

PROPONENTE:

REPOWER
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE:



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



SGA - Genova srl

Corso Dante 123 CAP 16043 Chiavari GE ITA

| | |
|---------------------|---|
| N°COMMESSA: 1454 | PARCO EOLICO "CRAVAREZZA" REGIONE LIGURIA- PROVINCIA DI SAVONA COMUNI DI CALICE LIGURE (PARCO EOLICO), MALLARE (PARCO EOLICO CAVIDOTTI E SSEE) ORCO FEGLINO E ALTARE (CAVIDOTTI) |
| | PROGETTO DEFINITIVO |

| | |
|--|---|
| ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA PARCO EOLICO | CODICE ELABORATO 1454_R21 |
| | NOME FILE: 1454_R21_Relazione Geologica Parco eolico |

| | | | | | |
|------|---------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 0 | 01/2024 | 1° Emissione | Francesco Cipolla | Claudio Sebastiani | Francesco Cipolla |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE REVISIONE | REDATTO | VERIFICA | APPROVATO |

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 1.1. Inquadramento dell'area oggetto di proposta | 3 |
| 2. ASSETTO GEOLOGICO GENERALE..... | 7 |
| 2.1. Caratterizzazione petrografica..... | 8 |
| 2.2. Condizioni geomorfologiche | 10 |
| 2.3. Condizioni idrogeologiche..... | 11 |
| 3. ANALISI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE DI VALENZA GEOLOGICA | 13 |
| 4. CAMPAGNA DI INDAGINI..... | 18 |
| 4.1. Generalità | 18 |
| 4.2. Sondaggi geofisici..... | 20 |
| 4.3. Sondaggi meccanici..... | 22 |
| 4.4. Indagini di laboratorio..... | 23 |
| 5. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO | 24 |
| 6. ELEMENTI DI RIFERIMENTO A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA | 25 |
| 6.1. Orizzonte 1..... | 25 |
| 6.2. Orizzonte 2 e 3..... | 25 |
| 7. ANALISI IN TERMINI DI AZIONI SISMICHE | 28 |
| 7.1. Caratterizzazione sismogenetica | 28 |
| 7.2. Sismicità storica..... | 31 |
| 7.3. Pericolosità sismica di base e risposta sismica locale | 32 |
| 8. OPERE STRUTTURALI ED INFRASTRUTTURALI ACCESSORIE..... | 35 |
| 8.1. Cavidotto..... | 35 |

INDICE FIGURE

| | |
|--|-----------|
| Figura 1: layout di impianto ottimizzato 2024 | 4 |
| Figura 2: layout di impianto ottimizzato per la viabilità di accesso da Sud | 5 |
| Figura 3: layout di impianto ottimizzato per la viabilità di accesso da Est | 6 |
| Figura 4: spezzoni di carote oggetto di analisi petrografica | 8 |
| Figura 5: sezione campione S2 11.60 m. Microfotografia in luce polarizzata a nicol incrociati e relativa porzione ingrandita | 9 |
| Figura 6: sezione campione S2 6.70 m. Microfotografia in luce polarizzata a nicol incrociati | 10 |
| Figura 7: quadro della franosità reale disponibile e relativa numerazione, per l'area di interesse del layout di progetto | 12 |
| Figura 8: sovrapposizione layout progetto modificato 2024 con Carta della Suscettività al Dissesto dei versanti (Piano di Bacino Pora) | 14 |
| Figura 9: porzione di strada tra F06 ed F07 nel layout ottimizzato versione 2024 | 15 |
| Figura 10: posizione degli aerogeneratori nel layout a progetto. Nel riquadro rosso la zona oggetto della campagna geognostica 2004 | 19 |
| Figura 11: dettaglio dell'area oggetto della campagna geognostica 2004 (come da dettaglio Figura 10) | 20 |
| Figura 12: sezione interpretata profilo sismico 2 | 21 |
| Figura 13: sezione interpretata profilo sismico 3 | 22 |
| Figura 14: schema preliminare del modello geologico stratigrafico area di imposta aerogeneratori | 24 |
| Figura 15: estratto da rapporto conclusivo ZS9 INGV | 28 |
| Figura 16: estratto carta DISS v.3 (INGV). Cerchiata in nero l'area di interesse | 29 |
| Figura 17: Progetto Ithaca - Estratto da geomapviewer ISPRA - Servizio geologico Italiano su piattaforma ESRI | 30 |
| Figura 18: Progetto Ithaca. Particolare della visualizzazione precedente. Cerchiato di blu la zona di imposta degli aerogeneratori | 30 |
| Figura 19: estratto DBMI15 Versione 3.0 Gennaio 2021 per il Comune di Calice Ligure | 32 |
| Figura 20: velocità caratteristiche onde S per diversi tipi di suolo [Borcherdt R. D., 1994. Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification), Earthq. Spectra, 4, 617-653] | 33 |
| Figura 21: Categorie di Sottosuolo [ex Tabella 3.2.II Decreto 17.01.18] | 34 |
| Figura 22: Categoria Topografica [ex Tabella 3.2.III Decreto 17.01.18] | 34 |
| Figura 23: tratto di cavidotto che risulta sovrapposto alla Fs n. 0090216401 | 36 |
| Figura 24: in rosso il tracciato del cavidotto che scende da Colla S.Giacomo in destra idrografica del rio Biterno | 37 |
| Figura 25: in rosso il tracciato del cavidotto che scende da Colla S.Giacomo in destra idrografica del rio Biterno | 37 |

ALLEGATI

Allegato 1 – Report indagini petrografiche Pian dei Corsi 2004

Allegato 2 – Report indagini geofisiche Pian dei Corsi 2004

Allegato 3 – Stratigrafie sondaggi diretti Pian dei Corsi 2004

Allegato 4 – Report indagini di laboratorio Pian dei Corsi 2004

1. PREMESSA

Con riferimento alla documentazione di progetto redatta dalla società Hydro Engineering s.s., alla quale senz'altro si rimanda, la presente relazione prende in considerazione gli aspetti di natura geologica relativi al Parco Eolico.

Il progetto, proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia (VE), prevede la realizzazione dell'impianto eolico denominato "Cravarezza" composto da sette aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,30 MW, per una potenza complessiva di 30,1 MW, ubicato nei Comuni di Calice Ligure e Mallare in provincia di Savona.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 4,3 MW con altezza mozzo pari a 112 m, diametro rotore pari a 136 m e altezza massima al top della pala pari a 180 m. L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nelle contrade Piano dei Corsi (F01-F02-F03-F04), Bric del Borro (F05), Bric del Pino (F06) e Colla del Pino (F07).

La presente relazione esamina primariamente le tematiche di carattere geologico l.s. attinenti la messa in opera dei futuri aerogeneratori, ovvero la zona di imposta degli stessi e la viabilità di accesso.

Successivamente, nel Capitolo 8, tratta degli elementi di valenza geologica connessi con la realizzazione del cavidotto interrato di collegamento.

1.1. Inquadramento dell'area oggetto di proposta

Il nuovo impianto eolico è ubicato nella parte più settentrionale del territorio del comune di Calice Ligure, lungo la dorsale che a partire da Pian dei Corsi si sviluppa lungo un allineamento con direzione circa Sud-Nord verso la località denominata Cravarezza. Gli aerogeneratori proposti sono ubicati a quote intorno ai 1000 m slm lungo l'area di crinale.

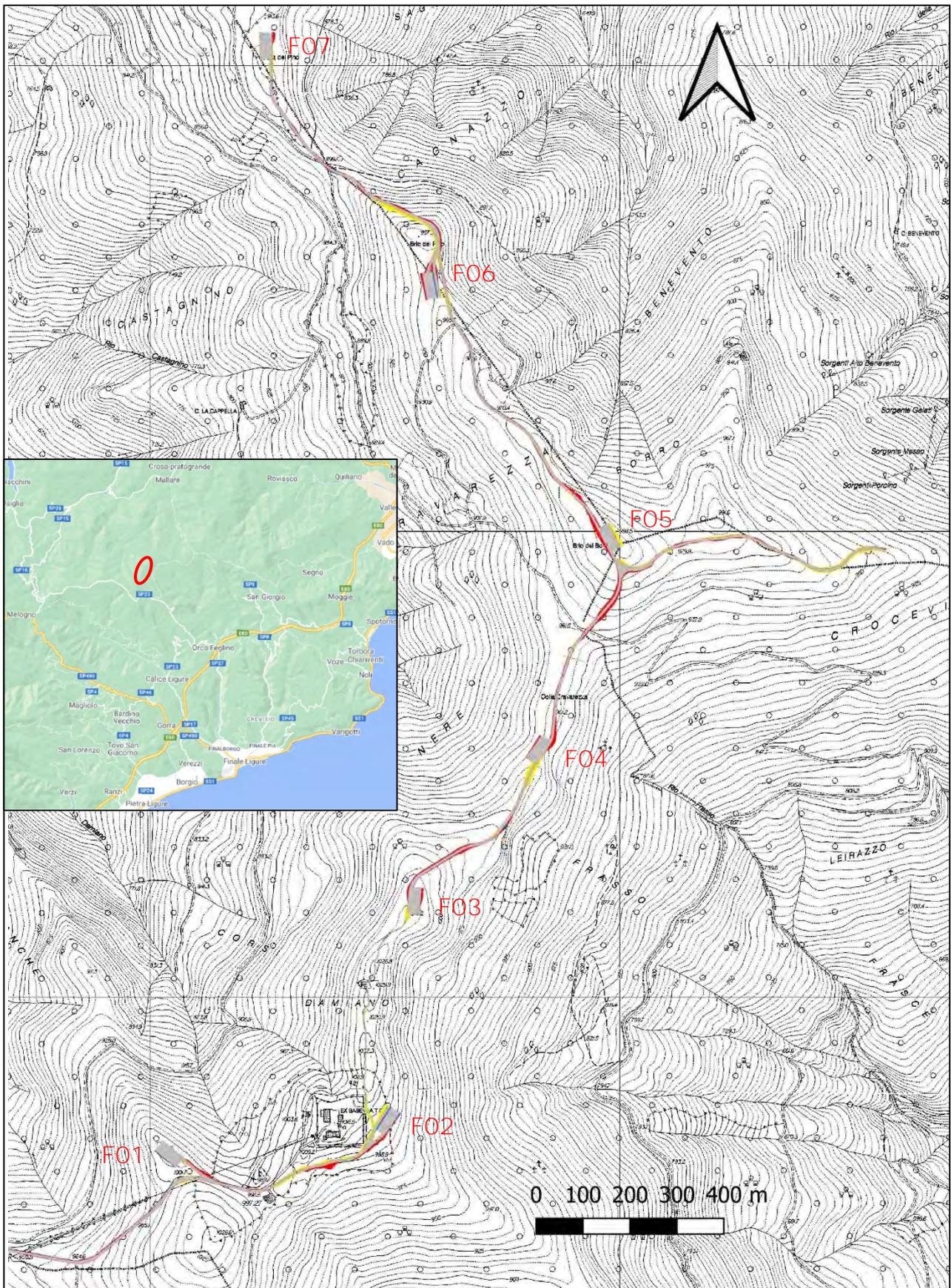


Figura 1: layout di impianto ottimizzato 2024

Rispetto al layout depositato nella versione 2021, anche a seguito di alcune modifiche dello stato dei luoghi, è stato possibile definire una ottimizzazione del layout che consente una serie di significativi vantaggi in termini di riduzione degli impatti e delle interferenze ambientali (soprattutto di carattere geomorfologico), con specifico riferimento alla realizzazione della viabilità di accesso necessaria alla messa in opera degli impianti.

In particolare la realizzazione di un nuovo impianto eolico (nella disponibilità di altro Produttore), limitrofo a quello qui rappresentato e costituito da 2 turbine ubicate nelle vicinanze di località "Sorgente Tre Faggi", in prossimità della linea di confine tra i comuni di Mallare ed Orco Feglino (ad est della pala denominata F05), rende oggi possibile una scelta progettuale caratterizzata da due distinte viabilità di accesso ai mezzi d'opera destinati all'installazione delle nuove pale eoliche:

- un accesso da Sud che utilizzerà una viabilità già di fatto esistente (che è quella di collegamento con la ex Base Nato), che servirà le piazzole F01 ed F02 [cfr. Figura 2];
- un accesso da Est che, utilizzando la viabilità connessa all'impianto limitrofo autorizzato ed in corso di realizzazione, andrà a servire le piazzole F03, F04, F05, F06 ed F07 [cfr. Figura 3].

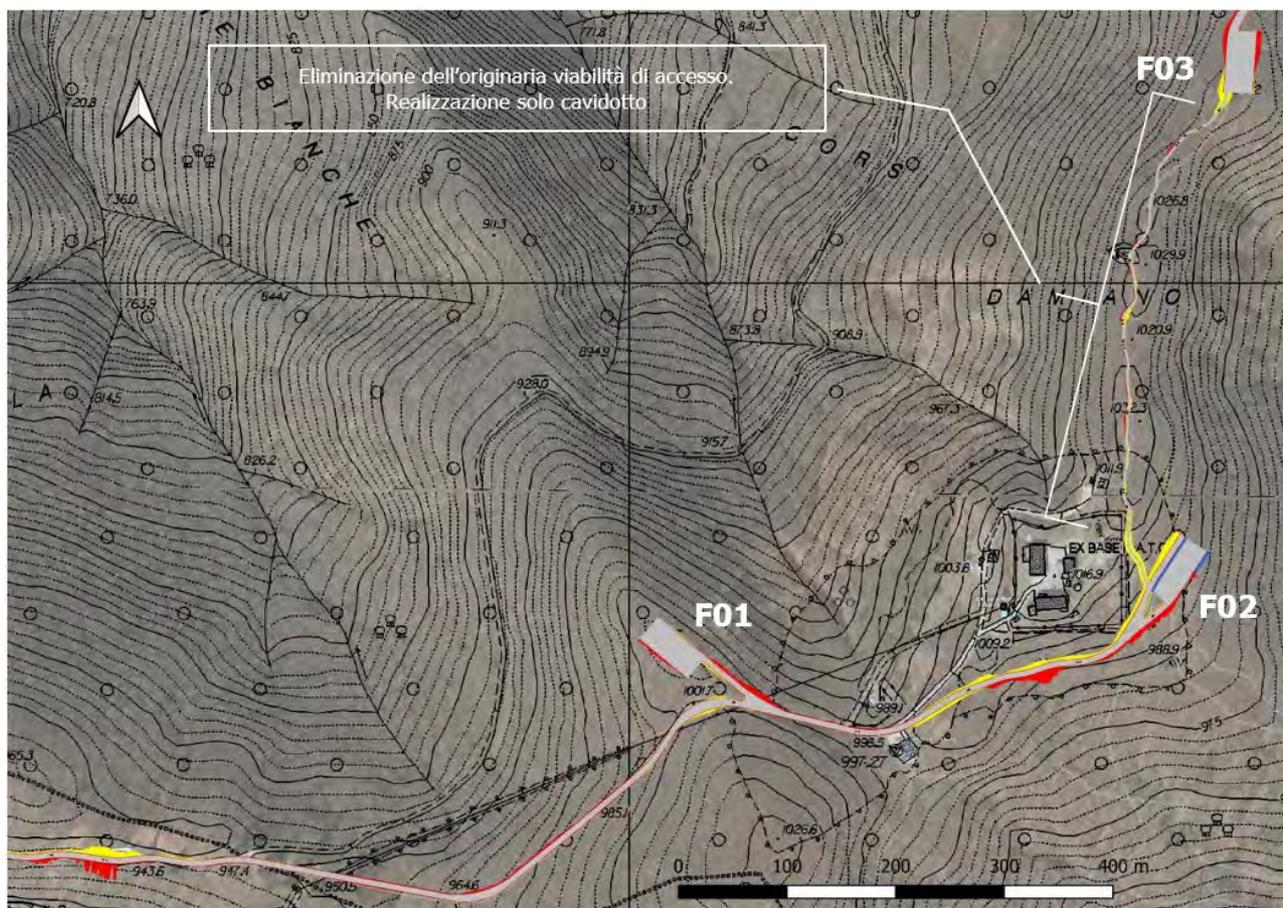


Figura 2: layout di impianto ottimizzato per la viabilità di accesso da Sud

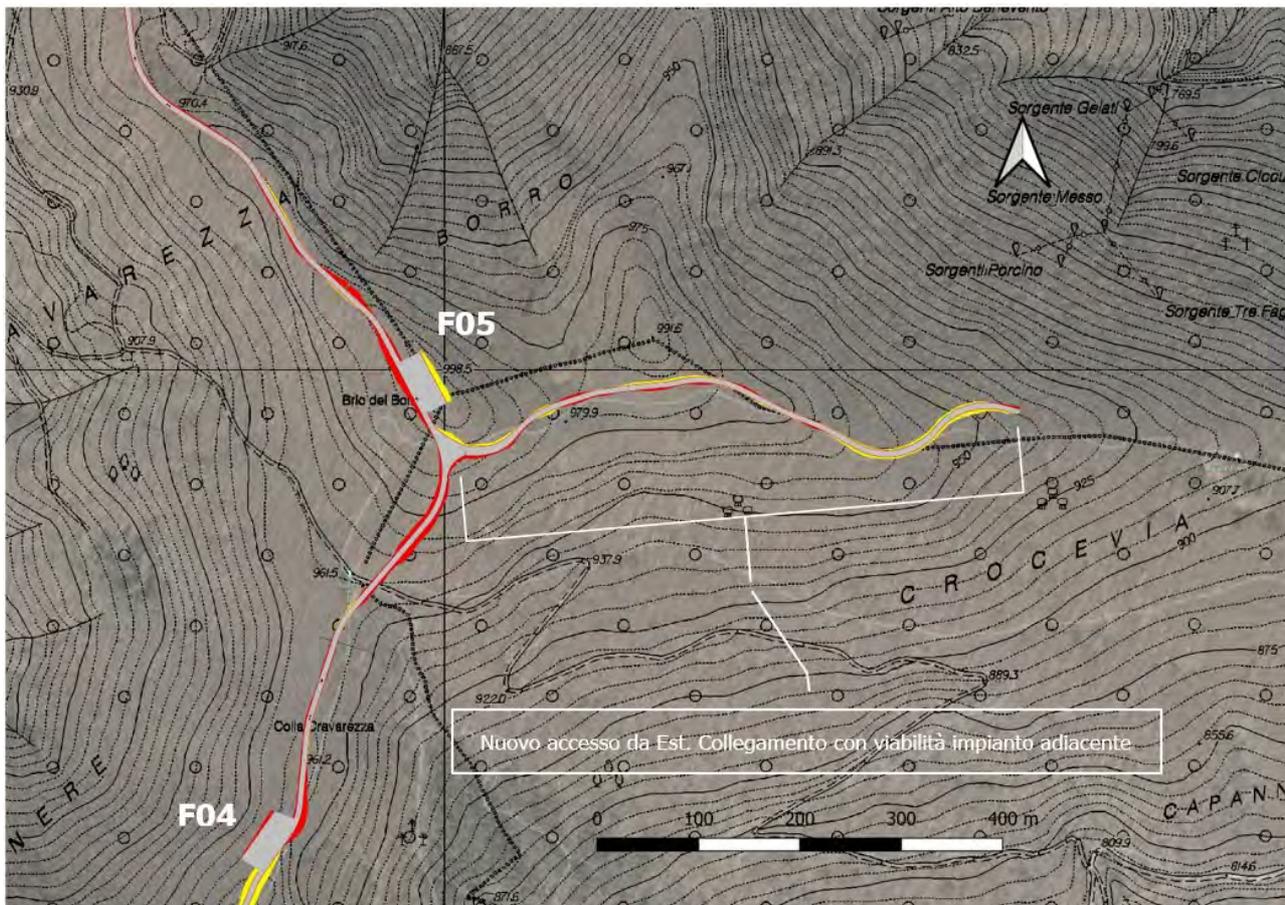


Figura 3: layout di impianto ottimizzato per la viabilità di accesso da Est

Questa nuova scelta consentirà di salvaguardare il tratto di crinale compreso tra F02 ed F03, per una lunghezza di circa 500 m. Tale tratto sarà esclusivamente interessato dalla posa del cavidotto al di sotto del sedime del sentiero esistente, senza modifica permanente dei luoghi, con sostanziali vantaggi da un punto di vista geomorfologico, oltre alla riduzione conseguente, in termini di sterri e riporti, necessari invece in caso di realizzazione della originaria viabilità di accesso.

2. ASSETTO GEOLOGICO GENERALE

L'intero assetto geologico e stratigrafico delle aree di imposta degli aerogeneratori deve essere ricondotto alla presenza del cosiddetto Tegumento Permo-Carbonifero cioè a quell'insieme di terreni che si interpongono tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica e che costituisce la porzione di gran lunga più estesa degli attuali affioramenti di pertinenza brianzonese ligure. Si tratta di terreni di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Permiano superiore di origine in gran parte vulcanica ed in parte sedimentaria continentale.

Facendo riferimento alla Carta Geologica Foglio 228 Cairo Montenotte (Progetto CARG) l'area di imposta degli aerogeneratori è riconducibile alla Unità Tettonostratigrafica di Ormea. La formazione di riferimento è quella dei Porfiroidi del Melogno Litozona delle rioliti calcocaline (PDMc). Si tratta ignimbriti riolitiche e riodacitiche molto scistose, di colore grigio chiaro e verdino con fenocristalli di K-feldspato, quarzo e, subordinati, plagioclasio acido e biotite. Paragenesi metamorfica alpina con fengite, quarzo ed albite (Permiano Inf.).

L'intero ciclo vulcanico, a carattere calcocalino, è stato interpretato come dovuto a fusioni principalmente di settori di crosta continentale conseguenti ad importanti ispessimenti crostali realizzati durante l'evento ercinico.

Si tratta della principale manifestazione dell'intero ciclo vulcanico che caratterizza la messa in posto del Tegumento. L'episodio, associato ad una tettonica fragile tardiva della fase asturiana, porta ad imponenti effusioni (valutato in $5 \times 10^3 \text{ Km}^3$ nel solo settore brianzonese ligure) a carattere eminentemente ignimbrico e composizione da riolitica a riodacitica con subordinati prodotti lavici da riodacitici a dacitici.

Nella stratigrafia di queste vulcaniti sono state distinte varie litozone relativamente omogenee e che si succedono con sufficiente regolarità nell'intero areale brianzonese ligure: queste litozone possono corrispondere a successive fasi evolutive dell'attività vulcanica [1] [2] [3] [4] [5] [6].

In particolare, come anche analisi petrografia di dettaglio svolte dallo scrivente hanno evidenziato, le rocce analizzate ed appartenenti a carote estratte durante sondaggi eseguiti in zona, appartengono alla Litozona C.

Si tratta di metaignimbriti, ovvero di termini metariolitici calcocalini che si presentano talvolta in ammassi con tessiture a fiamma, localmente preponderanti; più spesso risultano privi di tessiture primarie riconoscibili. Questi litotipi, molto scistosi, derivano probabilmente da prodotti piroclastici e in qualche caso presentano indizi di rimaneggiamento sedimentario.

Di particolare interesse risulta l'analisi petrografia microscopica effettuata sulle 3 principali fasi deformative alpine (S1, S2 ed S3) che fornisce interessanti elementi di valutazione in ordine agli orizzonti di debolezza meccanica presenti nella roccia.

¹ Cabella, R., Cortesogno, L., Dallagiovanna, G., Vannucci, R., Vanissi, M., Vulcanismo, sedimentazione e tettonica nel Brianzonese ligure esterno durante il permo-carbonifero, Estr. da: Atti Tic. Sc. Terra, 31, 269-326, 1988.

² Cortesogno, L., Gianotti, R., Oxilia, M., Vannucci, R. et Vanossi, M., Genesi ed evoluzione dello zoccolo pre-mesozoico in alcuni settori del Brianzonese ligure interno, Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 38, 219-260, 1982.

³ Cortesogno, L., Oddone, M., Oxilia, M., Vannucci, R. et Vanossi, M., Le metavulcaniti a chimismo andesitico del Permo-Carbonifero brianzonese (Alpi Marittime): caratterizzazione petrografia e chimica e tentativo di interpretazione geodinamica, Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 38, (2) 581-606, 1983.

⁴ Cortesogno, L., Gianotti, R., Vannucci, R. et Vanossi, M., Le volcanisme permo-carbonifere du Briançonnais Ligure (Alpes Maritimes) dans le cadre des phases tardives de l'orogénèse hercynienne, Sci. Géol., Bull., 37 (1), p. 37-50. Strasbourg, 1984.

⁵ Cortesogno, L., Metamorfismo e magmatismo prealpino nel basamento e nel tegumento delle Alpi Liguri, Mem. Soc. Geol. Ital., 28, 79-94, 1986.

⁶ Guide Geologiche Regionali – Il itinerari Alpi Liguri, a cura Soc. Geol. Italiana, Be-Ma Editrice.

Da un punto di vista strettamente comportamentale, ovvero geomeccanico, i litotipi presenti sono infatti caratterizzati da una evidente scistosità e da fenomeni di fratturazione che tendono a disarticolare completamente l'ammasso predisponendolo quindi a fenomeni anche molto spinti di alterazione.

Il substrato roccioso che risulta spesso affiorante è quasi costantemente associato ad una fascia di alterazione sommitale (capellaccio di alterazione) caratterizzato da potenze localmente variabili e da un passaggio sfumato verso i termini più competenti dell'ammasso stesso. In questo orizzonte è possibile riconoscere la struttura originaria della roccia madre, sebbene il materiale per caratteristiche meccaniche possa essere sostanzialmente assimilato ad un vero e proprio suolo.

Da rilevamenti di superficie ed in sintonia con tutti i dati riferibili alle campagne geognostiche pregresse, si può constatare come, nella fascia sommitale di crinale, interessata dalle future zone di imposta delle fondazioni degli aerogeneratori, le coperture eluvio-colluviali siano poco significative, se non addirittura assenti e, comunque caratterizzate da materiale sabbioso-limoso di scarsa plasticità proveniente dall'alterazione chimico-fisica della roccia del substrato.

2.1. Caratterizzazione petrografica

Al fine di determinare correttamente le caratteristiche petrografiche delle rocce costituenti il substrato dell'area di imposta lo scrivente effettuò una specifica analisi petrografica su sezioni sottili ricavate da campioni di roccia provenienti dalle carote prelevate nel corso della campagna di sondaggi diretti eseguita nel 2004 e la cui esatta ubicazione è riportata in Figura 11, § 4.1.

I certificati petrografici sono riportati in appendice (Allegato 1 - Report indagini petrografiche Pian dei Corsi 2004).

L'analisi fornisce elementi di valutazione in merito al comportamento geomeccanico dei litotipi in oggetto.

I due campioni esaminati sono riconducibili a carote provenienti dal sondaggio S2.



Figura 4: spezzoni di carote oggetto di analisi petrografica

In particolare, il campione S2 11.60 è stato identificato come una **metatufite pelitica** la cui composizione è costituita per il 50% da Miche (Fengite), per il 40% da Quarzo e per il 10% dal Feldspati (Albite).

L'analisi della relativa microfotografia e del particolare [cfr. Figura 5] consentono di identificare una tipica struttura granoblastica Quarzo-Albite (colore grigio punteggiato), un evidente fenoclasto di Quarzo vulcanico (in basso a dx) e Miche lepidoclastiche (colori dal verde al giallo del II ordine) pieghettate a seguito della fase deformativa S1 (ben visibili nella zona centrale dell'ingrandimento) e trasposte con parziale ricristallizzazione lungo la scistosità S2 (colori arancio-rossiccio parzialmente estinti). Di fatto

l'orientazione determinata dalla S2 costituisce il piano preferenziale di sfaldabilità, mentre l'orientazione sul piano S1 risulta senz'altro subordinata alla prima da un punto di vista del comportamento meccanico della roccia.

