separazione verticale tra gli elementi calcarei e gli elementi dolomitici, ma anche l'esistenza di una perfetta correlazione con la formazione del "Calcare di Altamura", istituita in precedenza nel territorio delle Murge; di conseguenza qui si farà riferimento a tale termine formazionale. I Calcari di Altamura rappresentano la parte affiorante del basamento rigido mesozoico della regione. Formano un complesso roccioso costituito da un'alternanza di banchi e strati di calcari detritici chiari a grana più o meno fine, di calcari dolomitizzati e di dolomie. I passaggi verticali dagli orizzonti calcarei a quelli dolomitici sono difficilmente localizzabili nelle sequenze soprattutto per il fatto che in molte zone tali passaggi avvengono anche in senso laterale. Gli affioramenti sono discontinui e ciò a causa di una più o meno estesa copertura di terra rossa, localmente nota con il nome di "bolo".

I tipi litologici più rappresentativi sono i seguenti:

a) dolomie grigie e grigio scure a grana fine, massicce o in grossi banchi;

b) dolomie grigio chiare, con abbondanti modelli interni di macrofossili, massicce o in banchi;

c) calcari detritici a grana più o meno fine, di colore bianco, a luoghi con abbondanti macrofossili, di norma ben stratificati in banchi;

d) calcari, calcari dolomitici e dolomie cristalline cariate, senza stratificazione evidente, di colore grigio-rossastro. Di norma questi ultimi litotipi si incontrano in successione stratigrafica nella zona di passaggio tra gli orizzonti calcarei e quelli dolomitici e viceversa. L'origine è biochimica per i calcari mentre probabilmente secondaria per i termini dolomitici. Dal punto di vista paleontologico, alcuni livelli sono caratterizzati da abbondanti resti di macrofossili, appartenenti in complesso alla famiglia delle Rudiste. Indicativamente l'età dei calcari e dolomie può essere compresa tra il Cenomaniano e il Senoniano inf. L'ambiente di sedimentazione appare di mare basso con episodi di tipo salmastro.

Petrograficamente i calcari sono costituiti in prevalenza da micriti più o meno fossilifere e intraclastiche, raramente a pellets, talora dolomitizzate, cui si associano intramicriti, biomicriti, biomicruditi e biomicriti intraclastiche, talora a intraclasti e, raramente, sparsi bioclasti.

Dal punto di vista geochimico tali rocce sono costituite quasi esclusivamente dai carbonati calcite e dolomite, che da soli superano il 99 % del totale, in un rapporto che ne determina la classificazione (da calcare a dolomia con tutti i termini intermedi). I termini calcarei, attaccati blandamente con HCl, mandano in soluzione oltre ai carbonati anche piccole quantità di Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O, SO_3, P_2O_5 ed SiO_2, con Al_2O_3 che prevale su tutti gli altri e con Fe_2O_3 in quantità relativamente non trascurabili. La stratificazione è sempre ben evidente con strati di potenza di ordine decimetrico o metrico, assai raramente la roccia si presenta massiccia. Gli strati si presentano ondulati con inclinazione inferiore ai 10° gradi. La stratificazione ben netta e la fratturazione, localmente anche intensa, danno origine a una rete di fessure che conferisce alla formazione in parola una permeabilità generalmente elevata alla scala dell'ammasso. Su questa influisce anche le diffusioni dei fenomeni carsici, più o meno sviluppati lungo particolari orizzonti, interessati di volta in volta dalla circolazione idrica a seconda delle variazioni del livello della falda in essi contenuta, dipendente a sua volta dalle oscillazioni del livello del mare. Le cavità carsiche possono presentarsi in parte o in toto riempite da un materiale fine residuale di colore rossastro (Terre rosse).

4 IDROGEOLOGIA

Nel territorio studiato non esiste una rete idrografica superficiale sviluppata. I solchi erosivi rilevabili corrispondono a linee temporanee di deflusso delle acque piovane che, dopo percorsi spesso limitati a qualche centinaio di metri, terminano bruscamente in corrispondenza di inghiottitoi carsici. Talvolta questi solchi naturalmente incisi sono stati ripresi artificialmente e utilizzati per l'allontanamento delle acque piovane.

Nell'area di studio è presente la falda denominata "profonda" ed è contenuta nelle masse calcaree-dolomitiche cretacee. La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica.

Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità.

I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Il livello statico di tale falda a si trova a quote in media di circa 1,00 metri s.l.m.m, cui corrispondono profondità comprese in media intorno ai 30,00 metri dal piano campagna a secondo della quota topografica (Fig. 4). La falda profonda è presente alla profondità di circa 41,00 metri dal piano campagna. Per cui si escludono interferenze, da parte di acque ipogee, con le aree di futura imposta delle fondazioni.

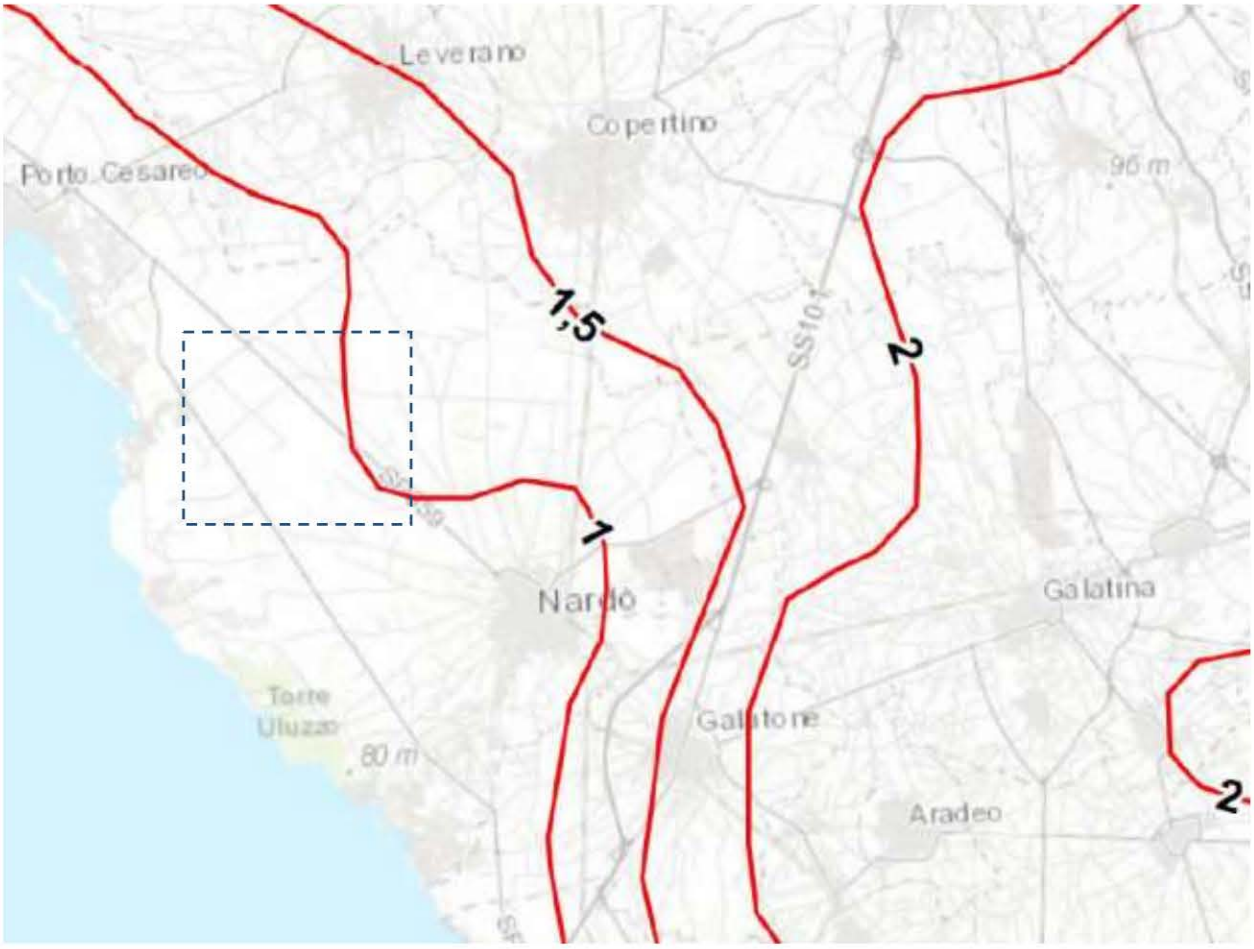


Fig. 4 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi (Elaborato C05 del P.T.A.)

Legenda

Isopieziche medie (m s.l.m.)

(presunte se tratteggiate)

Isopiezica media (m s.l.m.) - Gargano

Isopiezica media (m s.l.m.) - Tavoliere

Isopiezica media (m s.l.m.) - Murgia e Salento

5 VINCOLISTICA

5.1 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE PUGLIA (P.A.I.)

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, individua nel territorio regionale le seguenti aree:

Aree a pericolosità da frana:

- *PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata*
- *PG2 aree a pericolosità da frana elevata*
- *PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata*

Aree a pericolosità idraulica:

- *AP aree ad alta probabilità di inondazione*
- *MP aree a moderata probabilità di inondazione*
- *BP aree a bassa probabilità di inondazione*

Aree a rischio:

- *R4 aree a rischio molto elevato*
- *R3 aree a rischio elevato*
- *R2 aree a rischio medio*
- *R1 aree a rischio moderato*

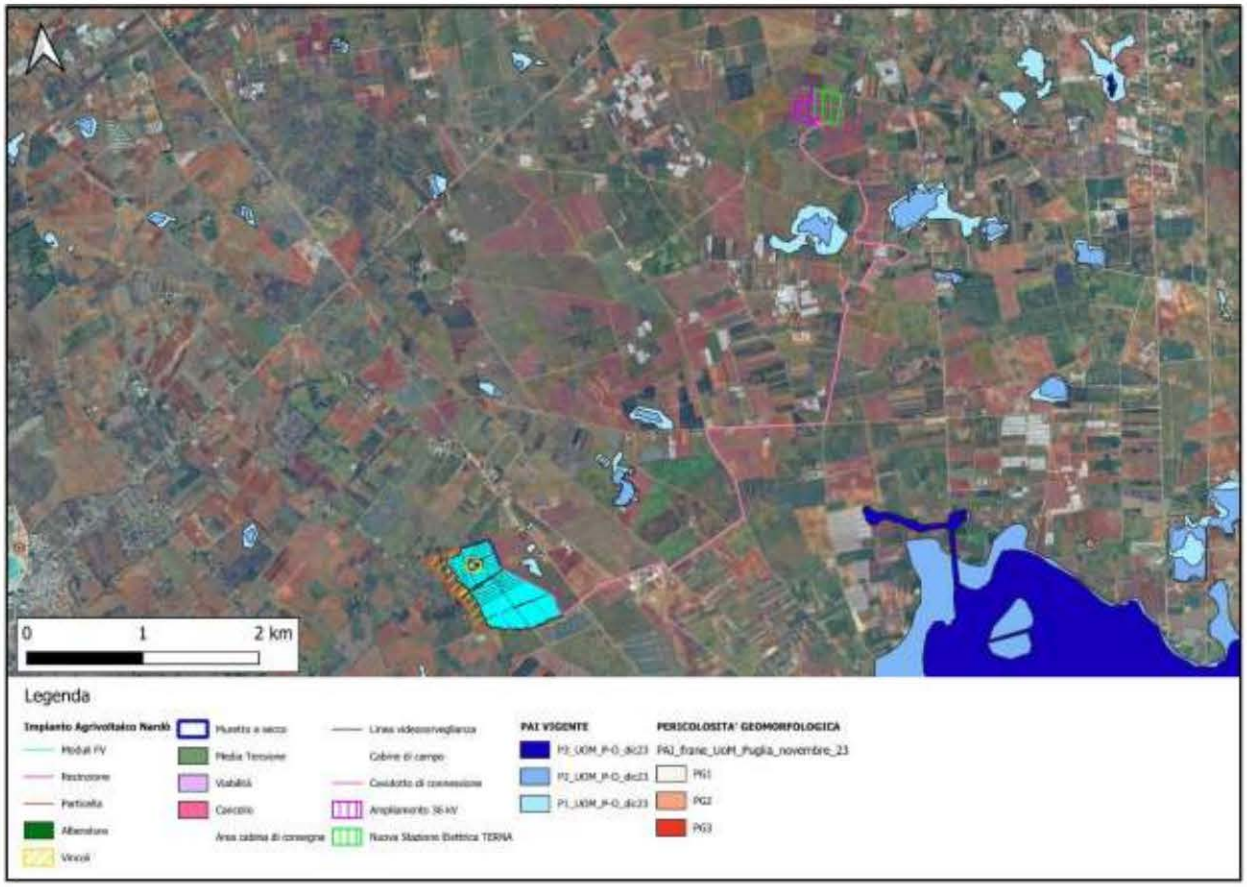


Fig. 5a – Stralcio P.A.I.

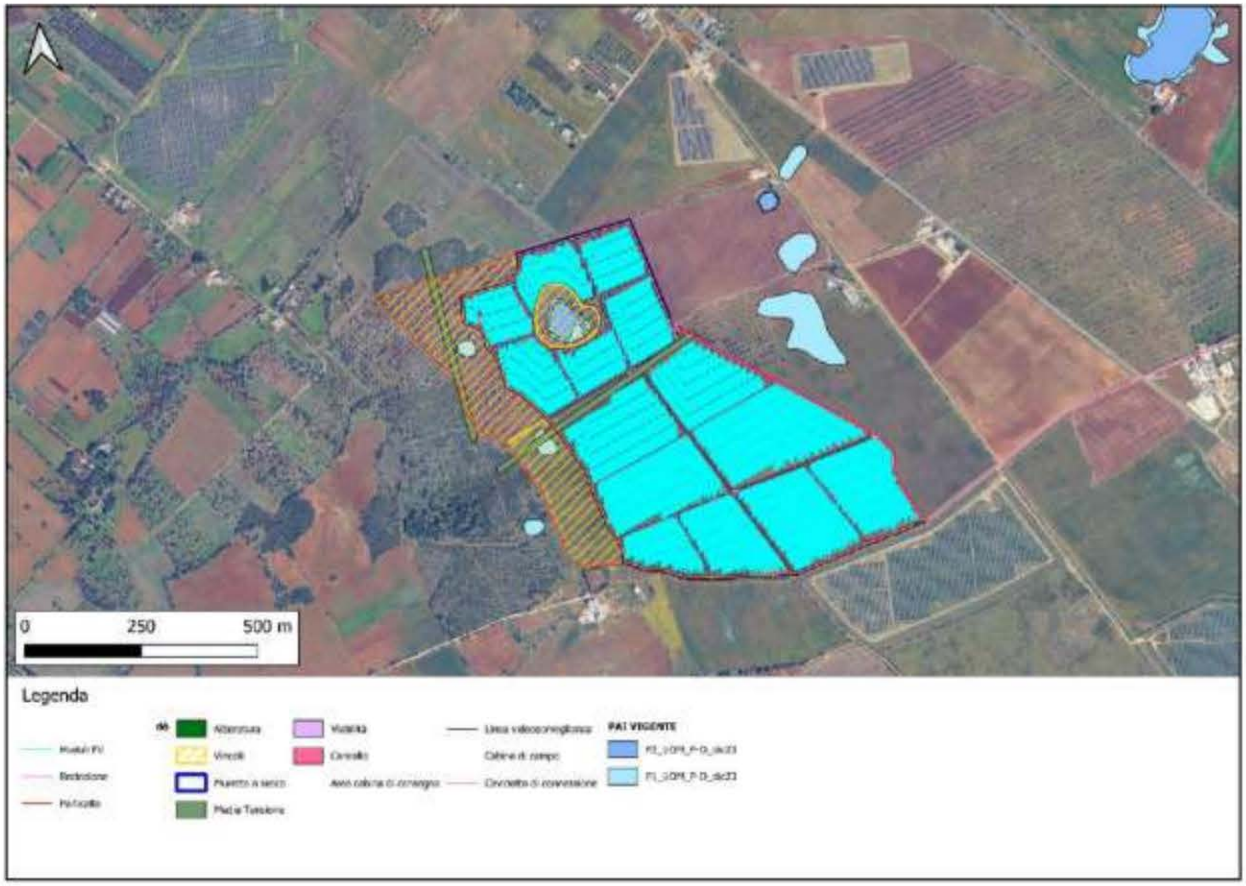


Fig. 5b – Inquadramento P.A.I. Area Impianto

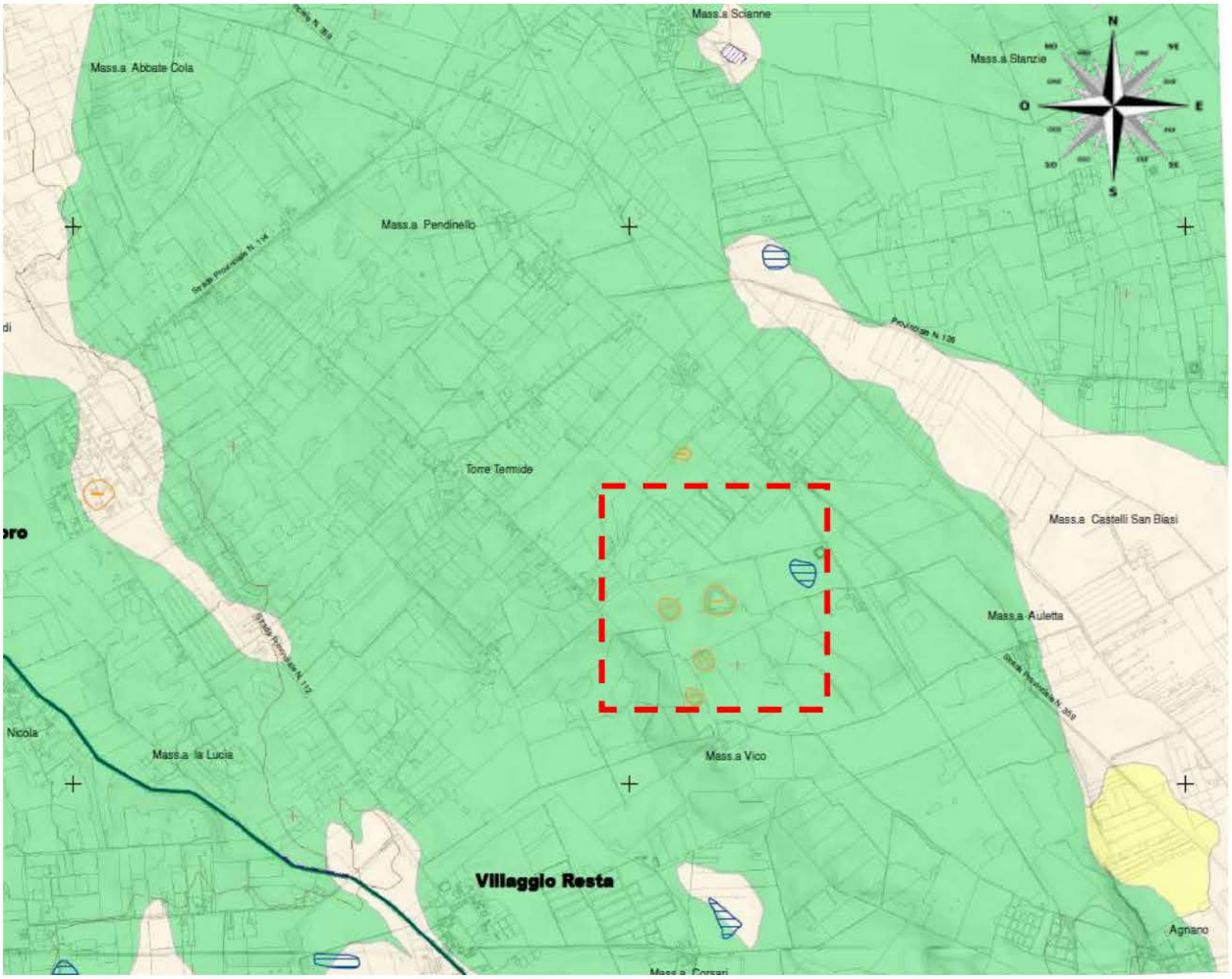
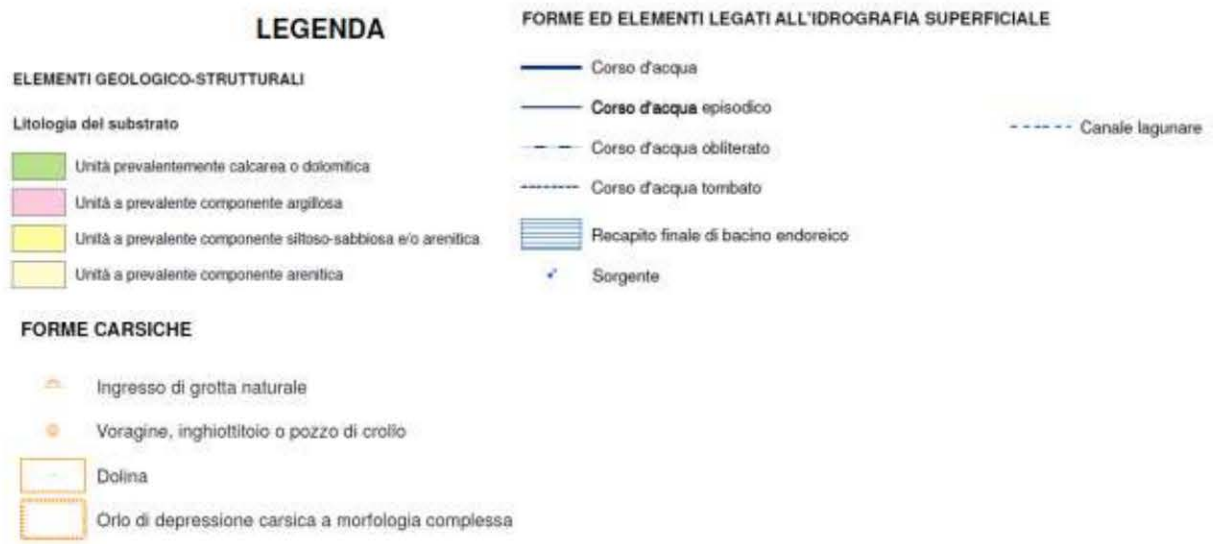


Fig. 6 - Stralcio Carta Idrogeomorfologica (scala 1:25.000)



Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia http://www.adb.puglia.it;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagini seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia http://www.adb.puglia.it.

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia come nell'area interessata dall'impianto agrovoltaico di progetto, siano presenti alcune perimetrazioni di pericolosità idraulica in corrispondenza delle aree individuate dal PPTR come component geomorfologiche "Doline". Si evidenzia come le aree vincolate dal PPTR sono secluse sia dalla piantumazione che dall'installazione di tracker fotovoltaici.

Infine il tracciato del cavidotto non intercetta alcuna perimetrazione di pericolosità idraulica o geomorfologica. Si sottolinea che il cavidotto di connessione correrà su strade pre-esistenti e sarà effettuato tramite tecnica TOC.

5.2 INQUADRAMENTO P.P.T.R.

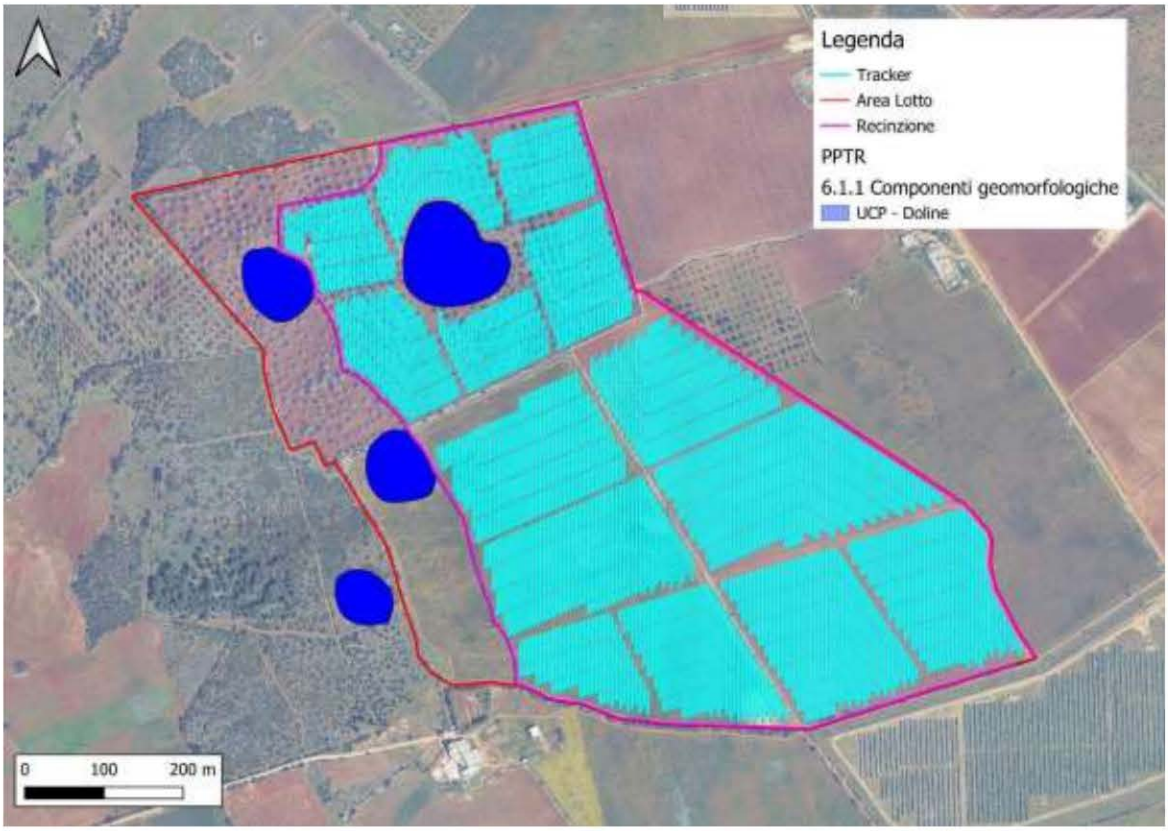


Fig. 7 – Inquadramento impianto con Doline individuate dal PPTR

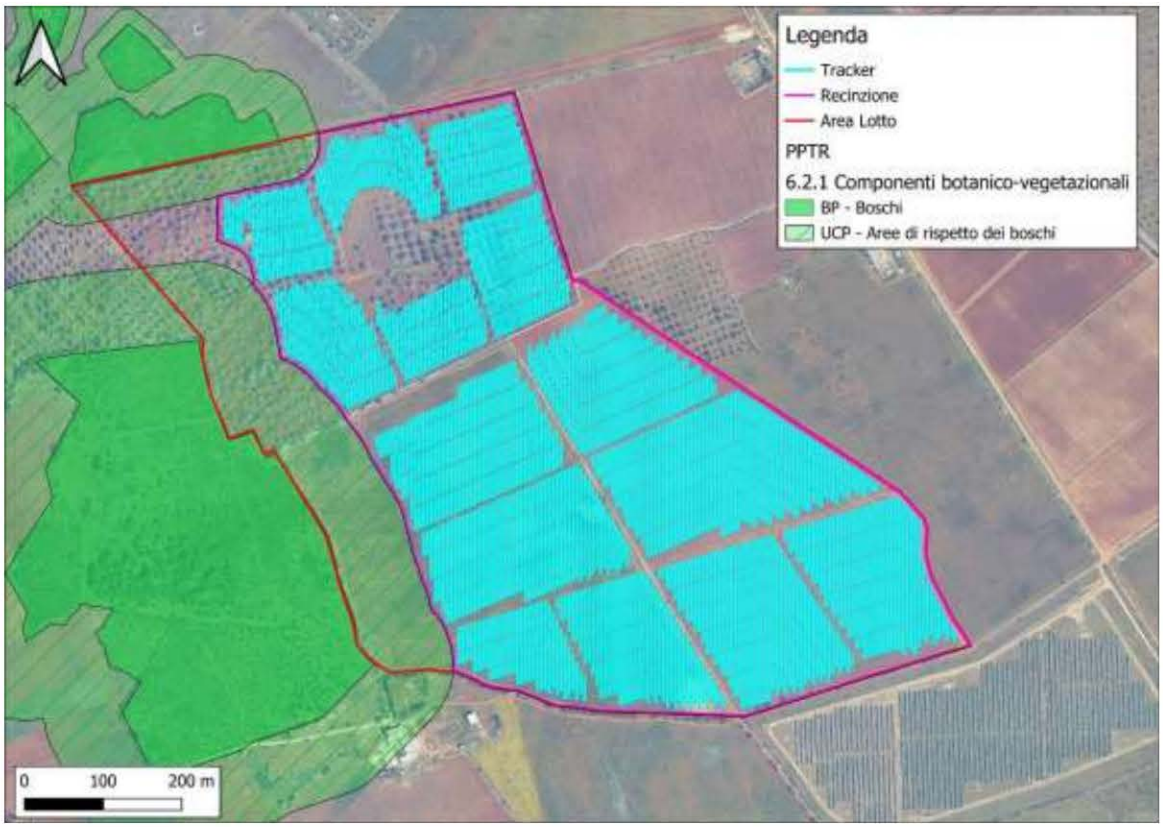


Fig. 8a – Inquadramento impianto con Boschi e area di rispetto dei Boschi individuati da PPTR

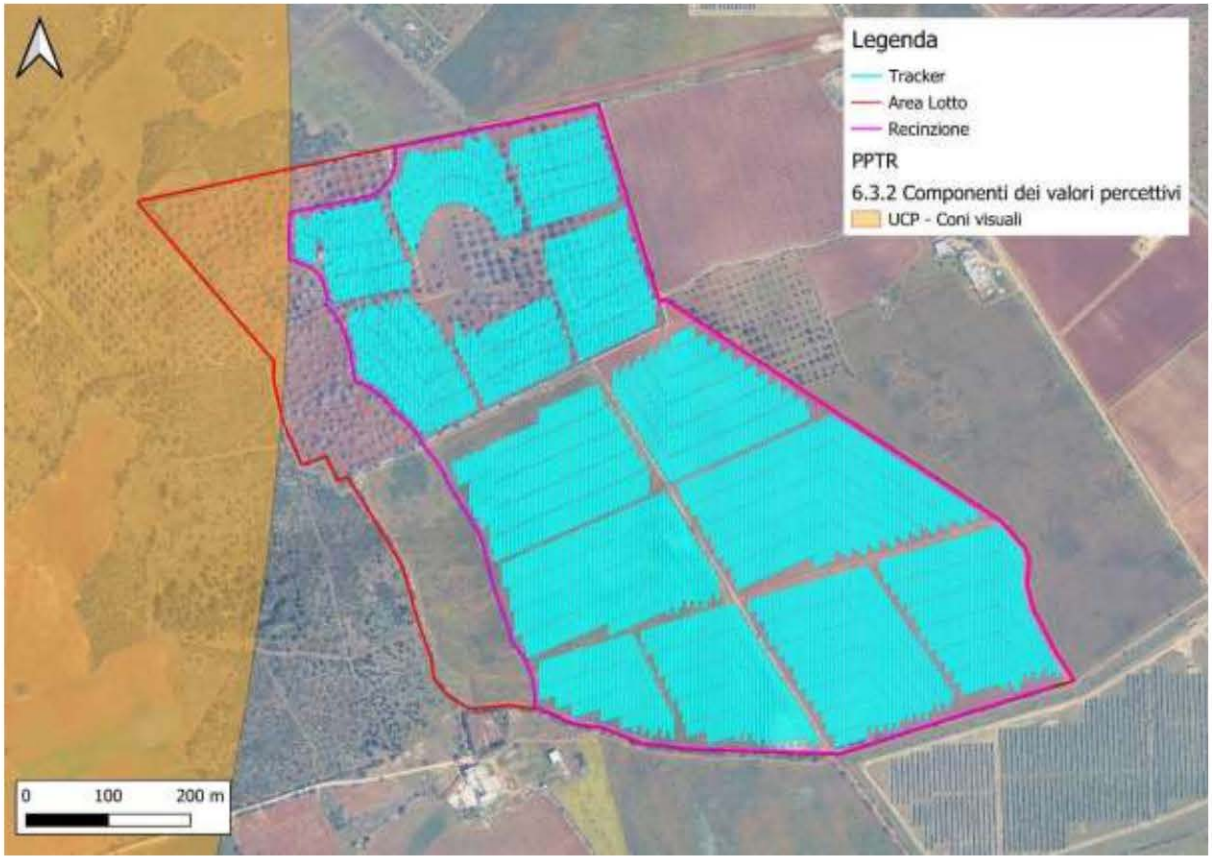


Fig. 8b – Inquadramento impianto con Coni Visuali individuati da PPTR

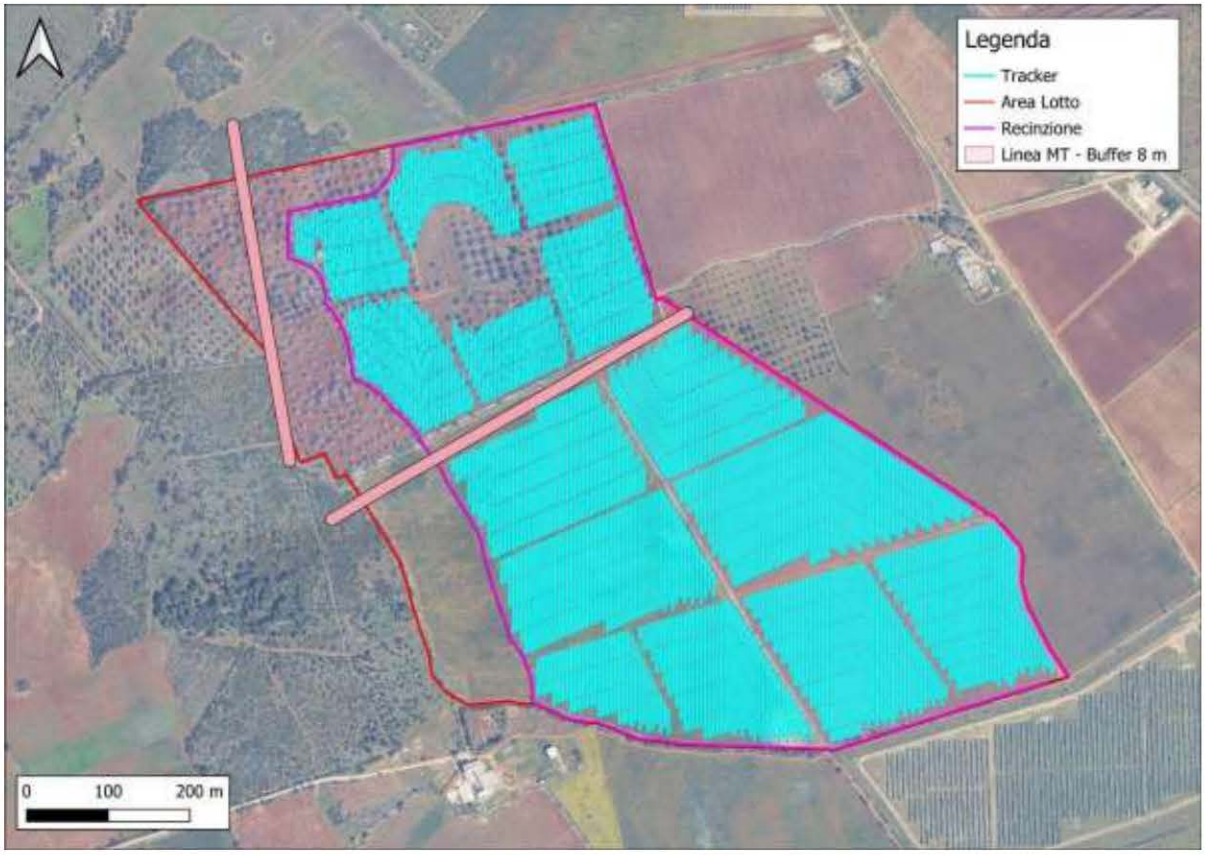


Fig. 8c – Inquadramento impianto con Linea MT e buffer 8 m

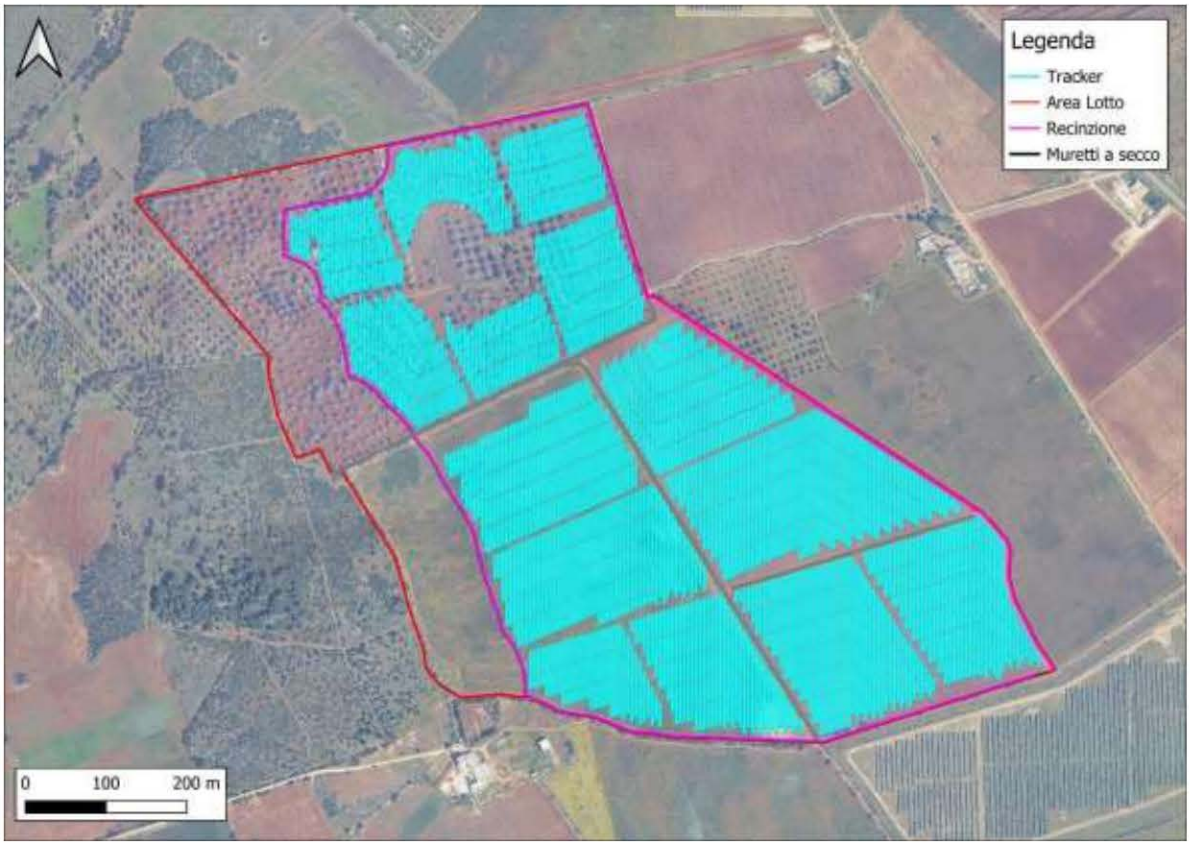


Fig. 8d – Inquadramento impianto con muretti a secco

Come si vede dal Layout dell'impianto agrovoltaico "**NARDÒ"** si nota la presenza di:

- Interferenza con linea elettrica Media Tensione;
- Interferenza con Componenti geomorfologiche "Doline";
- Muretti a secco;
- Boschi con relativa area di rispetto;
- Coni Visuali.

Di conseguenza sono state rispettate le fasce di rispetto necessarie:

- 8 m per lato per la linea elettrica MT (D.P.C.M. 8 luglio 2003);
- Nessun modulo FV sarà inserito sull'area con Componenti Geomorfologiche "Doline";
- Nessun posizionamento dei pannelli FV sui muri a secco, a protezione del patrimonio identitario dei muri a secco;
- Nessun modulo FV sarà inserito sull'area di bosco e nell'area di rispetto di questi;
- Nessun modulo FV sarà inserito sull'area sottesa ai Coni Visuali.

Le Doline sono individuate dal PPTR ai sensi dell'art. 143, comma 1, lett. e), del D. Lgs 42/2004.

Il Piano non impone norme di salvaguardia e utilizzazione in tali aree. Infatti, il PPTR con l'Art. 52, comma 2 delle NTA di febbraio 2015, demanda agli Enti locali, in sede di adeguamento o formazione dei piani urbanistici di competenza, l'individuazione di [omissis] ulteriori doline meritevoli di tutela e valorizzazione dal punto di vista paesaggistico cui si applica la disciplina prevista dalle presenti norme per i "Geositi", gli "Inghiottitoi", e i "Cordoni dunari". Vale a dire che il PPTR non impone prescrizioni per le aree individuate come "doline" dal Piano stesso ma demanda ai Comuni l'individuazione di dettaglio delle aree da sottoporre alle misure di salvaguardia e utilizzazione definite all'Art. 56 delle NTA di Piano.

Art. 56 Misure di salvaguardia e di utilizzazione per i "Geositi", gli "Inghiottitoi" e i "Cordoni dunari"

Nei territori interessati dalla presenza di Geositi, Inghiottitoi e Cordoni dunari, come definiti all'art. 50, punti 5), 6), e 7), si applicano le misure di salvaguardia e di utilizzazione di cui ai successivi commi 2) e 3). 2. In sede di accertamento di compatibilità paesaggistica di cui all'art. 91, ai fini della salvaguardia e della corretta utilizzazione dei siti di cui al presente articolo, si considerano non ammissibili tutti i piani, progetti e interventi in contrasto con gli obiettivi di qualità e le normative d'uso di cui all'art. 37 e in particolare, fatta eccezione per quelli di cui al comma 3, quelli che comportano: a1) modificazione dello stato dei luoghi; a2) interventi di nuova edificazione; a3) demolizione e ricostruzione di edifici esistenti e di infrastrutture stabili, salvo il trasferimento di quelli privi di valore identitario e paesaggistico al di fuori della fascia tutelata, anche attraverso specifiche incentivazioni previste da norme comunitarie, nazionali o regionali o atti di governo del territorio; a4) sversamento dei reflui, realizzazione e ampliamento di impianti per la depurazione delle acque reflue, per lo smaltimento e il recupero dei rifiuti; a5) realizzazione e ampliamento di impianti per la produzione di energia; a6) trasformazione profonda dei suoli, dissodamento o movimento di terre, o qualsiasi intervento che turbi gli equilibri idrogeologici o alteri il profilo del terreno; a7) nuove attività estrattive e ampliamenti; a8) forestazione delle doline; a9) realizzazione di gasdotti, elettrodotti, linee telefoniche o elettriche e delle relative opere accessorie fuori terra (cabine di trasformazione, di pressurizzazione, di conversione, di sezionamento, di manovra ecc.); è fatta eccezione, nelle sole aree prive di qualsiasi viabilità, per le opere elettriche in media e bassa tensione necessarie agli allacciamenti delle forniture di energia elettrica; sono invece ammissibili tutti gli impianti a rete se interrati sotto strada esistente ovvero in attraversamento trasversale utilizzando tecniche non invasive che interessino il percorso più breve possibile. a10) per gli inghiottitoi in particolare

non sono ammissibili tutti gli interventi che ne alterino il regime idraulico e che possano determinarne l'occlusione. 3. Fatta salva la procedura di accertamento di compatibilità paesaggistica di cui all'art. 91, nel rispetto degli obiettivi di qualità e delle normative d'uso di cui all'art. 37, nonché degli atti di governo del territorio vigenti ove più restrittivi, sono ammissibili, piani, progetti e interventi diversi da quelli di cui al comma 2, nonché i seguenti: b1) realizzazione di passerelle o strutture simili e opere finalizzate al recupero della duna facilmente rimovibili di piccole dimensioni, esclusivamente finalizzate alle attività connesse alla gestione e fruizione dei siti tutelati che non ne compromettano forma e funzione e che siano realizzati con l'impiego di materiali ecocompatibili; b2) ristrutturazione degli edifici legittimamente esistenti e privi di valore identitario, con esclusione di interventi che prevedano la demolizione e ricostruzione, purché essi garantiscano: • il corretto inserimento paesaggistico, senza aumento di volumetria e di superficie coperta; • l'aumento di superficie permeabile; • il mantenimento, il recupero o il ripristino di tipologie, materiali, colori coerenti con i caratteri paesaggistici del luogo, evitando l'inserimento di elementi dissonanti e privilegiando l'uso di tecnologie eco-compatibili. 4. Nel rispetto delle norme per l'accertamento di compatibilità paesaggistica, si auspicano piani, progetti e interventi: c1) finalizzati al mantenimento e all'eventuale recupero dell'assetto geomorfologico, paesaggistico e della funzionalità e dell'equilibrio eco-sistemico; c2) per i cordoni dunari, che prevedano opere di rifacimento dei cordoni degradati, (per es. mediante l'utilizzo di resti morti di Posidonia oceanica, e le opere di ingegneria naturalistica che facilitino il deposito naturale della sabbia).

Ai sensi dell'Art. 89 delle NTA ogni modifica allo stato dei luoghi negli UCP "ulteriori contesti paesaggistici" (comprensivi delle doline di cui sopra) necessita di una procedura di Accertamento di Compatibilità Paesaggistica volta ad acclarare la compatibilità delle modifiche con le norme e gli obiettivi del Piano degli interventi.

Pertanto, l'eventuale ubicazione di pannelli fotovoltaici a terra in tali aree, benché non espressamente preclusa con misure di salvaguardia, dovrà essere approvata dalla Regione tramite la procedura di Accertamento di Compatibilità Paesaggistica (Art. 91 NTA) che verifichi il rispetto degli indirizzi di Piano del PPTR.

6 INDAGINI GEOFISICHE

Allo scopo di determinare il modello geologico e geotecnico dell'area interessata dalle opere in progetto si è proceduto a effettuare:

- ***n° 4 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.***

Le indagini sono state eseguite il 08/02/2025, i report sono presenti nell'Allegato 2 e sono ubicate come in Figg. 9a e 9b.