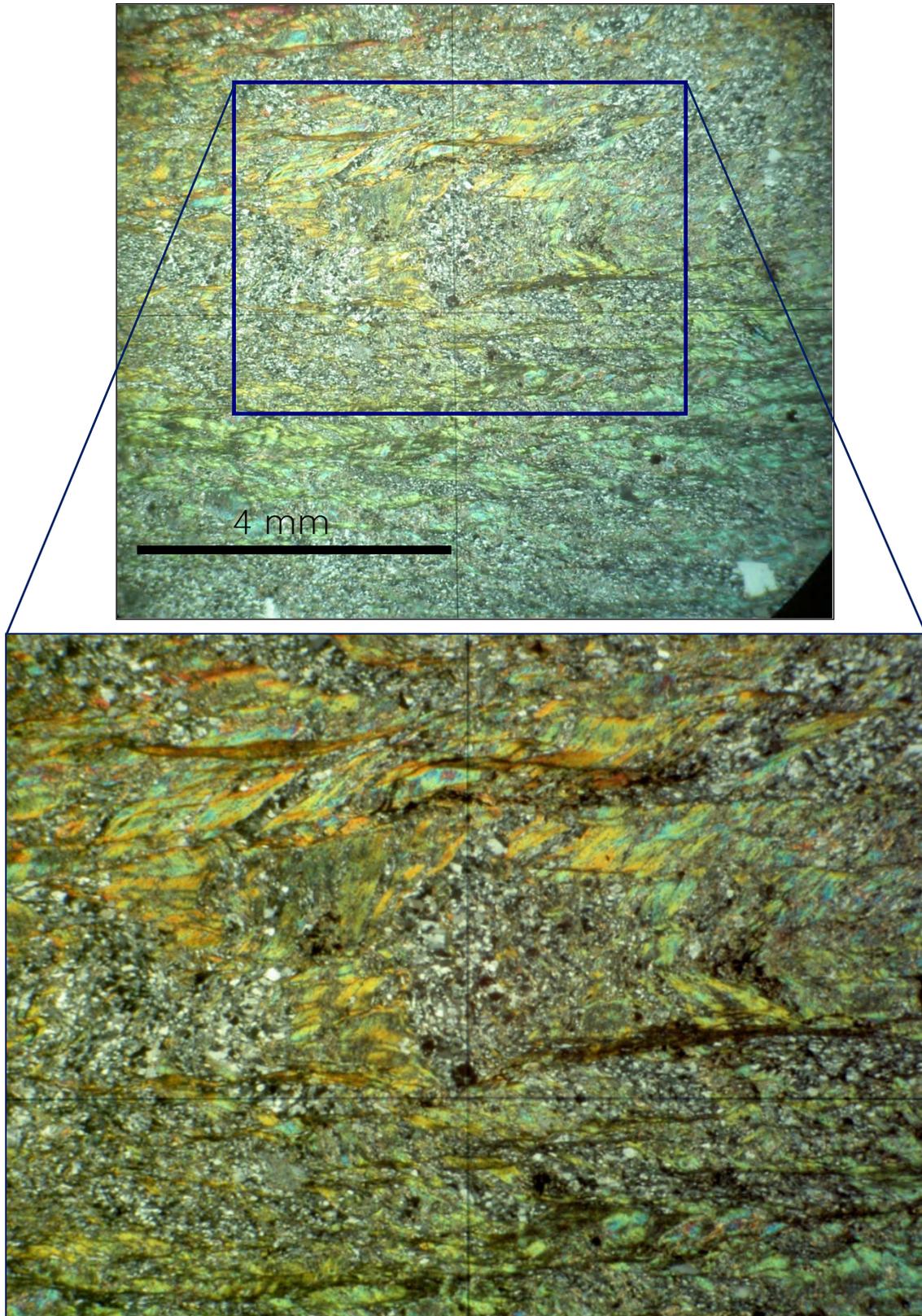


Figura 5: sezione campione S2 11.60 m. Microfotografia in luce polarizzata a nicol incrociati e relativa porzione ingrandita

Il campione S2 6.70 è stato identificato come una **vena a Quarzo-Ankerite in metatufite pelitica**.

L'analisi della relativa microfotografia [cfr. Figura 6] consente di identificare chiaramente una vena subparallela alla S2 con riempimenti di Ankerite (colore bruno) e birifrangenza di ordine superiore. La cerniera appare ripiegata in fase S3 con fratturazione del carbonato e riempimento da parte di Quarzo. Nella zona in basso a destra si osservano le miche orientate in S2 e ripiegate in fase S3.

In alto a sinistra si vede la struttura della roccia incassante in cui sono riconoscibili tracce di miche iso orientate su S1 (generalmente birifrangenze sui gialli), la ridistribuzione delle stesse secondo S2 che è ripiegata in fase S3.

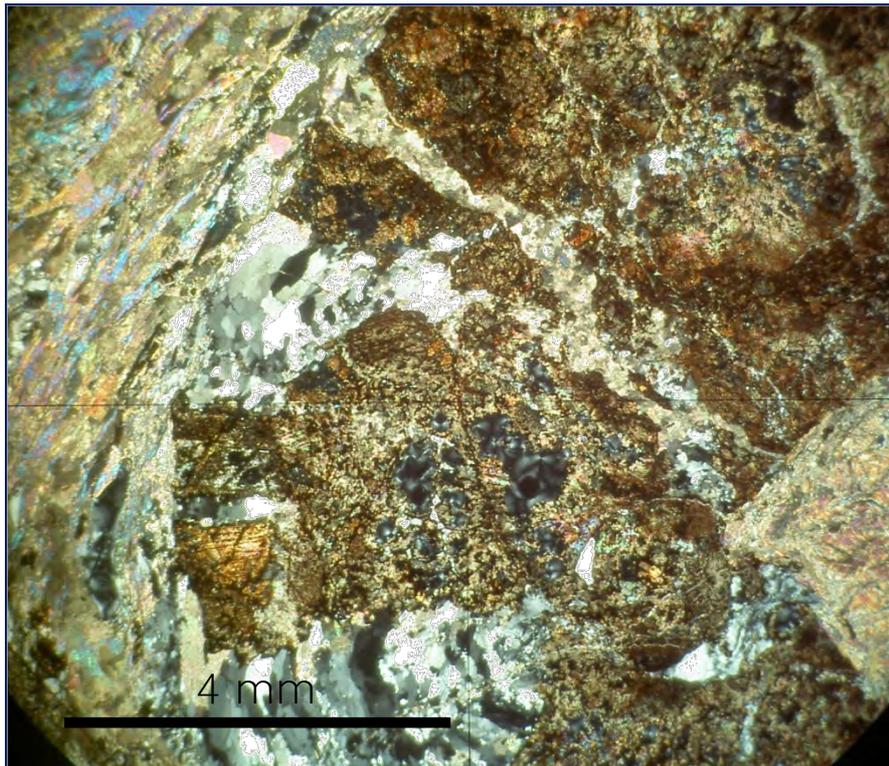


Figura 6: sezione campione S2 6.70 m. Microfotografia in luce polarizzata a nicol incrociati

2.2. Condizioni geomorfologiche

Nell'ambito della valutazione geomorfologia risulta utile sottolineare come il layout di impianto (siti di imposta degli aerogeneratori, viabilità di accesso e collegamento) sia collocato lungo la fascia di crinale in prossimità della linea di spartiacque, quindi senza interferenze significative con i versanti.

In generale va detto come i pendii appaiano regolarizzati secondo un profilo controllato sia dal disegno strutturale, sia dall'evoluzione propria dei litotipi presenti. In entrambi i casi il substrato roccioso, lungo tale fascia di crinale, appare praticamente sub affiorante sebbene caratterizzato da litotipi che presentano, certamente in modo più rilevante nei primi 6-8 metri dal piano campagna, una fratturazione, localmente anche intensa, associata ad elevati livelli di disgregazione e disarticolazione, nonché una elevata propensione ad una rapida alterazione. In tal senso si può parlare del raggiungimento di un equilibrio dinamico del pendio il cui modello evolutivo va ricondotto alla lenta alterazione dall'alto verso il basso del cappellaccio di alterazione e quindi alla formazione di un eluvio progressivamente sottoposto alle azioni gravitative ed alle azioni esterne di modellamento (acque

superficiali). Risulta più che evidente come tali condizioni di raggiunto equilibrio dinamico possano essere fortemente perturbate nel caso dell'esecuzione di tagli lungo il versante che, se non adeguatamente contenuti e protetti, possono instaurare condizioni di possibile instabilità anche a fronte della spiccata predisposizione a subire veloce alterazione da parte del substrato roccioso in questione.

Per quanto riguarda il quadro della franosità, così come rappresentato nella successiva Figura 7, l'intero comprensorio interessato dal nuovo impianto eolico non risulta interessate dalla presenza di frane classificate come attive (Fa).

Lungo i versanti sono invece presenti una serie di forme riconducibili ad accumuli *vecchi* o *molto vecchi* che si chiudono geometricamente in prossimità dei crinali. In particolare, sempre con riferimento alla Figura 7, sono identificate le seguenti principali forme:

- la frana n. 009208500 è classificata come Fq (Frana quiescente);
- la frana n. 009208600 è classificata come Fq (Frana quiescente);
- la frana n. 009216401 è classificata come Fs (Frana stabilizzata);
- la frana n. 009216402 è classificata come Fs (Frana stabilizzata);
- la frana n. 009208500 è classificata come Fq (Frana quiescente).

A queste forme deve aggiungersi anche la n. 009210800 classificata come DGPV (Deformazione Gravitativa Profonda di Versante).

Va subito detto che l'intero layout di impianto (ad esclusione di un limitatissimo di tratto di viabilità interna che verrà trattato nel dettaglio nel successivo § 3) non presenta alcuna interferenza/sovrapposizione con le aree campite e classificate come forme in frana.

2.3. Condizioni idrogeologiche

La circolazione idrica del sottosuolo è condizionata dalla natura dei terreni presenti nel sito.

Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente impermeabili e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce semi impermeabili per fratturazione.

In effetti laddove il substrato roccioso risulti effettivamente più competente e le superfici delle discontinuità pulite e poco alterate le acque hanno possibilità di mobilitazione. Questo è stato verificato nel corso dell'esecuzione del sondaggio meccanico S2 (campagna 2004) con perdita totale di acqua di circolazione a partire dalla quota di -2.80 m e valutata in circa 30 l/min.

In realtà, considerando la spiccata predisposizione al degrado ed all'alterazione di queste rocce, anche l'eventuale circolazione idrica lungo frattura è da considerarsi, comunque, fenomeno tendenzialmente limitato. I materiali di alterazione a matrice fine tendono infatti a tamponare tale circolazione ed impedire lo sviluppo di un vero reticolo sotterraneo. Oltre a ciò si deve considerare la particolare posizione dei siti di imposta proposti. Essi infatti si trovano in prossimità del culmine del versante ad una quota intorno ai 1000 metri sul livello medio marino, escludendo di fatto la presenza di una vera e propria falda acquifera *stricto sensu*. Per quanto riguarda la limitatissima copertura detritica eluviale a componente medio-fine, questa risulta dotata di bassa permeabilità per porosità. Sostanzialmente, quindi, nel terreno detritico di copertura il flusso idrico risulta inapprezzabile. Le ridotte circolazioni idriche presenti nel terreno di copertura sono riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati discontinui spesso isolati e comunque in diretta connessione con gli apporti meteorici. In ordine alla circolazione delle acque superficiali questa è caratterizzata da un limitato deflusso superficiale non incanalato. Siamo infatti in

quella porzione alta di versante caratterizzata dal cosiddetto *reticolo di ordine zero*, nel quale non si rilevano elementi di morfologia fluviale organizzati che, invece, assumono significato a quote inferiori. In questa zona il ruscellamento superficiale è da mettere in relazione ai fenomeni intensi di carattere pluviometrico ed è parzialmente condizionato dalla copertura vegetale presente.

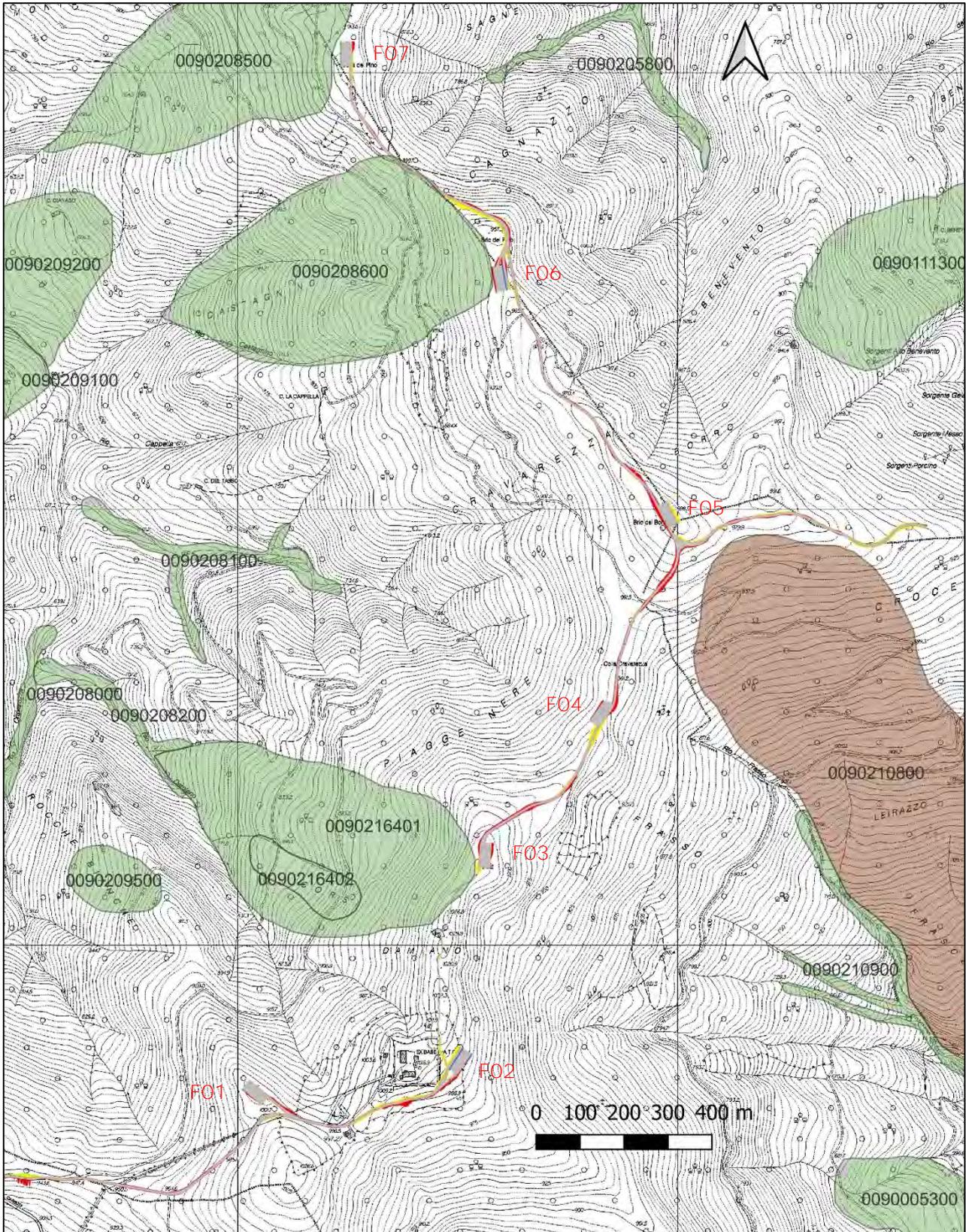


Figura 7: quadro della franosità reale disponibile e relativa numerazione, per l'area di interesse del layout di progetto

3. ANALISI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE DI VALENZA GEOLOGICA

La pianificazione di bacino, sia per la porzione tirrenica che padana rappresenta lo strumento sovraordinato cui fare riferimento in relazione al quadro vincolistico cogente per gli *aspetti geologici* l.s..

L'analisi del quadro vincolistico contiene tutti i livelli informativi propri della franosità esistente e già trattati nel § 2.2.

Ciò detto nel seguito vengono analizzate nel dettaglio le interferenze che la nuova fattoria eolica presenta con gli strumenti vincolistici di natura *geologica*.

- Per le parti di competenza padana si è fatto riferimento alla Carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana (squadro n. 228120 Mallare), ovvero gli shape-files "Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - DGR 428/2021", accessibili e resi disponibili dal Geoportale della RL.

Con D.G.R. Liguria n. 428 del 21 maggio 2021, ai sensi dell'art. 33, c. 6, della l.r. 41/2014, e dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del PAI del fiume Po, è stata approvata una disciplina di tutela coerente con la disciplina del PAI del fiume Po con riferimento alle aree individuate nella Carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana (Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani della Provincia di Savona e di Imperia ai sensi dell'art. 33, c.6, della l.r. 41/2014, e dell'art. 58, Norme di Attuazione del PAI del fiume Po).

La disciplina sulle aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana (entrata in vigore il 9 luglio 2021) si applica nei territori o porzioni di territori non ancora assoggettati a verifica di compatibilità dello strumento urbanistico comunale ai sensi dell'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI Po.

- Per le parti di competenza tirrenica si è fatto riferimento al Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico Ambito di bacino di rilievo regionale Pora (approvato con Delibera Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25.11.2003 e s.m.e.i.). Va ricordato che sebbene dal 17.02.2017 siano state soppresse le Autorità di Bacino ex L. 183/1989 e i relativi organi e sostituite dalle nuove Autorità di Bacino Distrettuali (nella fattispecie Distretto Appennino Settentrionale), i Piani di bacino stralcio vigenti ed analoghi strumenti di pianificazione, a norma di legge (art. 170, c.11, d.lgs. 152/2006), continuano ad essere pienamente applicabili nel territorio di riferimento e le relative disposizioni devono pertanto essere osservate, senza soluzione di continuità, così come restano validi ed efficaci anche tutti gli altri provvedimenti e gli atti emanati in attuazione delle disposizioni di legge abrogate. La disciplina dell'assetto geomorfologico contenuta nelle Normativa di Piano fa riferimento alla Carta della Suscettività al Dissesto dei versanti, Foglio 2 (288120-160 229090-130) del citato Piano di Bacino Pora.

Sintesi generale

In relazione al layout di progetto nella sua versione ottimizzata 2024, e con riferimento alle valutazioni già espresse nel § 2.2 ed alla Figura 7, le posizioni di tutti e 7 gli aerogeneratori (e delle relative piazzole) non ricadono in aree classificate a Pericolosità Molto Elevata (Fa Frane attive), Pericolosità Elevata (Fq Frane quiescenti), Pericolosità Media o Moderata (Fs Frane stabilizzate o DGPV) per quanto riguarda i livelli di pericolosità della porzione padana.

In ordine alla porzione di competenza tirrenica, lungo la fascia sommitale interessata dal layout di progetto che da Pian dei Corsi prosegue verso Colla Cravarezza per giungere fino a Bric del Borro, le aree sono interamente caratterizzate da Suscettività Bassa (Pg1) e Suscettività Media (Pg2) ad esclusione di una piccolissima fascia classificata come Suscettività Elevata Pg3b: si tratta comunque di aree prive di movimenti gravitativi attivi e quiescenti, classificati invece come Pg4 e Pg3a, completamente assenti nelle aree di interesse per il progetto. In Figura 8 gli stralci di interesse della Carta della Suscettività al Dissesto dei versanti (Piano di Bacino Pora) per la zona di crinale toccata dal layout di progetto modificato 2024.

Dunque gli strumenti di area vasta di Pianificazione di Bacino (padano e tirrenico) non determinano condizioni ostative.

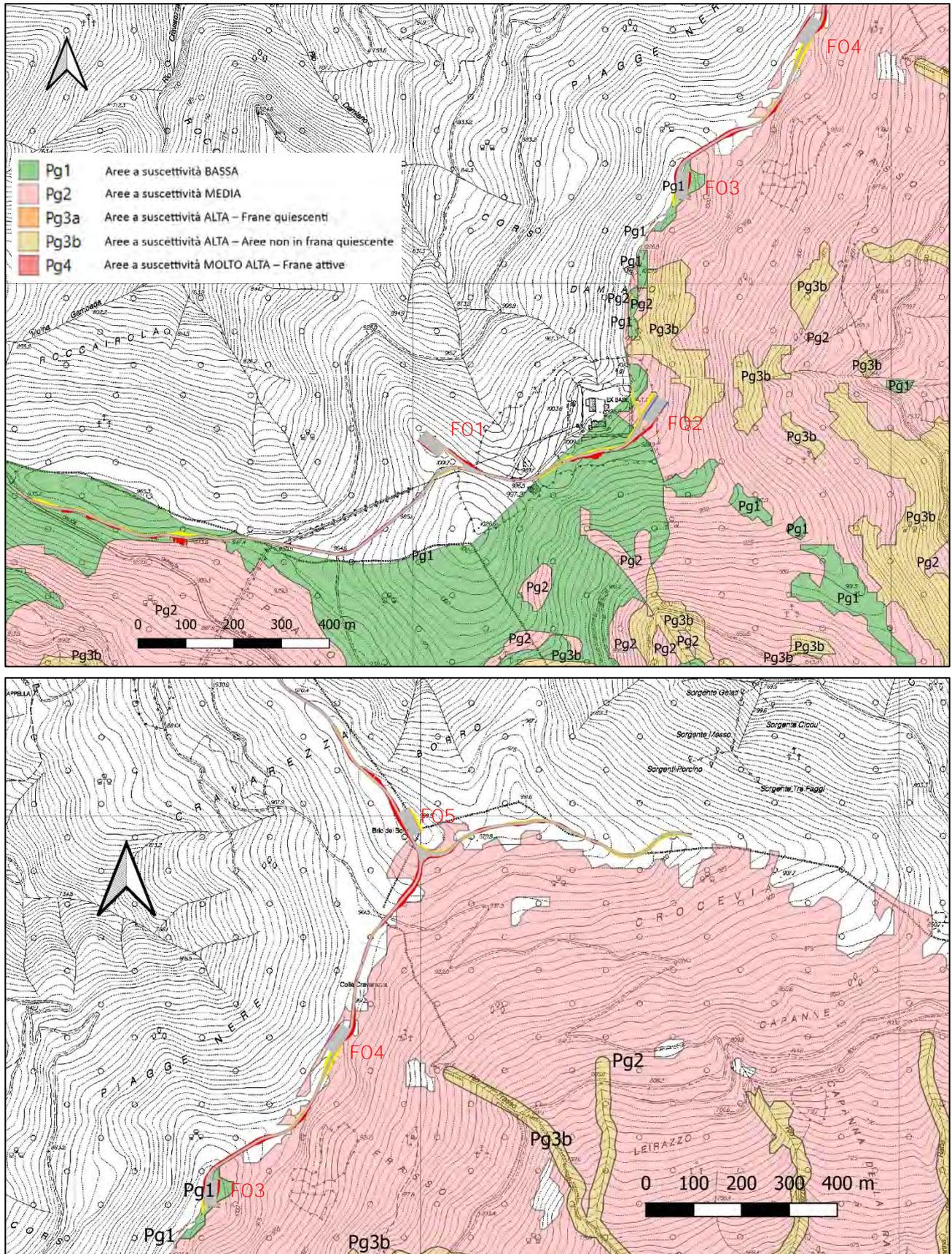


Figura 8: sovrapposizione layout progetto modificato 2024 con Carta della Suscettività al Dissesto dei versanti (Piano di Bacino Pora)

Per quanto riguarda la viabilità interna esiste un limitatissimo tratto di viabilità di collegamento tra F06 ed F07, nella sua versione ottimizzata 2024, che risulta interessare una porzione sommitale della forma classificata come frana quiescente n. 009208600 [cfr. Figura 9].

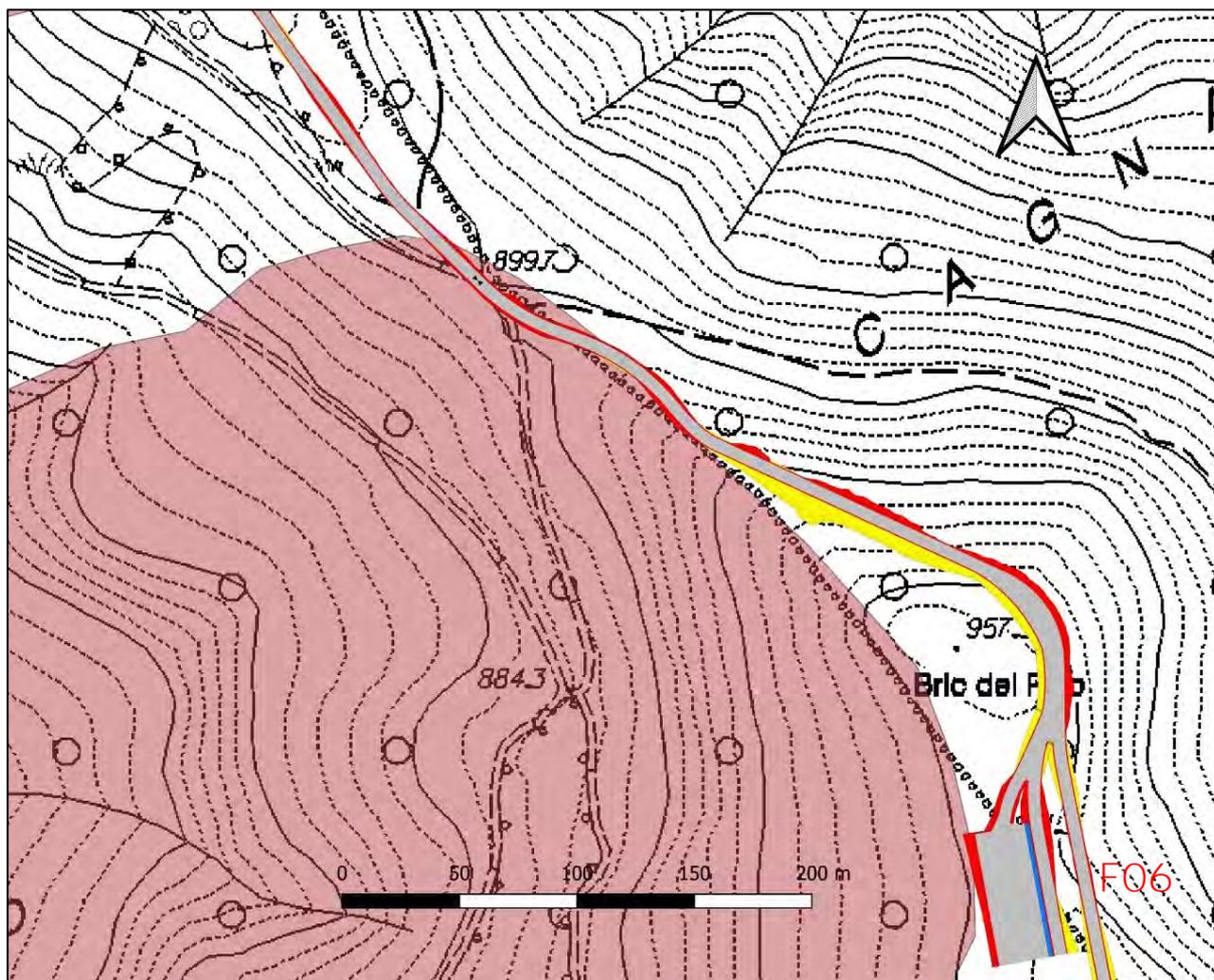


Figura 9: porzione di strada tra F06 ed F07 nel layout ottimizzato versione 2024

Come si deduce con chiarezza dalla Figura 9, il tratto di viabilità, quasi tangente al coronamento della forma, ha uno sviluppo assai limitato, di poco più un centinaio di metri. Il tipo di intervento previsto può senza dubbio ritenersi "trascurabile" in relazione alle condizioni geologiche connesse alla presenza della *forma* ivi campita. L'estensione e la tipologia di interferenza non risultano in grado di modificare le condizioni di stabilità oggi vigenti dell'area.

Peraltro, come già ampiamente disquisito in precedenza, questa *forma quiescente* è da ricondurre ad un accumulo *vecchio* o *molto vecchio* per il quale, sia le informazioni disponibili, sia i risultati delle indagini dirette di campagna svolte sul sito specifico, non evidenziano segni e/o indicatori riconducibili a fenomeni di attivazione.

A tale riguardo (e con l'intento di applicarlo a tutte le forme di versante dell'area di studio) è stata sviluppata anche un'analisi speditiva sui dati interferometrici disponibili e consultabili.

Come noto, infatti, l'informazione derivante dall'analisi interferometrica radar può fornire elementi integrativi negli studi geologici e geomorfologici l.s.

La tecnica applicata per elaborare i dati SAR (Synthetic Aperture Radar) è denominata interferometria differenziale. Essa individua dei bersagli radar a terra caratterizzati da una firma elettromagnetica costante nel periodo di tempo indagato (i cosiddetti diffusori permanenti, ovvero Permanent Scatterers o PS). Tipicamente i PS sono parti di edifici, strutture metalliche, rocce esposte, e più in generale elementi artificiali o naturali già presenti al suolo le cui caratteristiche elettromagnetiche non variano sensibilmente di acquisizione in acquisizione.

L'analisi multi temporale dei PS può essere di supporto nell'interpretazione del comportamento di un'area e, conseguentemente, può essere correlata, in prima approssimazione, alle sue condizioni di stabilità, evoluzione, grado di attività.

L'analisi interferometrica ha una valenza di verifica preliminare, e mira a rilevare eventuali anomalie nella distribuzione e nei valori di velocità dei data set disponibili.

Molteplici esperienze dirette e riferimenti della letteratura specializzata evidenziano come esistano una serie di importanti limiti di varia natura che possono rendere inutilizzabili o, peggio, forieri di indicazioni fallaci, i risultati dell'interferometria radar.

Fra questi, di particolare importanza nel caso di specie, l'assenza di misure in aree prive di bersagli radar quali le aree totalmente vegetate. Ma anche la mancanza di informazioni di spostamento in direzione N-S, le deformazioni prospettiche connesse con l'acquisizione del segnale secondo un certo angolo di vista, la capacità di rilevare deformazioni lungo la linea di vista del satellite. Ciò premesso nel seguito si riportano le evidenze emerse dall'analisi speditiva preliminare di diversi dataset in chiaro.

In particolare ci si è soffermati su due diversi siti:

- Regione Liguria (RL), cartografia *Risknat* sulla piattaforma del geoportale regionale ambientale;
- Piattaforma Comunitaria accessibile grazie al *European Ground Motion Service* (EGMS).

Per quanto riguarda i dati Interferometrici della Regione Liguria [<http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/ambiente-risknat/index.html>] si sono presi in considerazione più Dataset:

- Satellite ENVISAT Ascendente T29 F887 MONTEZEMOLO (Intervallo temporale di osservazione 2003-2010);
- Satellite ENVISAT Discendente T251 F2709 GARESSIO (Intervallo temporale di osservazione 2003-2010);
- Satelliti ERS Ascendente T29 F877 ALBENGA (Intervallo temporale di osservazione 1999-2000);
- Satelliti ERS Discendente T480 F2709 SAVONA (Intervallo temporale di osservazione 1999-2000).

Per quanto riguarda invece i dati presenti sul sito europeo <https://egms.land.copernicus.eu/>, ci si è basati sull'analisi interferometrica multi temporale di immagini a piena risoluzione del radar Sentinel-1. Il EGMS distribuisce diversi livelli di prodotti progressivamente aggiornati. In particolare ci si è soffermati alla piattaforma viewer sui prodotti EGMS CALIBRATED Level 2B, analizzando i seguenti dataset:

- A21 088 Ascending intervallo temporale di osservazione 2018-2022;
- A22 015 Ascending intervallo temporale di osservazione 2018-2022;
- D21 066 Descending intervallo temporale di osservazione 2018-2022.

Pur a fronte dei limiti propri della tecnica sopra indicati e del particolare contesto ambientale in esame (presenza di copertura vegetale che riduce di molto la possibilità di utilizzo di tale tecnica), l'analisi di tutti i dataset lungo i versanti costituenti le aree di interesse per il nuovo impianto eolico, non ha evidenziato presenza di situazioni anomale, ovvero non ha fornito elementi interpretabili come indicatori di potenziali mobilitazione/attivazione delle *forme* ivi presenti o di parte di esse.

RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO

Vincolo idrogeologico

La zona di intervento ricade fra quelle sottoposte a vincolo idrogeologico (ex L.R. n. 4/1999) così come desunto dall'analisi dalla Cartografia originale del Vincolo dei Terreni per scopi idrogeologici Imposto ai sensi dell'art. I del R.D. 30-12-1923 n. 3267 (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste – Milizia Nazionale Forestale – Centuria di Savona – Provincia di Savona).

4. CAMPAGNA DI INDAGINI

4.1. Generalità

Nella successiva Figura 10 è rappresentata la posizione degli aerogeneratori nel layout del presente progetto, distribuiti lungo il crinale che, da Sud a Nord, da Pian dei Corsi, attraverso la Colla di Cravarezza, giunge fino alla Colla del Pino.

Il modello geologico-stratigrafico sviluppato e proposto nella presente relazione deriva, sia dai rilevamenti diretti di campagna, sia dai risultati delle indagini geognostiche eseguite a Pian dei Corsi nel corso del progetto esecutivo per la messa in opera degli aerogeneratori attualmente in opera.

Fra la fine del 2003 e l'inizio del 2004 si eseguirono n. 2 sondaggi diretti a carotaggio continuo ed una campagna di prospezioni sismiche a rifrazione. L'ubicazione precisa delle indagini eseguite è riportata in Figura 11.

Le indagini in situ furono integrate con una serie di prove di laboratorio sulle terre e sulle rocce campionate.

In considerazione della significativa omogeneità litotecnica che contraddistingue l'intera porzione di dorsale tirrenico-padana che interessa il sedime del proponendo progetto, risulta ragionevole utilizzare in questa fase i risultati emersi dalla citata campagna geognostica del 2004 per definire il modello geologico-stratigrafico di riferimento ed una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni implicati ed interessati dalle fondazioni degli aerogeneratori.

Tutti questi elementi saranno da rivalutare in fase esecutiva alla luce delle evidenze che emergeranno lungo le singole verticali delle turbine e, più in generale nell'area del parco eolico, a seguito di specifica campagna diagnostica da eseguirsi in detta fase progettuale.

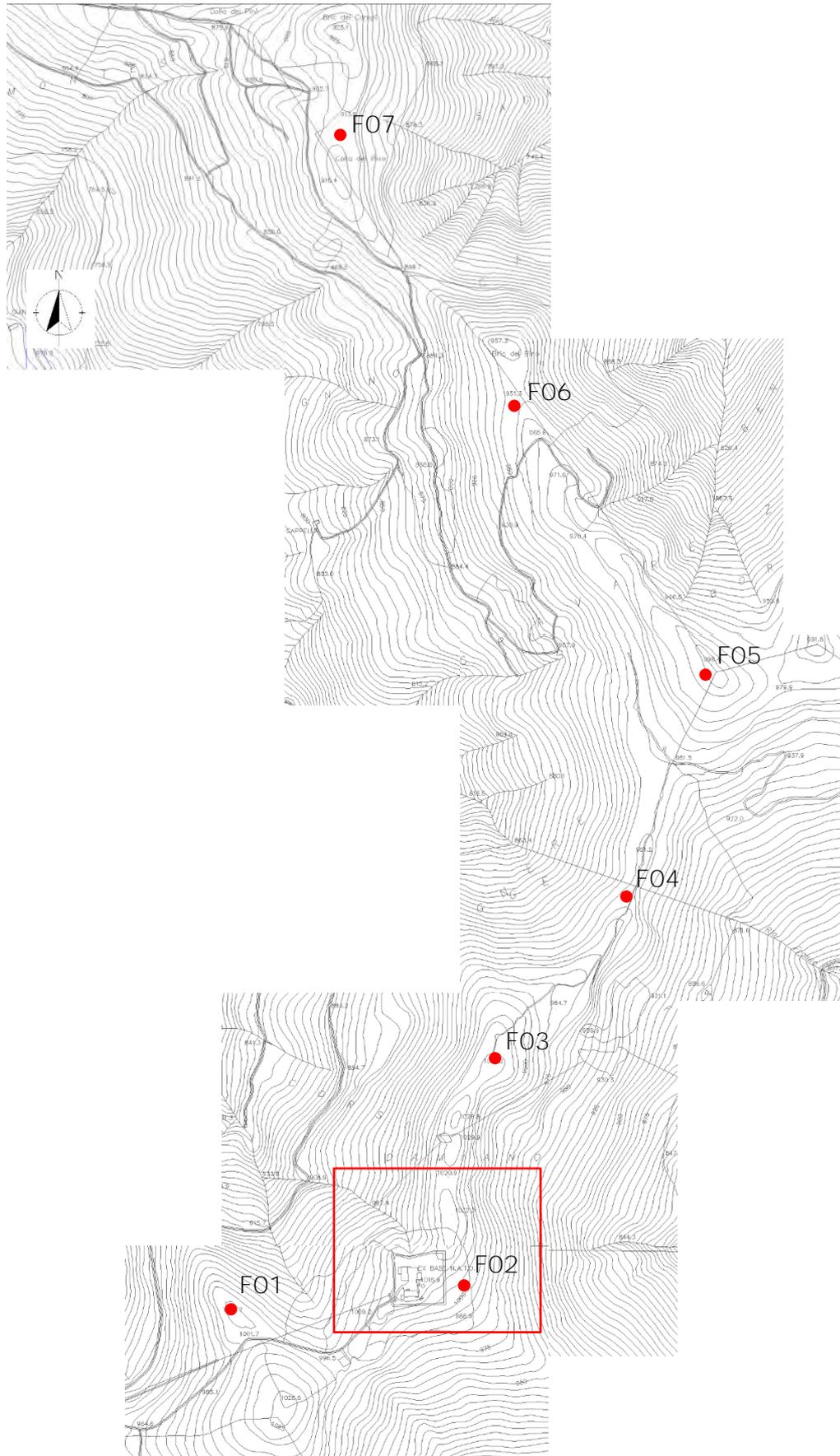


Figura 10: posizione degli aerogeneratori nel layout a progetto. Nel riquadro rosso la zona oggetto della campagna geognostica 2004

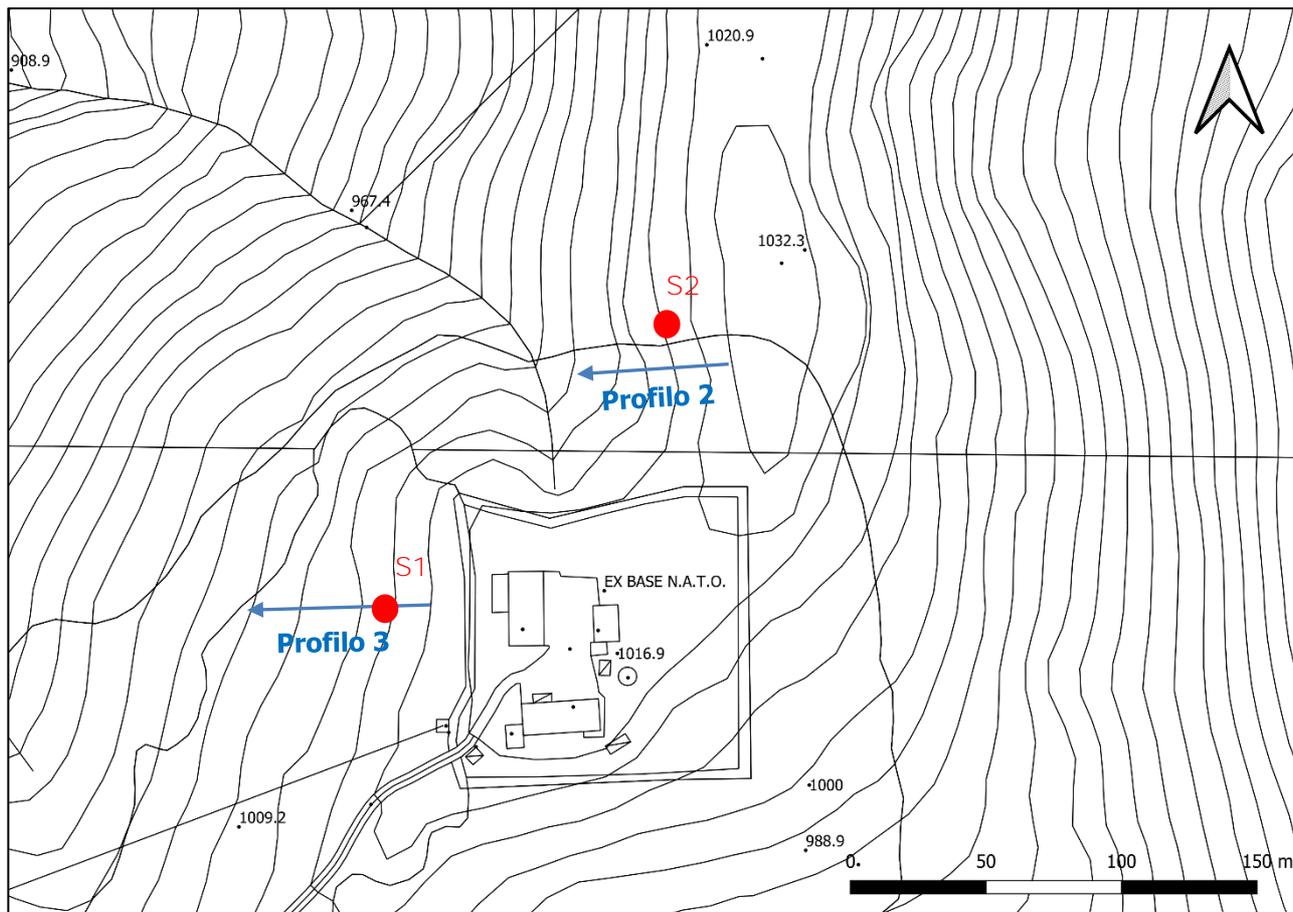


Figura 11: dettaglio dell'area oggetto della campagna geognostica 2004 (come da dettaglio Figura 10)

4.2. Sondaggi geofisici

I sondaggi geofisici eseguiti sono del tipo sismica a rifrazione eseguiti con un sismografo Abem Terraloc Mark 6 a 24 canali.

I profili eseguiti furono 4, in coppia perpendicolari fra di loro.

In generale l'analisi testimonia come i risultati siano reciprocamente compatibili. I valori di velocità ottenuti per ogni strato sono abbastanza costanti sui vari profili.

Nella presente trattazione sono evidenziati specificatamente i risultati delle stese eseguite lungo la linea di massima pendenza: profilo 2 [cfr. Figura 12] e profilo 3 [cfr. Figura 13], mentre l'intero spettro dei dati acquisiti è allegato in appendice (Allegato 2 - Report indagini geofisiche Pian dei Corsi 2004).

In sintesi si può rilevare come il primo strato presenti velocità comprese fra 320 m/s e 460 m/s.

Il secondo strato ha velocità che variano da 800 m/s a 1300 m/s.

La velocità del terzo strato passa da un valore minimo pari a 1775 m/s ad un valore massimo di 2350 m/s; in generale i valori sono più elevati sui profili 1 e 2 (posti più a Nord) e più bassi sui profili 3 e 4 (posti più a Sud).

Lo spessore del primo strato risulta in genere compreso fra 1 m e 2 m.

Il passaggio fra secondo e terzo strato (secondo rifrattore) ha profondità che variano mediamente da 4 m a 6 m; localmente si raggiungono i 7.5 – 8 m.

Questi risultati sembrano ben accordarsi con le evidenze stratigrafiche e litologiche emerse dai due sondaggi diretti eseguiti (S1 ed S2) permettendo la costruzione di un primo modello geologico interpretativo.

Il primo strato è rappresentato dal suolo presente in superficie e da quella fascia superficiale di materiale sciolto che sfuma verso il cappellaccio di alterazione.

Il secondo strato è sostanzialmente riferibile ad un cappellaccio molto alterato e/o fratturato, ovvero ad un substrato roccioso a scadenti caratteristiche meccaniche. Il terzo strato rappresenta il substrato roccioso più o meno alterato e/o fratturato.

Si rammenta che il processo interpretativo sopra sintetizzato si esplica, tra le altre, sotto le seguenti ipotesi vincolanti:

- un profilo sismico non è una sezione verticale del terreno, bensì una sezione perpendicolare al rifrattore; un dato valore di profondità indica che il rifrattore si trova in un punto dello spazio a quella determinata distanza; l'andamento reale degli strati nel sottosuolo si ottiene quindi combinando in 3 dimensioni i risultati di vari profili;
- per ogni strato, la sismica fornisce un valore di velocità che rappresenta in un certo senso la media sull'intero spessore dello strato;
- con la sismica a rifrazione non è possibile individuare inversioni di velocità al di sotto del rifrattore più profondo, cioè non è possibile stabilire se a profondità maggiori dell'ultimo rifrattore esaminato le velocità diminuiscono. Le onde sismiche che determinano i primi arrivi sulle dromocrone viaggiano nello strato a velocità maggiore; tale strato nasconde quindi eventuali strati sottostanti con valori di velocità più bassi;
- nel caso di rocce che presentano piani di debolezza ben definiti (stratificazione, famiglia di fratture, ...), la velocità di propagazione delle onde sismiche può variare sensibilmente in funzione dell'orientazione del profilo rispetto alla giacitura di tali strutture: un profilo parallelo ai piani di debolezza in generale dà velocità più elevate rispetto ad un profilo perpendicolare agli stessi piani.

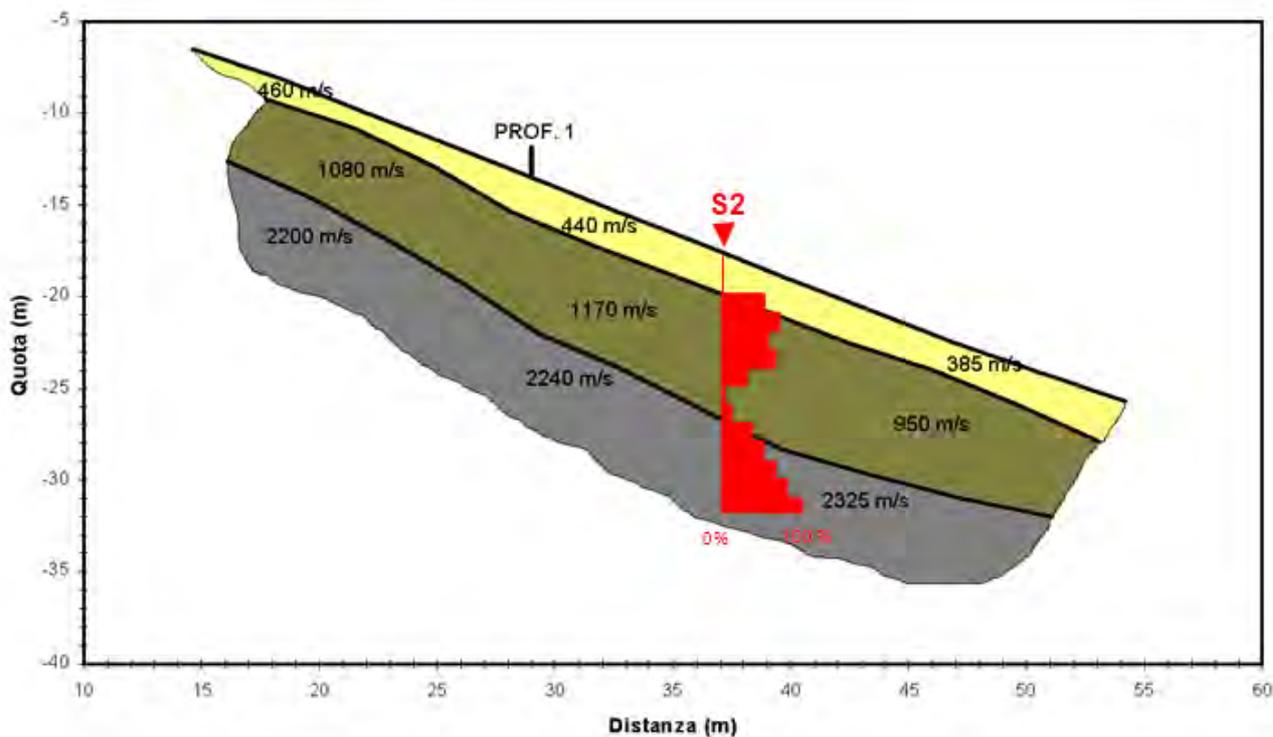


Figura 12: sezione interpretata profilo sismico 2

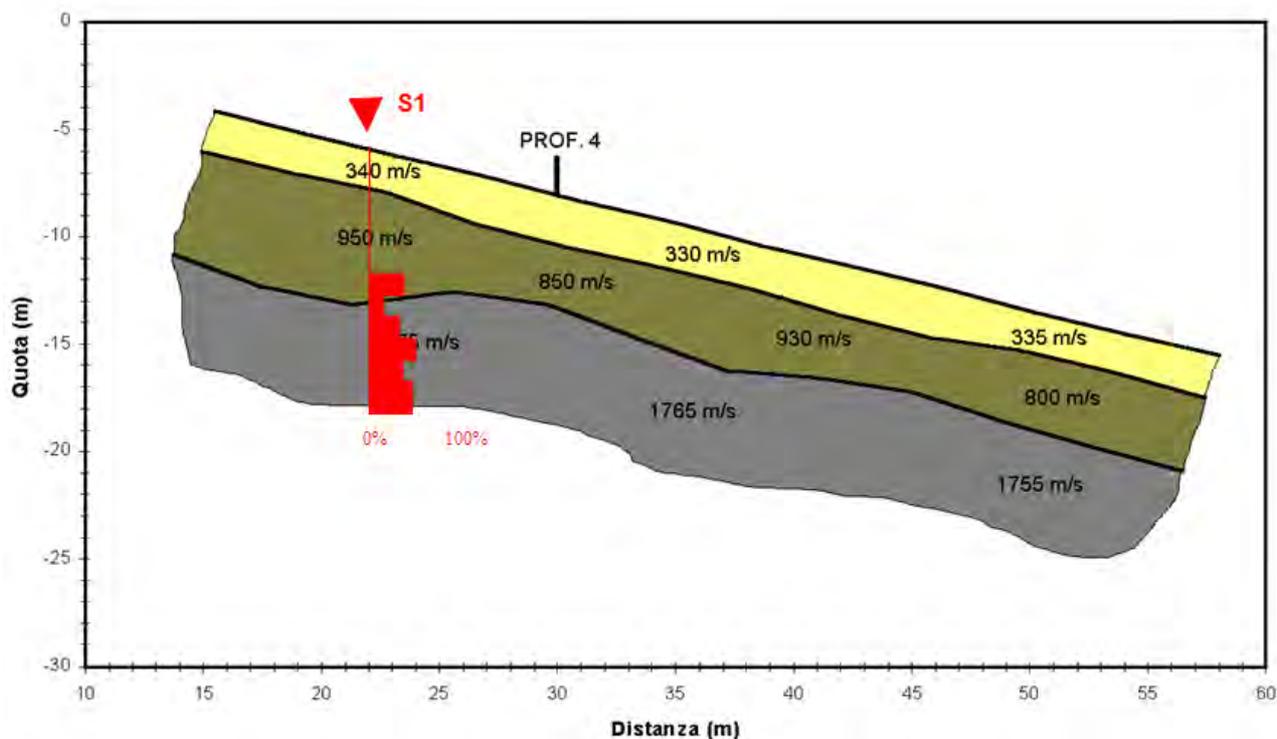


Figura 13: sezione interpretata profilo sismico 3

4.3. Sondaggi meccanici

Entrambi i sondaggi sono stati eseguiti a carotaggio continuo.

Le stratigrafie dei sondaggi (Allegato 3 – Stratigrafie sondaggi diretti Pian dei Corsi 2004) confermano che nella zona investigata il substrato roccioso affiora ad una profondità prossima al piano campagna (mediamente intorno a 1-2 metri).

Il cappellaccio di alterazione che caratterizza il top del substrato roccioso ed in questo sfuma gradatamente, assume maggiore rilevanza nel sondaggio S1, mentre è quasi assente nel sondaggio S2.

Nel sondaggio S1 il substrato roccioso presenta un miglioramento delle caratteristiche meccaniche a partire da – 8.80 m dal p.c.; da questa quota i valori di RQD (Rock Quality Designation) si stabilizzano su valori compresi tra il 35% ed il 50%.

Il sondaggio S2 presenta invece un orizzonte di notevole debolezza fra i 6 e gli 8 metri dal piano campagna: in questo livello sono evidenti profondi fenomeni di alterazione associati ad un incremento della scistosità della roccia e della fratturazione associata (i valori dell'indice RQD scendono allo 0%). A partire dai – 9 m dal p.c. le caratteristiche meccaniche del substrato migliorano progressivamente fino a fondo sondaggio.

Nel sondaggio S1 si sono anche eseguite due prove in situ di tipo SPT negli orizzonti superficiali.

4.4. Indagini di laboratorio

Al fine di integrare adeguatamente la base dati furono eseguite diverse tipologie di prove con l'intento di caratterizzare, sia il substrato roccioso, sia i materiali di copertura, ovvero i materiali del cap-rock che, come noto, pur presentando l'originaria struttura della roccia madre sono sostanzialmente assimilabili a dei suoli e, come tali, possono essere analizzati ed investigati.

Il programma di indagini eseguito ha mirato ad elaborare una caratterizzazione geotecnica il più ampia ed esaustiva possibile con l'intento di fornire indirizzi ed elementi di scelte per la progettazione geotecnica e strutturale.

Le prove sono consistite in:

- prove di compressione monoassiale (strumentate e non) su alcuni campioni di roccia prelevati a diverse profondità nel corso della campagna di sondaggi meccanici;
- prove LPT (Load Point Test) sempre su campioni di roccia prelevati a diverse profondità nel corso della campagna di sondaggi meccanici;
- granulometria, proprietà indici e Limiti di Atterberg su campioni semi-indisturbati relativi al sondaggio S1;
- prove di taglio diretto su campioni semi-indisturbati relativi al sondaggio S1;
- prova triassiale UU su campioni semi-indisturbati relativi al sondaggio S1.

La raccolta completa di tutti i dati delle analisi di laboratorio è riportata nell'Allegato 4 – Report indagini di laboratorio Pian dei Corsi 2004.

5. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Nella successiva Figura 14 è rappresentato lo schema preliminare di modello geologico-stratigrafico di riferimento da ritenersi valido per la fascia sommitale del crinale interessato dalla messa in posto degli aerogeneratori proposti a progetto.

| Riferimento Orizzonte | Spessore medio stimato | Descrizione |
|-----------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0-2 m | Materiali sciolti classificabili come ghiaia limosa con sabbia, sabbia argillosa con ghiaia, in cui la frazione fine rappresenta un'aliquota importante che influenza il comportamento meccanico. Possibili inclusi lapidei verso il <i>cap-rock</i> [Vp media di riferimento ≈ 400 m/s] |
| 2 | 2-6 | Cappellaccio molto alterato e/o fratturato, ovvero substrato roccioso a scendenti caratteristiche meccaniche [Vp media di riferimento ≈ 1000 m/s] |
| 3 | Intero volume significativo | Substrato roccioso metaignimbrítico, più o meno alterato e/o fratturato [Vp media di riferimento ≈ 2300 m/s] |

Le condizioni idriche sono connesse a circolazioni d'acqua che interessano il substrato roccioso. Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente impermeabili e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce semimpermeabili per fratturazione.

Figura 14: schema preliminare del modello geologico stratigrafico area di imposta aerogeneratori

6. ELEMENTI DI RIFERIMENTO A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento al modello geologico stratigrafico elaborato sulla base delle informazioni oggi disponibili, nel seguito vengono forniti alcuni elementi di riferimento utili a definire ed indirizzare il modello geotecnico del sottosuolo a supporto delle verifiche di carattere geotecnico e strutturale.

In tal senso sono proposti intervalli di valori di parametri geotecnici associabili agli orizzonti geologici, ovvero ai litotipi elaborati e con specifico riferimento alla modellazione geologica sopra sviluppata.

Tali valori fanno riferimento a parametri nominali, ovvero medi.

Le elaborazioni relative alla modellazione geologico stratigrafica così come la proposizione dei parametri geotecnici, saranno da rivalutare in fase esecutiva alla luce delle evidenze degli approfondimenti propri di detta fase progettuale.

6.1. Orizzonte 1

I terreni di copertura rappresentano un livello sostanzialmente esiguo. Localmente sono presenti limitate coltri di materiale eluviale derivanti dalla progressiva alterazione del top del substrato roccioso e, scendendo lungo il pendio, ma in prossimità del crinale, limitate coperture eluvio-colluviali.

I dati oggi disponibili consentono di operare una prima caratterizzazione geotecnica di tali terreni che assume una sua significativa rilevanza in funzione delle opere di scavo e riporto previste dal progetto stesso.

Questi terreni sono classificabili come variabili tra una ghiaia limosa con sabbia ed una sabbia argillosa con ghiaia, dove la frazione fine costituisce comunque un'aliquota importante, che ne influenza il comportamento meccanico.