All'interno dell'area d'impianto sono state eseguite le indagini geofisiche NAR_IS1, NAR_IS2 e NAR_IS3. L'indagine NAR_IS4 è stata eseguite lungo il tracciato del cavidotto.

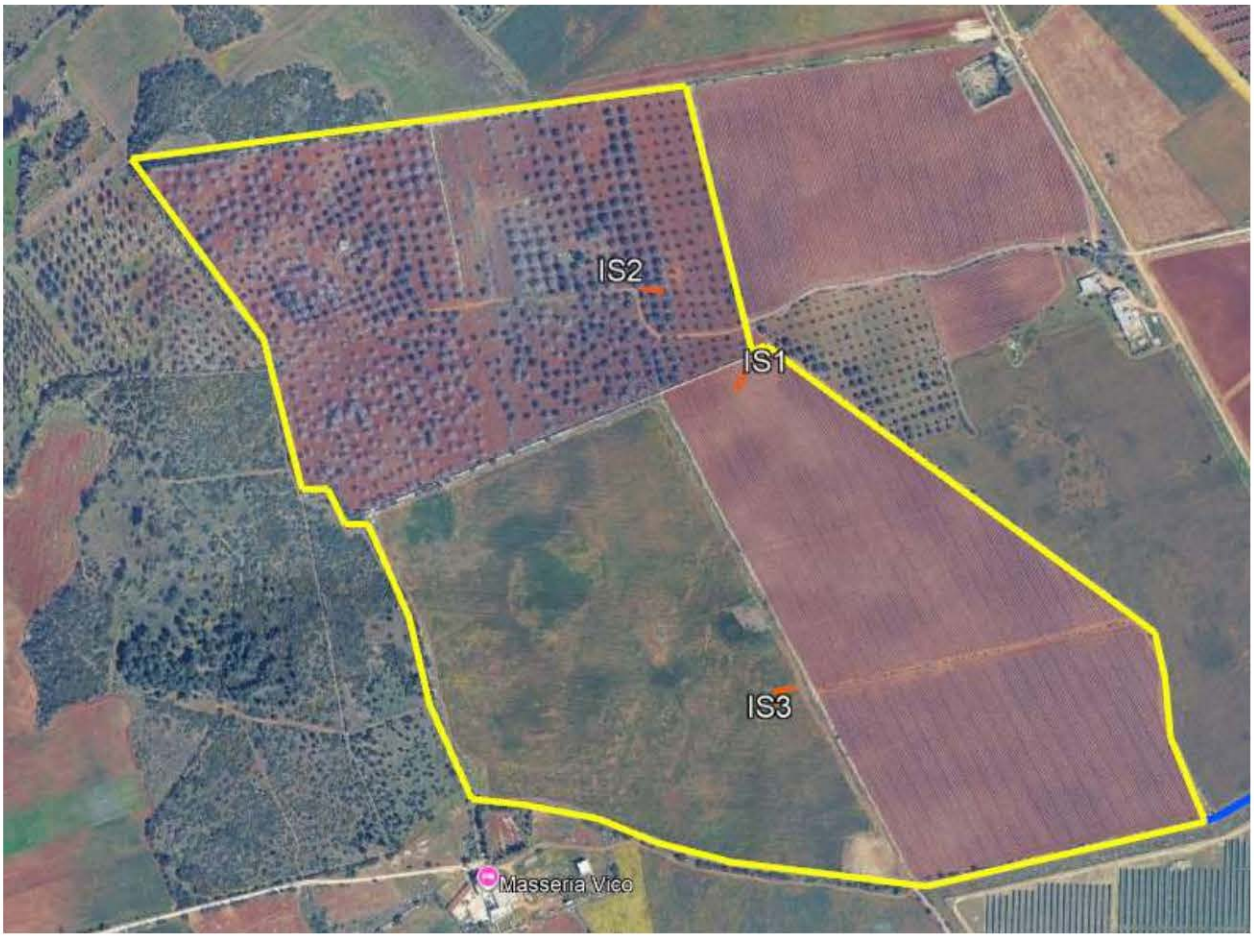


Fig. 9a - Ubicazione Indagini area impianto



Fig. 9b - Ubicazione Indagini percorso cavidotto

6.1 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

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 contente 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 θi mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θr. 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 θi > θr 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 θi < θr ed esiste un angolo limite di incidenza per cui θr = 90° 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

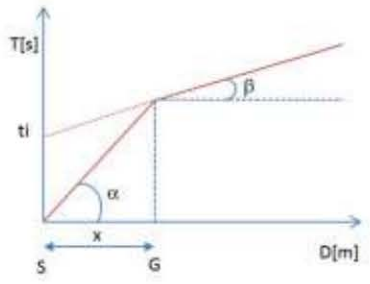
$$T = x_i / V_1$$

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

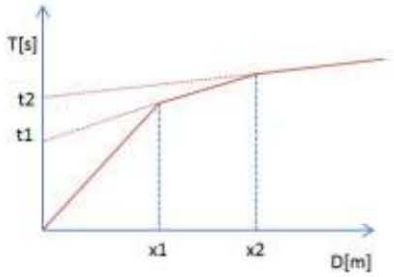
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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.

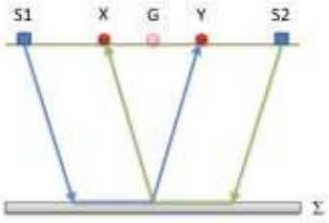


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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.

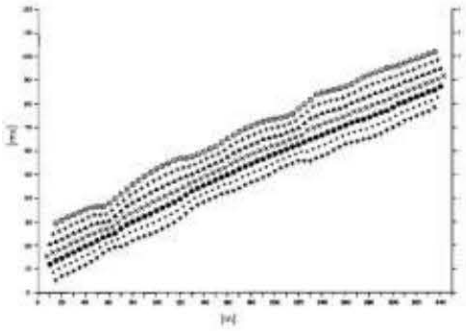


Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto

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

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



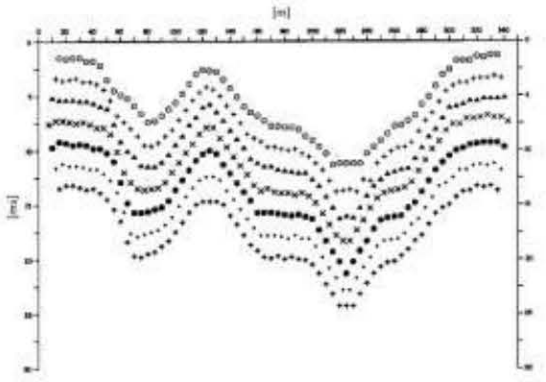
dove T_{S1Y} e T_{S2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre T_{S1S2} è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_V è il tempo calcolato su 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'inviluppo 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°.

6.1.1 Indagine M.A.S.W.

Per la classificazione dei terreni secondo quanto imposto dalla Nuova Normativa antisismica (Ordinanza n° 3274 e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018) sono stati acquisiti i dati sismici lungo gli allineamenti geofonici. L'indagine, finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S), è stata condotta secondo la metodologia MASW. I risultati ottenuti sono meglio illustrati in allegato.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misurazione della velocità delle onde superficiali fatta in corrispondenza di uno stendimento di geofoni disposti sulla superficie libera del terreno.

Questa tipologia d'indagine, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità mediante lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, nell'analisi sismica effettuata con la metodologia MASW si studiano solamente le onde di superficiali di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte, sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali.

Com'è noto, la scelta di analizzare le sole onde di Rayleigh è determinata dal fatto che queste trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente e che, allontanandosi dalla sorgente, subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV in quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, poiché queste viaggiano con una velocità correlabile alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW, è una metodologia d'indagine del tipo attivo, nel quale le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Questo consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale apparente, generalmente nell'intervallo di frequenze compreso tra 4.5Hz ÷ 80Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidezza o rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo.

La fase di elaborazione è stata effettuata avvalendosi di software specifici che, opportunamente guidati, hanno proceduto secondo il seguente processo:

- i dati sperimentali, acquisiti in formato residente dell'hardware utilizzato, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Easy Masw);
- trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza e visualizza sul grafico la quantità di energia prodotta dalla propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica;
- picking dello spettro di frequenze nella curva di dispersione (ovvero individuazione dei punti costituenti la curva sperimentale);
- ottimizzazione del modello interpretativo (con eventuali variazioni del modello di partenza) sino ad ottenere il miglior fitting con i valori sperimentali;
- determinazione del profilo di velocità delle Vs, calcolo della velocità media ponderata per i primi metri di profondità Vs_{eq} e individuazione della categoria sismica del suolo (D.M. 17.01.2018).

6.1.2 Hardware e Software

Le onde rilevate dai geofoni sono state registrate per mezzo di un sismografo PASI modello Gea 24. Le principali specifiche tecniche sono di seguito riportate:

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

Associato al sismografo è stato utilizzato anche il seguente hardware:

- cavi sismici da 12 tracce con connettori per geofoni e spaziatura max 5 m;
- geofoni verticali da 4,5 Hz;
- geofono starter (trigger);
- mazza battente da 8 kg;
- piattello di battuta in alluminio (dim. 20 x 20 x 5 cm);
- pc portatile.

Il sismografo è gestito tramite il software Pasi Gea 24 su PC portatile e sul cui SSD sono memorizzati i dati. L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i software Easy Masw e Easy Refract della GeoStru.

7 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Si rappresenta che i caratteri geologici della zona interessata sono stati ricostruiti in base alle indagini geognostiche e geofisiche.

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

a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;

b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h<0.25*z$.

c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso terroso.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcare fratturato	700-4200
Calcare compatto	2800-6400
Calcare cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Tabella 1 - Valori di velocità per le onde di compressione (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara - Rapolla - Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio - Elmi).

Nell'Allegato 2 sono presenti le elaborazioni delle indagini sismiche a rifrazione e M.A.S.W., che hanno permesso di ricavare i parametri in funzione delle velocità delle onde superficiali nei singoli strati.

In merito alla caratterizzazione geotecnica ed alle indagini geotecniche, si rappresenta che è responsabilità e compito del progettista quella di definire la modellazione geotecnica del volume significativo di terreno, che ai sensi del paragrafo 6.2.2 del D.M. 17.01.2018 può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, fermo restando la piena responsabilità del progettista circa le ipotesi e le scelte progettuali.

Pertanto, ***i parametri meccanici dei terreni*** di riferimento sono inseriti nella relazione come riferimento per il progettista che per suo conto potrà stabilire, sotto la propria responsabilità, se ritenerli idonei oppure predisporre ulteriori indagini integrative.

In particolare, i parametri caratteristici sono stati ricavati attraverso lo studio delle indagini e relative correlazioni, elencate di seguito:

- Indice di Poisson: $\nu = \frac{\frac{1}{2}v_p^2 - v_s^2}{v_p^2 - v_s^2}$;
- Densità: $\rho = 0.51 \cdot v_p^{0.19}$ (Gardner et al., 1974);
- Peso di volume γ (Tezcan et al, 2009);
- Modulo di taglio: $G_0 = v_s^2 \cdot \rho$;
- Modulo elastico dinamico: $E_{din} = \frac{v_s^2 \cdot \rho (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2}$;
- Modulo elastico statico: $E_{stat} = \frac{E_{din} - 0.97}{8.3}$ (Rzhevsky e Novik, 1971);
- Modulo di Young: $E_y = 2G_0(1 - \nu)$;
- Modulo edometrico: $E_{ed} = v_p^2 \cdot \rho$;

Per i terreni:

- Coesione non drenata c_u (*Likitlersuang e* Kyaw, 2010);
- Angolo di resistenza al taglio φ (relazione polinomiale in funzione di ν per terreni coesivi – "stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata", F. Roccaforte, C. Cucinotta).

Per gli ammassi rocciosi:

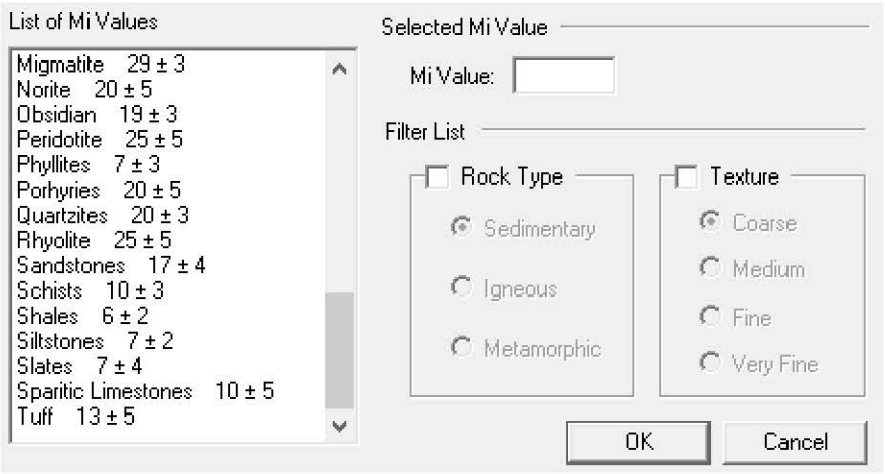
Tutti i rilievi e le indagini svolte sono finalizzati a raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo il criterio di Hoek & Brown.

Il criterio generalizzato di rottura di Hoek-Brown:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s\right)$$

in cui:

- m_b è il valore ridotto della costante di Hoek-Brown per l'ammasso considerato, pari a:
  $m_b = m_i \cdot exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$;
- *s* ed *a* sono costanti dell'ammasso date dalle seguenti relazioni:
  $s = exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$,
  $a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right)$;
- $\sigma_1' \; e \; \sigma_3'$ sono il minimo e il massimo sforzo efficace alla rottura;
- σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, ricavata tramite la correlazione di Kahraman (2001)
- *D* è un fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso, variabile tra 0 (ammasso in posto indisturbato) e 1 (ammasso scavato con esplosivo). Con riferimento alla problematica geotecnica in esame, si è assunta la condizione di assenza di disturbo corrispondente a $D = 0$;
- *GSI* è il "*Geological Strength Index*" è ricavato dalla correlazione di *Sjoberg (1997);*
- m_i è il valore della costante di Hoek-Brown per la roccia intatta, stimato tenendo conto da bibliografia (Tab. 2) e dall'esperienza pregressa del sottoscritto sulle medesime litologie.



Tab.2: *valori del parametro m_i proposti dal programma RocLab in base alla litologia*.

Per lo strato d'interesse le caratteristiche meccaniche sono state ricavate in base alle correlazioni proposte da N. Barton in -Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, 2006. Conoscendo il valore della velocità Vp, è possibile una stima dell'indice Qc (Qc = Q normalizzato rispetto ad una resistenza a compressione monoassiale di 100 Mpa) tramite la seguente relazione:

$$Q_c = 10^{v_p - 3.5} \quad \textit{per il calcare,}$$
$$Q_c = 10^{v_p - 1.212} \quad \textit{per la calcarenite}$$

Passando dall'indice Q di Barton alla classificazione GSI di Hoek & Brown, è possibile stimare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso (c e φ), come prevede la normativa.

K_w è coefficiente di Winkler, ricavato dalla relazione proposta dal Vesic (1961) che correla K_w con il modulo di elasticità del terreno e della fondazione.

Infine è stata studiata la capacità portante delle fondazioni superficiali e dei cedimenti relativi:

- Carico limite ultimo: $Q_{ult} = \rho \cdot v_s$ (Koeceli, 2012);
- Pressione ammissibile: $Q_{amm} = \frac{Q_{ult}}{F_s}$, con F_s fattore di sicurezza, pari a $\frac{v_p}{v_s}$.

7.1 PERCORSO CAVIDOTTO

Il cavidotto di collegamento sarà realizzato attraverso un tratto interrato della lunghezza complessiva di circa 7750 metri.

Il cavidotto di connessione si svilupperà lungo una strada interpoderale per 557 metri, attraverserà brevemente la SP 359 e proseguirà in linea retta su strade interpoderali per ulteriori 435 metri. Dopo una svolta a destra, percorrerà la Strada Consolo Scalelle per 58 metri e, svoltando nuovamente a Sinistra, seguirà altre strade interpoderali per 700 metri. Da qui svolterà a sinistra percorrendo la strada Donno Santo e attraverserà la SP 218 per 1024,86 metri. Successivamente, svoltando a sinistra, il percorso continuerà lungo la Strada Corigliano per 1296,46 metri circa, per poi proseguire, dopo un'ulteriore svolta a destra, su strade interpoderali per circa 106,44 metri, svoltando a sinistra si percorrerà una strada interpoderale per circa 242,97 metri, continuando la percorrenza della medesima strada per altri 2013,8 metri, svoltando a destra e dopo 50 metri a sinistra si percorrerà la strada interpoderale per 220 metri fino a raggiungere la Nuova Stazione Elettrica TERNA e l'Ampliamento a 36 kV.

La realizzazione di un elettrodotto in cavo è suddivisibile in tre fasi principali:

- esecuzione degli scavi per l'alloggiamento del cavo;
- stenditura e posa del cavo;
- reinterro dello scavo fino a piano campagna.

Come si evince dalla carta geolitologica e dalle indagini eseguite lo scavo del cavidotto incontrerà differenti litologie al di sotto del terreno vegetale e/o di riporto; lungo il percorso del cavidotto è stata eseguita l'indagine: NAR_IS4 dove la litologia riscontrata è di natura calcarenitica.

7.2 AREA IMPIANTO

Nell'area di impianto sono state eseguite le indagini NAR_IS1, NAR_IS2 e NAR_IS3. Quest'ultima indagine è stata ritenuta la più rappresentativa dell'area e, in base ai dati ottenuti è

possibile stabilire schematicamente il ***modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici***.

strato	denominazione	intervallo di profondità	vs (m/s)	vp (m/s)
[1]	Terreno vegetale e terra rossa	0,0 m ÷ ~1,00 m	339	668
[2]	Litotipo calcareo molto fratturato	~1,00 m m ÷ ~4,00 m	712	1436
[3]	Litotipo calcareo poco fratturato	~4,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnica	1488	2358

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: v_s (m/s)	339	712	1488
velocità onde P: v_p (m/s)	668	1436	2358
indice di Poisson: v	0,327	0,337	0,169
densità ρ (g/cm^3)	1,755	2,030	2,230
peso di volume: γ (KN/m^3)	22,34	24,87	27,72
modulo di taglio: G_0 (MPa)	202	1029	4938
modulo di Young: E_Y (MPa)	501	2311	6236
modulo edometrico Ed (MPa)	803	3709	10009
modulo di Bulk: K (MPa)	514	2813	5816
coefficiente di Winkler: K_w (Kg/cm^3)	5,99	31,04	118,87

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: Cu (KPa)	218	//	//
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	28,69	//	//

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER L'AMMASSO ROCCIOSO			
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	//	44,87	52,64
coesione: c (MPa)	//	0,065	0,114
indice GSI	//	21,10	30,03
Q di Barton	//	0,056	0,257
Q_c	//	0,009	0,072
indice RMR	//	26,10	35,03
resistenza compr. monoassiale: σ_{ci} (MPa)	//	15,42	28,09

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: F_s	1,97	2,02	1,58
Q_{ult} (Kg/cm^2)	5,95	14,45	33,19
Q_{amm} (Kg/cm^2)	3,02	7,17	20,94

8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di NARDÒ non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982.; l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di NARDÒ ricade in Zona Sismica 4.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
1	***> 0.25***	***0.35***
2	***0.15 – 0.25***	***0.25***
3	***0.05 – 0.15***	***0.15***
4	***< 0.05***	***0.05***

Nelle NTC, l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Tali valori sono forniti dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) in base agli studi del Gruppo di Lavoro MPS (2004), che ha provveduto alla redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 riportata nel Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici) - Fig. 10 -.

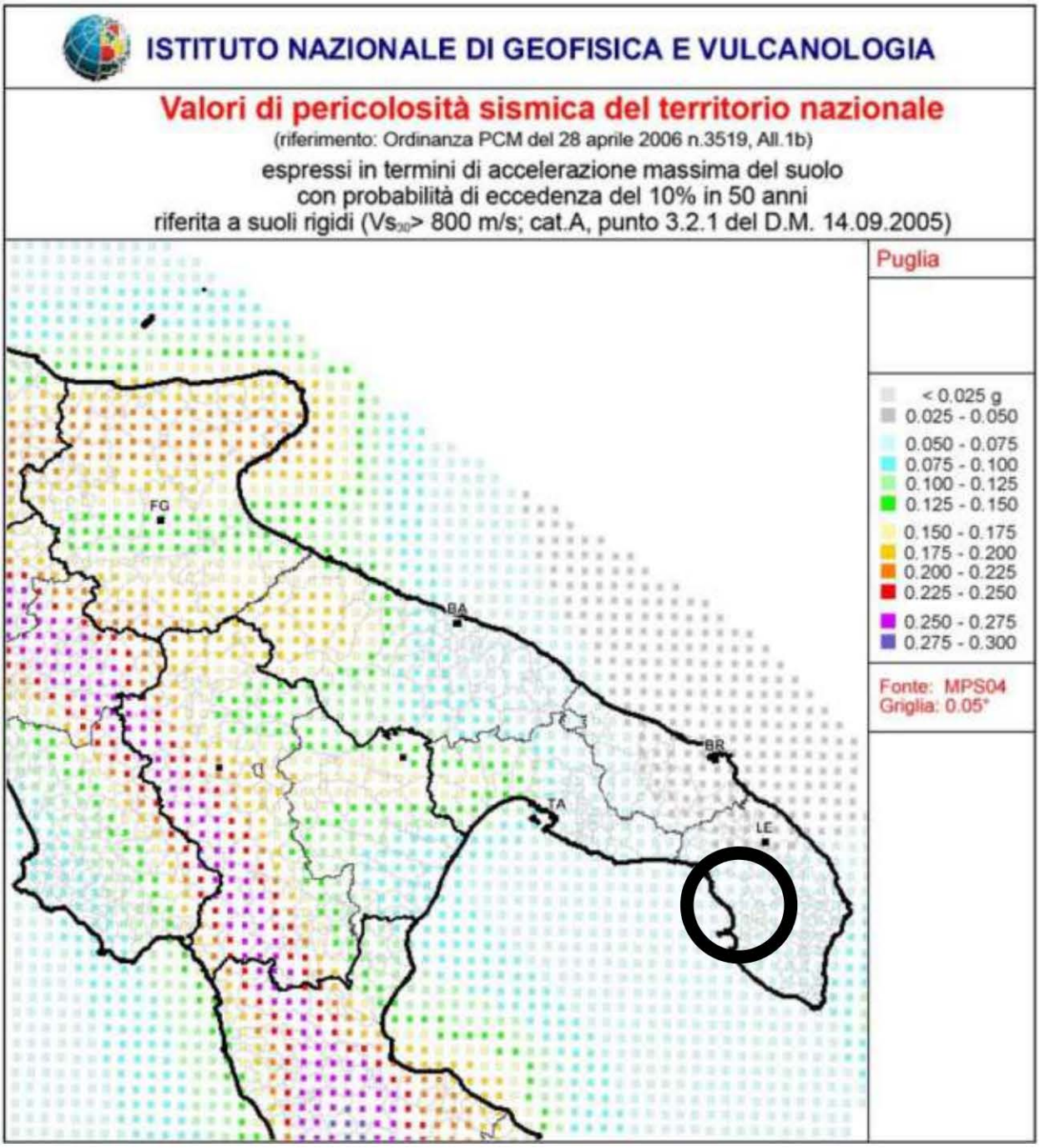


Fig. 10 – Stralcio Mappa della Pericolosità sismica

Secondo le nuove **NTC 2018** per quanto riguarda l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con

hi = spessore dello stato isesimo

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

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

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Il caso in esame ricade nella categoria topografica T1.