La componente del terreno fine (passante al 200) varia fra il 26.6% ed il 36.4% ed è classificabile come un limo inorganico di media compressibilità.

In relazione ai valori dell'indice di plasticità IP il terreno è classificabile come poco plastico.

Riguardo la resistenza del terreno in esame, si specifica che i parametri di resistenza al taglio non drenati sono stati acquisiti da prova Triassiali tipo UU, mentre, i parametri drenati derivano da prove di taglio diretto.

Alla luce di quanto sopra e tenendo conto delle usuali correlazioni presenti in letteratura si evidenzia che, per i materiali sciolti di copertura presenti lungo i versanti interessati dal progetto, sono stimabili i seguenti parametri di resistenza:

$$c_u = 45-50 \text{ kPa}$$

$$\varphi'_p = 32^\circ-35^\circ;$$

$$c'_p \approx 0 \text{ kPa.}$$

6.2. Orizzonte 2 e 3

Resistenza della roccia

I risultati dei valori di compressione uniassiale σ_c derivati dalle prove effettuate su campioni di carote prelevate nei sondaggi permettono di constatare come, in generale, i valori diametrali siano assai più bassi di quelli assiali. Ciò è da addebitare alla struttura stessa della roccia in cui la scistosità e le foliazioni (talvolta associate a patine di alterazione) sono tendenzialmente

disposte in modo assiale rispetto all'asse longitudinale e quindi costituiscono elemento di debolezza prevalentemente lungo tali direzioni. Peraltro già l'analisi petrografia su questi litotipi evidenzia come le isorientazioni dovute alla fase deformativa alpina S2 risultino dominanti rispetto alle altre fasi e come determinino i maggiori livelli di debolezza meccanica.

Ciò detto si può ragionevolmente ritenere che i valori di σ_c di tipo assiale meglio rappresentino le reali condizioni di sollecitazione sul terreno indotte dalle strutture di progetto in ordine alle problematiche di tipo fondazionale. Tali valori variano da 7.35 MPa a 66.36 MPa.

Il monitoraggio (andamento sforzo-deformazione) eseguito su prove di compressione uniassiale ha consentito di determinare il modulo di deformazione tangente E_t calcolato ad un livello di tensione pari al 50% della resistenza ultima a compressione uniassiale. In particolare, facendo riferimento alle curve assiali $\sigma-\epsilon$ disponibili per campioni prelevati a profondità comprese tra i 10 ed i 12 metri, si sono ottenuti valori di E_t compresi tra 12.5 GPa e circa 18 GPa.

Qualità dell'ammasso roccioso e relativa classificazione

Per quanto riguarda la valutazione della qualità dell'ammasso (nell'ipotesi di *mezzo continuo equivalente*) una prima stima degli indici di qualità dell'ammasso roccioso Q (classificazione di Barton) ed indirettamente del valore di RMR (Rock Mass Rating, classificazione di Bieniawki 1989) è stata ottenuta utilizzando le correlazioni empiriche proposte da Barton (1991 e 1995).

$$Q = 10^{(V_p - 3500) / 1000}$$

(Barton, 1991)

$$RMR = 50 + 15 \log Q$$

(Barton, 1995)

Alla luce dei risultati della stesa sismica (nell'ipotesi di un mezzo a tre strati in cui, come già indicato in precedenza, il secondo ed il terzo strato rappresentano il comportamento medio dei livelli rocciosi presenti caratterizzati da diversi gradi di disarticolazione e degradazione) si è utilizzato il solo valore medio indicativo delle velocità delle onde p: $V_p \cong 2300$ m/s.

Con $V_p = 2300$ m/s $\rightarrow Q \approx 0.0631$ (Classe VIII - *Estremamente scadente*)

Con $V_p = 2300$ m/s $\rightarrow RMR \cong 32$ (livello intermedio della Classe IV - *Roccia scadente*)

Parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso

Volendo ricavare i parametri geomeccanici di riferimento i valori di RMR di base vengono tradotti in termini di resistenza nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb utilizzando le note relazioni:

$$c = 0.005 \text{ BRMR [MPa]}$$

$$\varphi = 5 + 0.5 \text{ BRMR [°]}$$

Sostituendo i valori di RMRb sopra ricavati indirettamente dalle inde sismiche V_p si ottiene:

$$c = 0,16 \text{ [MPa]}$$

$$\varphi = 21 \text{ [°]}$$

In generale si deve tenere conto che tale formulazione tende a sottostimare la resistenza degli ammassi di migliore qualità e sovrastimare quella degli ammassi deboli tettonizzati ed alterati e ciò, soprattutto in termini di coesione.

Un'ulteriore stima della resistenza al taglio dell'ammasso roccioso è stata ottenuta facendo riferimento al criterio di rottura di Hoek-Brown (2002).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma'_{ci} \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma'_{ci}} + s \right)$$

con

σ'_1 tensione effettiva massima principale a rottura

σ'_3 tensione effettiva minima principale a rottura

σ'_{ci} sforzo di compressione uniassiale del materiale intatto

m ed s costanti del materiale

Nell'ambito dell'approccio metodologico sono stati stimati i parametri della classificazione di Hoek-Brown, inserendo dati di input riconducibili ad una roccia con struttura laminata e con condizioni di superfici di giunto di tipo "poor".

In base all'involuppo di rottura ottenuto con il criterio di Hoek-Brown (*involuppo non lineare*), sono stati ricavati i valori istantanei di c e ϕ per un campo di valori della tensione normale ridotto e limitato (parametri Mohor-Coulomb dell'involuppo lineare che meglio si adatta all'involuppo non lineare di Hoek-Brown).

I risultati di tale modellazione sono sintetizzati nella successiva tabella, mentre in Figura 10 viene riportato l'involuppo a rottura studiato appunto attraverso il criterio di Hoek-Brown.

| | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| σ_n (MPa) | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |
| c_i (MPa) | 0.034 | 0.057 | 0.078 | 0.097 |
| ϕ_i (°) | 41.5 | 35.8 | 32.5 | 30.1 |

Riguardo la deformabilità dell'ammasso roccioso una stima di larga massima è stata ottenuta correlando $E_{ammasso}$ ai valori di $E_{materiale}$ (valore riferito a prove eseguite su campioni della stessa tipologia prelevate nel corso dei sondaggi ed all'indice RQD). In particolare si fa osservare che per valori di RQD inferiori al 60-70% generalmente il rapporto $E_{ammasso}/E_{materiale}$ risulta pari a 0.1-0.15. Nel caso specifico è perciò ipotizzabile che $E_{ammasso}$ sia pari a circa 2 GPa.

7. ANALISI IN TERMINI DI AZIONI SISMICHE

7.1. Caratterizzazione sismogenetica

Nel seguito vengono analizzate diverse fonti informative disponibili che fanno capo agli Studi ufficiali finalizzati a caratterizzare le condizioni sismogenetiche e la pericolosità sismica del sito.

In particolare vengono presi in considerazione:

- la Zonazione sismogenetica ZS9 – INGV;
- il DB of Individual Seismogenic Sources DISS v.3.2.1 2018 – INGV;
- il Progetto ITHACA – INGV e DPC;
- i recenti Criteri e linee guida Regione Liguria per l'approfondimento degli studi geologico tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale ex D.G.R. n. 534 del 18.06.2021.

Con riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 l'area di interesse ricade nella Zona identificata con la lettera E che, come noto, non è stata utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica.

La Figura 15 è estratta dall'App.2 al Rapporto Conclusivo (a cura di C.Meletti e G.Valensise, 2004), Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

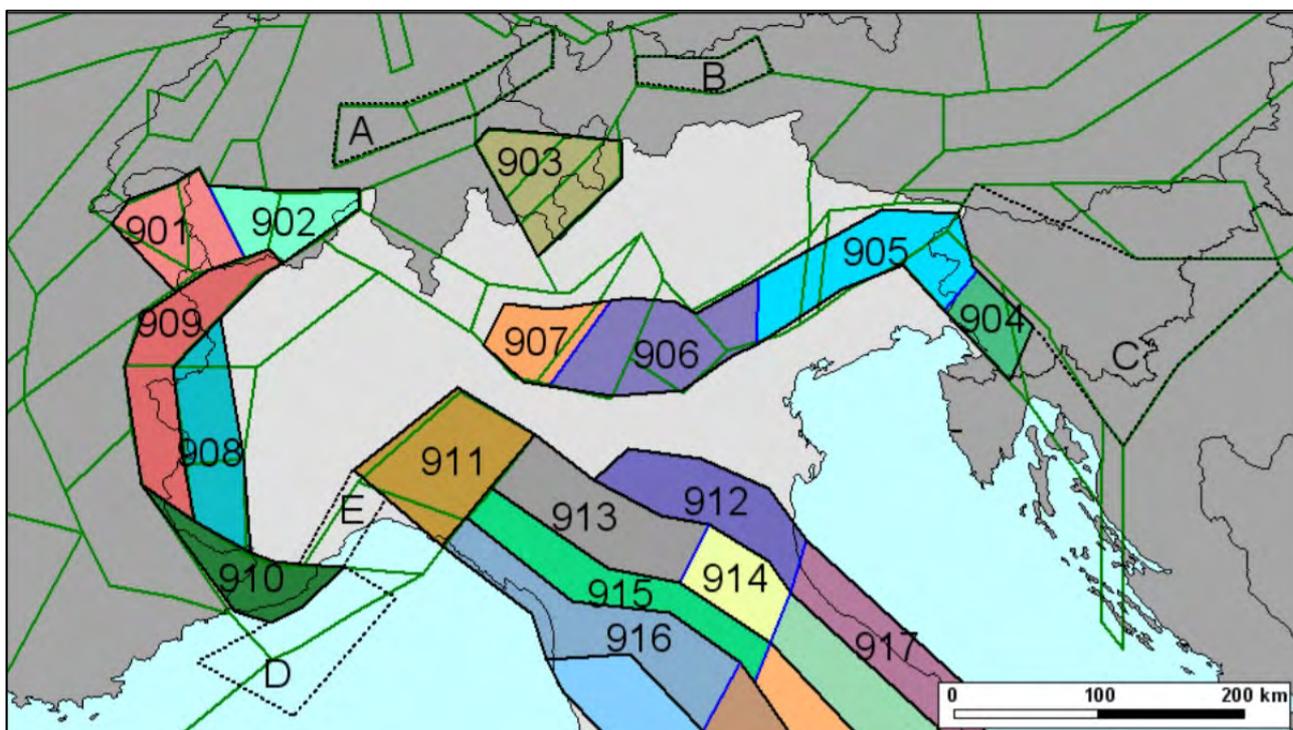


Figura 15: estratto da rapporto conclusivo ZS9 INGV

L'informazione ufficiale disponibile sulle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources DISS v.3.2.1 2018 – Fonte INGV) indica che, per le aree di imposta degli aerogeneratori, non sono segnalate sorgenti sismogenetiche.

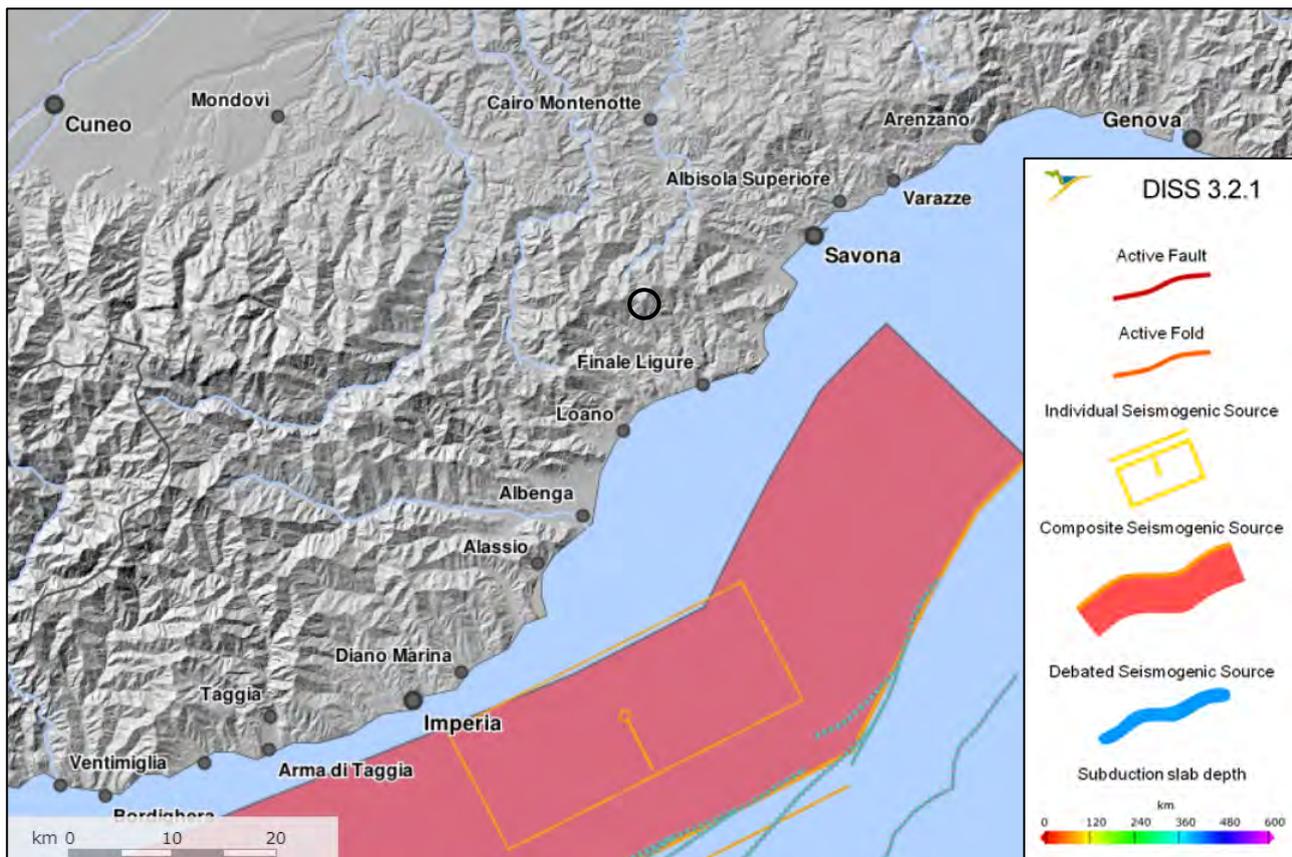


Figura 16: estratto carta DISS v.3 (INGV). Cerchiata in nero l'area di interesse

Il Progetto Ithaca rappresenta un Catalogo che prende in considerazione le faglie attive (come da DISS) valutandone anche la loro possibilità di essere capaci, ovvero in grado di generare dislocazione in superficie acquisendo quindi una rilevanza in termini ingegneristici (da qui la definizione di FAC Faglie Attivi Capaci).

Sebbene si osservi come le aree di progetto non siano direttamente interessate da faglie attivi e capaci esiste però un allineamento definito "sconosciuto" (in termini di attività sismica definita) che corrisponde al fondovalle del torrente Pora a partire dall'abitato di Calice Ligure verso monte [cfr. Figura 17 e Figura 18].

Il significato intrinseco degli elementi definiti dal Progetto come "unknown" va ricondotto a strutture identificate da Ithaca come FAC per le quali non si abbiano sufficienti informazioni per definirne il meccanismo dominante (faglie inverse, dirette, trascorrenti etc).

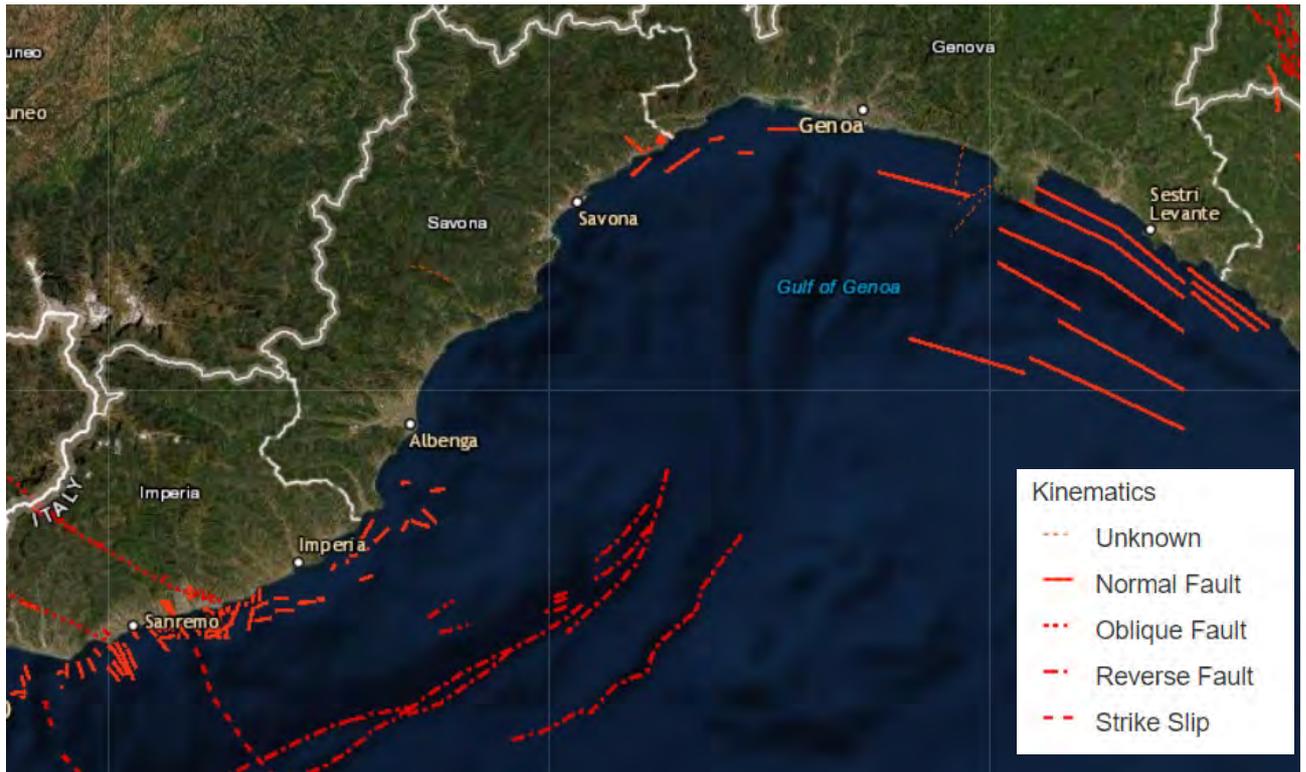


Figura 17: Progetto Ithaca - Estratto da geomapviewer ISPRA - Servizio geologico Italiano su piattaforma ESRI

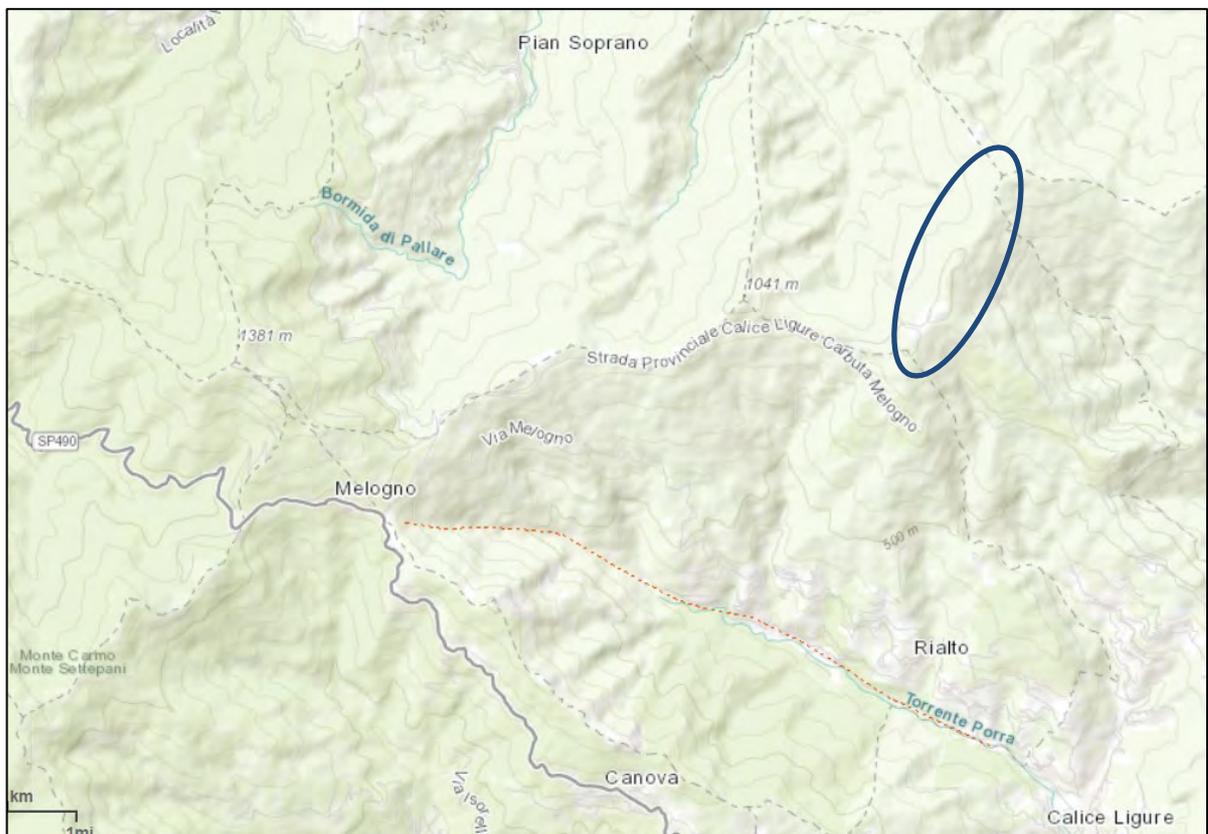


Figura 18: Progetto Ithaca. Particolare della visualizzazione precedente. Cerchiato di blu la zona di imposta degli aerogeneratori

Recentemente però, ed a completamento della trattazione precedente, si deve sottolineare un nuovo contributo scientifico che è stato recepito anche normativamente.

Con D.G.R. Liguria n.534 del 18.06.2021 (L.R. 21 luglio 1983, nr. 29, Criteri e linee guida regionali per l'approfondimento degli studi geologico tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale. Adozione delle Linee Guida per la Gestione del Territorio in Aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)) sono stati infatti rilasciati gli esiti degli studi eseguiti dal DISTAV-UNIGE (Università di Genova - Dipartimento di Scienze della Terra, Ambiente e della Vita) su incarico del Settore regionale Assetto Territorio, proprio in merito al tema delle faglie attive e capaci.

Ricordando che una FAC è una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni e che è in grado di raggiungere, in caso di attivazione, la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno, i risultati contenuti nella D.G.R. citata certificano che in Liguria non sono presenti faglie assimilabili alla tipologia delle FAC.

7.2. Sismicità storica

La sismicità storica del territorio di Calice Ligure è stata ricostruita facendo riferimento al Database Macrosismico Italiano DBMI15 Versione 3.0 Gennaio 2021. La versione 3.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2021 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 2.0 (Locati et al. 2019) che venne pubblicata a novembre 2019.

Le variazioni tra la versione 2.0 e la 3.0 sono dettagliate al paragrafo 6 e consiste nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2017 alla fine del 2019. DBMI v3.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2019.

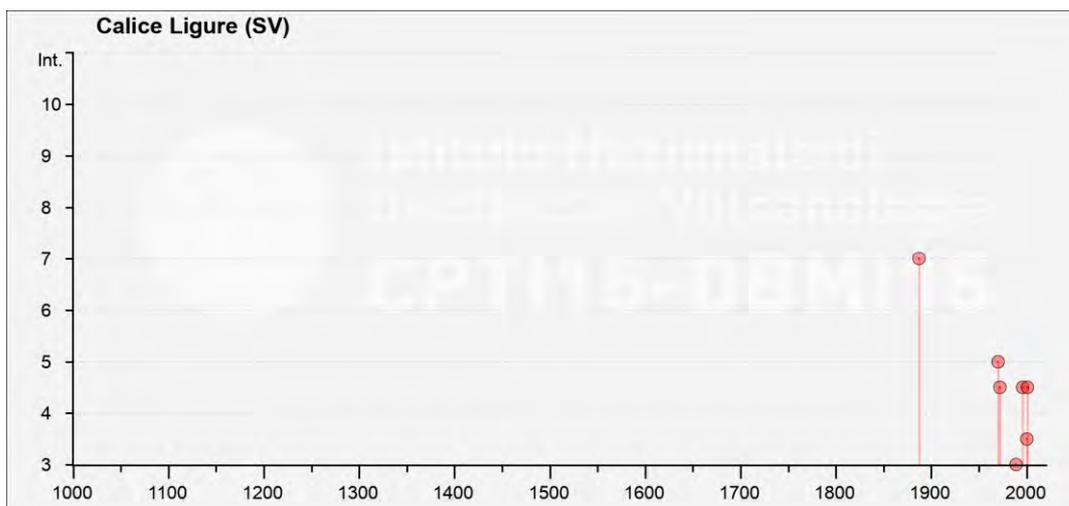
I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI).

L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane (15343 in DBMI15 v3.0), vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità macrosismica, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Facendo una estrazione da tale catalogo per il Comune di Calice Ligure i terremoti selezionati sono 7.

Questi sono nella maggior parte caratterizzati da Intensità ≤ 5 . Solo per un terremoto si è registrata un'intensità macrosismica di 7 della scala MCS (evento del 23 febbraio 1887).

La sintesi dei dati citati è riportata nella successiva Figura 19.



| Effetti | In occasione del terremoto del | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|---------------------|------|-----|------|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io | Mw |
| 7 | 1887 | 02 | 23 | 05 | 21 | 50 | Liguria occidentale | 1511 | 9 | 6.27 |
| 5 | 1970 | 12 | 31 | 22 | 04 | 46 | Liguria occidentale | 79 | 6 | 4.62 |
| 4-5 | 1972 | 01 | 18 | 23 | 26 | | Liguria occidentale | 41 | 6-7 | 4.60 |
| 3 | 1989 | 12 | 26 | 19 | 59 | 5 | Mar Ligure | 290 | | 4.46 |
| 4-5 | 1996 | 11 | 25 | 19 | 47 | 2 | Liguria occidentale | 18 | | 4.01 |
| 3-4 | 2000 | 08 | 21 | 17 | 14 | | Monferrato | 595 | 6 | 4.94 |
| 4-5 | 2001 | 02 | 06 | 22 | 28 | 4 | Mar Ligure | 47 | 4-5 | 4.17 |

Figura 19: estratto DBMI15 Versione 3.0 Gennaio 2021 per il Comune di Calice Ligure

7.3. Pericolosità sismica di base e risposta sismica locale

In base ai contenuti della D.G.R. n. 216 del 17.03.2017 e della Carta delle Zone Sismiche ai sensi D.G.R. n. 962 del 23.11.2018 il Comune di Calice Ligure è classificato appartenere alla zona sismica 3 $P_{ga} = 0.15 g$.

La risposta sismica locale è stata valutata con un approccio di tipo semplificato che si basa sulle Categorie di suolo e topografiche di riferimento in ragione delle condizioni stratigrafiche e delle proprietà rilevate per i terreni implicati.

Come noto la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s) secondo la seguente espressione

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

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato di terreno al di sopra del substrato roccioso ed H è la profondità di quest'ultimo.

Allo stato non disponendo di valori misurati di V_s lungo le verticali degli aerogeneratori proposti, la Categoria di Sottosuolo può essere esclusivamente desunta in maniera indiretta, sia utilizzando i valori sperimentali disponibili delle V_p campagna 2004, sia utilizzando i dati e le correlazioni di letteratura [cfr. Figura 20].

| TIPO DI SUOLO | V_s min [m/s] | V_s media [m/s] | V_s max [m/s] |
|---|-----------------|-------------------|-----------------|
| ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto poco fratturate) | 1400 | 1620 | - |
| ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati) | 700 | 1050 | 1400 |
| SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia) | 375 | 540 | 700 |
| ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose) | 200 | 290 | 375 |
| TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere). | 100 | 150 | 200 |

Figura 20: velocità caratteristiche onde S per diversi tipi di suolo [Borcherdt R. D., 1994. Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification), Earthq. Spectra, 4, 617-653]

Con riferimento alla modellazione geologico stratigrafica proposta, si può dire che l'orizzonte 3 sia classificabile come terreno rigido, ma non è però detto che corrisponda al substrato sismico con $V_s \geq 800$ m/s (probabilmente ha valori prossimi a tale soglia).