Le categorie di sottosuolo individuate dalle NTC 2018 sono le seguenti:

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

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

Area Impianto

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock "geofisico" (indagini NAR_IS1, NAR_IS2 e NAR_IS3):

Vs_{eq} > 800 m/s e il suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, e la ***Categoria*** di suolo secondo le NTC 2018 risulta la ***"A"*** (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*).

Percorso Cavidotto

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock "geofisico" (indagine NAR_IS4):

Vs_{eq} > 800 m/s e il suolo di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018, e la ***Categoria*** di suolo secondo le NTC 2018 risulta la ***"A"*** (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*).

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini svolte in questo studio (rilevamento geologico di superficie; analisi delle litologie affioranti; analisi stratigrafiche attraverso indagini geofisiche con report in allegato; caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche; caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare dei terreni di fondazione) hanno permesso di accertare quanto segue:

- l'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura di terreno vegetale alterato, è caratterizzata dalla presenza di un substrato calcareo molto fratturato;

- assenza di movimenti gravitativi in atto o potenziali che possono interessare l'equilibrio geostatico generale;

- nell'area interessata dalle opere di progetto è presente solo la falda denominata "profonda" a circa 41,00 metri di profondità dal piano campagna;

- dall'analisi del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, si evidenzia come nell'area interessata dall'impianto di progetto, siano presenti perimetrazioni di pericolosità idraulica in corrispondenza delle aree individuate dal PPTR come Doline. Tali aree saranno secluse sia dalla piantumazione che dall'installazione di tracker fotovoltaici. Infine il tracciato del cavidotto non intercetta alcuna perimetrazione di pericolosità idraulica o geomorfologica. Si sottolinea che il cavidotto di connessione correrà su strade pre-esistenti e sarà effettuato tramite tecnica TOC.

- dall'analisi del PPTR si evince l'Interferenza con Componenti geomorfologiche "Doline" ma si sottolinea come nessun modulo FV sarà inserito sulle suddette aree;

- dallo studio del parametro velocità equivalente ottenuto dalle indagini sismiche effettuate nelle aree di intervento, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile classificare preliminarmente i terreni che costituiranno il piano di posa delle future fondazioni nella *categoria B* di cui alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

Il rilevamento di dettaglio e gli studi effettuati in corrispondenza dell'area di progetto hanno consentito di valutare le caratteristiche geologiche dei litotipi affioranti oltre alla compatibilità degli interventi previsti in funzione dell'assetto geomorfologico ed idrogeologico.

Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità, caratteristica propria delle formazioni geologiche, si rimanda comunque al progettista e/o direttore dei lavori l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e quanto effettivamente riscontrato, differendo in caso contrario le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori approfondimenti.

Dalla sintesi delle attività e delle indagini svolte si può concludere che non esistono motivi di criticità dell'area di progetto in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da rendere difficoltosa o peggio impossibile la realizzazione del progetto.

Leverano, Febbraio 2026

il geologo:

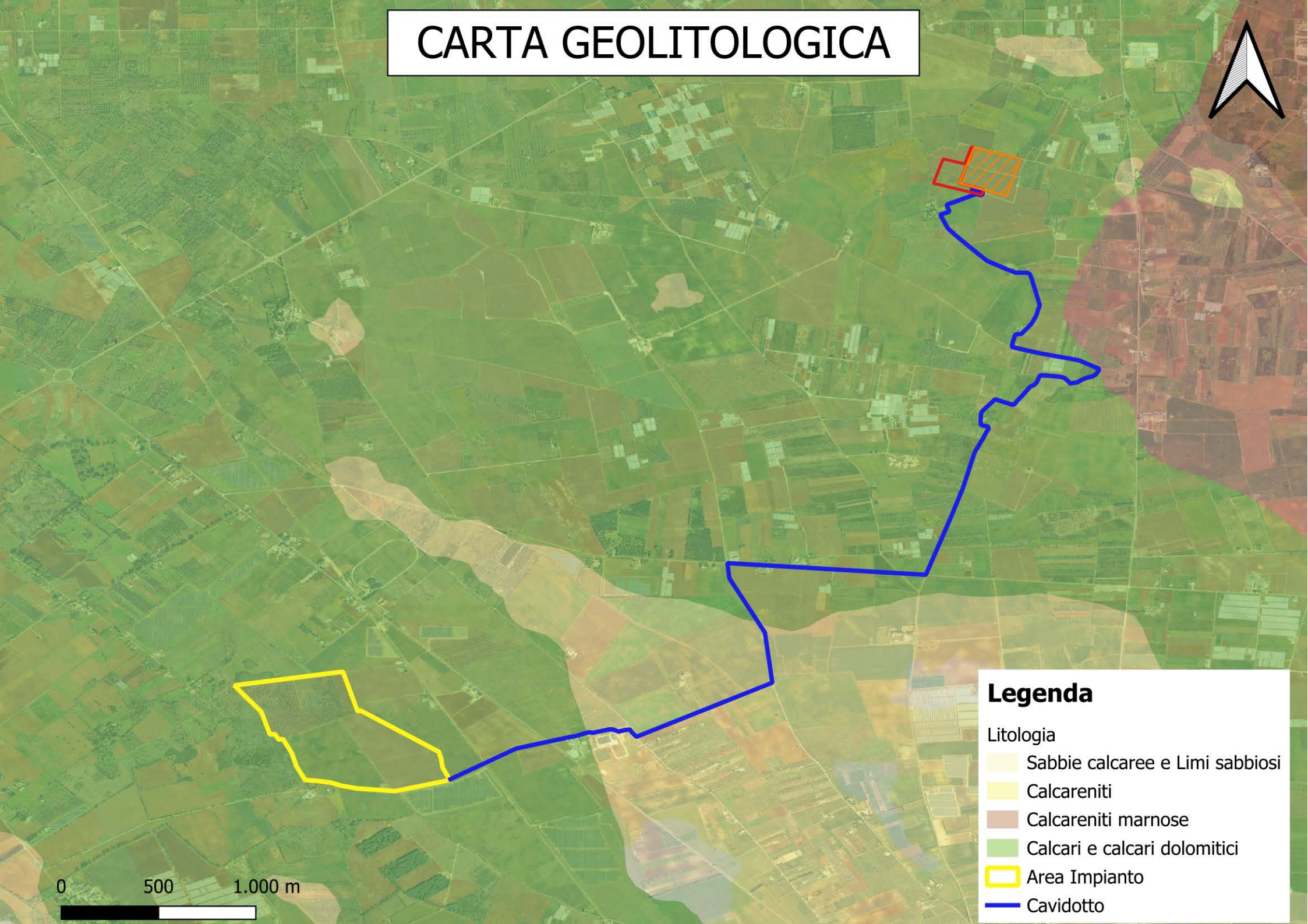
dott. Giovanni Paolo Mega



ALLEGATO 1

Carta Geolitologica

CARTA GEOLITOLOGICA



ALLEGATO 2

Indagini sismiche a rifrazione & M.A.S.W.

NAR_IS1

Numero geofoni: 12	Lunghezza stendimento: 18 m	Interdistanza geofonica: 1,50 m







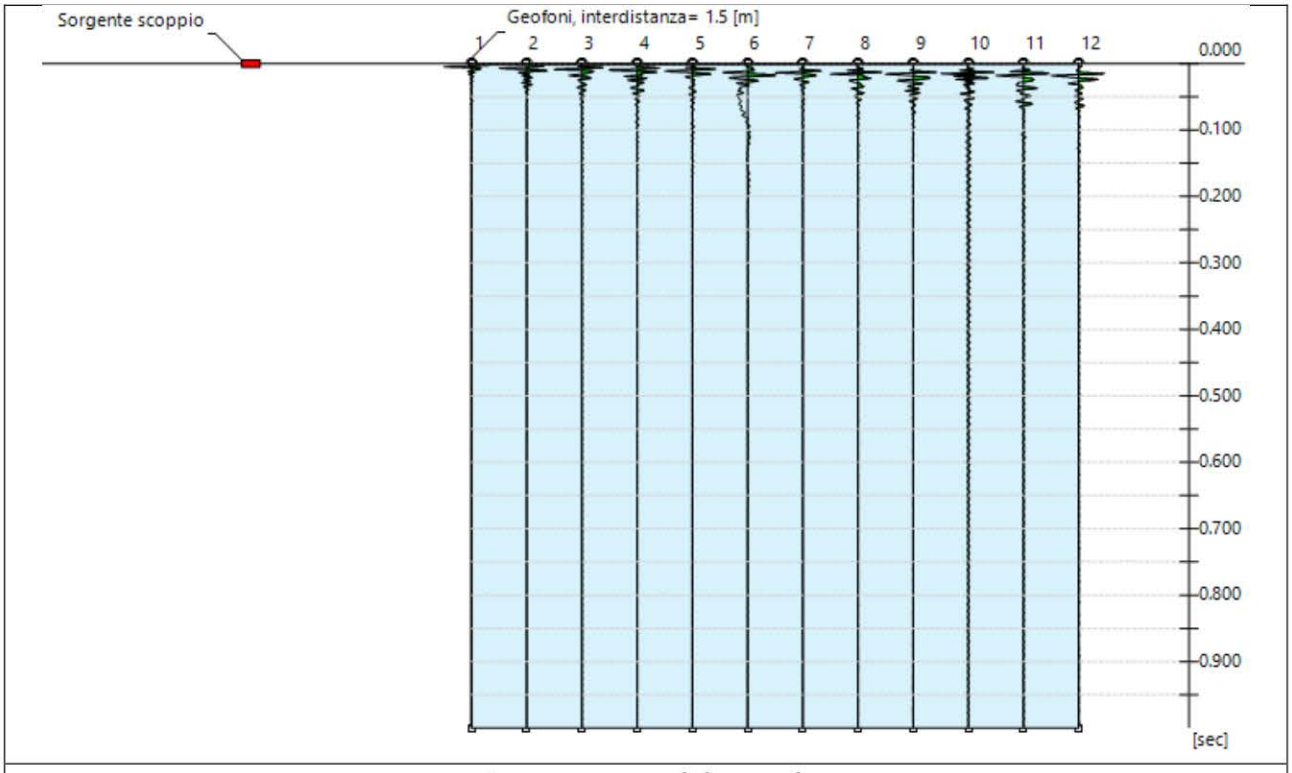
INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12

Durata acquisizione [msec] 1000.0

Interdistanza geofoni [m] 1.5

Periodo di campionamento [msec] 1.00

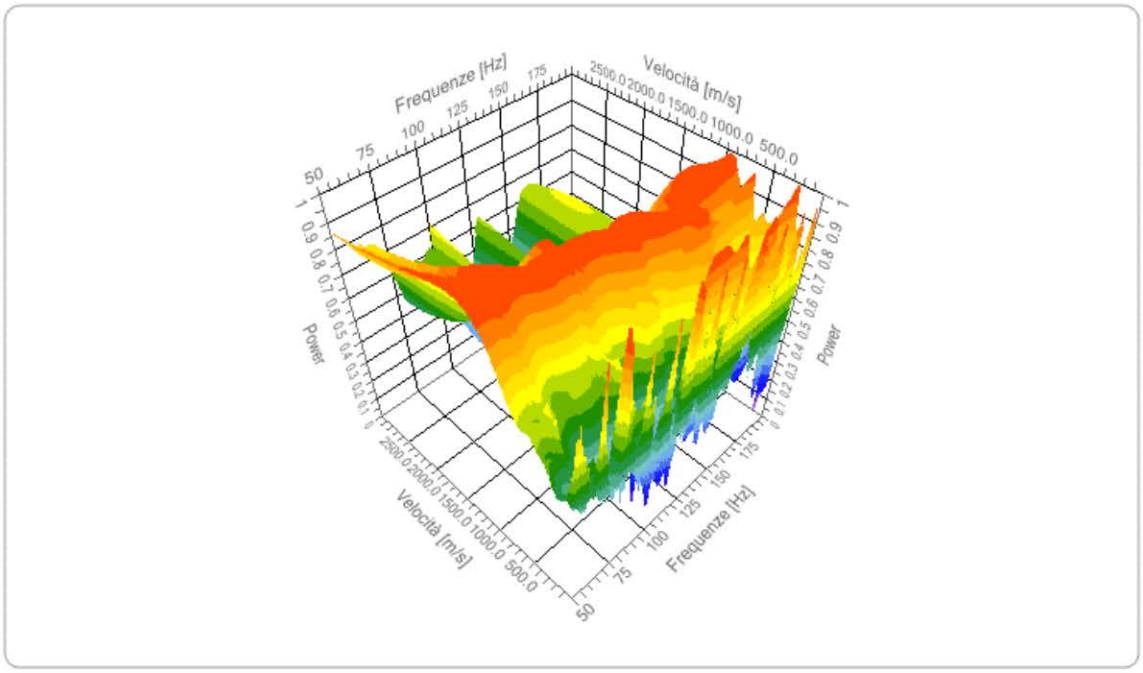


Sismogramma del segnale

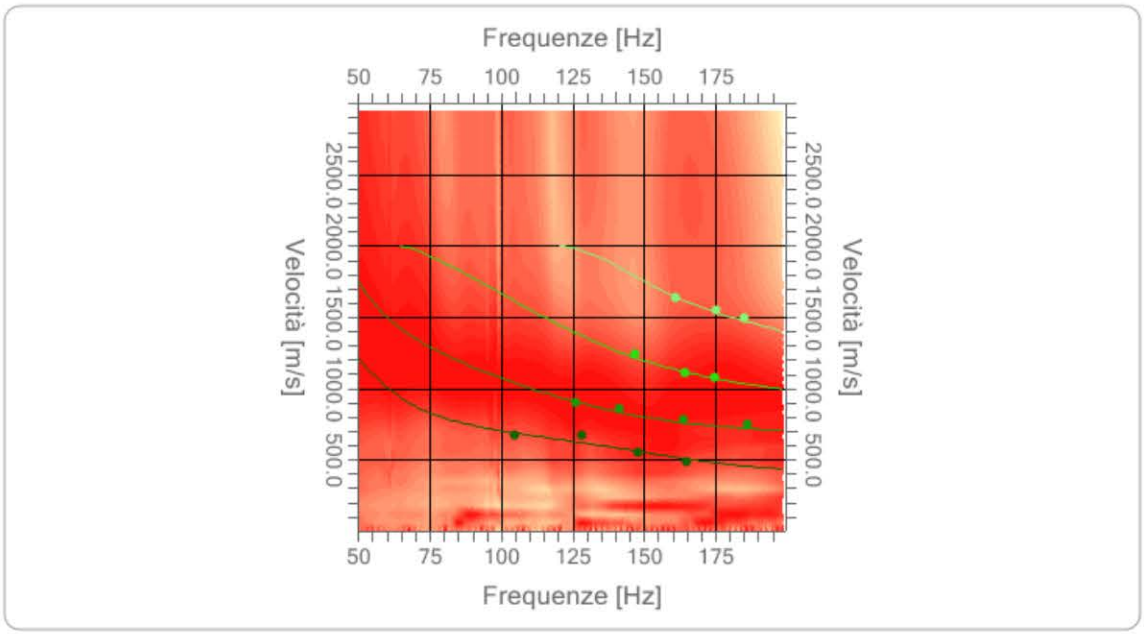
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	50
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	200
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

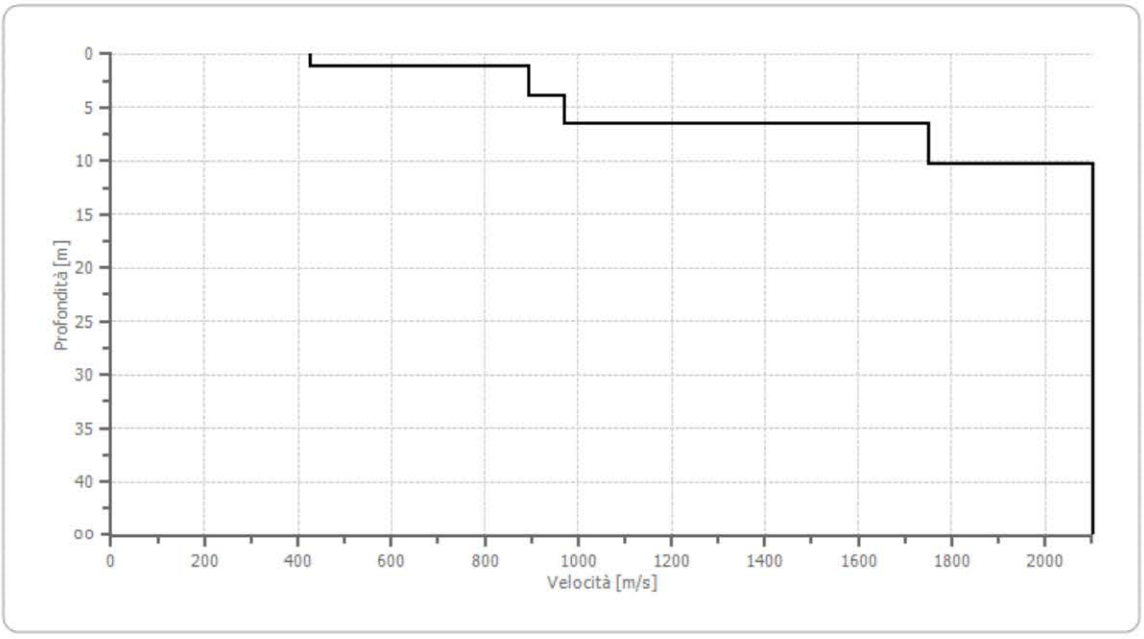
Spettro Velocità di fase - Frequenze

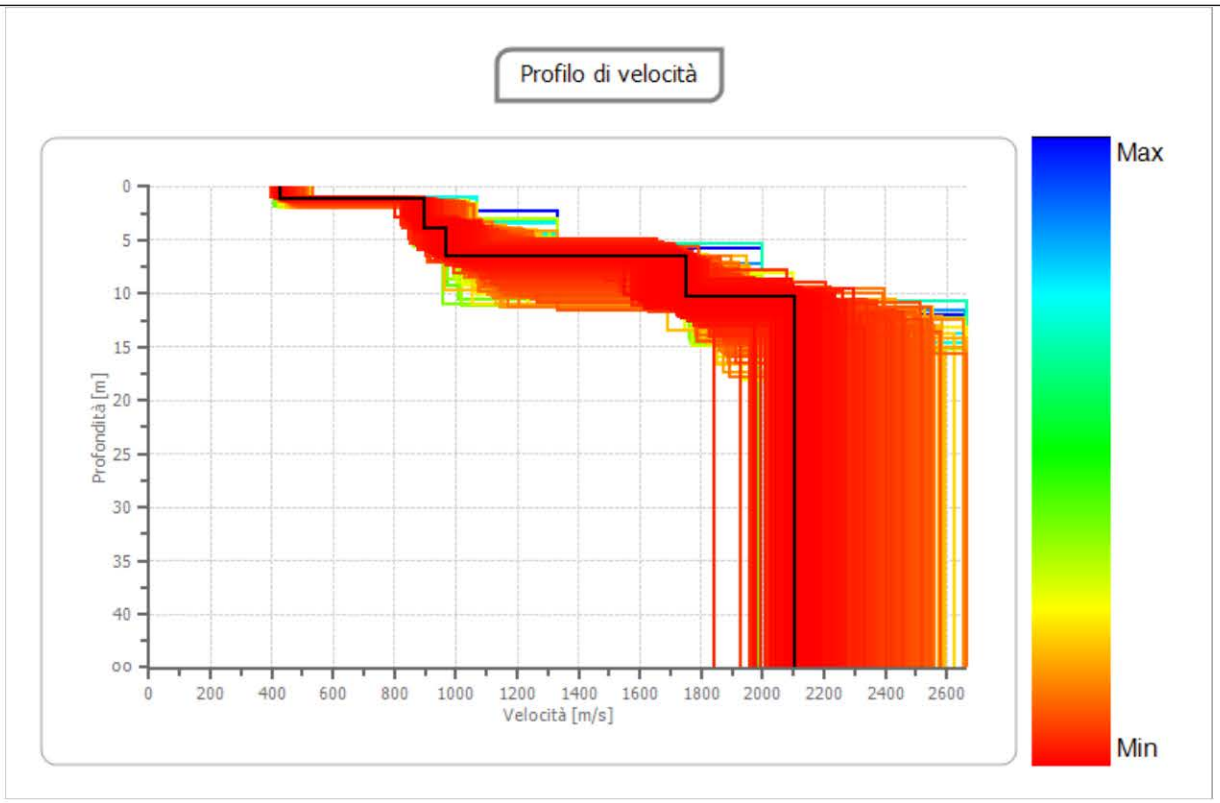


Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=0,18 m)	894.17
Categoria del suolo	A

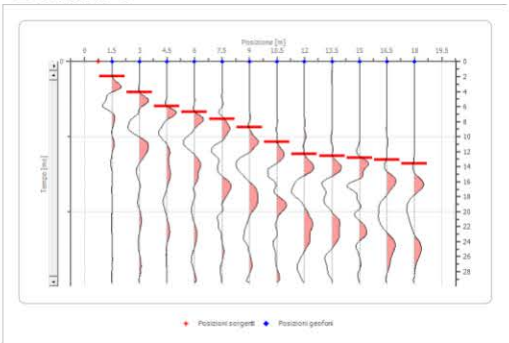
Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteri-stiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

SISMICA A RIFRAZIONE

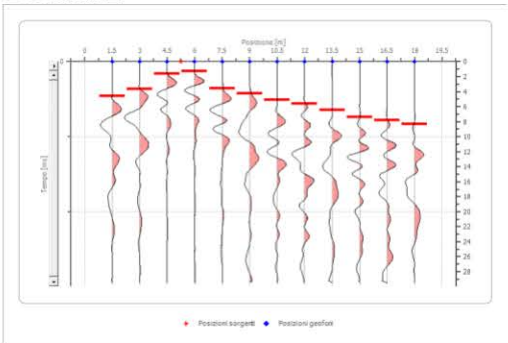
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