Con un'ipotesi di lavoro teorica (fondazione superficiale o fondazione speciale con quota testa pali superficiale) ed utilizzando gli usuali fattori di conversione V_p - V_s è possibile attribuire, in prima approssimazione, sia una Categoria di sottosuolo di tipo E che una Categoria di sottosuolo di tipo B [cfr. Figura 21].

L'amplificazione sismica locale correlabile alle condizioni topografiche è come noto funzione delle condizioni morfologiche. Nella fattispecie si può prendere in considerazione una Categoria Topografica T2 (valore massimo di ST pari a 1,2 alla sommità del versante, valore minimo di ST pari a 1 alla base del versante), ma anche una condizione di cresta attribuendo una Categoria Topografica T3 o T4 [cfr. Figura 22].

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

Figura 21: Categorie di Sottosuolo [ex Tabella 3.2.II Decreto 17.01.18]

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

Figura 22: Categoria Topografica [ex Tabella 3.2.III Decreto 17.01.18]

8. OPERE STRUTTURALI ED INFRASTRUTTURALI ACCESSORIE

8.1. Cavidotto

Il progetto prevede la realizzazione di un cavidotto che a partire dalla fattoria eolica in Colla Cravarezza si sviluppa verso nord fino all'edificio di consegna e nuova Stazione Elettrica siti in comune di Mallare.

Per quanto riguarda il tracciato del cavidotto si faccia riferimento al layout di progetto Elaborato 1454_G15.

Il cavidotto è di per sé un'opera di trascurabile impatto geologico che prevede per la sua messa in opera l'esecuzione di scavi di larghezze e profondità assai limitati. Ciò è tanto più vero in ragione delle specifiche tecniche previste per la realizzazione dello scavo e della sua sigillatura che non determineranno modifiche misurabili rispetto alle condizioni di stabilità attualmente vigenti. Inoltre per molta parte del suo sviluppo il tracciato del cavidotto andrà ad interessare sentieri e stradine già esistenti e, dunque, non si configura la necessità di modificare lo stato dei luoghi esistente.

Per quanto riguarda le sezioni tipo di scavo dei cavidotti si faccia riferimento al layout di progetto Elaborato 1454_G16.

Per le interferenze con la rete idrografica si faccia riferimento alla specifica Tavola allegata al Progetto, Carta delle interferenze su C.T.R. (Elaborato 1454_G17), mentre per le soluzioni progettuali adottate si faccia riferimento alla Carta dei particolari tipologici per la risoluzione delle interferenze dei cavidotti (Elaborato 1454_G18).

Assetto geologico generale

Il tracciato si sviluppa attraverso un'area interessata da diversi litotipi che, se si escludono le tratte di fondovalle, riguardano terreni molto antichi riconducibili a diverse Unità Tettonostratigrafiche.

Con riferimento alla Carta Geologica d'Italia (scala 1:50000 foglio 228 Cairo Montenotte) i terreni interessati risultano appartenere alla Formazione dei Porfiroidi del Melogno (PDMc), alla Formazione degli Scisti di Gorra (GRR), alla Formazione di Murialdo (FMU), alla Formazione di Ollano (OLL) ed alla Formazione delle Metarioliti di Case Lisetto (MLO).

Gli scavi previsti sono tutti superficiali ed interferiranno con le coltri e, solo marginalmente, con il top dei terreni rocciosi di substrato.

Quadro vincolistico

Con riferimento alla disciplina vincolistica cogente, che fa riferimento alle Carte della Pericolosità idraulica e geomorfologica da frana per il dominio padano (Tavola 29 Squadro n. 228120 – Mallare e Tavola 25 Squadro n. 228080 – Pallare, ex D.G.R. Liguria n. 428 del 21 maggio 2021) ed alla Carta della Suscettività al Dissesto PdB Pora per il dominio tirrenico, il tracciato del cavidotto non presenta condizioni ostative.

Ciò premesso nel seguito sono evidenziate nel dettaglio le interferenze "geomorfologiche" del layout del cavidotto, ovvero i tratti, peraltro limitatissimi in rapporto all'estensione dell'infrastruttura, che si sviluppano all'interno di forme identificate dalla pianificazione di bacino.

1. Tratto di cavidotto di circa 60 metri lineari in prossimità della piazzola F03 che intercetta la parte sommitale della Frana stabilizzata (Fs) n. 0090216401 caratterizzata da una pericolosità media/moderata. [cfr. Figura 23].

Il cavidotto interesserà il crinale. Si tratta di un intervento di rilevanza ed impatto minimi, con chiusura e sigillatura dello scavo e ripristino delle condizioni iniziali. Non sono quindi prevedibili alterazioni misurabili a scala di versante, trattandosi di fatto di un'interferenza di tipo superficiale, transitoria che non comporta sovraccarichi e/o modifiche morfologiche del profilo esistente.

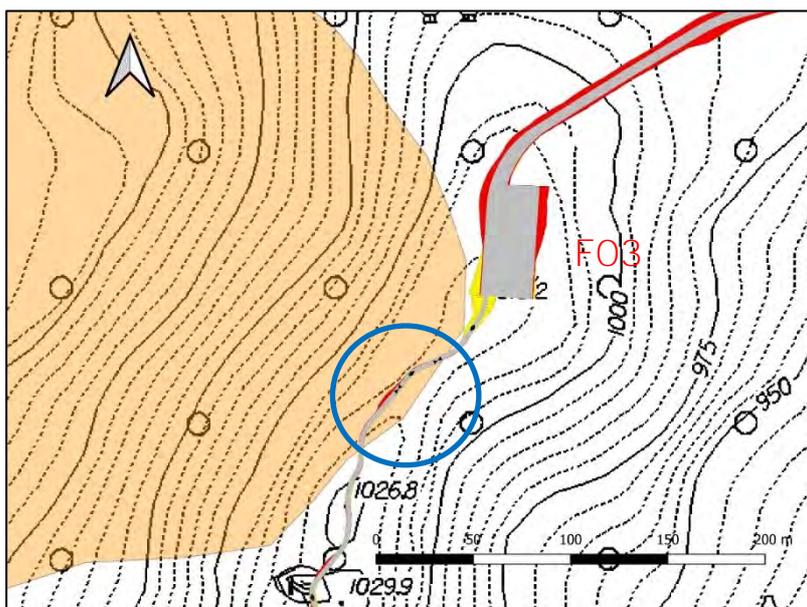


Figura 23: tratto di cavidotto che risulta sovrapposto alla Fs n. 0090216401

2. Tratto di circa 200 metri di lunghezza lungo il versante in destra del rio Biterno che da Colla San Giacomo scende verso Mallare.in corrispondenza della Frana quiescente (Fq) n. 0090207300 caratterizzata da una pericolosità elevata [cfr. Figura 24].

Il cavidotto sarà posato lungo la stradina esistente senza modifica alcuna dei profili morfologici e senza determinare alterazioni misurabili a scala di versante. Di fatto rappresenta un'interferenza di tipo superficiale che non comporta sovraccarichi e/o modifiche morfologiche del profilo lungo il pendio.

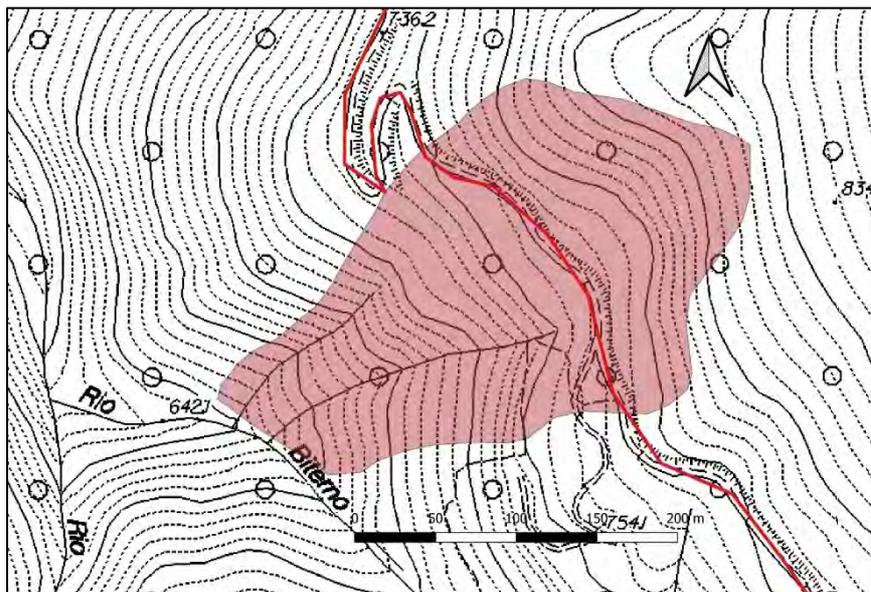


Figura 24: in rosso il tracciato del cavidotto che scende da Colla S.Giacomo in destra idrografica del rio Biterno

3. Tratto di cavidotto che interessa per circa 650 metri il versante esposto Nord che scende dal Monte Alto, in corrispondenza della DPGV n. 0090205500 caratterizzata da una pericolosità moderata [cfr. Figura 25].

Anche in questo caso la posa del cavidotto determinerà uno scavo superficiale, che sarà poi successivamente chiuso e sigillato, senza modifica dei profili morfologici, senza determinare alterazioni misurabili a scala di versante che non comporta sovraccarichi e/o alterazioni in relazione alle condizioni di stabilità pregresse.

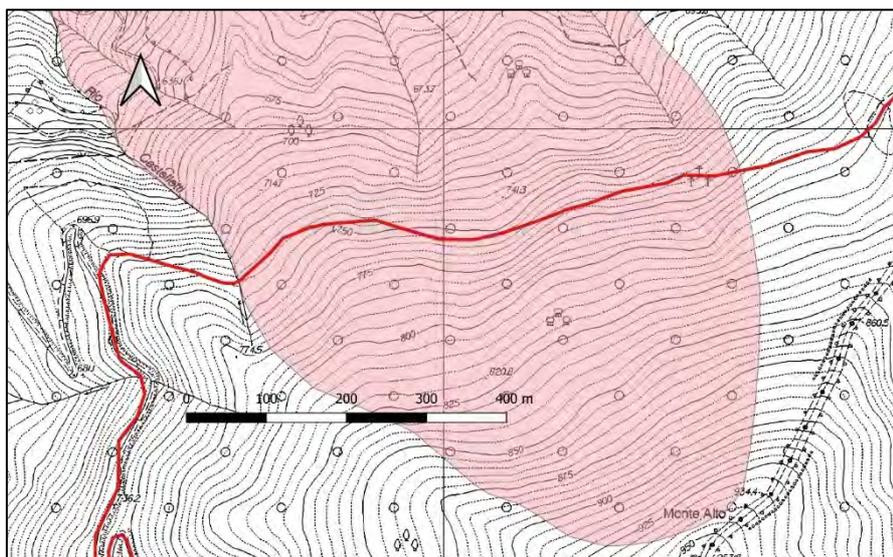


Figura 25: in rosso il tracciato del cavidotto che scende da Colla S.Giacomo in destra idrografica del rio Biterno

RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO

Ciò detto, per completezza di analisi e per meglio caratterizzare la specificità delle forme interessate dal tracciato del cavidotto, si richiamano le risultanze dei rilievi diretti di campagna integrati dalle analisi interferometrica [cfr. § 3], che non hanno evidenziato presenza di situazioni anomale, ovvero non hanno fornito elementi interpretabili come indicatori di potenziali mobilitazione/attivazione delle *forme* ivi presenti o di parte di esse.

RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO



ALLEGATO 1

Report indagini petrografiche Pian dei Corsi 2004

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DIPARTIMENTO PER LO STUDIO DEL
TERRITORIO E DELLE SUE RISORSE

Corso Europa, 26
16132 GENOVA
Fax 010.352.169



Tel. 010.353.8811

Amministrazione
Tel. 010.353.8083-4

Cod. Fisc. 00754150100

| | | |
|---|---------------|----|
| UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA DIP. T. E. RIS. - DIPARTIMENTO PER LO STUDIO DEL TERRITORIO E DELLE SUE RISORSE | | |
| PROT. N° 199 | DEL: 10/02/04 | |
| CLASSIFICAZIONE | XII | 16 |

Genova, 9 Febbraio 2004

Spett. Studio Cipolla Sebastiani
Geologi associati
Via di Scurreria 2 int. A
16123 Genova

Oggetto: relazione petrografica su 2 campioni da Voi forniti e siglati Pian dei Corsi S2 11.60 e Pian dei Corsi S2 6.70

Campione Pian dei Corsi S2 11.60

Nome roccia: metatufite pelifica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno)

Composizione: Fengite 50% volume

Quarzo ≈40% volume

Albite ≈10% volume

Magnetite tracce

Titanite tracce

Zircone tracce

Pirite tracce

Tessitura: blastoporfirica con fenoclasti di quarzo vulcanico (talvolta con lamelle di Böhmer) in aggregati a bande submillimetriche di fengite e quarzo. La fengite conserva tessitura lepidoblastica, disposta su una scistosità di picco metamorfico (S₁) largamente ripiegata e in parte trasposta su una scistosità S₂ associata a debole ricristallizzazione.

Quarzo e albite si presentano in aggregati finemente granoblastici.

Micropieghe di fase 2 molto frequenti.

Il responsabile
Prof. Luciano Cortesogno

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DIPARTIMENTO PER LO STUDIO DEL
TERRITORIO E DELLE SUE RISORSE

Corso Europa, 28
16132 GENOVA
Fax 010.352.169



Tel 010.353.8311

Amministrazione
Tel. 010.353.8083-4

Cod.Fisc. 00754150100

Genova, 9 Febbraio 2004

Campione Pian dei Corsi S2 6.70

Nome roccia: Vena a Quarzo-Ankerite in metatufite pelitica (Formazione dei Porfiroidi del Melogno)

Composizione: Ankerite

Quarzo

Ossidi e idrossidi di Fe

Calcite

Tessitura: vena polifasica con tessitura dovuta a I) precipitazione dei minerali di riempimento all'interno di una frattura subparallela ad un precedente piano di scistosità S_2 della roccia.

II) ripiegamento con deformazione e ricristallizzazione.

Alla saibanda: quarzo, calcite, fengite, intensamente ricristallizzate.

La vena sembra essersi sviluppata parallelamente alla S_2 e successivamente deformata in fase S_3 .

Il responsabile
Prof. Luciano Cortesogno

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'L. Cortesogno', written over the printed name of the responsible professor.

Allegato: 3 microfotografie

RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO



ALLEGATO 2

Report indagini geofisiche Pian dei Corsi 2004

SISMICA A RIFRAZIONE

STRUMENTAZIONE E PROGRAMMI

SISMOGRAFO

Abem Terraloc Mark 6 a 24 canali.

Sismografo digitale ad elevata dinamica e sensibilità.

Le principali caratteristiche tecniche dello strumento sono:

- passo di campionamento = selezionabile da 0.025 ms a 2 ms;
- durata della registrazione = selezionabile da 3.2 ms a 32.7 s;
- filtri analogici in acquisizione = anti-aliasing, notch, high-pass;
- possibilità di sommare le tracce, fino a 999 stacks;
- possibilità di pre-trig o delay time;
- convertitore A/D = 21 bit (18 ADC + 3 IFP);
- range dinamico teorico = 126 dB;
- range di frequenza = 1 - 4000 Hz;
- computer interno con processore 486;
- visualizzazione delle tracce a video, per verifiche in fase di acquisizione.

GEOFONI

Geofoni verticali 10 Hz **SM-4B** e **GEOSPACE**.

PROGRAMMA DI LETTURA DEI TEMPI

Programma al computer per la lettura dei tempi di arrivo delle onde sismiche: **Abem MK6**.

Dispone delle seguenti funzioni:

- visualizzazione delle tracce complessivamente o singolarmente;
- zoom delle tracce;
- analisi spettrale;
- filtraggio digitale (lowpass, highpass, bandpass, bandreject, alpha-beta, ...);
- normalizzazione delle ampiezze;
- applicazione di vari tipi di guadagno, ...

METODO DI INTERPRETAZIONE DEI DATI

I tempi letti sono interpretati sulla base del **Generalized Reciprocal Method** (GRM, Palmer D., 1980).

Le principali caratteristiche specifiche del metodo sono:

- utilizzo di più shot per ogni stesa, per risolvere le ambiguità relative a: lettura dei tempi di arrivo, riconoscimento dei vari strati, fasi interpretative finali;
- analisi puntuale delle dromocrone, che permette di definire le variazioni laterali di velocità e profondità di ogni rifrattore;
- presenza di vari parametri di controllo, per valutare l'affidabilità delle soluzioni parziali e finali e per individuare eventuali strati nascosti o inversioni di velocità;
- possibilità di utilizzo in condizioni topografiche accidentate.

PROGRAMMA DI INTERPRETAZIONE DEI DATI

Programma al computer per l'interpretazione dei dati con il GRM: INREPEX **GREMIX**.

Le principali caratteristiche sono:

- possibilità di riconoscimento di più rifrattori, per un massimo di 4;
- possibilità di utilizzo per ogni profilo di più shot, per un massimo di 9, e di 69 geofoni per ogni shot;
- interpretazione interattiva, che permette le seguenti funzioni: riconoscimento dei vari strati sulle dromocrone basandosi sul confronto fra diversi shot, controllo dei tempi reciproci, utilizzo di un xy medio per ogni rifrattore o riconoscimento del valore di xy ottimale per ogni singola coppia di shot, visualizzazione della sezione in tempi con i risultati derivati da ogni coppia di shot, utilizzo della "velocità media" nel caso di strati nascosti o inversioni di velocità, correzioni topografiche.

SISMICA A RIFRAZIONE

SPESSORE MINIMO DEL SECONDO STRATO - TEORIA

Si consideri un ipotetico **mezzo a due strati**, con velocità verticalmente costante all'interno di ogni strato e con la velocità del secondo strato (strato più profondo) più elevata di quella del primo strato (strato superficiale).

Il **raggio rifratto** attraversa interamente il primo strato, raggiunge l'interfaccia superiore del secondo strato, viaggia al contatto fra i due strati con la velocità del secondo strato ed infine ritorna in superficie.

Per lo strato superficiale, interamente attraversato dal raggio rifratto, è possibile determinare velocità e spessore; per il **secondo strato**, invece, dato che il raggio rifratto si propaga sulla sua interfaccia superiore senza attraversarlo, è possibile determinare con esattezza solo la velocità.

Si può tuttavia dare una indicazione sullo **spessore minimo** del secondo strato basandosi sulle seguenti considerazioni:

- sulle dromocrone non si vedono primi arrivi corrispondenti a strati più profondi e veloci rispetto al secondo strato;
- si ipotizza l'esistenza di un terzo strato più veloce al di sotto del secondo strato;
- l'inizio del terzo strato sulle dromocrone viene supposto coincidente, per ogni profilo, con l'ultimo geofono dello shot più esterno.

L'ultimo geofono dello shot più esterno rappresenta, per ogni profilo, la massima distanza shot - geofono, quindi anche la massima profondità di indagine raggiunta.

Non conoscendo l'effettiva situazione geologica al di sotto del secondo strato, vengono considerate una serie di possibili velocità sismiche per il **terzo strato**; per ogni velocità, si calcola il relativo spessore del secondo strato.

Tale valore è una **stima** dello spessore minimo del secondo strato: se lo spessore del secondo strato fosse minore di tale valore, sulle dromocrone si vedrebbero dei primi arrivi provenienti dal terzo strato.

Da notare infine che tale valore è calcolato sulla base di formule relative ad un modello a strati piano paralleli orizzontali; tale modello è estremamente semplificato e quindi il valore di spessore calcolato è da ritenersi puramente **indicativo**.

Nel **foglio allegato**, sono riportati i seguenti dati di partenza:

- caratteristiche medie del primo e del secondo strato,
- posizione sulle dromocrone dell'ipotetico punto di passaggio secondo – terzo strato.

La **tabella** finale riporta i seguenti risultati:

- valori di spessore minimo del secondo strato per una serie di possibili velocità del terzo strato.

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 1

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT = posizione in m

| N | X | Z |
|---|-------|-----|
| 1 | .00 | .00 |
| 2 | 15.00 | .00 |
| 3 | 27.00 | .00 |
| 4 | 39.00 | .00 |
| 5 | 51.00 | .00 |
| 6 | 63.00 | .00 |
| 7 | 78.00 | .00 |

GEOFONI = posizione in m, tempi letti in ms

| N | X | Z | Shot1 | Shot2 | Shot3 | Shot4 | Shot5 | Shot6 | Shot7 |
|----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 16.00 | .00 | 27.6 | 3.2 | 17.4 | 26.0 | 29.0 | 38.0 | 43.0 |
| 2 | 18.00 | .00 | 28.6 | 9.4 | 15.8 | 25.0 | 28.0 | 37.0 | 42.0 |
| 3 | 20.00 | .00 | 29.6 | 13.6 | 14.0 | 24.0 | 27.0 | 36.0 | 41.0 |
| 4 | 22.00 | .00 | 30.4 | 15.0 | 12.8 | 23.2 | 26.2 | 35.2 | 40.2 |
| 5 | 24.00 | .00 | 31.2 | 16.6 | 8.8 | 20.4 | 25.0 | 34.0 | 39.0 |
| 6 | 26.00 | .00 | 31.8 | 18.0 | 3.2 | 18.4 | 23.4 | 32.4 | 37.4 |
| 7 | 28.00 | .00 | 32.4 | 19.4 | 3.0 | 16.8 | 21.8 | 30.8 | 35.8 |
| 8 | 30.00 | .00 | 33.4 | 20.4 | 7.8 | 15.4 | 21.0 | 30.0 | 35.0 |
| 9 | 32.00 | .00 | 34.6 | 21.6 | 11.6 | 14.0 | 20.2 | 29.2 | 34.2 |
| 10 | 34.00 | .00 | 35.6 | 22.6 | 13.2 | 13.0 | 19.6 | 28.6 | 33.6 |
| 11 | 36.00 | .00 | 37.4 | 24.4 | 15.4 | 10.4 | 19.0 | 28.0 | 33.0 |
| 12 | 38.00 | .00 | 39.0 | 26.0 | 18.2 | 2.6 | 18.4 | 27.4 | 32.4 |
| 13 | 40.00 | .00 | 40.0 | 27.0 | 20.5 | 2.4 | 16.0 | 25.4 | 30.4 |
| 14 | 42.00 | .00 | 39.6 | 26.6 | 20.1 | 9.0 | 13.8 | 23.2 | 28.2 |
| 15 | 44.00 | .00 | 39.2 | 26.2 | 19.7 | 10.8 | 11.2 | 22.0 | 27.0 |
| 16 | 46.00 | .00 | 40.0 | 27.0 | 20.5 | 12.4 | 9.4 | 21.0 | 26.0 |
| 17 | 48.00 | .00 | 42.0 | 29.0 | 22.5 | 14.0 | 8.0 | 21.0 | 26.0 |
| 18 | 50.00 | .00 | 40.8 | 27.8 | 21.3 | 15.2 | 3.6 | 19.0 | 26.0 |
| 19 | 52.00 | .00 | 43.8 | 30.8 | 24.3 | 17.4 | 2.4 | 17.0 | 26.6 |
| 20 | 54.00 | .00 | 45.6 | 32.6 | 26.1 | 20.6 | 8.6 | 15.2 | 25.8 |
| 21 | 56.00 | .00 | 47.0 | 34.0 | 27.5 | 22.0 | 11.6 | 13.2 | 25.0 |
| 22 | 58.00 | .00 | 48.6 | 35.6 | 29.1 | 23.6 | 14.0 | 11.6 | 24.2 |
| 23 | 60.00 | .00 | 49.8 | 36.8 | 30.3 | 24.8 | 16.8 | 9.4 | 23.6 |
| 24 | 62.00 | .00 | 51.0 | 38.0 | 31.5 | 26.0 | 18.8 | 3.6 | 22.6 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 1

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Passo di campionamento = 0.10 ms
Numero di campioni per traccia = 2048
Durata di una traccia = 204 ms
Filtri analogici high-pass = off
Filtro notch 50 Hz = off
Sorgente = mazza 8 kg

RISULTATI

Numero di punti per strato:

Strato 1 = 24
Strato 2 = 23
Strato 3 = 22

| STRATO 1 | | | STRATO 2 | | | STRATO 3 | | |
|----------|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|
| X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) |
| 16.0 | .0 | 345 | 18.0 | -1.9 | 1333 | 18.0 | -5.8 | 2096 |
| 18.0 | .0 | 354 | 20.0 | -1.9 | 1333 | 20.0 | -5.8 | 2096 |
| 20.0 | .0 | 362 | 22.0 | -2.0 | 1261 | 22.0 | -5.5 | 2096 |
| 22.0 | .0 | 371 | 24.0 | -1.9 | 1225 | 24.0 | -5.5 | 2071 |
| 24.0 | .0 | 379 | 26.0 | -1.6 | 1117 | 26.0 | -5.3 | 2042 |
| 26.0 | .0 | 388 | 28.0 | -1.5 | 1117 | 28.0 | -4.9 | 2050 |
| 28.0 | .0 | 377 | 30.0 | -1.3 | 1149 | 30.0 | -5.3 | 2050 |
| 30.0 | .0 | 366 | 32.0 | -1.3 | 1149 | 32.0 | -5.3 | 2050 |
| 32.0 | .0 | 356 | 34.0 | -1.4 | 1149 | 34.0 | -5.4 | 2050 |
| 34.0 | .0 | 345 | 36.0 | -1.7 | 1149 | 36.0 | -5.1 | 2050 |
| 36.0 | .0 | 334 | 38.0 | -1.4 | 1130 | 38.0 | -6.2 | 2060 |
| 38.0 | .0 | 324 | 40.0 | -1.2 | 1111 | 40.0 | -5.9 | 2060 |
| 40.0 | .0 | 325 | 42.0 | -1.2 | 1111 | 42.0 | -4.4 | 2092 |
| 42.0 | .0 | 326 | 44.0 | -1.1 | 1111 | 44.0 | -3.8 | 2092 |
| 44.0 | .0 | 327 | 46.0 | -1.0 | 1111 | 46.0 | -4.4 | 2092 |
| 46.0 | .0 | 328 | 48.0 | -.9 | 1063 | 48.0 | -3.7 | 2092 |
| 48.0 | .0 | 329 | 50.0 | -.9 | 1039 | 50.0 | -4.6 | 2099 |
| 50.0 | .0 | 330 | 52.0 | -.9 | 934 | 52.0 | -5.4 | 2118 |
| 52.0 | .0 | 329 | 54.0 | -1.1 | 923 | 54.0 | -6.0 | 2118 |
| 54.0 | .0 | 328 | 56.0 | -1.2 | 901 | 56.0 | -6.0 | 2118 |
| 56.0 | .0 | 326 | 58.0 | -1.3 | 901 | 58.0 | -5.9 | 2118 |
| 58.0 | .0 | 325 | 60.0 | -1.4 | 901 | 60.0 | -5.9 | 2118 |
| 60.0 | .0 | 324 | 62.0 | -1.4 | 901 | | | |
| 62.0 | .0 | 323 | | | | | | |

SISMICA A RIFRAZIONE

SPESSORE MINIMO DEL SECONDO STRATO

PROFILO N. 1

Data : 13/11/2003
Cliente : Dott. Geol. Francesco Cipolla
Località : Pian dei Corsi - Calice L. (SV)

Strato 1 - superficiale:

Velocità (m/s) = 750

Spessore (m) = 5.5

Strato 2 - rifrattore:

Velocità (m/s) = 2100

Ipotetico passaggio strato 2 - strato 3 sulle dromocrone:

Distanza dallo shot (m) = 62

Tempo di percorso (ms) = 43

| Ipotetica velocità Strato 3 (m/s) | Spessore minimo Strato 2 (m) |
|--|---------------------------------------|
| 2800.00 | 10.84 |
| 2900.00 | 11.50 |
| 3000.00 | 12.11 |
| 3100.00 | 12.67 |
| 3200.00 | 13.19 |
| 3300.00 | 13.67 |
| 3400.00 | 14.12 |
| 3500.00 | 14.54 |
| 3600.00 | 14.93 |
| 3700.00 | 15.31 |
| 3800.00 | 15.66 |
| 3900.00 | 15.99 |
| 4000.00 | 16.31 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 2