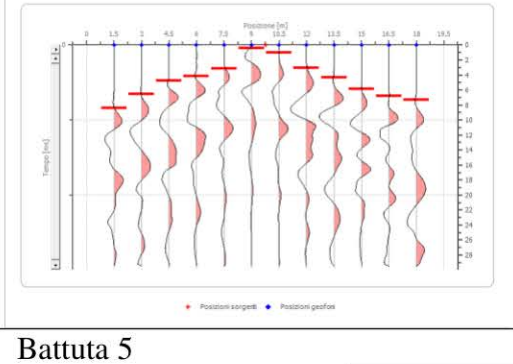
Battuta 1



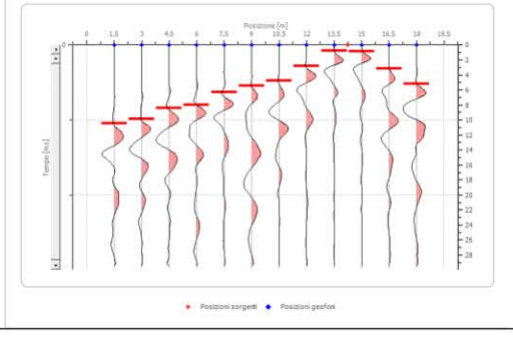
Battuta 2



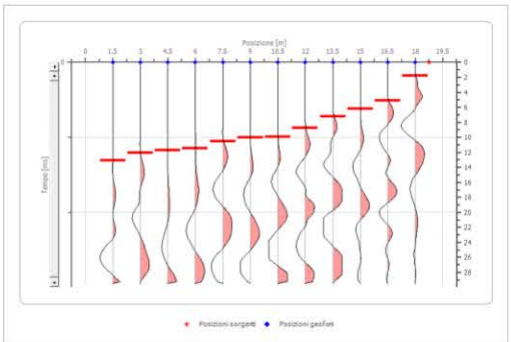
Battuta 3



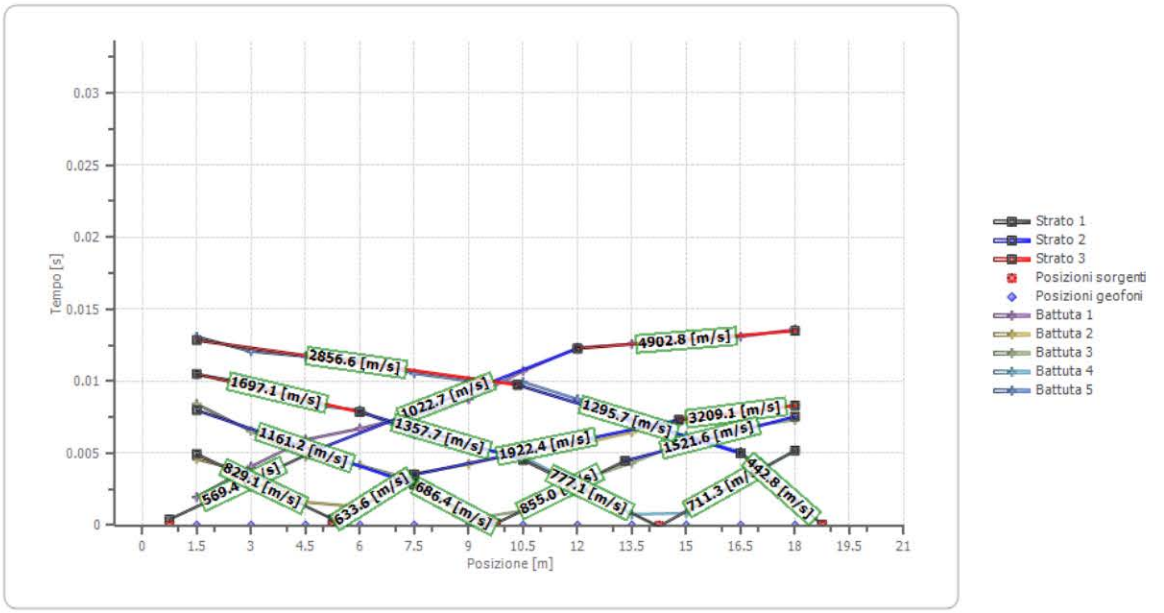
Battuta 4



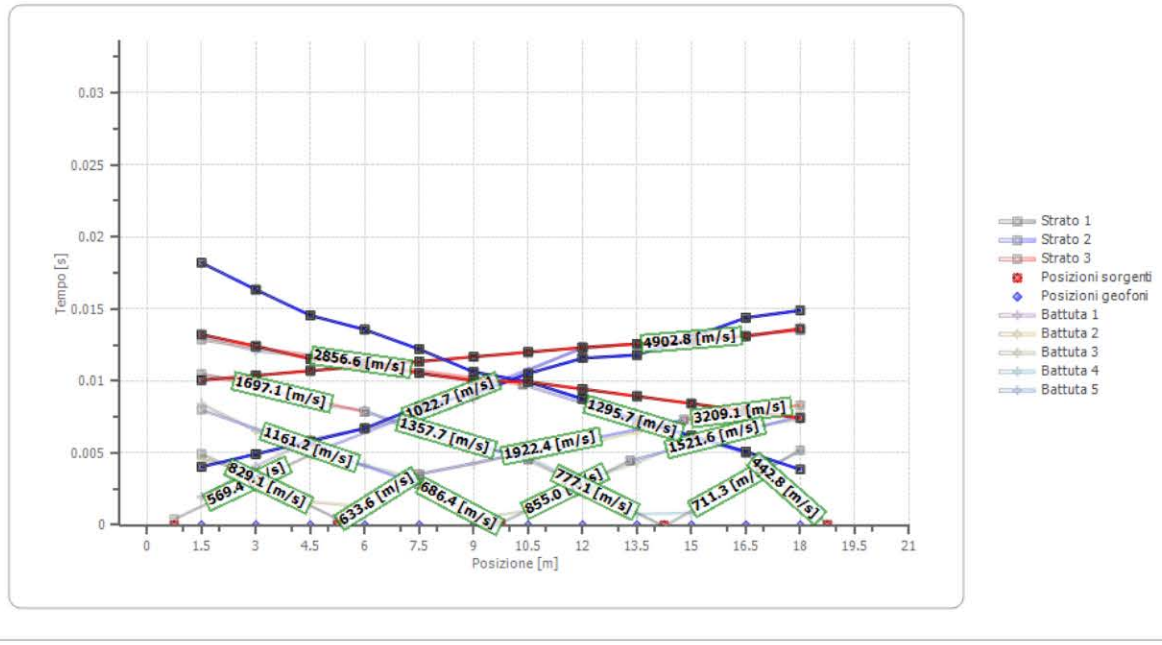
Battuta 5

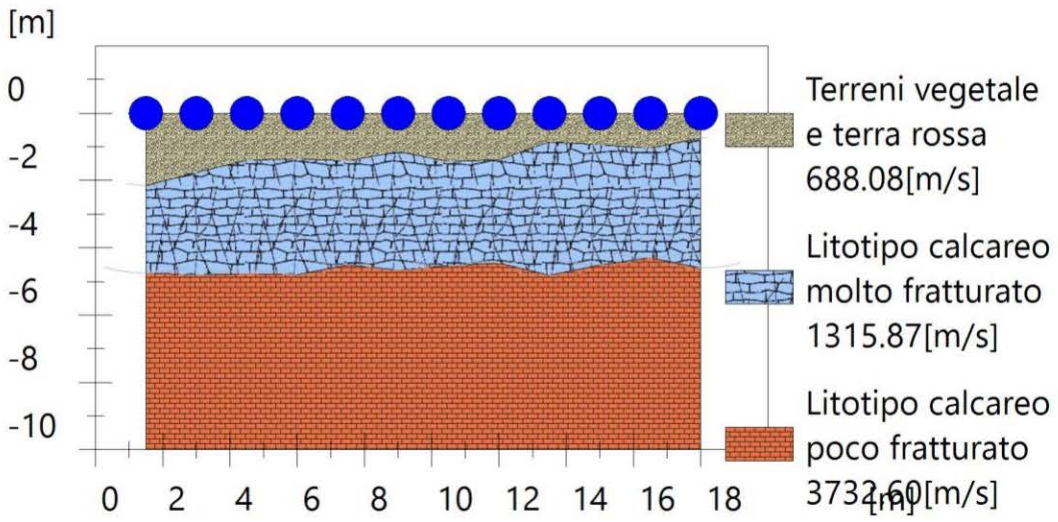


Dromocrone

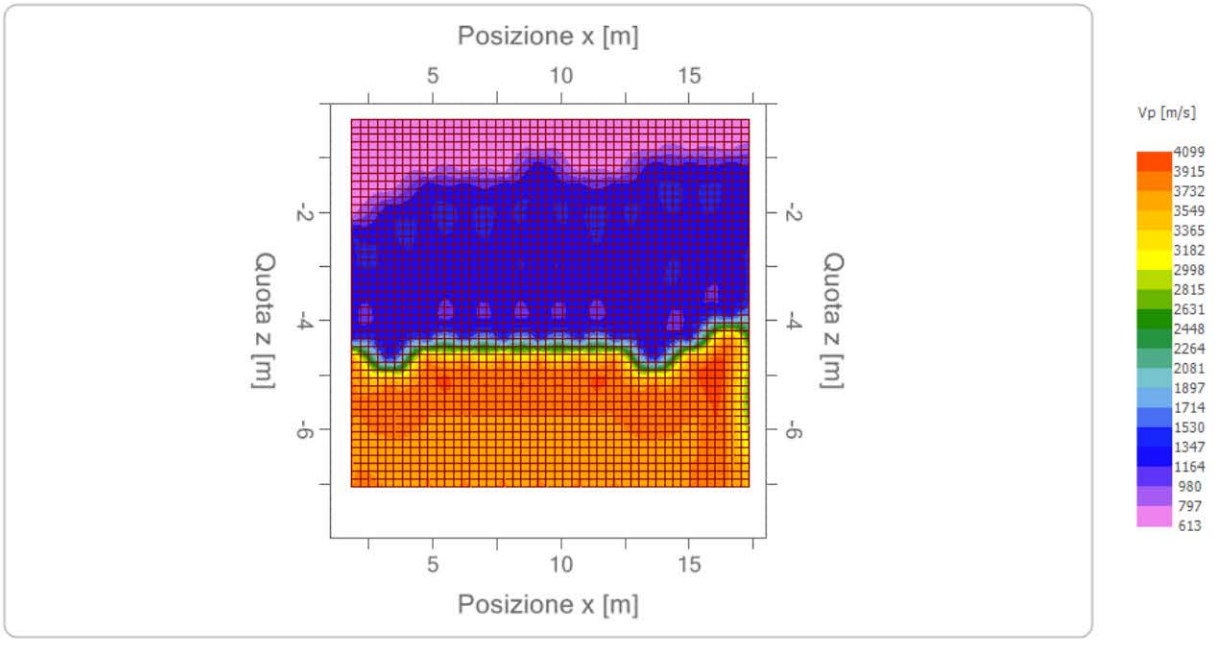


Dromocrone traslate





Sezione GRM



Velocità v_p

NAR_IS2

Numero geofoni: 12	Lunghezza stendimento: 18 m	Interdistanza geofonica: 1,50 m

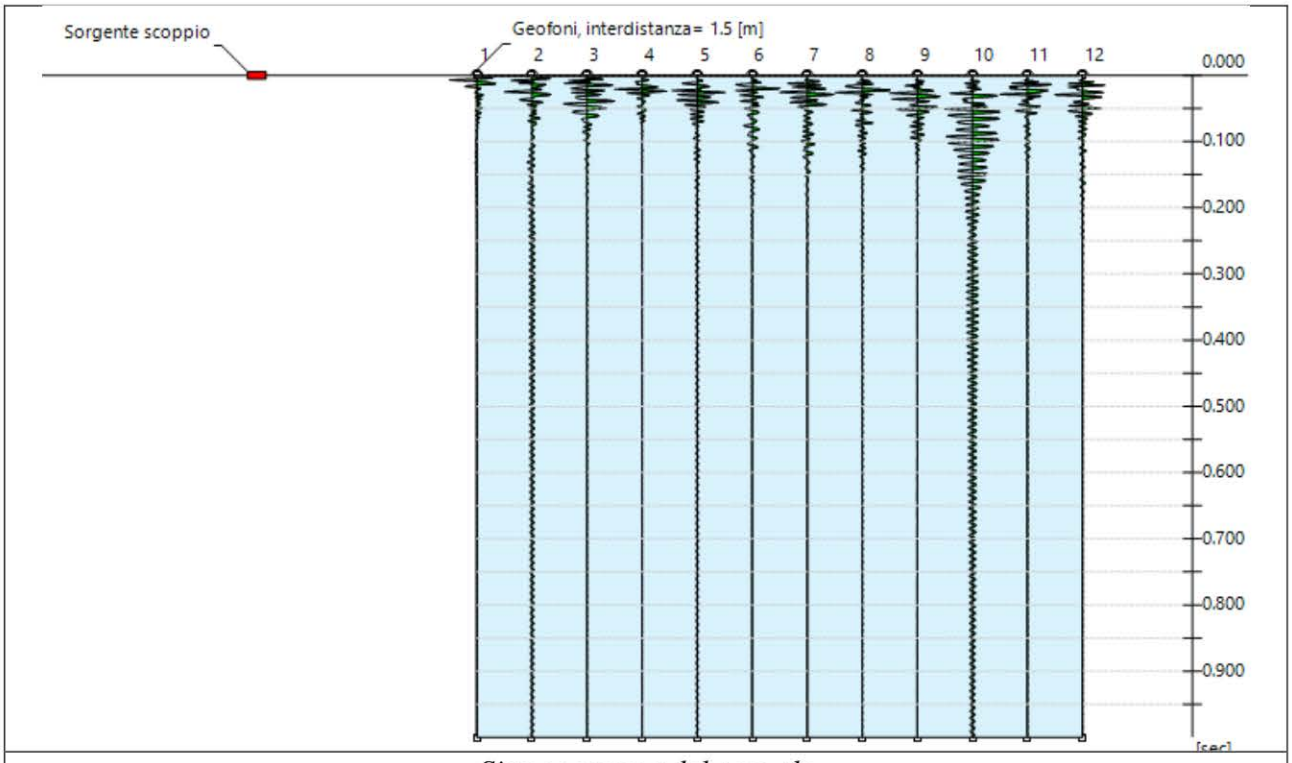






INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12
Durata acquisizione [msec] 1000.0
Interdistanza geofoni [m] 1.5
Periodo di campionamento [msec] 1.00

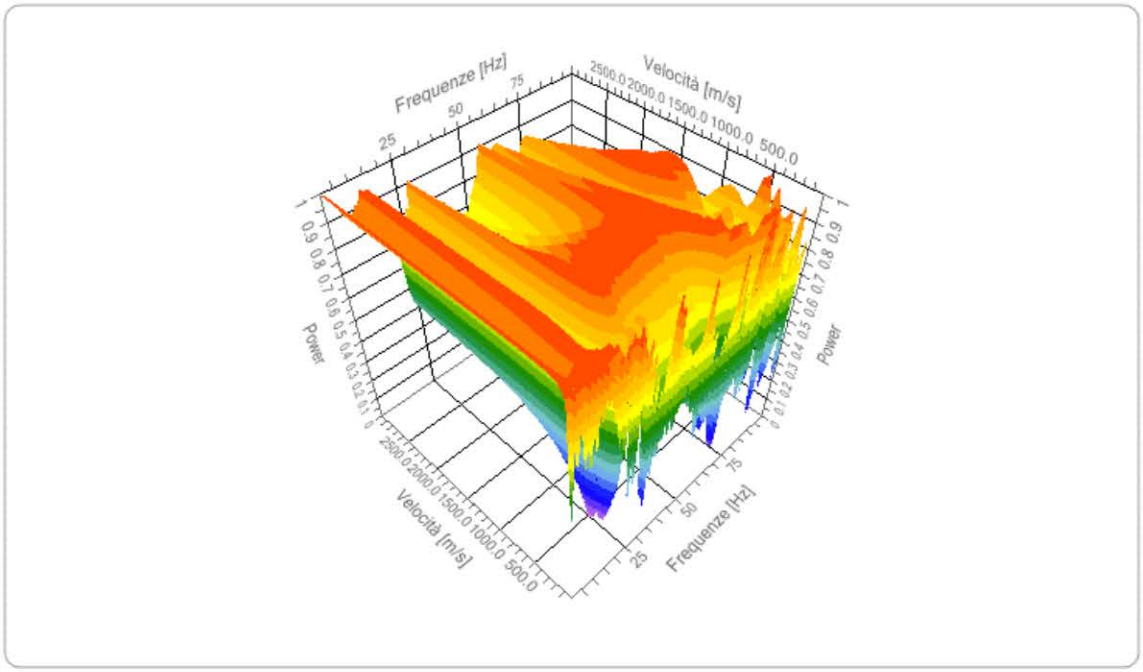


Sismogramma del segnale

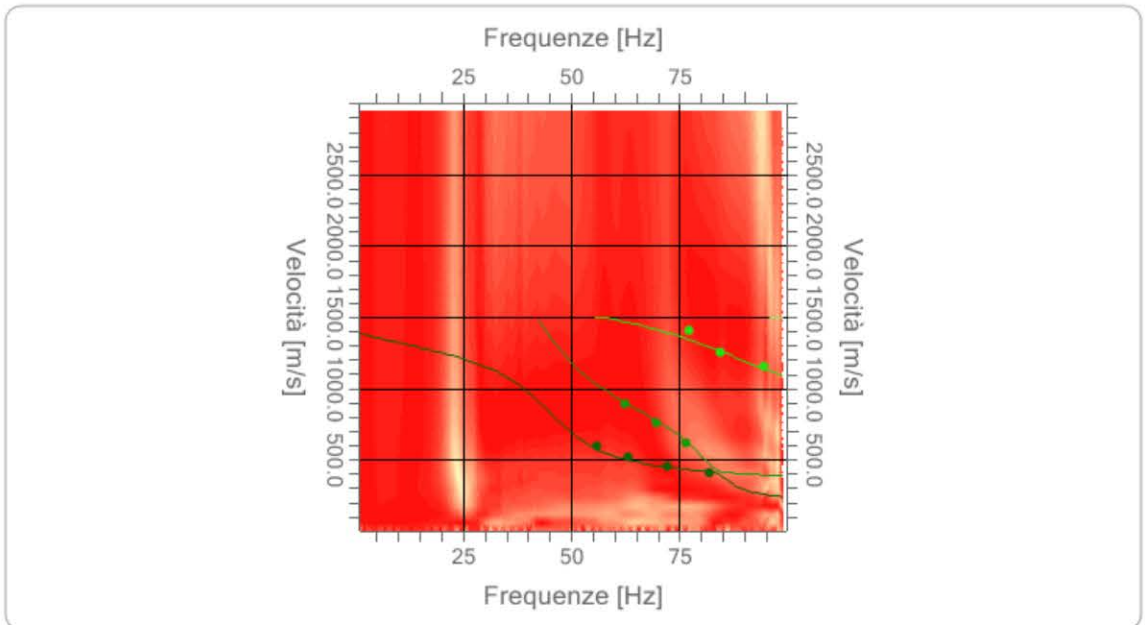
Analisi spettrale

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]	3000
Intervallo velocità [m/sec]	1

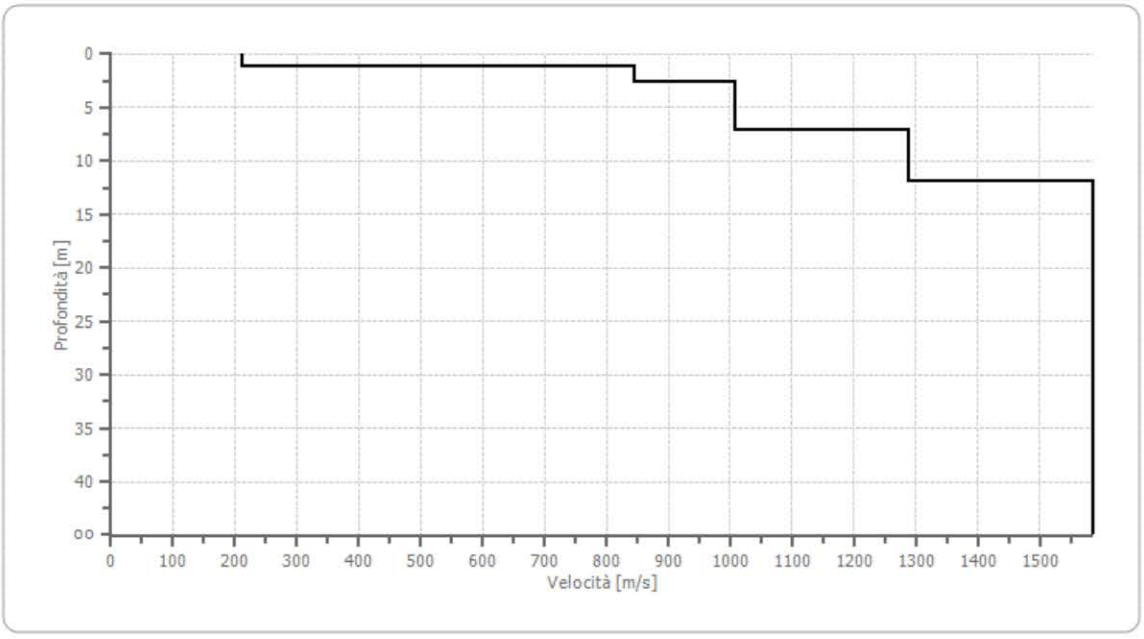
Spettro Velocità di fase - Frequenze

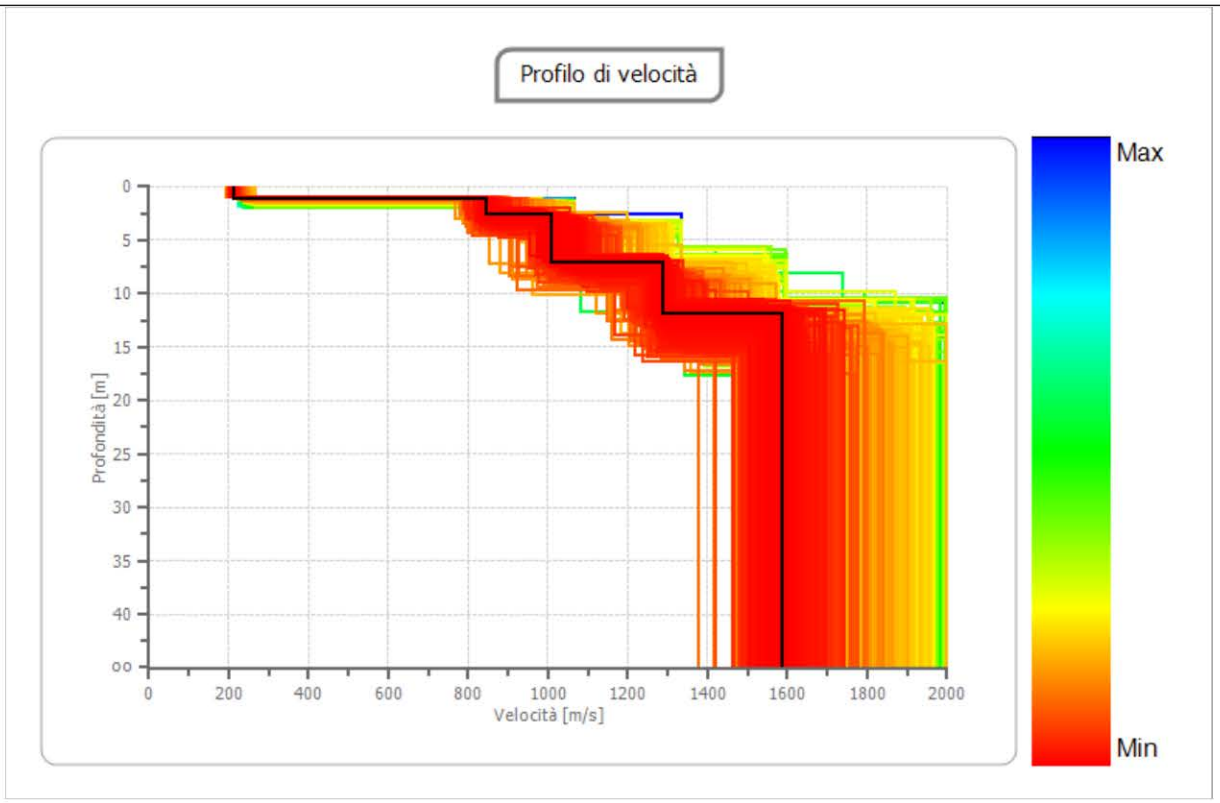


Spettro Velocità di fase - Frequenze



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=0,10 m)	845.54
Categoria del suolo	A

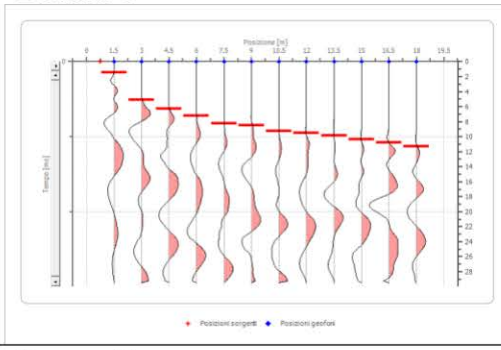
Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteri-stiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

SISMICA A RIFRAZIONE

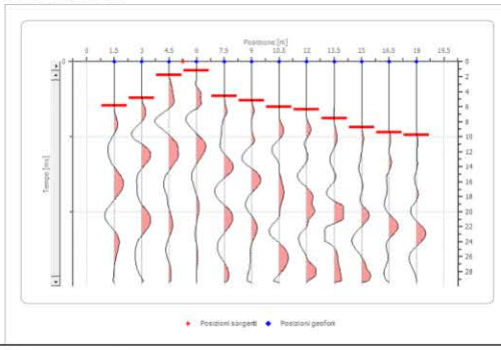
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

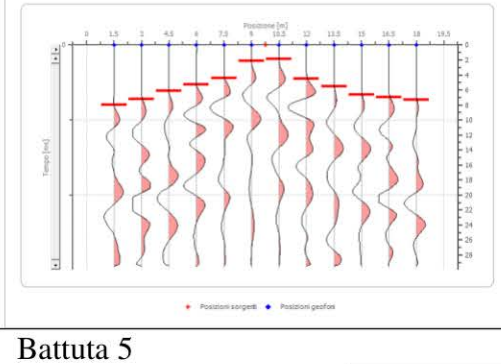
Battuta 1



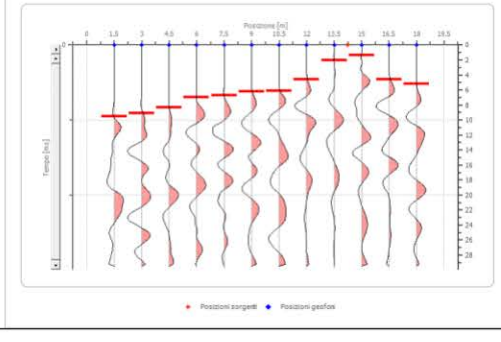
Battuta 2



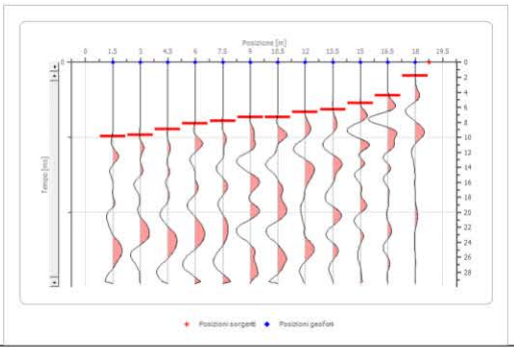
Battuta 3



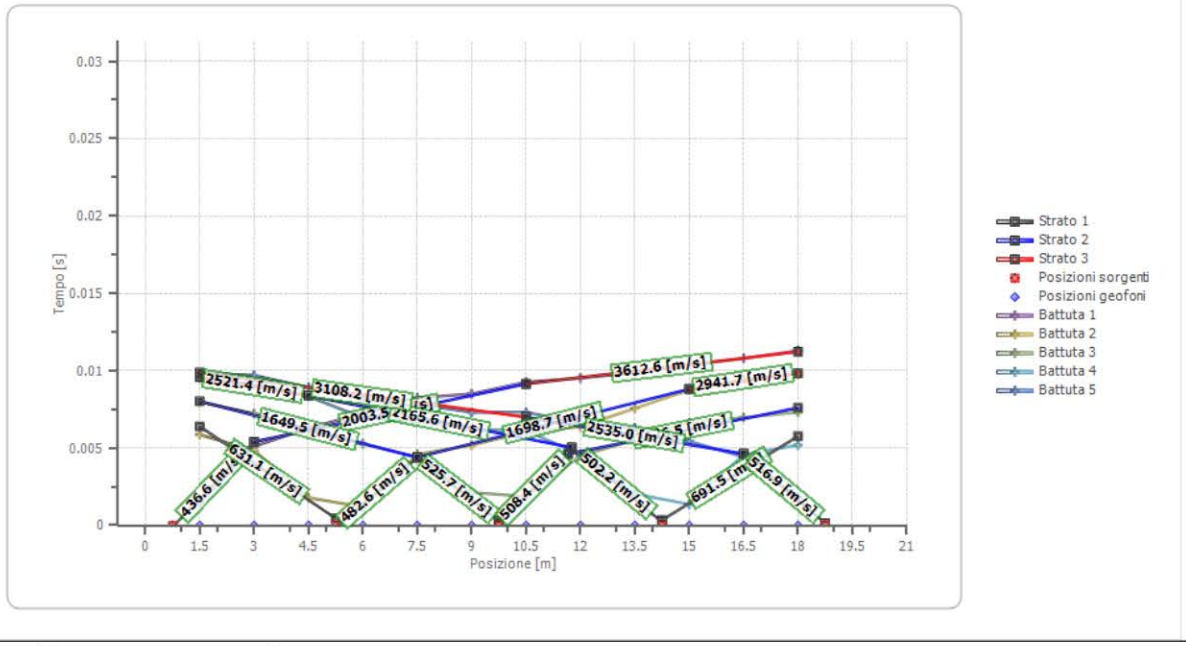
Battuta 4



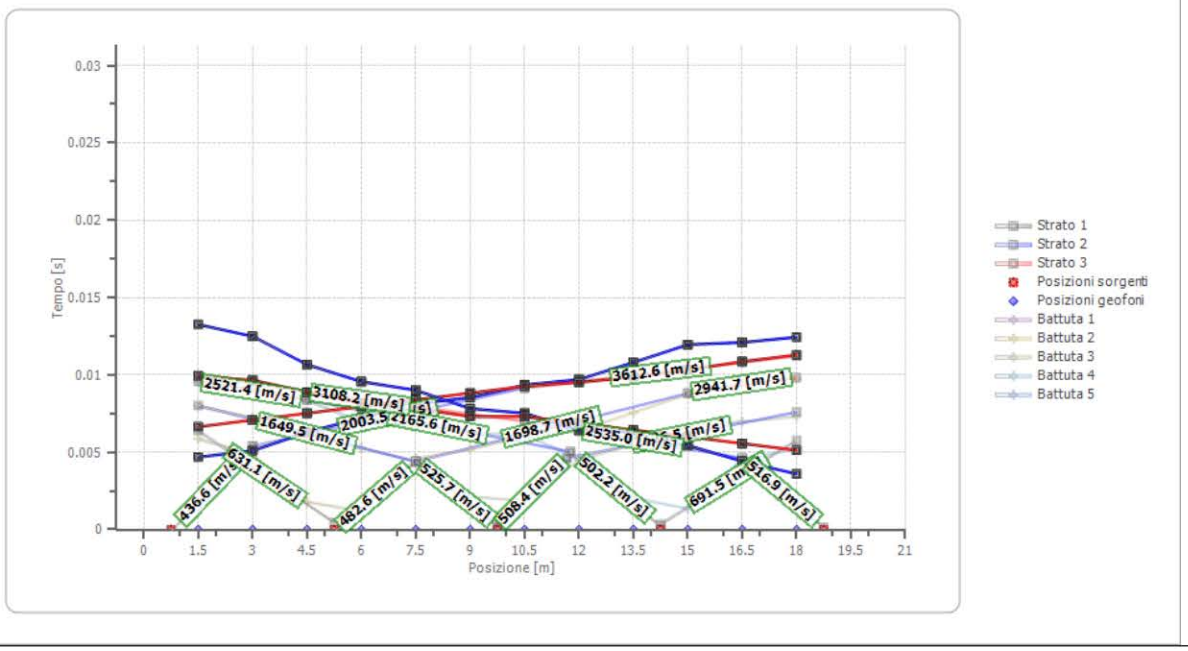
Battuta 5

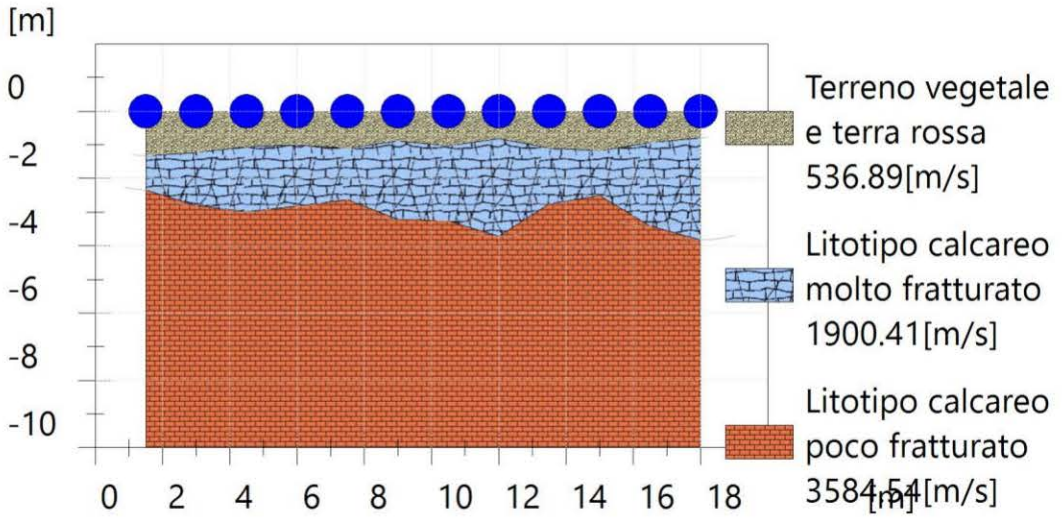


Dromocrone

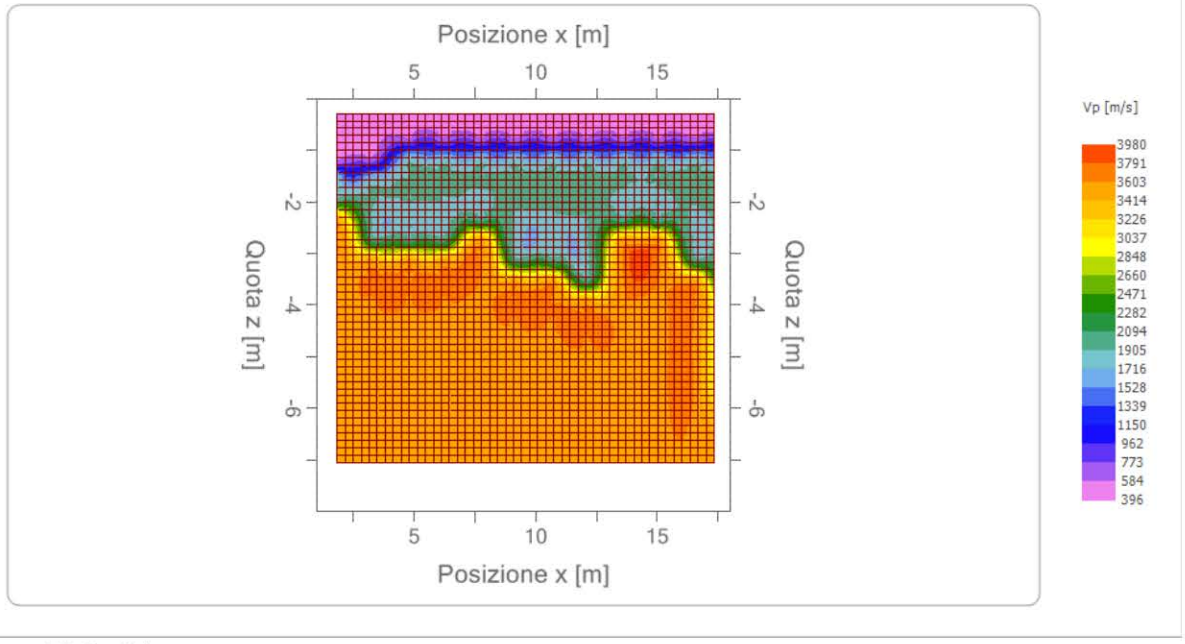


Dromocrone traslate





Sezione GRM



Velocità v_p

NAR_IS3

Numero geofoni: 12	Lunghezza stendimento: 18 m	Interdistanza geofonica: 1,50 m

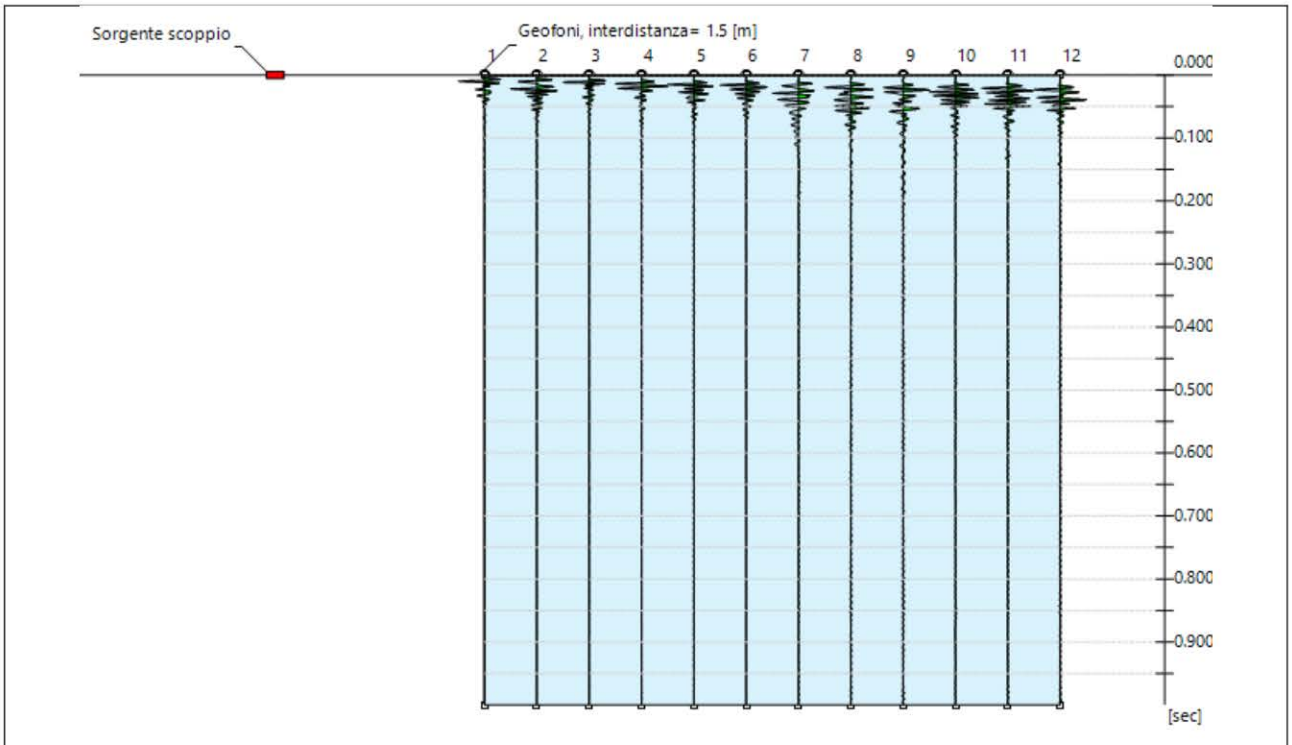






INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12
Durata acquisizione [msec] 1000.0
Interdistanza geofoni [m] 1.5
Periodo di campionamento [msec] 1.00

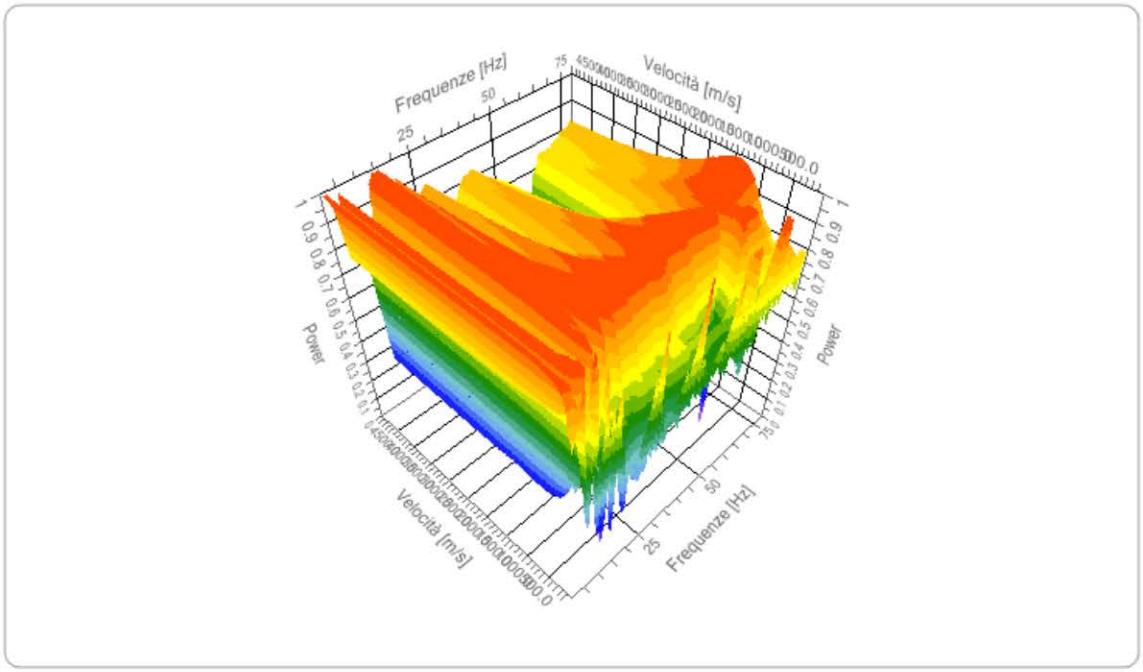


Sismogramma del segnale

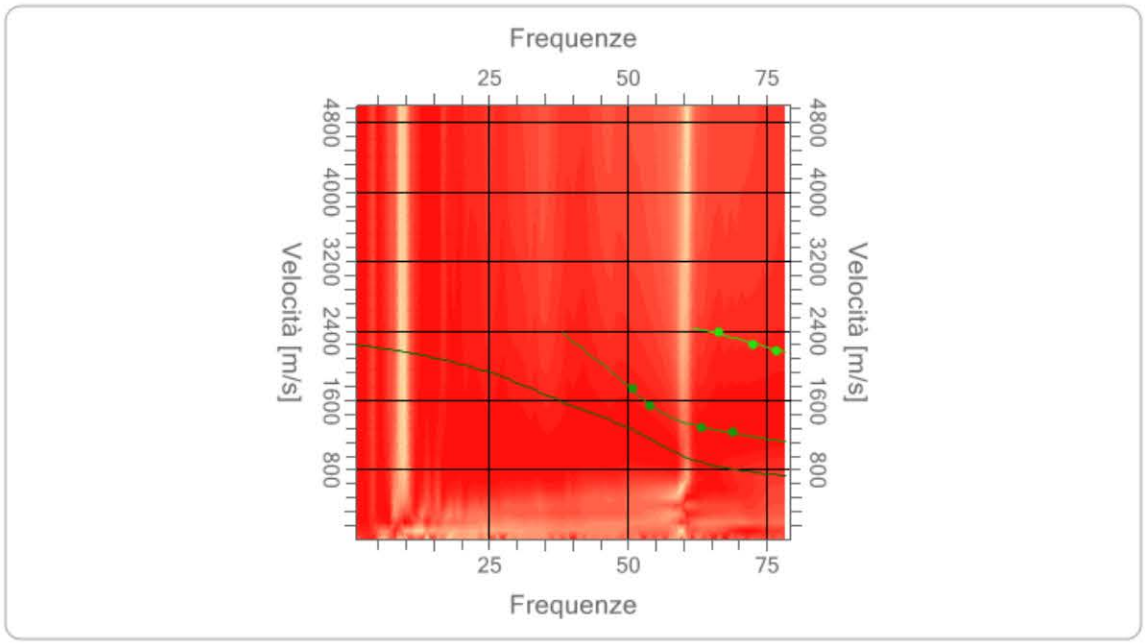
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	5000
Intervallo velocità [m/sec]	1