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT = posizione in m

| N | X | Z |
|---|-------|--------|
| 1 | .00 | .00 |
| 2 | 12.80 | -5.70 |
| 3 | 23.65 | -10.81 |
| 4 | 34.37 | -16.21 |
| 5 | 45.07 | -21.66 |
| 6 | 56.00 | -26.53 |
| 7 | 68.79 | -32.23 |

GEOFONI = posizione in m, tempi letti in ms

| N | X | Z | Shot1 | Shot2 | Shot3 | Shot4 | Shot5 | Shot6 | Shot7 |
|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 14.62 | -6.51 | 17.2 | 5.6 | 13.4 | 22.7 | 31.2 | 35.2 | 38.7 |
| 2 | 18.27 | -8.13 | 18.4 | 11.0 | 9.0 | 21.1 | 29.6 | 33.6 | 37.1 |
| 3 | 21.85 | -9.92 | 19.6 | 13.6 | 5.0 | 18.0 | 27.6 | 31.6 | 35.1 |
| 4 | 25.43 | -11.70 | 22.0 | 17.0 | 5.2 | 15.2 | 27.0 | 31.0 | 34.5 |
| 5 | 29.01 | -13.49 | 25.0 | 20.0 | 12.4 | 12.0 | 27.6 | 31.6 | 35.1 |
| 6 | 32.58 | -15.30 | 27.4 | 22.4 | 15.4 | 5.6 | 24.4 | 29.0 | 32.5 |
| 7 | 36.14 | -17.11 | 29.8 | 24.8 | 18.6 | 5.6 | 19.2 | 27.8 | 31.3 |
| 8 | 39.71 | -18.93 | 32.8 | 27.8 | 23.3 | 14.0 | 16.0 | 26.6 | 30.1 |
| 9 | 43.27 | -20.75 | 35.2 | 30.2 | 25.7 | 17.6 | 6.8 | 23.0 | 28.8 |
| 10 | 46.88 | -22.47 | 37.4 | 32.4 | 27.9 | 21.6 | 6.0 | 18.4 | 27.4 |
| 11 | 50.53 | -24.09 | 38.8 | 33.8 | 29.3 | 25.4 | 14.8 | 15.2 | 26.0 |
| 12 | 54.19 | -25.72 | 40.4 | 35.4 | 30.9 | 27.4 | 20.4 | 6.2 | 24.6 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 2

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Passo di campionamento = 0.10 ms
Numero di campioni per traccia = 2048
Durata di una traccia = 204 ms
Filtri analogici high-pass = off
Filtro notch 50 Hz = off
Sorgente = mazza 8 kg

RISULTATI

Numero di punti per strato:

Strato 1 = 12
Strato 2 = 11
Strato 3 = 11

| STRATO 1 | | | STRATO 2 | | | STRATO 3 | | |
|----------|-------|--------|----------|-------|--------|----------|-------|--------|
| X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) |
| 14.6 | -6.5 | 524 | 17.7 | -9.2 | 1081 | 16.1 | -12.6 | 2194 |
| 18.3 | -8.1 | 461 | 21.4 | -10.8 | 1081 | 19.6 | -14.6 | 2202 |
| 21.9 | -9.9 | 398 | 24.8 | -12.9 | 1186 | 22.9 | -16.9 | 2209 |
| 25.4 | -11.7 | 413 | 28.1 | -15.3 | 1211 | 26.1 | -19.3 | 2209 |
| 29.0 | -13.5 | 429 | 31.6 | -17.2 | 1172 | 29.3 | -22.0 | 2209 |
| 32.6 | -15.3 | 444 | 35.2 | -18.9 | 1115 | 32.8 | -23.9 | 2244 |
| 36.1 | -17.1 | 421 | 38.8 | -20.7 | 1111 | 36.2 | -26.1 | 2272 |
| 39.7 | -18.9 | 399 | 42.4 | -22.5 | 1107 | 39.6 | -28.3 | 2286 |
| 43.3 | -20.7 | 376 | 46.1 | -24.0 | 974 | 43.3 | -29.7 | 2324 |
| 46.9 | -22.5 | 384 | 49.6 | -25.9 | 952 | 47.2 | -31.0 | 2324 |
| 50.5 | -24.1 | 392 | 53.1 | -27.9 | 909 | 51.1 | -32.0 | 2324 |
| 54.2 | -25.7 | 400 | | | | | | |

SISMICA A RIFRAZIONE

SPESSORE MINIMO DEL SECONDO STRATO

PROFILO N. 2

Data : 13/11/2003
Cliente : Dott. Geol. Francesco Cipolla
Località : Pian dei Corsi - Calice L. (SV)

Strato 1 - superficiale:

Velocità (m/s) = 850

Spessore (m) = 6.1

Strato 2 - rifrattore:

Velocità (m/s) = 2250

Ipotetico passaggio strato 2 - strato 3 sulle dromocrone:

Distanza dallo shot (m) = 60

Tempo di percorso (ms) = 40

| Ipotetica velocità Strato 3 (m/s) | Spessore minimo Strato 2 (m) |
|--|---------------------------------------|
| 3000.00 | 10.57 |
| 3100.00 | 11.16 |
| 3200.00 | 11.70 |
| 3300.00 | 12.19 |
| 3400.00 | 12.66 |
| 3500.00 | 13.09 |
| 3600.00 | 13.50 |
| 3700.00 | 13.88 |
| 3800.00 | 14.24 |
| 3900.00 | 14.58 |
| 4000.00 | 14.90 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 3

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT = posizione in m

| N | X | Z |
|---|-------|--------|
| 1 | .00 | .00 |
| 2 | 13.52 | -3.62 |
| 3 | 25.11 | -6.73 |
| 4 | 36.71 | -9.84 |
| 5 | 48.30 | -12.94 |
| 6 | 59.89 | -16.05 |
| 7 | 71.48 | -19.15 |

GEOFONI = posizione in m, tempi letti in ms

| N | X | Z | Shot1 | Shot2 | Shot3 | Shot4 | Shot5 | Shot6 | Shot7 |
|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 15.45 | -4.14 | 29.0 | 4.0 | 20.6 | 32.4 | 38.4 | 45.4 | 51.4 |
| 2 | 19.32 | -5.18 | 32.2 | 16.2 | 16.0 | 29.4 | 35.4 | 42.4 | 48.4 |
| 3 | 23.18 | -6.21 | 35.6 | 20.0 | 6.0 | 27.6 | 33.6 | 40.6 | 46.6 |
| 4 | 27.05 | -7.25 | 37.0 | 26.4 | 6.0 | 23.4 | 30.8 | 37.8 | 43.8 |
| 5 | 30.91 | -8.28 | 39.4 | 28.8 | 18.2 | 18.0 | 28.6 | 35.6 | 41.6 |
| 6 | 34.77 | -9.32 | 41.6 | 31.0 | 23.2 | 6.2 | 27.0 | 34.0 | 40.0 |
| 7 | 38.64 | -10.35 | 44.2 | 33.6 | 27.6 | 5.4 | 22.4 | 31.4 | 37.4 |
| 8 | 42.50 | -11.39 | 45.6 | 35.0 | 29.0 | 17.2 | 18.6 | 28.6 | 34.6 |
| 9 | 46.36 | -12.42 | 48.0 | 37.4 | 31.4 | 22.0 | 7.2 | 25.8 | 32.2 |
| 10 | 50.23 | -13.46 | 50.0 | 39.4 | 33.4 | 25.4 | 4.8 | 22.0 | 29.8 |
| 11 | 54.09 | -14.49 | 52.4 | 41.8 | 35.8 | 28.8 | 16.0 | 17.2 | 28.0 |
| 12 | 57.96 | -15.53 | 55.0 | 44.4 | 38.4 | 31.4 | 21.2 | 5.0 | 26.4 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 3

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Passo di campionamento = 0.10 ms
Numero di campioni per traccia = 2048
Durata di una traccia = 204 ms
Filtri analogici high-pass = off
Filtro notch 50 Hz = off
Sorgente = mazza 8 kg

RISULTATI

Numero di punti per strato:

Strato 1 = 12
Strato 2 = 12
Strato 3 = 12

| STRATO 1 | | | STRATO 2 | | | STRATO 3 | | |
|----------|-------|--------|----------|-------|--------|----------|-------|--------|
| X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) |
| 15.5 | -4.1 | 346 | 14.9 | -6.0 | 952 | 13.7 | -10.8 | 1764 |
| 19.3 | -5.2 | 341 | 18.8 | -7.0 | 952 | 17.4 | -12.3 | 1774 |
| 23.2 | -6.2 | 337 | 22.7 | -7.9 | 952 | 21.3 | -13.2 | 1778 |
| 27.0 | -7.2 | 333 | 26.5 | -9.4 | 842 | 25.6 | -12.5 | 1775 |
| 30.9 | -8.3 | 329 | 30.3 | -10.5 | 842 | 29.6 | -13.2 | 1775 |
| 34.8 | -9.3 | 325 | 34.2 | -11.4 | 842 | 33.3 | -14.7 | 1769 |
| 38.6 | -10.4 | 328 | 38.1 | -12.4 | 930 | 37.1 | -16.2 | 1766 |
| 42.5 | -11.4 | 330 | 41.9 | -13.6 | 930 | 41.1 | -16.6 | 1756 |
| 46.4 | -12.4 | 333 | 45.8 | -14.7 | 930 | 45.1 | -17.2 | 1756 |
| 50.2 | -13.5 | 337 | 49.7 | -15.3 | 800 | 48.9 | -18.6 | 1755 |
| 54.1 | -14.5 | 341 | 53.6 | -16.3 | 800 | 52.7 | -19.8 | 1754 |
| 58.0 | -15.5 | 346 | 57.4 | -17.5 | 800 | 56.5 | -20.9 | 1754 |

SISMICA A RIFRAZIONE

SPESSORE MINIMO DEL SECONDO STRATO

PROFILO N. 3

Data : 13/11/2003
Cliente : Dott. Geol. Francesco Cipolla
Località : Pian dei Corsi - Calice L. (SV)

Strato 1 - superficiale:

Velocità (m/s) = 550

Spessore (m) = 5.7

Strato 2 - rifrattore:

Velocità (m/s) = 1750

Ipotetico passaggio strato 2 - strato 3 sulle dromocrone:

Distanza dallo shot (m) = 60

Tempo di percorso (ms) = 54

| Ipotetica velocità Strato 3 (m/s) | Spessore minimo Strato 2 (m) |
|--|---------------------------------------|
| 2500.00 | 11.94 |
| 2600.00 | 12.57 |
| 2700.00 | 13.15 |
| 2800.00 | 13.69 |
| 2900.00 | 14.18 |
| 3000.00 | 14.64 |
| 3100.00 | 15.06 |
| 3200.00 | 15.46 |
| 3300.00 | 15.83 |
| 3400.00 | 16.19 |
| 3500.00 | 16.52 |
| 3600.00 | 16.83 |
| 3700.00 | 17.13 |
| 3800.00 | 17.41 |
| 3900.00 | 17.68 |
| 4000.00 | 17.93 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 4

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT = posizione in m

| N | X | Z |
|---|-------|-----|
| 1 | .00 | .00 |
| 2 | 15.00 | .00 |
| 3 | 27.00 | .00 |
| 4 | 39.00 | .00 |
| 5 | 51.00 | .00 |
| 6 | 63.00 | .00 |
| 7 | 78.00 | .00 |

GEOFONI = posizione in m, tempi letti in ms

| N | X | Z | Shot1 | Shot2 | Shot3 | Shot4 | Shot5 | Shot6 | Shot7 |
|----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 16.00 | .00 | 24.6 | 2.8 | 20.0 | 28.4 | 34.4 | 40.4 | 49.9 |
| 2 | 18.00 | .00 | 26.2 | 8.4 | 18.2 | 27.2 | 33.2 | 39.2 | 48.7 |
| 3 | 20.00 | .00 | 27.4 | 14.8 | 16.6 | 26.2 | 32.2 | 38.2 | 47.7 |
| 4 | 22.00 | .00 | 28.4 | 17.2 | 14.8 | 25.2 | 31.2 | 37.2 | 46.7 |
| 5 | 24.00 | .00 | 29.0 | 18.6 | 10.0 | 23.8 | 29.8 | 35.8 | 45.3 |
| 6 | 26.00 | .00 | 29.6 | 19.8 | 4.0 | 22.2 | 28.2 | 34.2 | 43.7 |
| 7 | 28.00 | .00 | 30.2 | 21.2 | 2.6 | 20.4 | 26.6 | 32.6 | 42.1 |
| 8 | 30.00 | .00 | 31.3 | 22.8 | 8.4 | 18.8 | 25.6 | 31.6 | 41.1 |
| 9 | 32.00 | .00 | 32.5 | 24.0 | 14.2 | 17.2 | 24.4 | 30.4 | 39.9 |
| 10 | 34.00 | .00 | 33.7 | 25.2 | 16.0 | 15.2 | 23.8 | 29.8 | 39.3 |
| 11 | 36.00 | .00 | 35.1 | 26.6 | 17.6 | 9.2 | 23.2 | 29.2 | 38.7 |
| 12 | 38.00 | .00 | 36.3 | 27.8 | 19.8 | 3.0 | 21.4 | 27.8 | 37.3 |
| 13 | 40.00 | .00 | 37.7 | 29.2 | 21.8 | 2.6 | 19.4 | 26.0 | 35.5 |
| 14 | 42.00 | .00 | 39.8 | 31.3 | 23.8 | 8.2 | 18.0 | 25.2 | 34.7 |
| 15 | 44.00 | .00 | 41.4 | 32.9 | 25.4 | 11.2 | 16.2 | 24.0 | 33.5 |
| 16 | 46.00 | .00 | 43.0 | 34.5 | 27.0 | 13.0 | 14.2 | 23.2 | 32.7 |
| 17 | 48.00 | .00 | 43.4 | 34.9 | 27.4 | 15.4 | 8.6 | 21.0 | 31.6 |
| 18 | 50.00 | .00 | 43.8 | 35.3 | 27.8 | 17.0 | 2.2 | 19.2 | 30.2 |
| 19 | 52.00 | .00 | 43.4 | 34.9 | 27.4 | 18.6 | 3.2 | 17.4 | 28.4 |
| 20 | 54.00 | .00 | 44.0 | 35.5 | 28.0 | 20.6 | 9.0 | 15.8 | 26.8 |
| 21 | 56.00 | .00 | 45.0 | 36.5 | 29.0 | 22.5 | 13.4 | 14.2 | 26.0 |
| 22 | 58.00 | .00 | 46.0 | 37.5 | 30.0 | 23.5 | 14.6 | 12.6 | 25.4 |
| 23 | 60.00 | .00 | 47.2 | 38.7 | 31.2 | 24.7 | 16.2 | 9.4 | 24.4 |
| 24 | 62.00 | .00 | 48.6 | 40.1 | 32.6 | 26.1 | 17.6 | 3.4 | 23.2 |

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 4

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 13/11/2003
Cliente = Dott. Geol. Francesco Cipolla
Luogo = Pian dei Corsi - Calice L.(SV)

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Passo di campionamento = 0.10 ms
Numero di campioni per traccia = 2048
Durata di una traccia = 204 ms
Filtri analogici high-pass = off
Filtro notch 50 Hz = off
Sorgente = mazza 8 kg

RISULTATI

Numero di punti per strato:

Strato 1 = 24
Strato 2 = 22
Strato 3 = 22

| STRATO 1 | | | STRATO 2 | | | STRATO 3 | | |
|----------|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|
| X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) | X(m) | Z(m) | V(m/s) |
| 16.0 | .0 | 322 | 18.0 | -2.0 | 1111 | 18.0 | -5.3 | 1785 |
| 18.0 | .0 | 324 | 20.0 | -2.1 | 1111 | 20.0 | -5.0 | 1785 |
| 20.0 | .0 | 325 | 22.0 | -2.1 | 1111 | 22.0 | -4.7 | 1785 |
| 22.0 | .0 | 326 | 24.0 | -2.1 | 1111 | 24.0 | -4.5 | 1785 |
| 24.0 | .0 | 327 | 26.0 | -1.9 | 1122 | 26.0 | -4.4 | 1760 |
| 26.0 | .0 | 329 | 28.0 | -1.9 | 1132 | 28.0 | -4.0 | 1758 |
| 28.0 | .0 | 327 | 30.0 | -1.9 | 1143 | 30.0 | -3.8 | 1758 |
| 30.0 | .0 | 326 | 32.0 | -1.9 | 1143 | 32.0 | -3.8 | 1758 |
| 32.0 | .0 | 325 | 34.0 | -1.9 | 1143 | 34.0 | -4.1 | 1758 |
| 34.0 | .0 | 324 | 36.0 | -1.8 | 1095 | 36.0 | -4.7 | 1758 |
| 36.0 | .0 | 323 | 38.0 | -1.8 | 1047 | 38.0 | -4.8 | 1746 |
| 38.0 | .0 | 321 | 40.0 | -1.6 | 1014 | 40.0 | -5.6 | 1787 |
| 40.0 | .0 | 324 | 42.0 | -1.6 | 1003 | 42.0 | -5.5 | 1831 |
| 42.0 | .0 | 328 | 44.0 | -1.6 | 980 | 44.0 | -5.8 | 1831 |
| 44.0 | .0 | 331 | 46.0 | -1.6 | 1021 | 46.0 | -6.0 | 1831 |
| 46.0 | .0 | 334 | 48.0 | -1.6 | 1041 | 48.0 | -5.8 | 1851 |
| 48.0 | .0 | 337 | 50.0 | -1.5 | 1101 | 50.0 | -5.6 | 1947 |
| 50.0 | .0 | 340 | 52.0 | -1.5 | 1101 | 52.0 | -5.0 | 1947 |
| 52.0 | .0 | 349 | 54.0 | -1.6 | 1217 | 54.0 | -4.6 | 1947 |
| 54.0 | .0 | 358 | 56.0 | -1.7 | 1256 | 56.0 | -4.4 | 1947 |
| 56.0 | .0 | 367 | 58.0 | -1.7 | 1333 | 58.0 | -5.2 | 1947 |
| 58.0 | .0 | 376 | 60.0 | -1.8 | 1333 | 60.0 | -5.8 | 1947 |
| 60.0 | .0 | 385 | | | | | | |
| 62.0 | .0 | 394 | | | | | | |

SISMICA A RIFRAZIONE

SPESSORE MINIMO DEL SECONDO STRATO

PROFILO N. 4

Data : 13/11/2003
Cliente : Dott. Geol. Francesco Cipolla
Località : Pian dei Corsi - Calice L. (SV)

Strato 1 - superficiale:

Velocità (m/s) = 650

Spessore (m) = 5.7

Strato 2 - rifrattore:

Velocità (m/s) = 1900

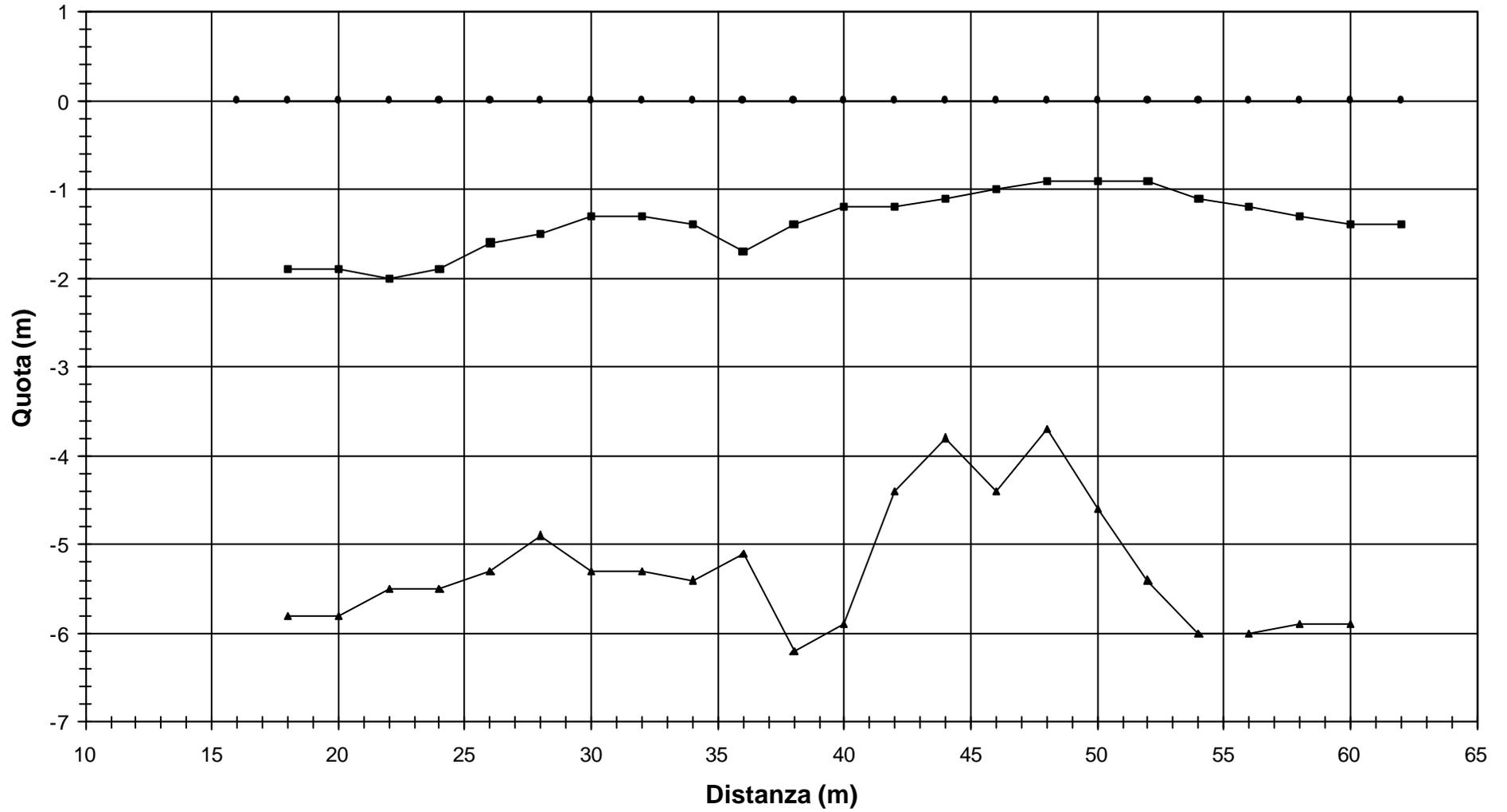
Ipotetico passaggio strato 2 - strato 3 sulle dromocrone:

Distanza dallo shot (m) = 62

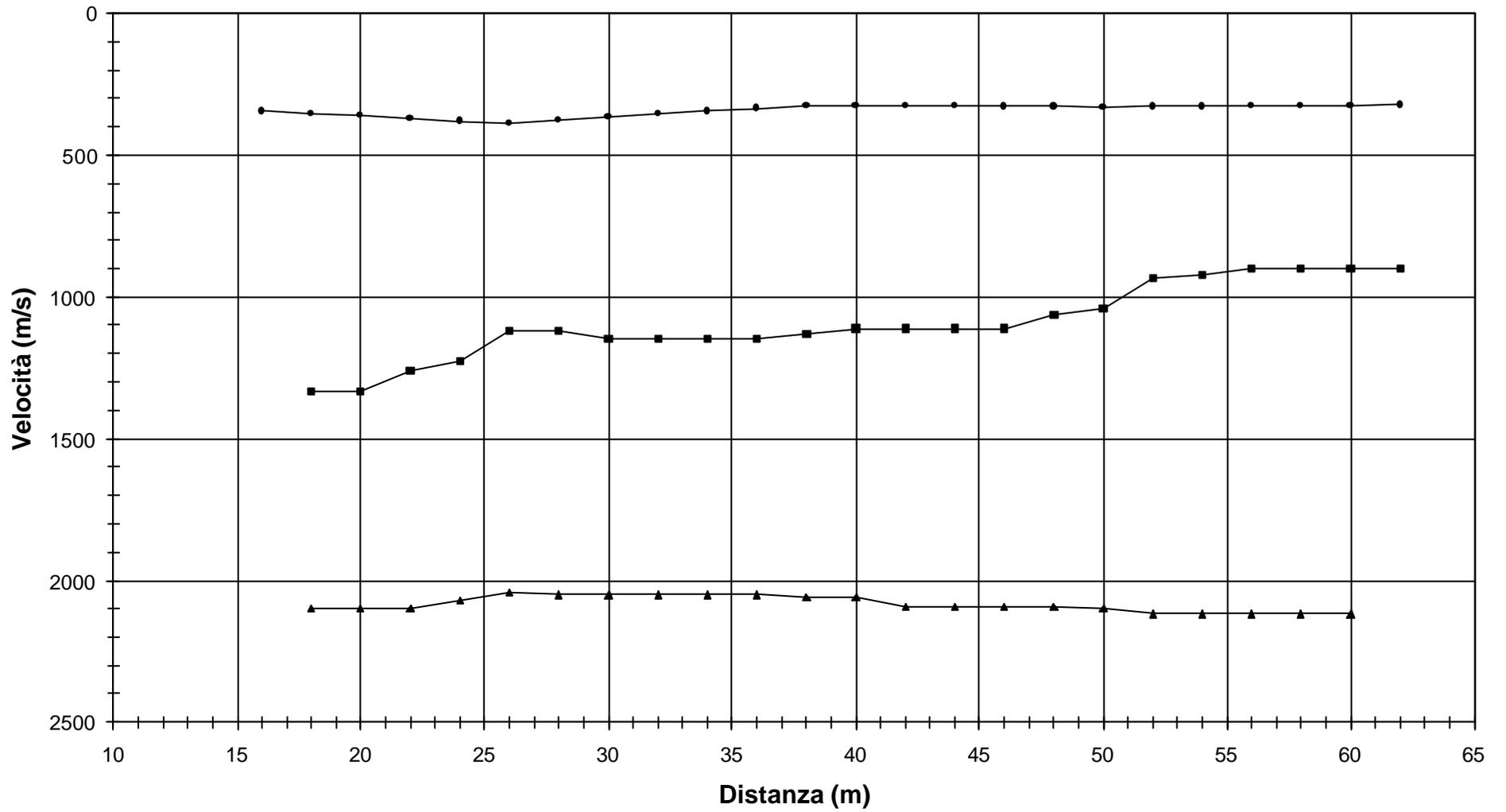
Tempo di percorso (ms) = 49

| Ipotetica velocità Strato 3 (m/s) | Spessore minimo Strato 2 (m) |
|--|---------------------------------------|
| 2500.00 | 10.79 |
| 2600.00 | 11.53 |
| 2700.00 | 12.21 |
| 2800.00 | 12.82 |
| 2900.00 | 13.39 |
| 3000.00 | 13.91 |
| 3100.00 | 14.39 |
| 3200.00 | 14.84 |
| 3300.00 | 15.26 |
| 3400.00 | 15.66 |
| 3500.00 | 16.03 |
| 3600.00 | 16.38 |
| 3700.00 | 16.71 |
| 3800.00 | 17.03 |
| 3900.00 | 17.33 |
| 4000.00 | 17.61 |