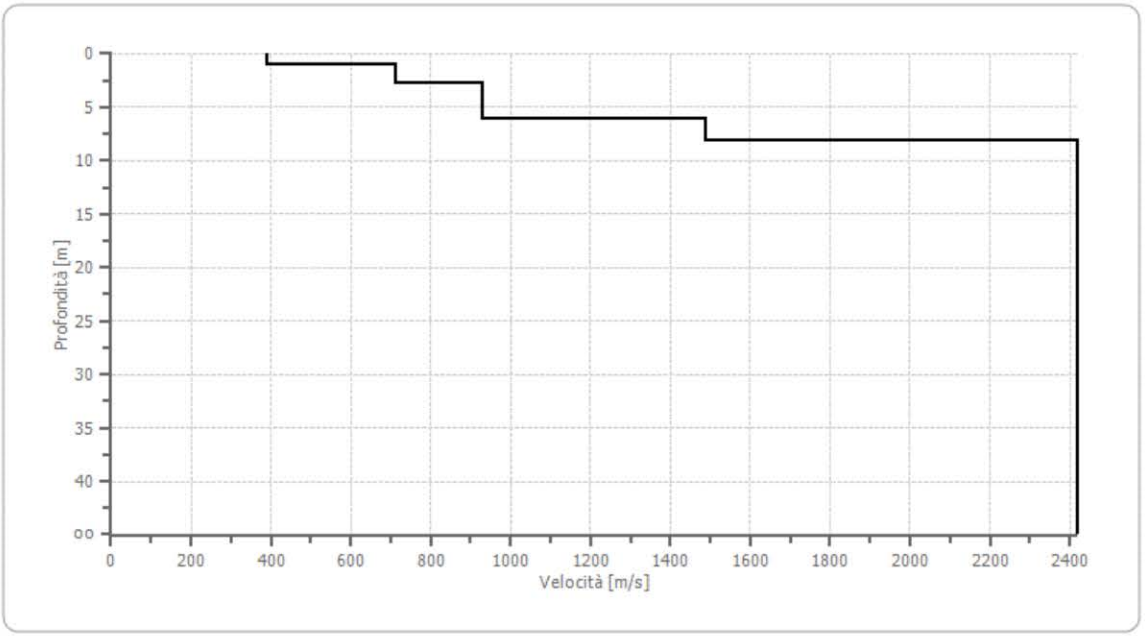
Spettro Velocità di fase - Frequenze

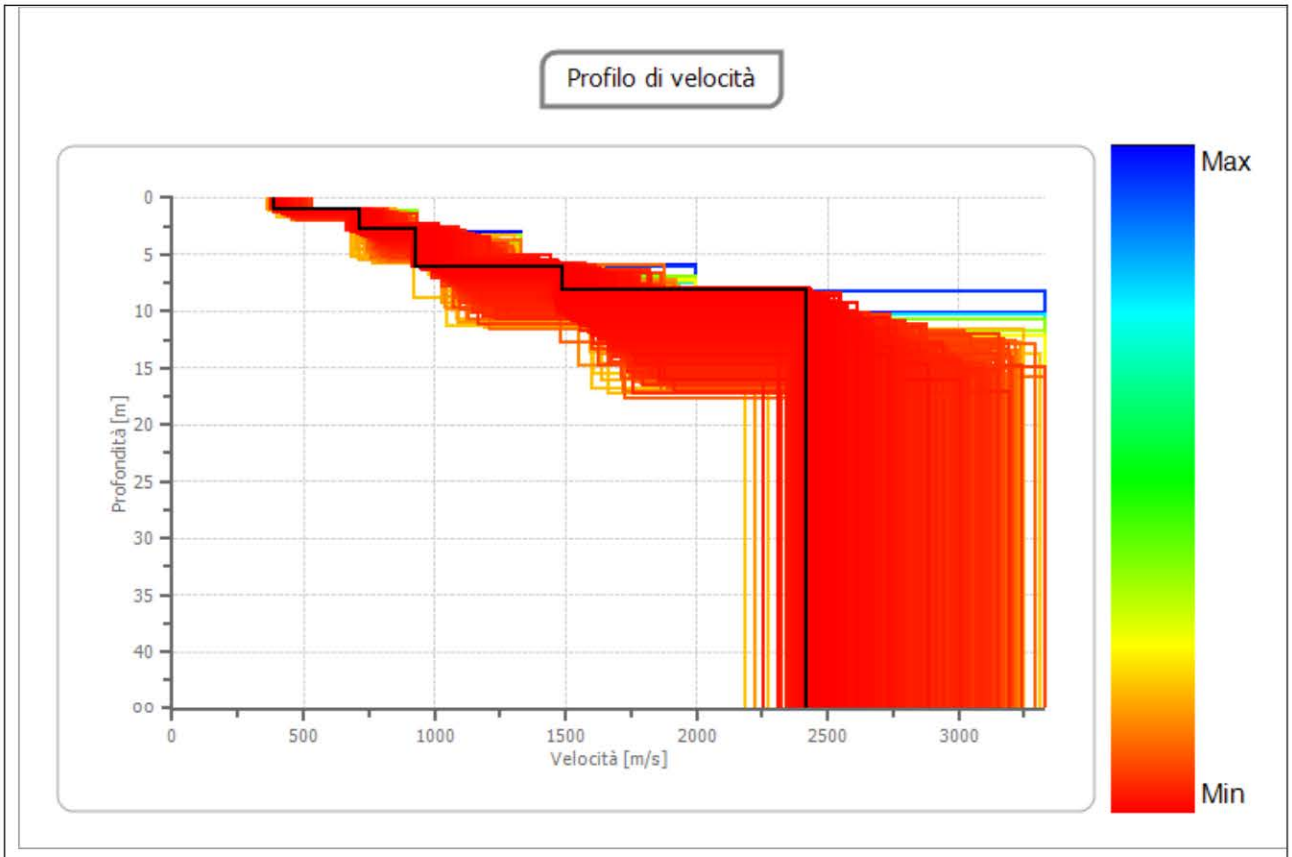


Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=1,75 m)	929.64
Categoria del suolo	A

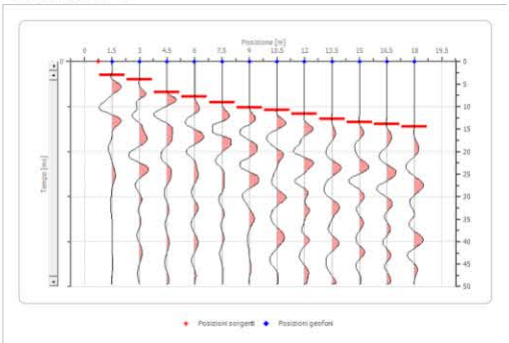
Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteri-stiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

SISMICA A RIFRAZIONE

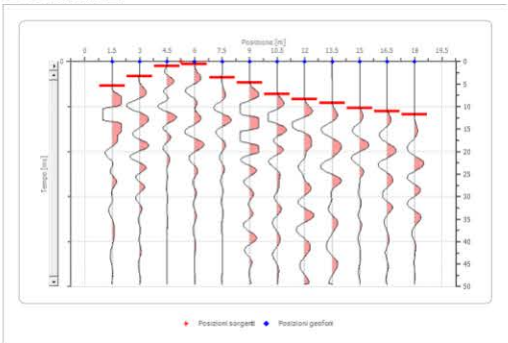
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0

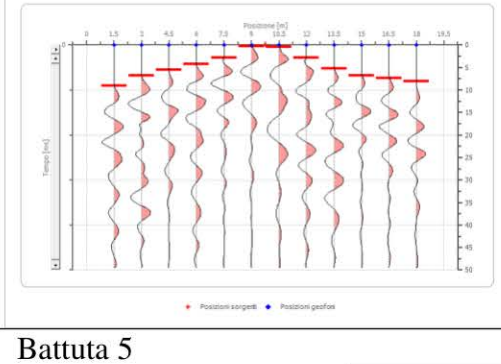
Battuta 1



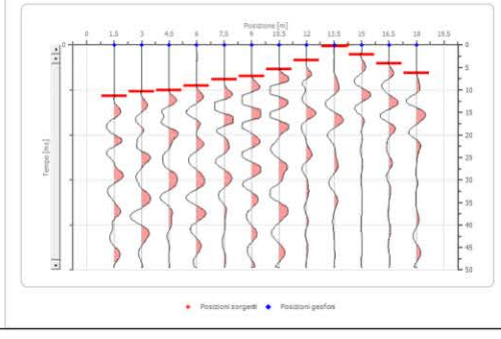
Battuta 2



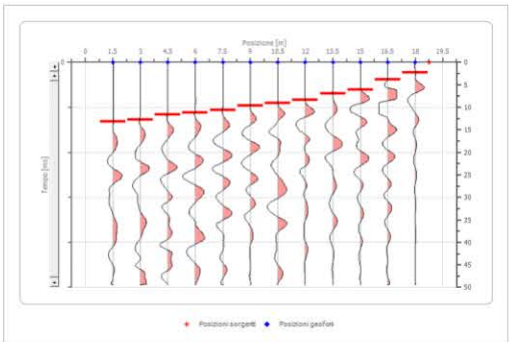
Battuta 3



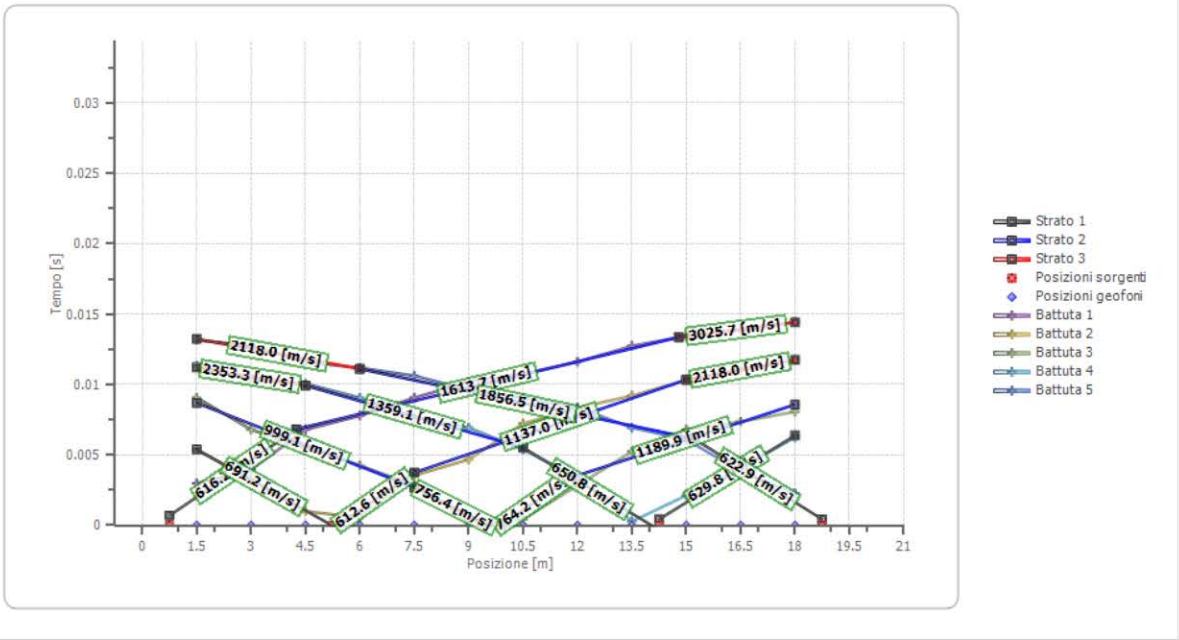
Battuta 4



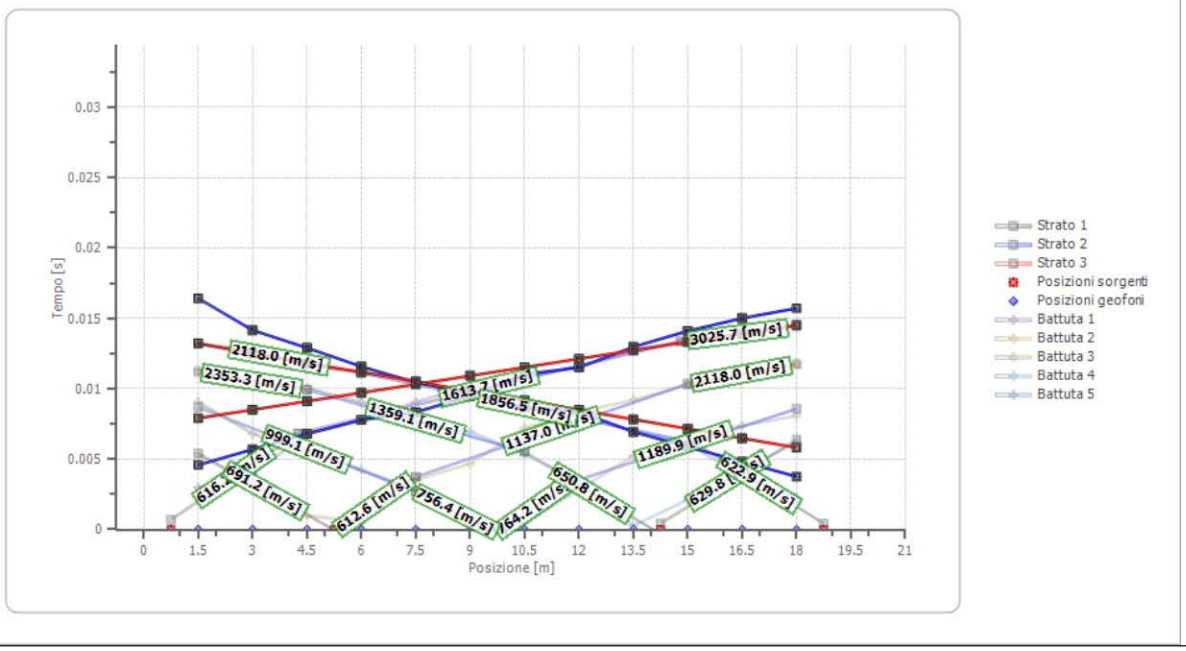
Battuta 5

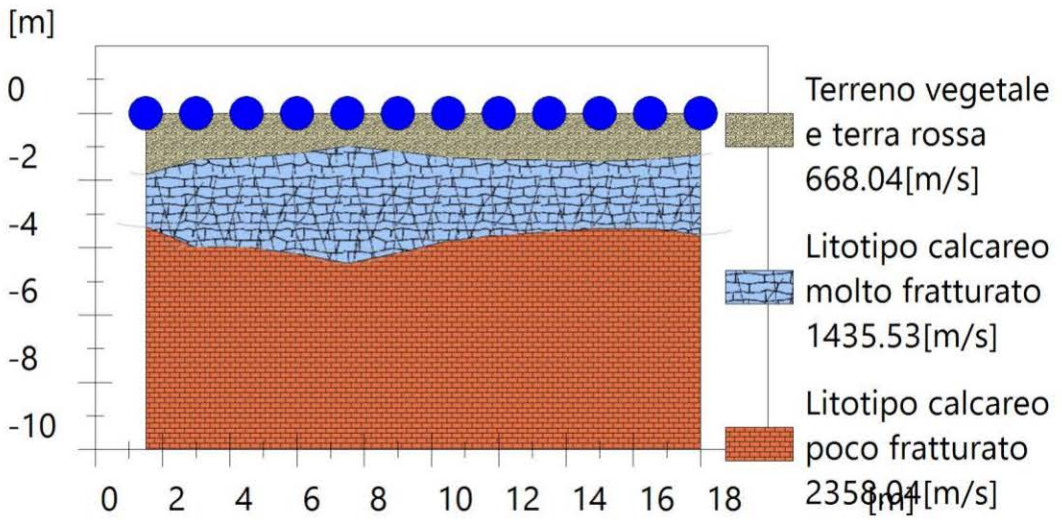


Dromocrone

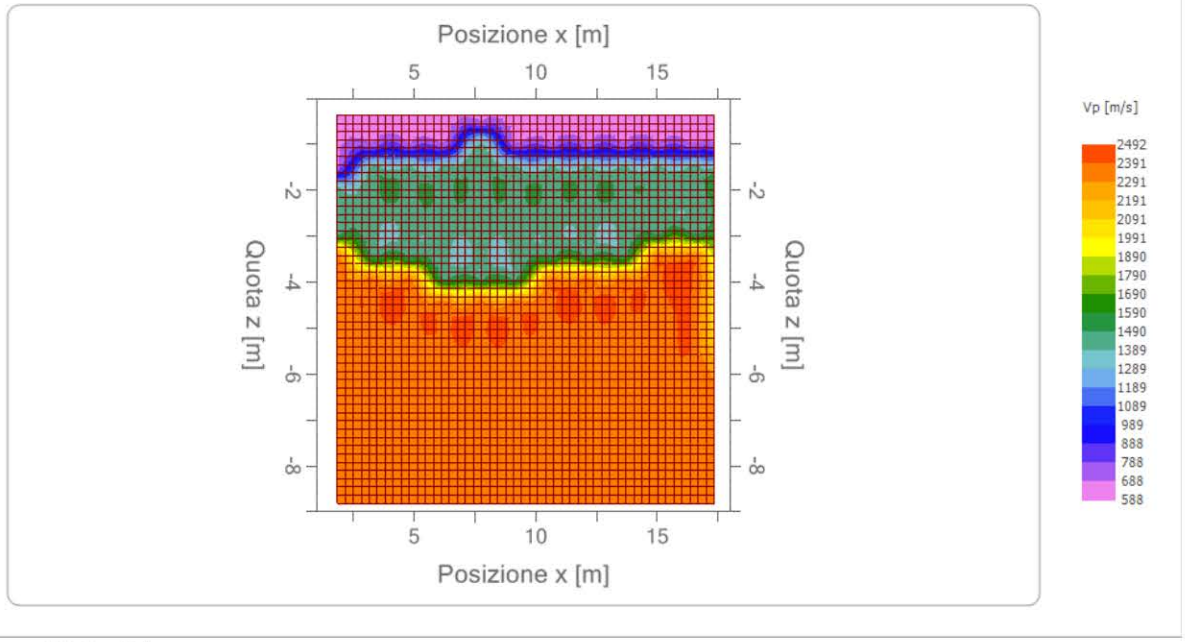


Dromocrone traslate





Sezione GRM



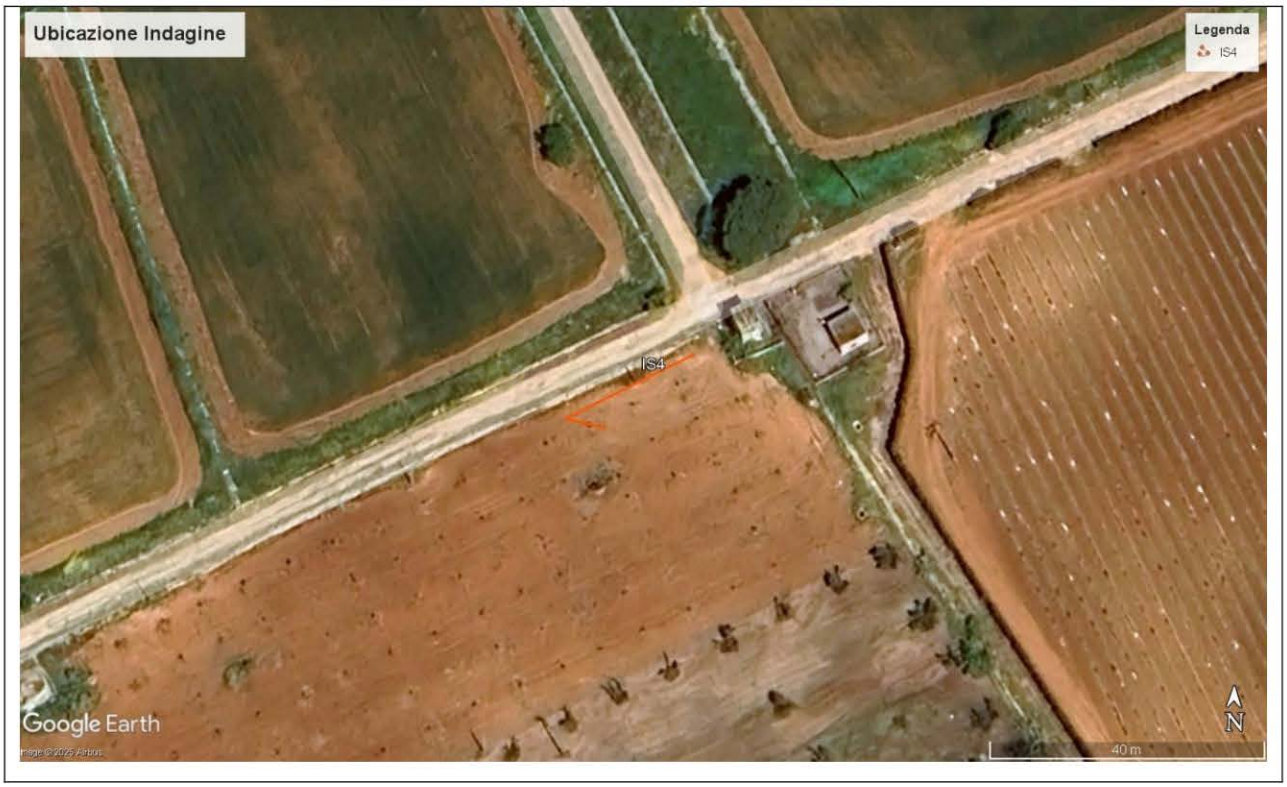
Velocità v_p

NAR_IS4

Numero geofoni: 12 Lunghezza stendimento: 18 m Interdistanza geofonica: 1,50 m







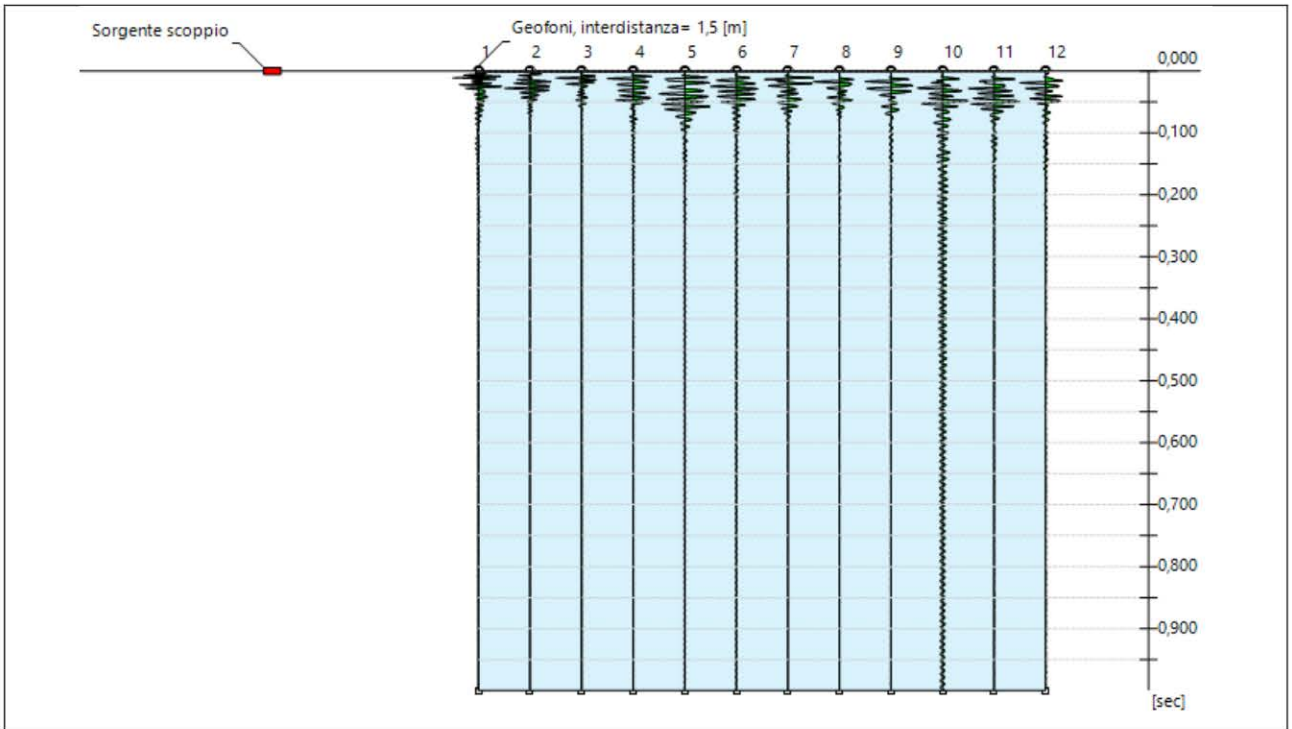
INDAGINE M.A.S.W.