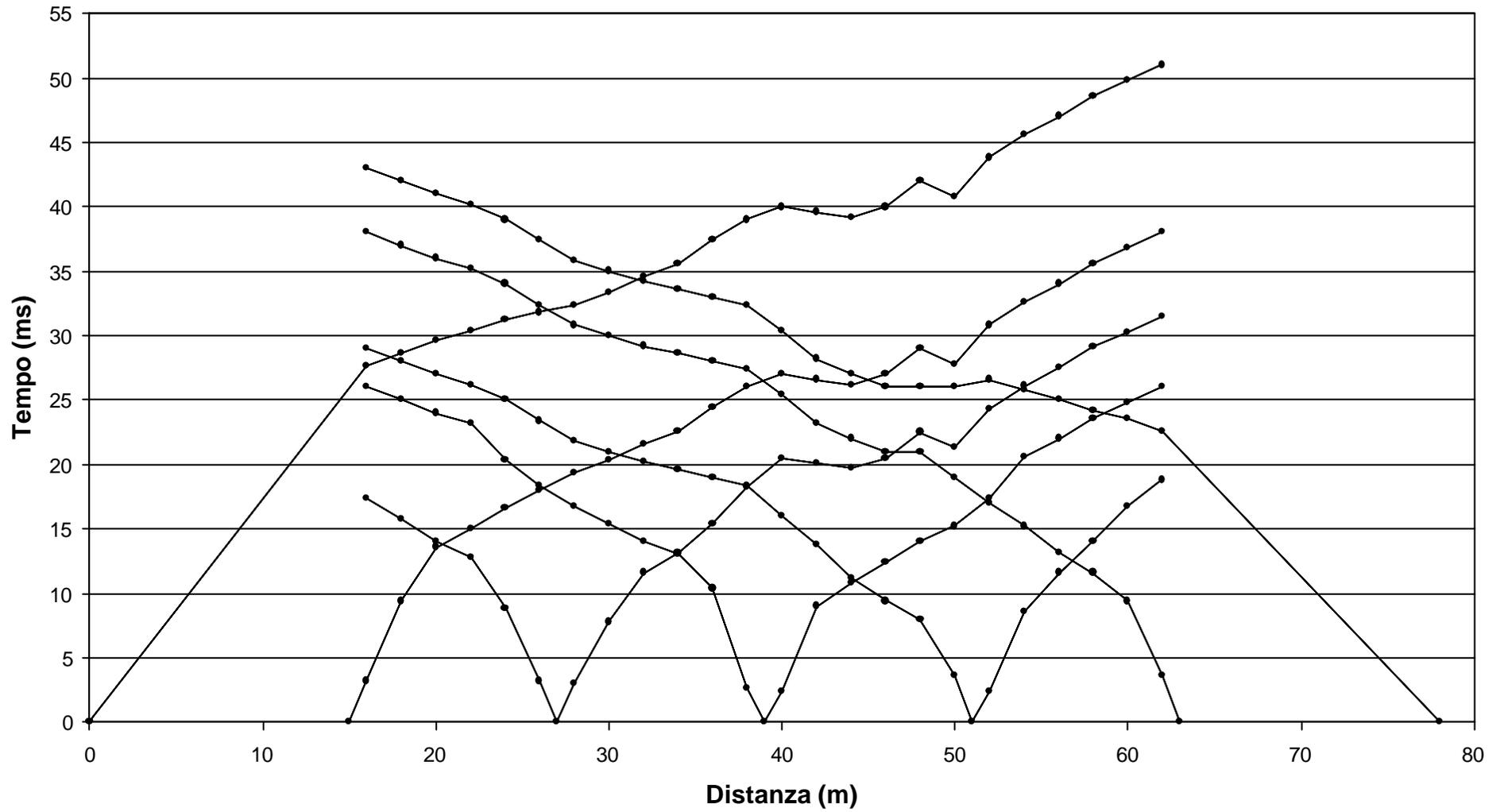
PROFILO 1 - Quote topografia e rifrattori



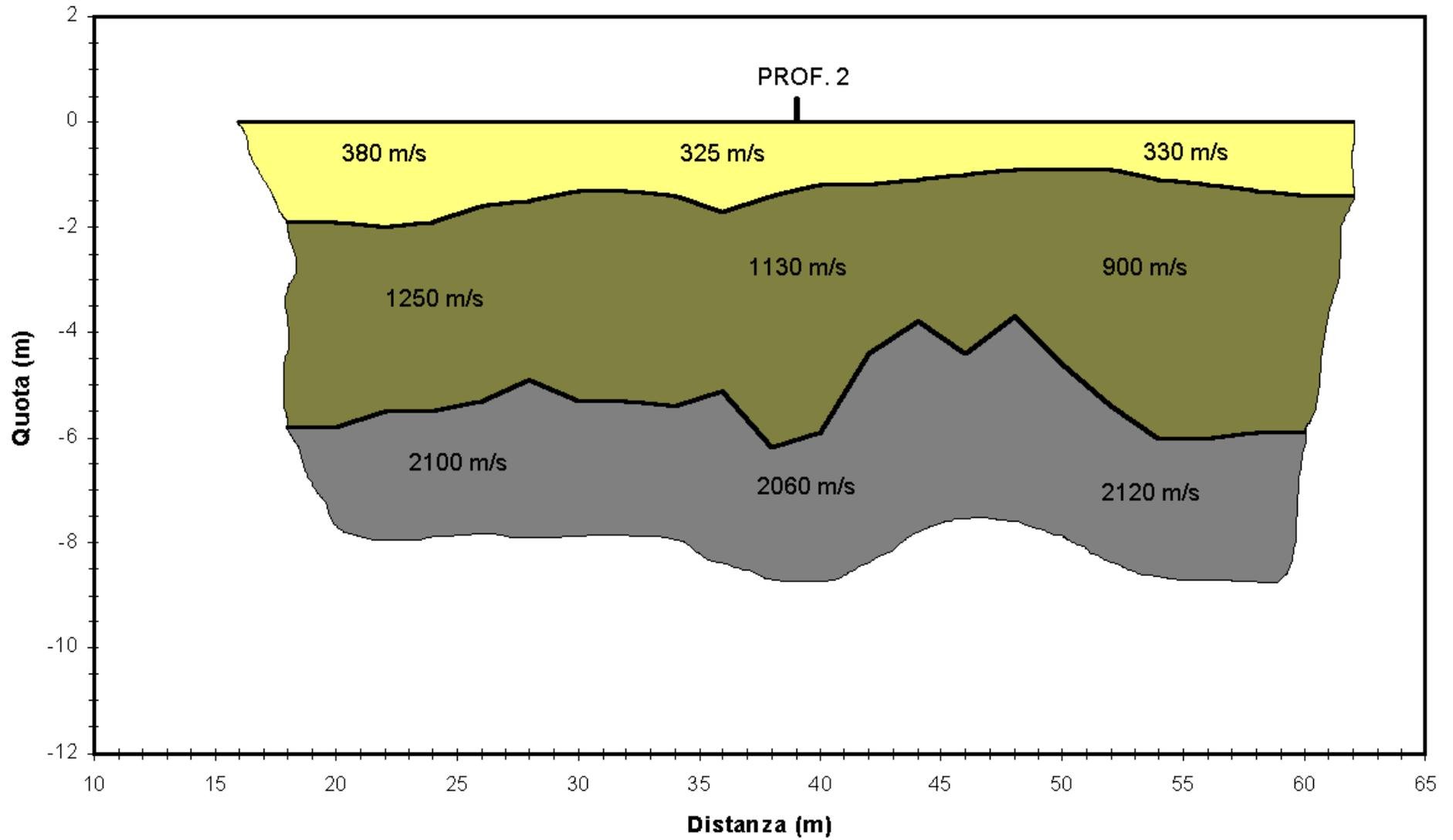
PROFILO 1 - Velocità primo strato e rifrattori



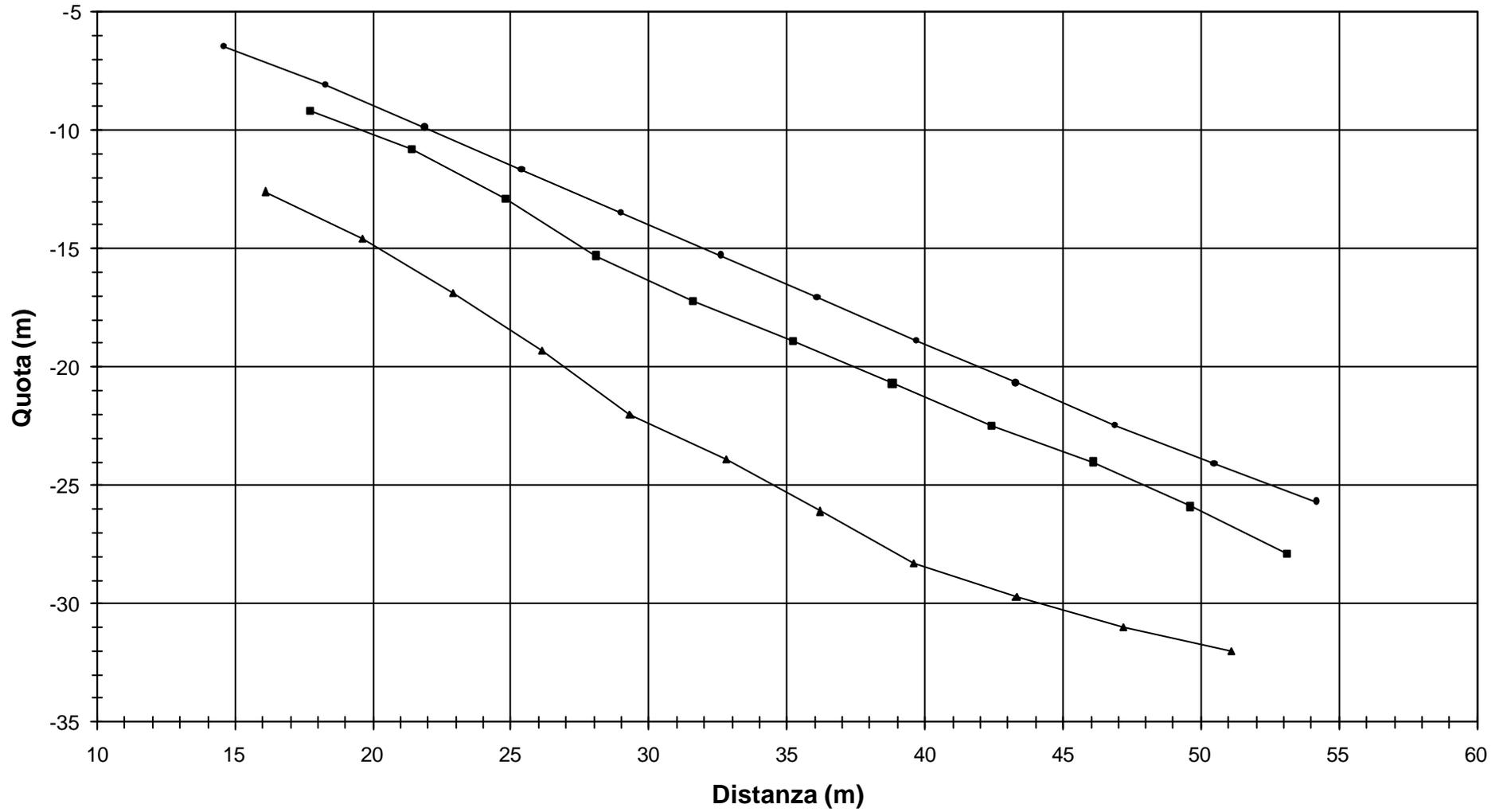
PROFILO 1 - Tempi di arrivo letti



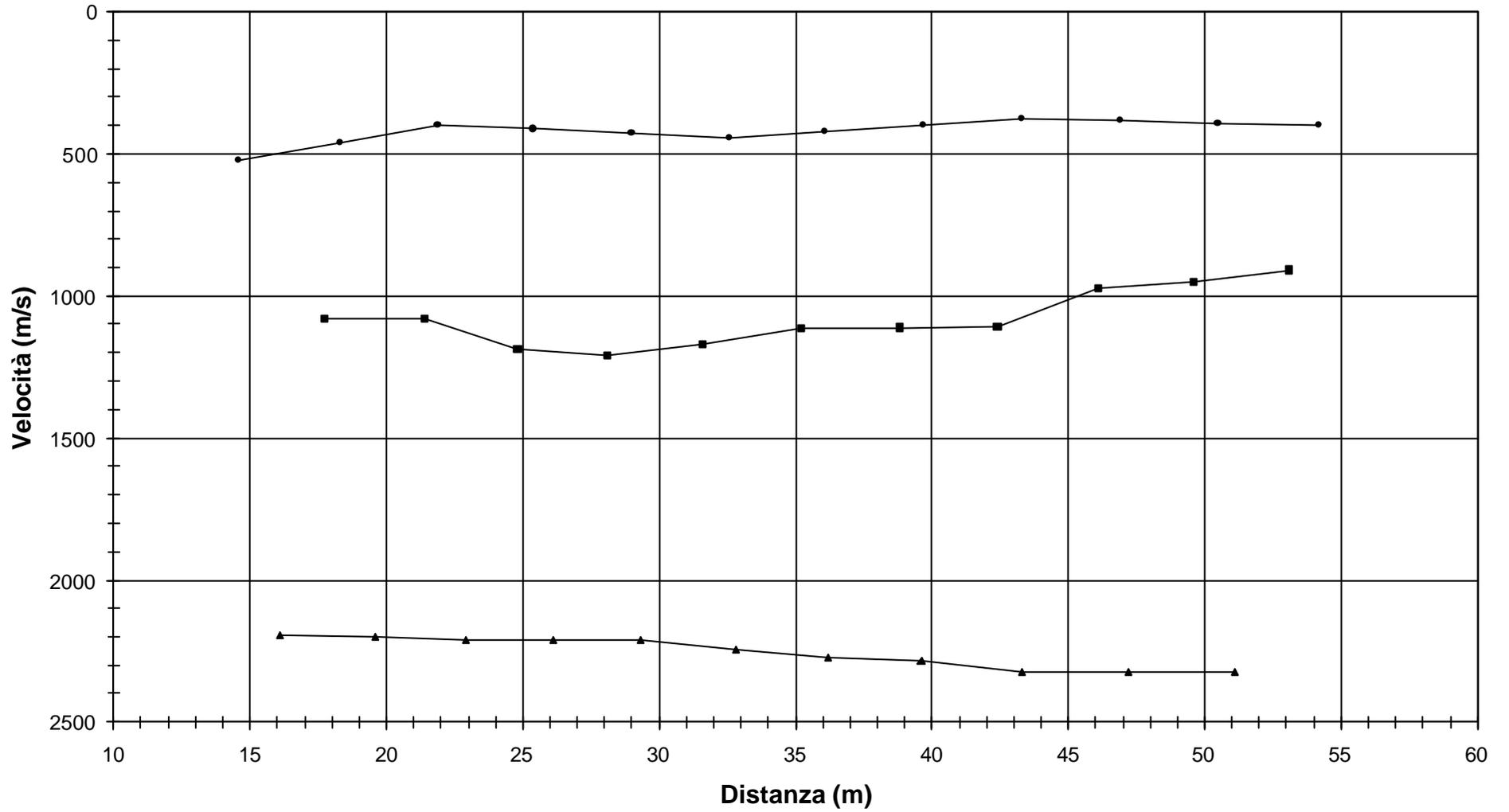
PROFILO 1 - Sezione interpretata



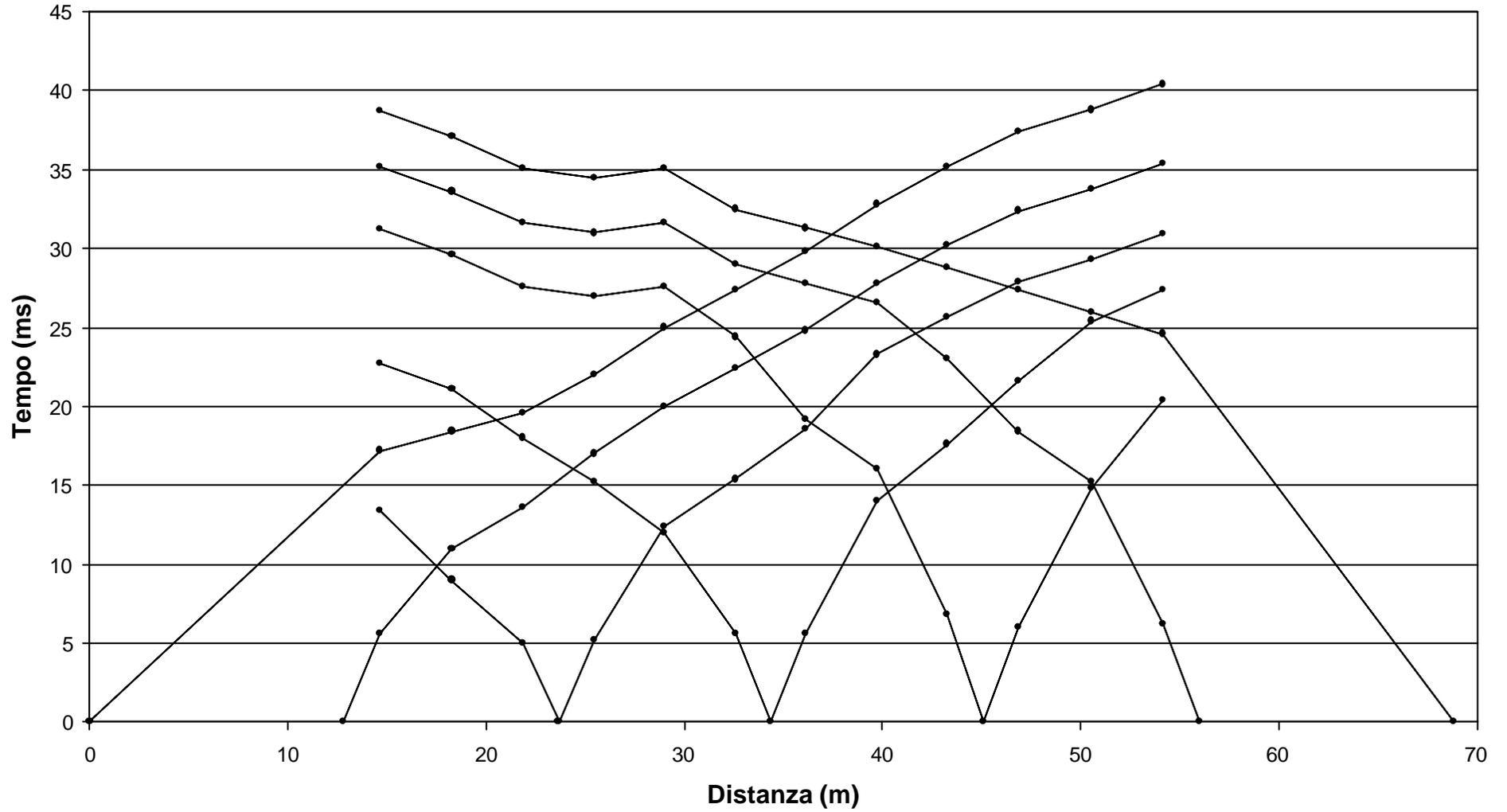
PROFILO 2 - Quote topografia e rifrattori



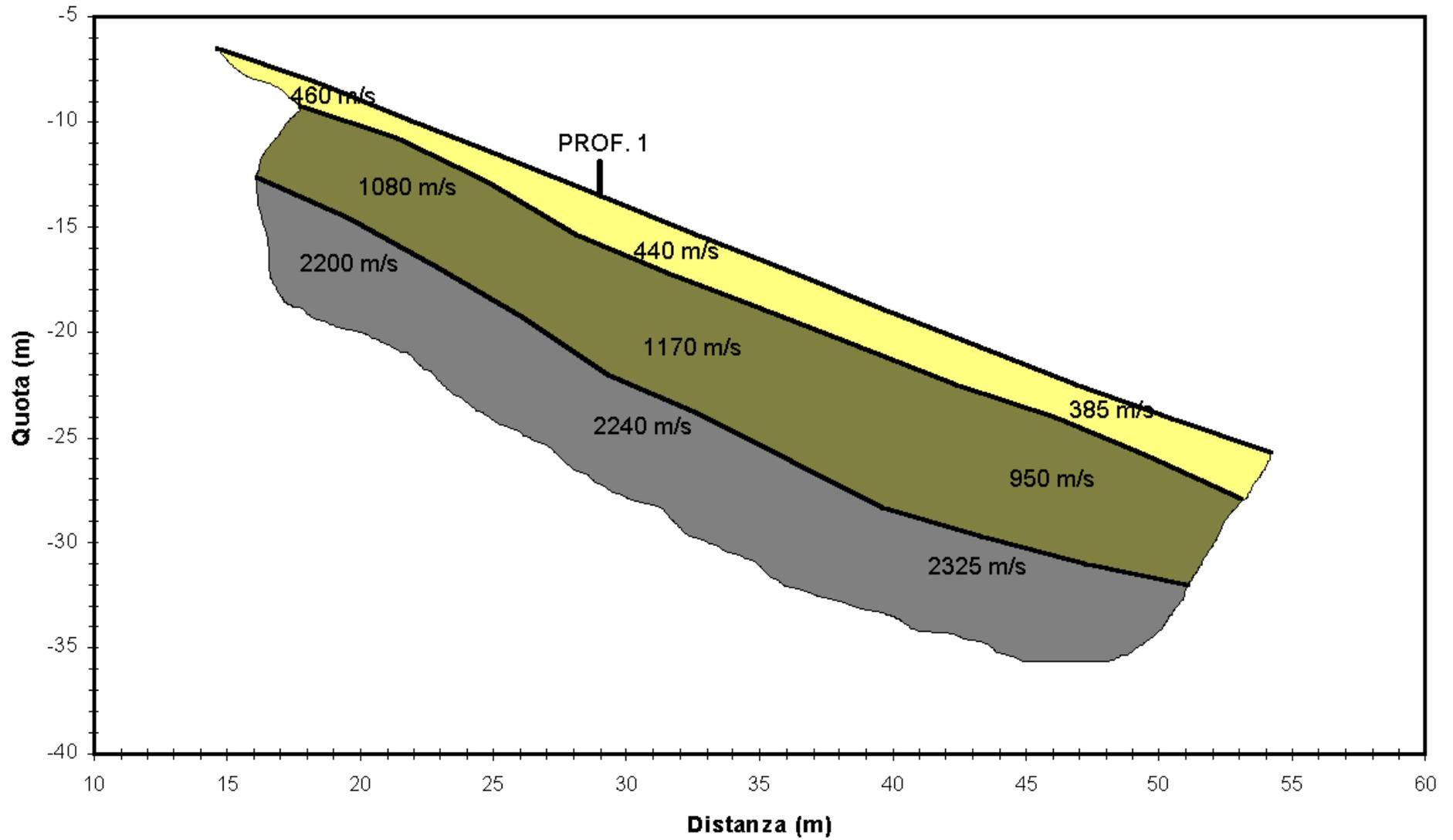
PROFILO 2 - Velocità primo strato e rifrattori