N. tracce 12

Durata acquisizione [msec] 1000.0

Interdistanza geofoni [m] 1.5

Periodo di campionamento [msec] 1.00

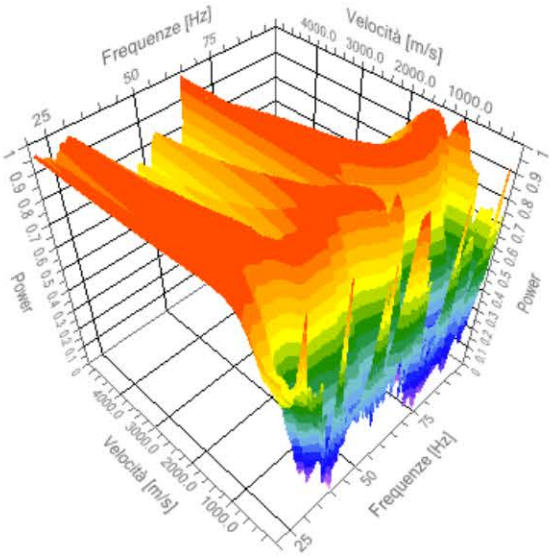


Sismogramma del segnale

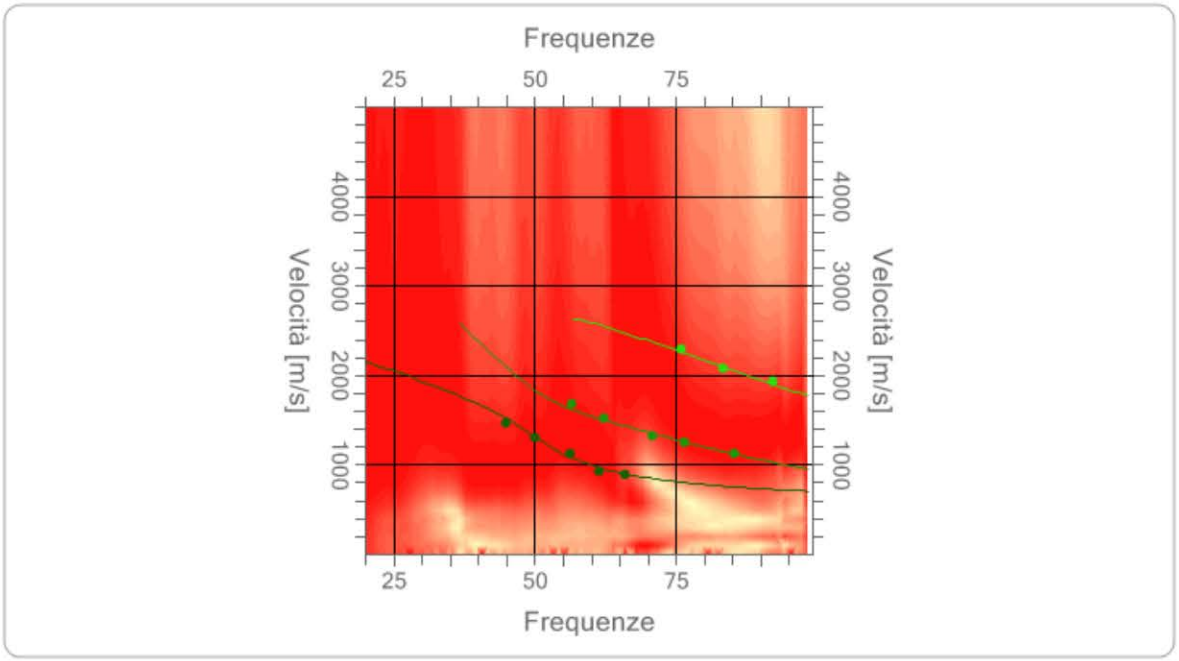
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	5000
Intervallo velocità [m/sec]	1

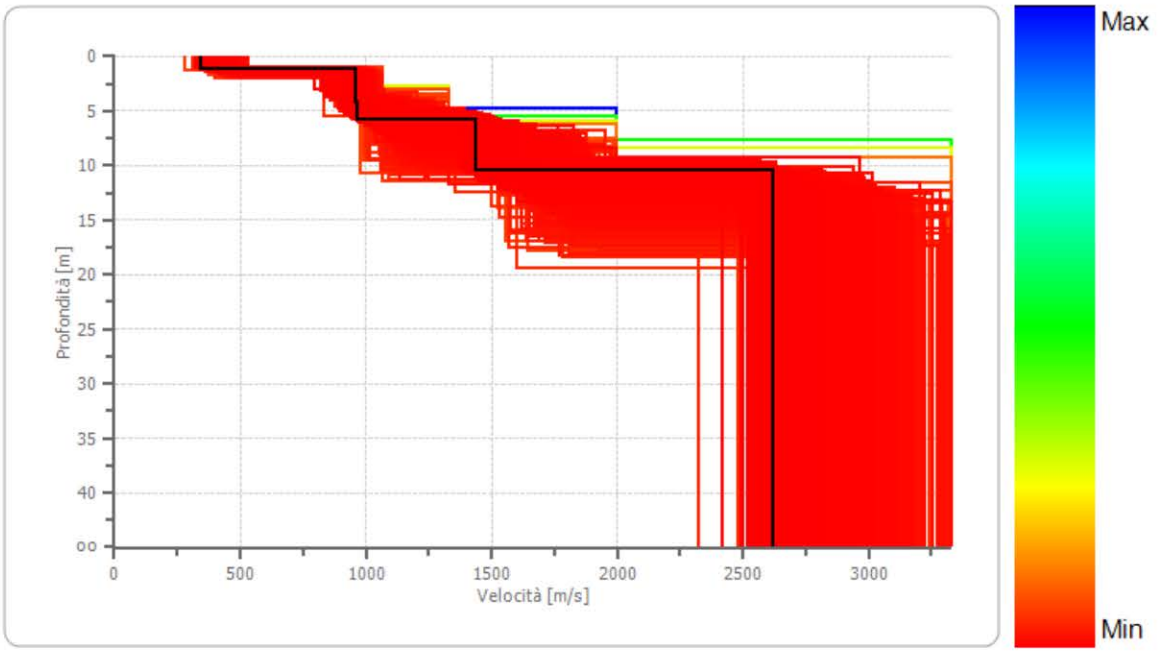
Spettro Velocità di fase - Frequenze

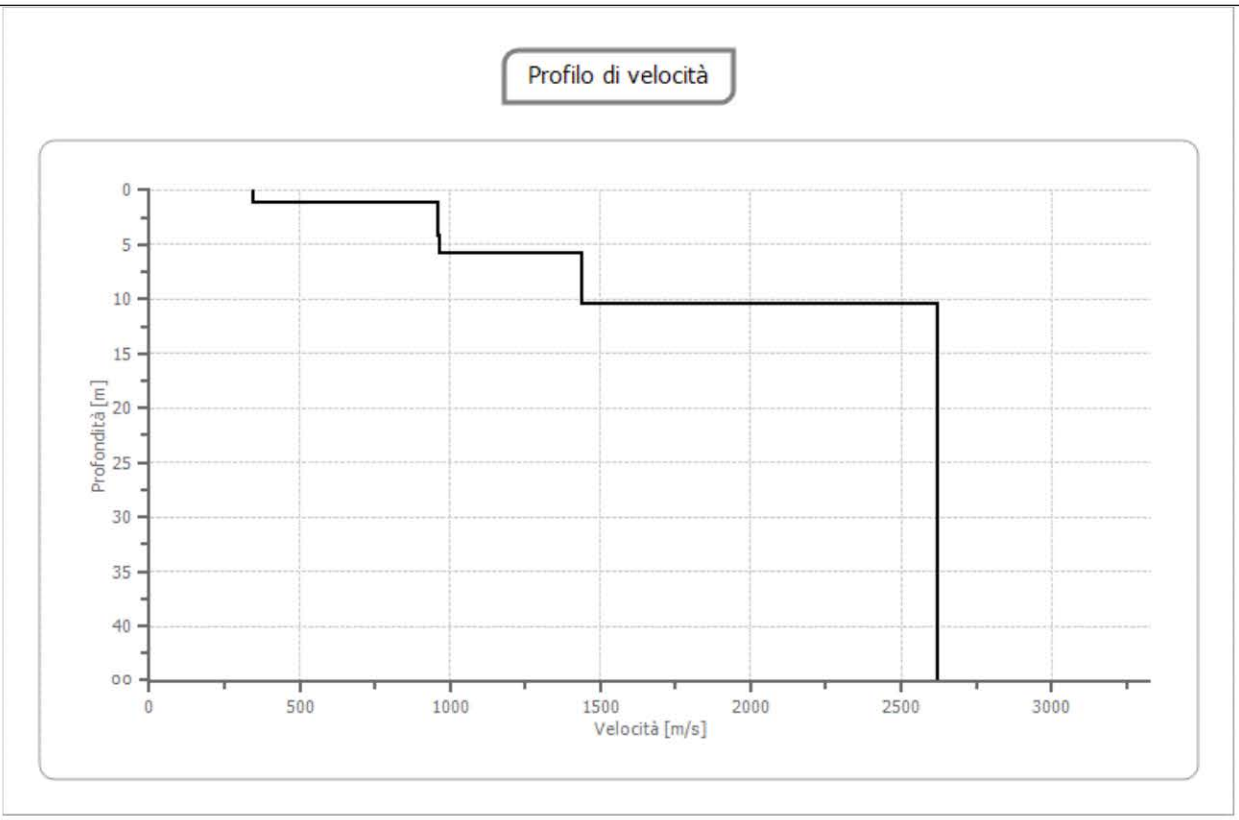


Inversione



Profilo di velocità





Risultati

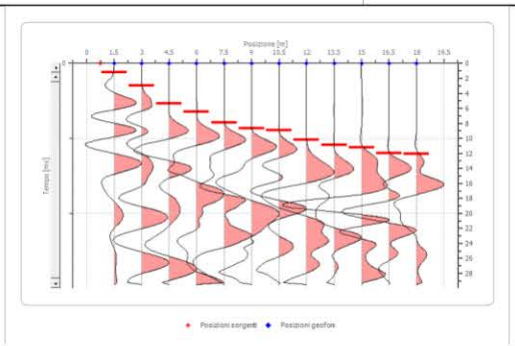
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec](H=0.09 m)	960.06
Categoria del suolo	A

Suolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

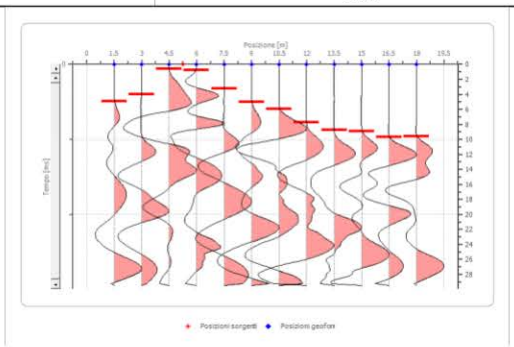
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

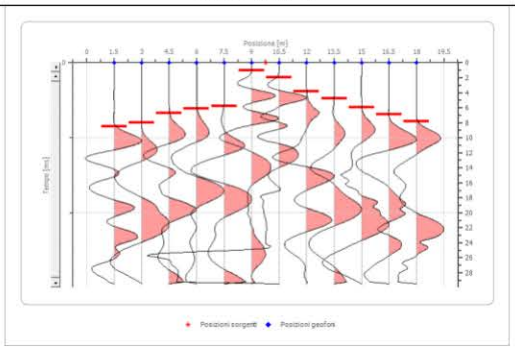
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



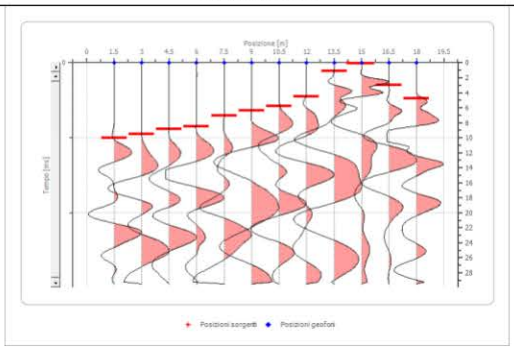
Battuta 1



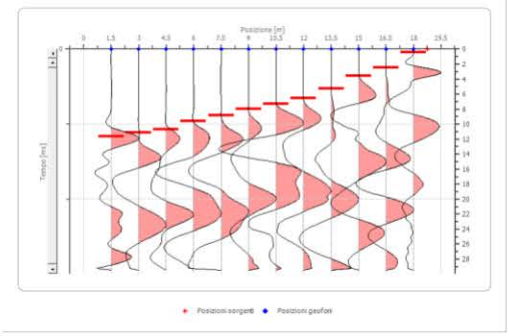
Battuta 2



Battuta 3

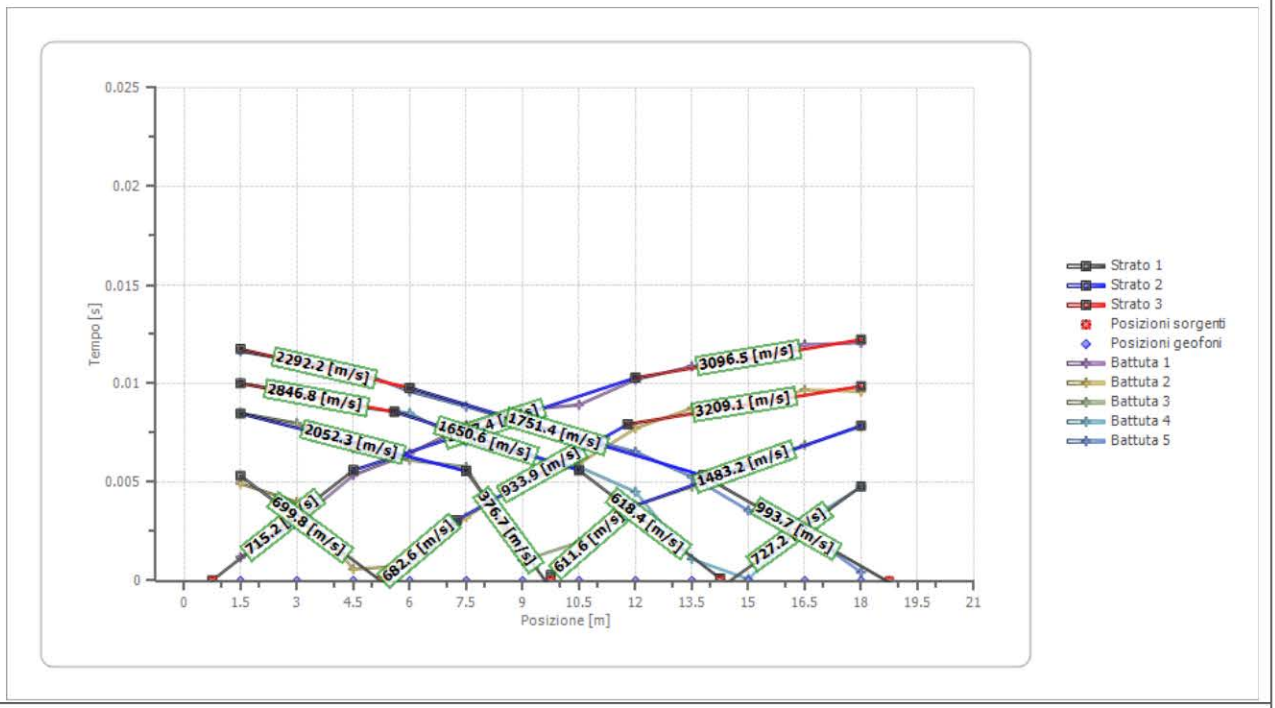


Battuta 4

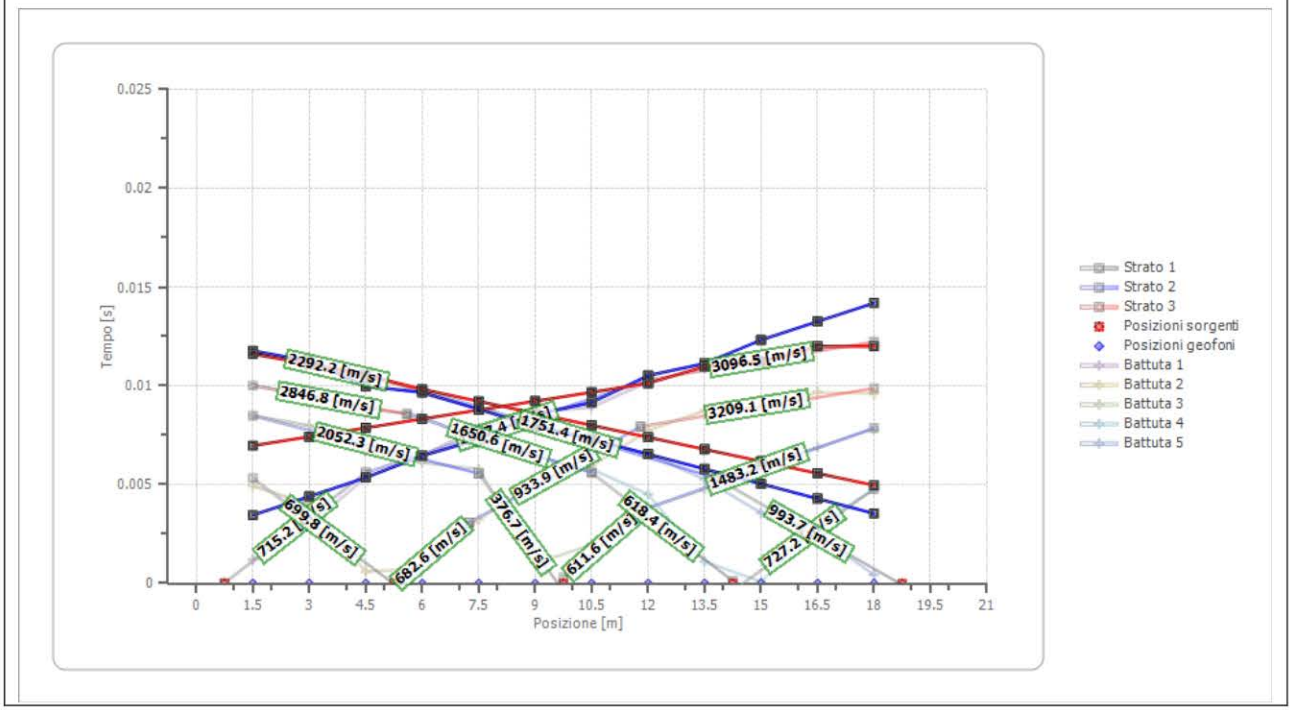


Battuta 5

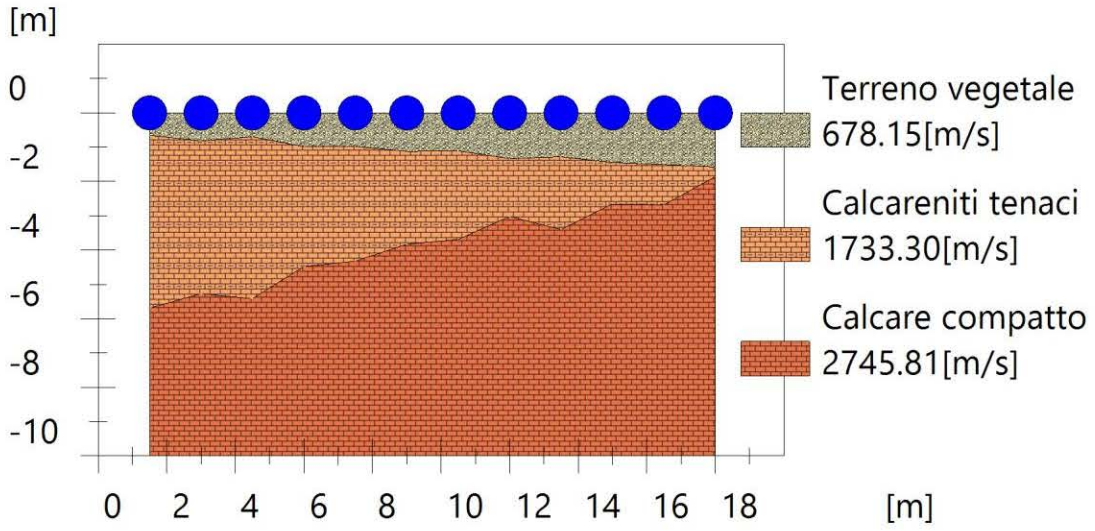
Dromocrone



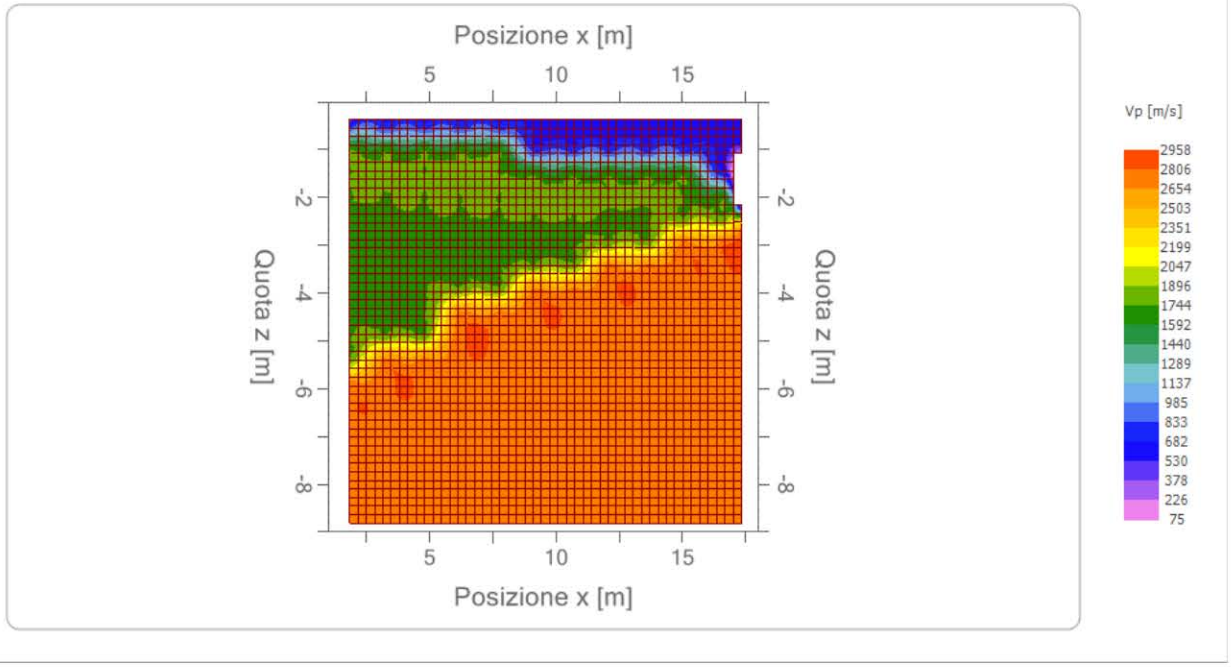
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,.R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p