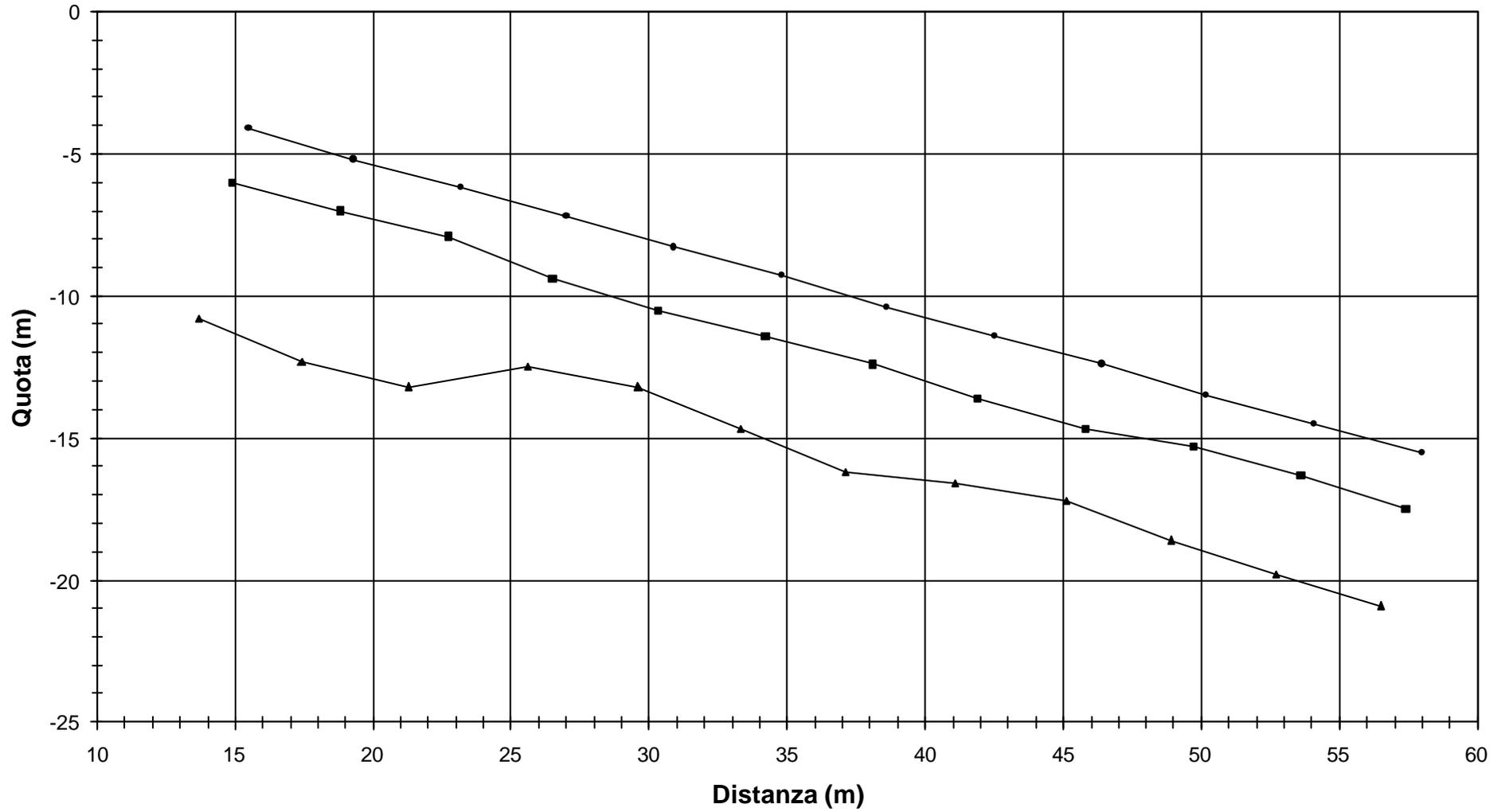
PROFILO 2 - Tempi di arrivo letti



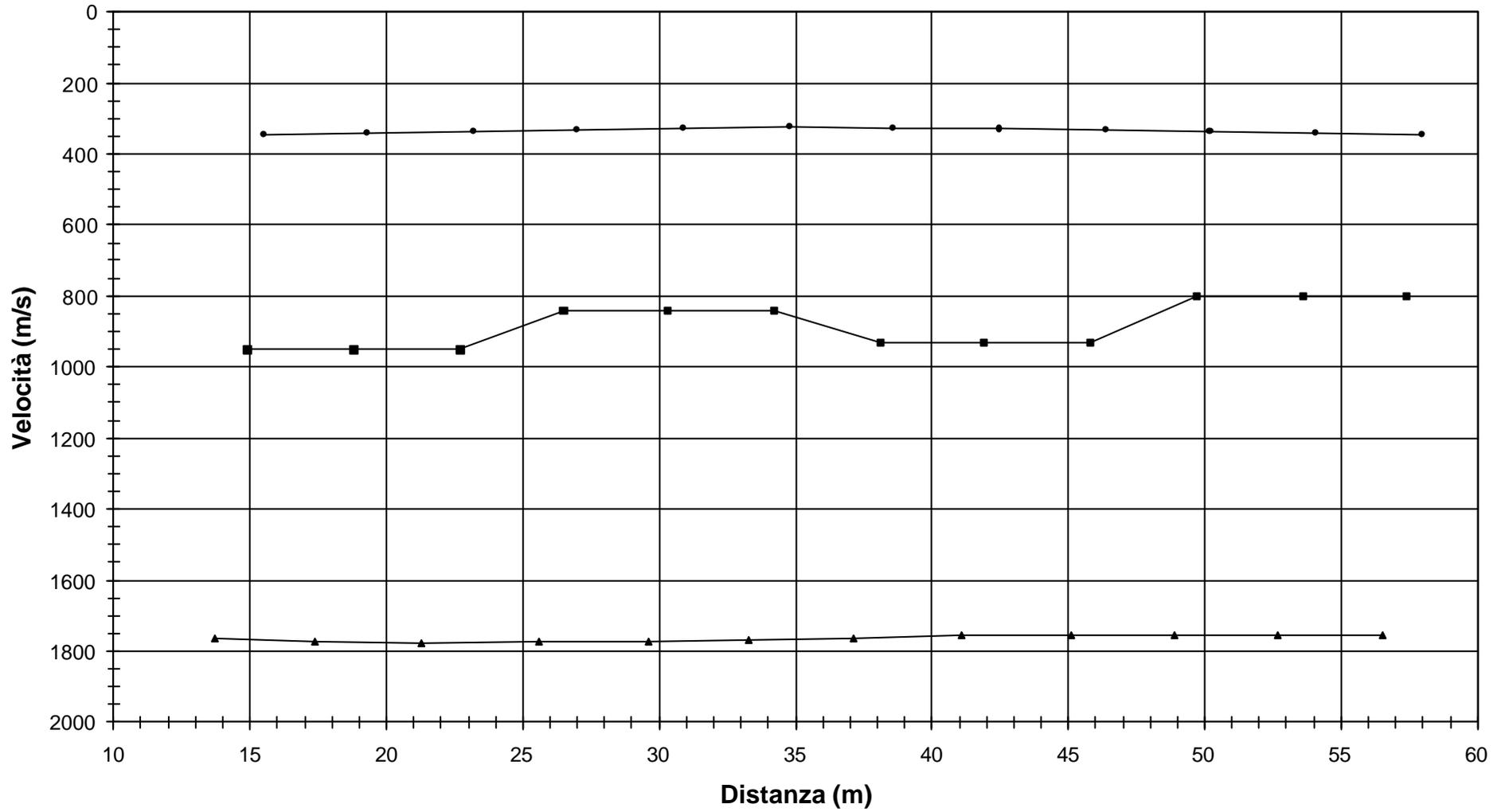
PROFILO 2 - Sezione interpretata



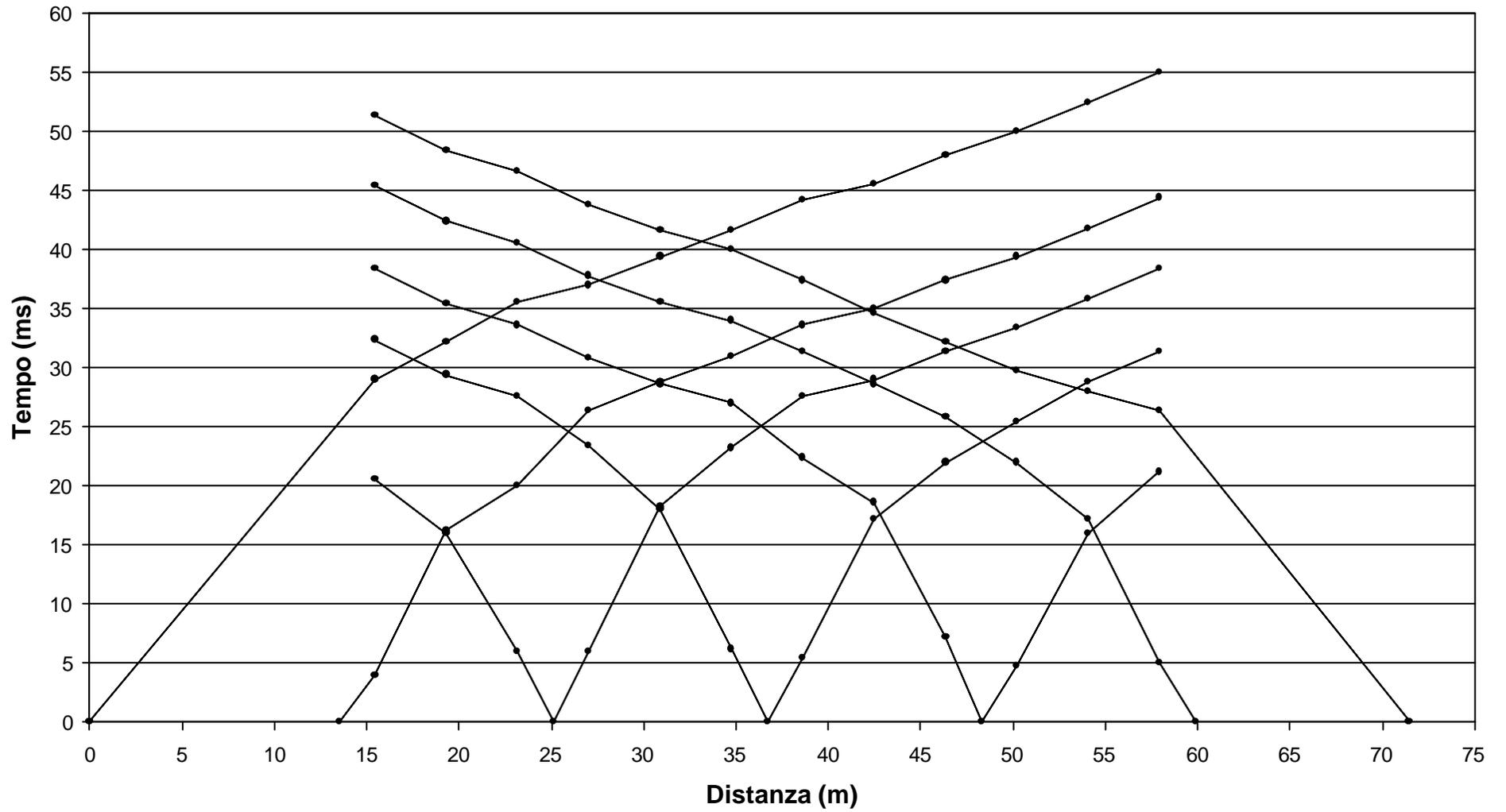
PROFILO 3 - Quote topografia e rifrattori



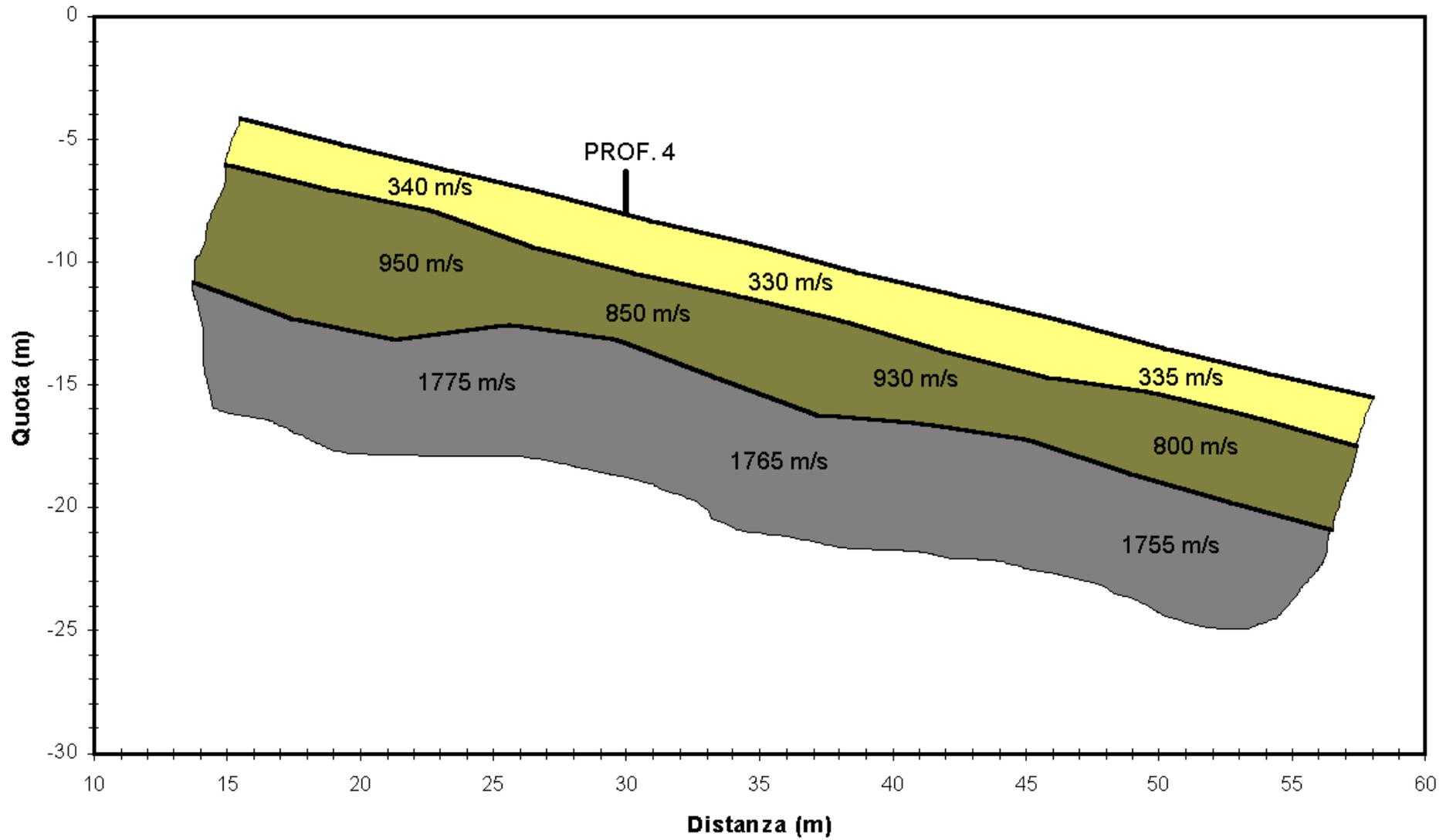
PROFILO 3 - Velocità primo strato e rifrattori



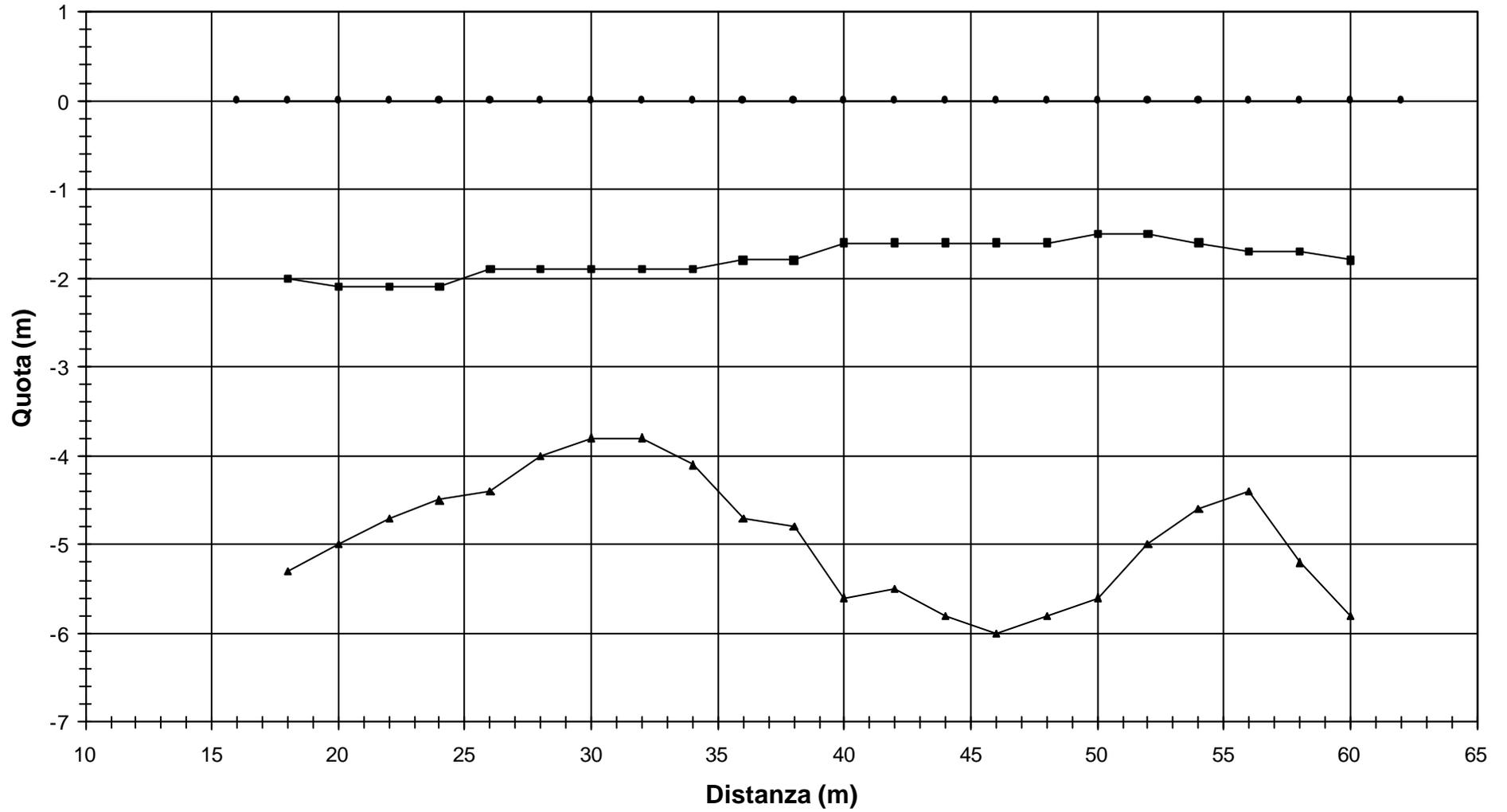
PROFILO 3 - Tempi di arrivo letti



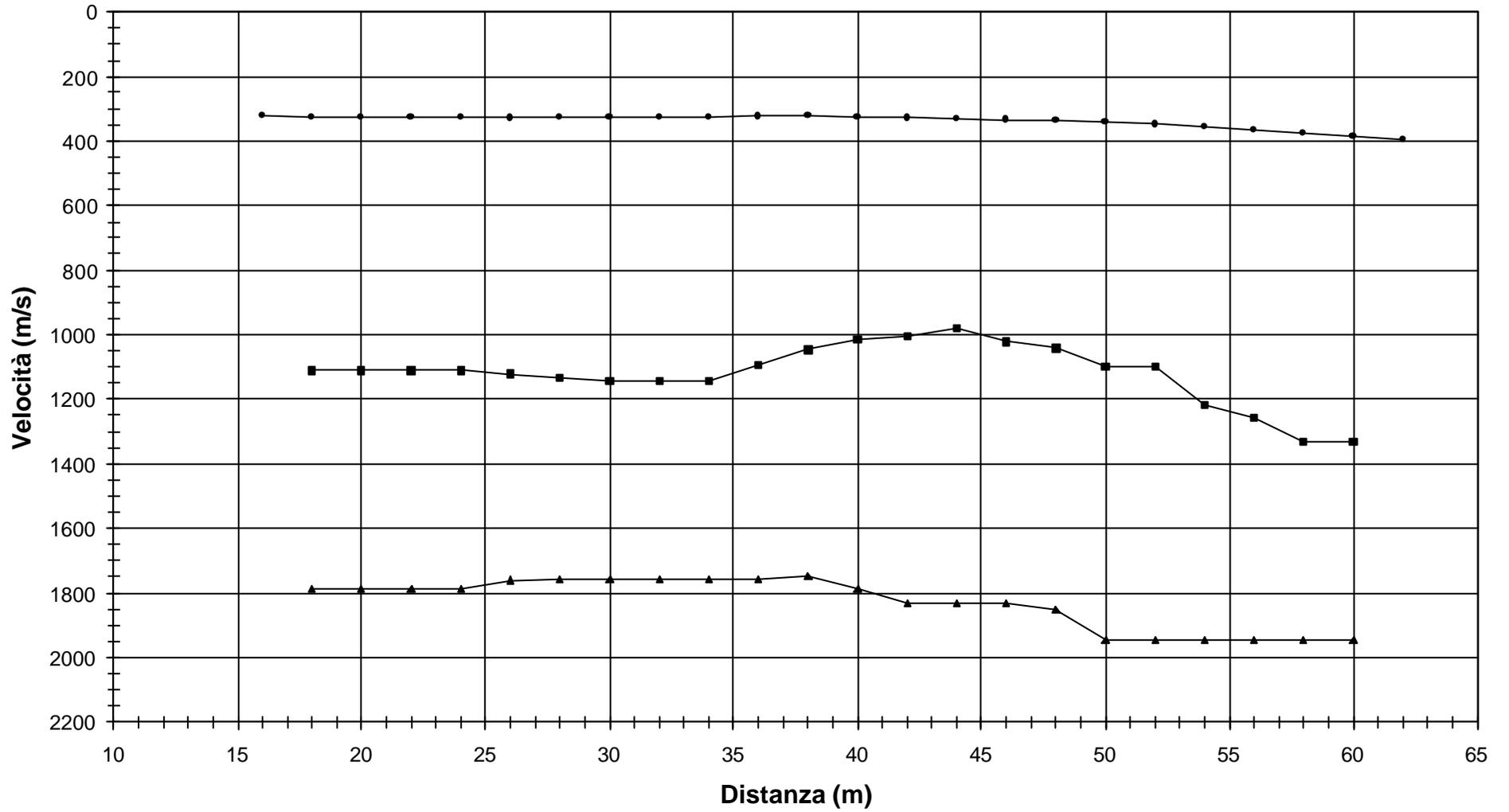
PROFILO 3 - Sezione interpretata



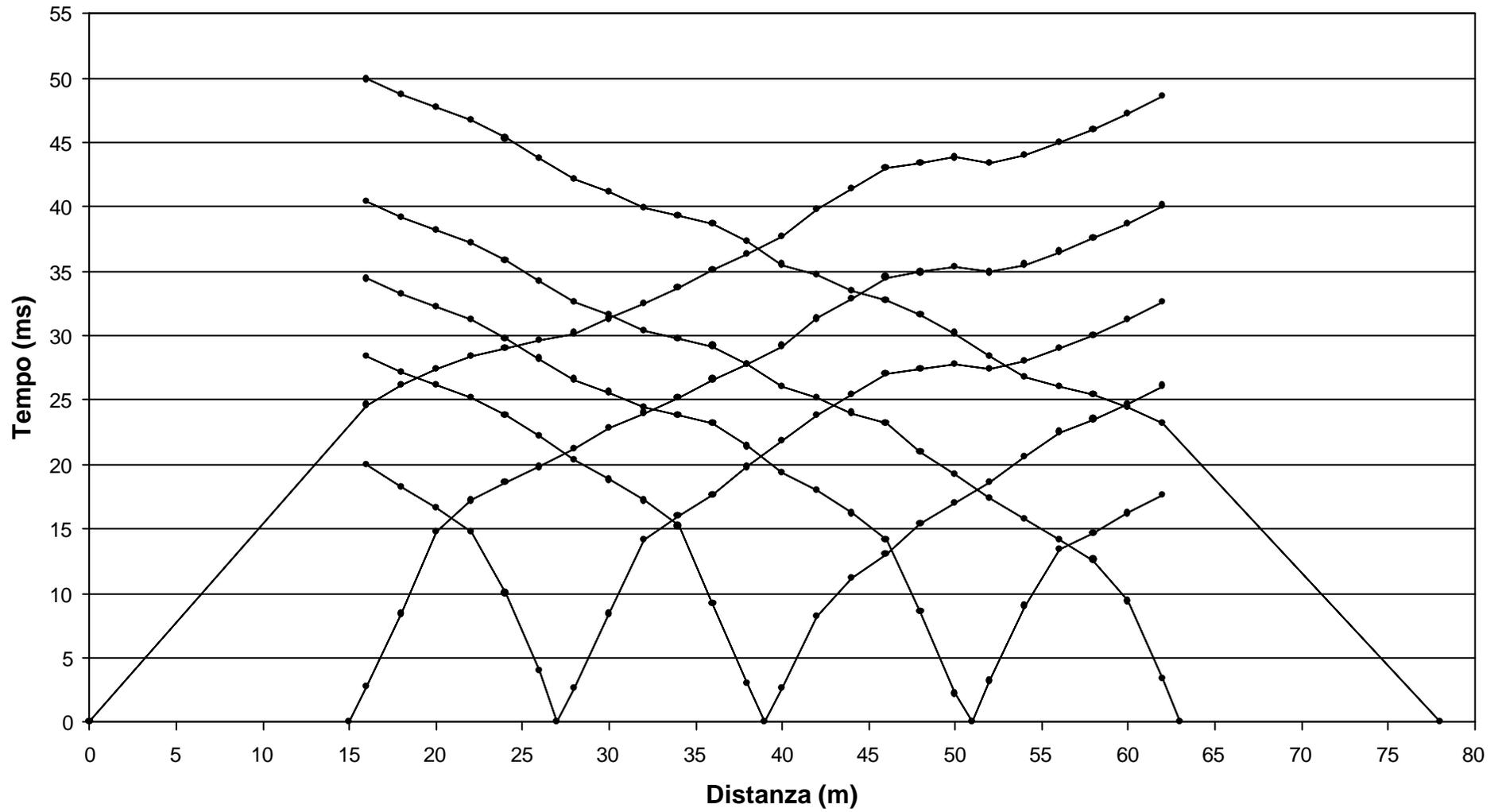
PROFILO 4 - Quote topografia e rifrattori



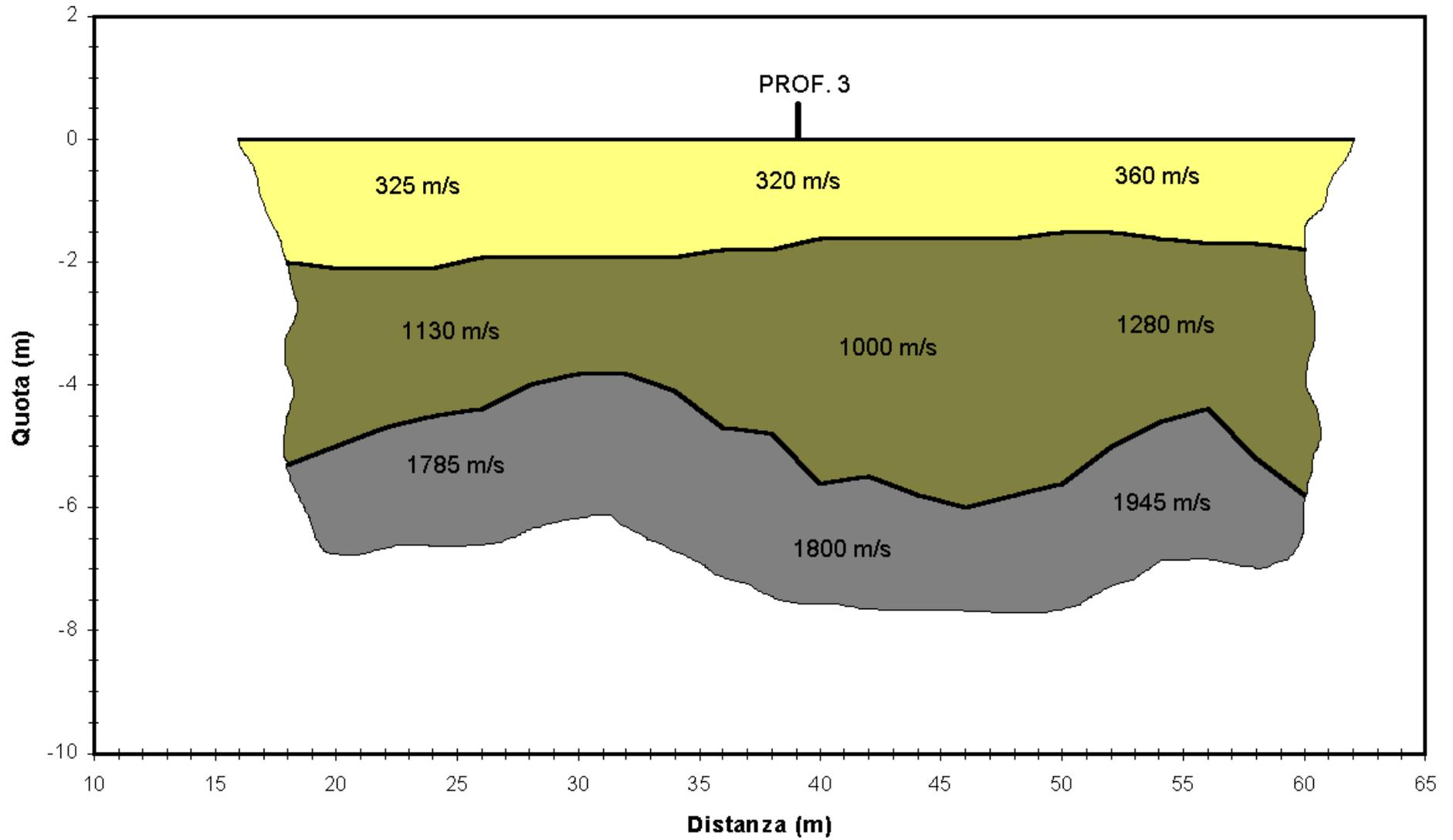
PROFILO 4 - Velocità primo strato e rifrattori



PROFILO 4 - Tempi di arrivo letti



PROFILO 4 - Sezione interpretata



Francesco COSTI

Via P. Gobetti 10/5 – 16145 Genova

Tel. + fax: 010 366 455

Cellulare: 348 03 62 899

Iscriz. Ord. Geologi Liguria: A. P. 350

P. IVA: 0372 55 60 100

C.F.: CST FNC 66P22 D969Q

e-mail: costifr@tin.it

SISMICA A RIFRAZIONE**PIAN DEI CORSI – CALICE LIGURE (SV)****13 novembre 2003****COMMENTO AI RISULTATI****A – Acquisizione dei dati**

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione dei dati sismici è un sismografo ABEM TERRALOC MARK 6 a 24 canali, le cui caratteristiche tecniche sono riportate nel foglio allegato ai risultati.

Le specifiche dei quattro profili effettuati sono sintetizzate nella tabella sottostante.

| CARATTERISTICHE DEI PROFILI | | | | | | |
|------------------------------------|--|------------|----------------|-----------------|----------------|-------------|
| N. Prof. | N. Ch. | GSP | N. Shot | L. Stesa | L. Tot. | Note |
| 1 | 24 | 2 | 7 | 46 | 78 | |
| 2 | 12 | 4 | 7 | 44 | 76 | pend. |
| 3 | 12 | 4 | 7 | 44 | 74 | pend. |
| 4 | 24 | 2 | 7 | 46 | 78 | |
| N. Prof. | numero progressivo del profilo | | | | | |
| N. Ch. | numero di canali (geofoni) utilizzati | | | | | |
| GSP | spaziatura fra i geofoni in metri | | | | | |
| N. Shot | numero di shot (punti sorgente) | | | | | |
| L. Stesa | lunghezza della stesa di geofoni in metri | | | | | |
| L. Tot. | lunghezza totale del profilo in metri, compresi gli shot esterni | | | | | |
| pend. | profilo eseguito in pendenza sul versante | | | | | |

La geometria delle stese ed i parametri di acquisizione sono stati scelti tenendo conto dei seguenti fattori:

- buon dettaglio nella definizione degli strati superficiali, necessario per calcolare con precisione la profondità del rifratore più profondo;
- adeguata lunghezza per indagare ad una sufficiente profondità e per coprire l'area di interesse, in relazione agli scopi dell'indagine sismica;
- spazio realmente a disposizione.

Per un controllo reciproco dei risultati e per il riconoscimento di eventuali anisotropie di propagazione delle onde sismiche nei materiali, i profili sono stati disposti sul terreno in modo da incrociarsi a coppie ortogonalmente.

I profili 1 e 4, collocati orizzontalmente e quindi di più facile realizzazione, sono stati acquisiti e trattati a 24 canali, permettendo un'analisi di maggiore dettaglio.

I profili 2 e 3, posizionati in pendenza sul versante in condizioni logistiche più difficoltose, sono stati eseguiti a 12 canali, adottando una spaziatura fra i geofoni superiore per coprire comunque una lunghezza di indagine equivalente a quella degli altri due profili.

Nel caso dei profili 2 e 3, per calcolare l'esatta posizione di shot e geofoni, lungo il tracciato è stato effettuato un rilievo topografico di dettaglio. Nei fogli dei risultati, le coordinate dei vari punti sono relative ad un sistema di assi cartesiani orizzontale – verticale. Le effettive distanze di percorrenza delle onde sismiche sono invece da riferirsi al reale sviluppo del profilo lungo la topografia.

La sorgente utilizzata è una mazza da 8 kg battuta su una piastra metallica.

Prima di operare in campagna è stata talvolta necessaria una pulizia del terreno, con l'apertura di una traccia nella vegetazione arbustiva.

I dettagli dei parametri di acquisizione sono riportati nei fogli relativi ai risultati.

B – Analisi delle dromocrone

Le tracce sono risultate di buona qualità con tempi di arrivo delle onde sismiche sempre ben leggibili.

Le dromocrone mostrano talvolta un andamento irregolare, che indica la presenza di variazioni laterali delle caratteristiche (velocità e/o profondità) dei rifrattori.

In tali situazioni, l'individuazione dei punti di cambio strato sulle dromocrone risulta non immediata e deve basarsi prevalentemente sul confronto fra le dromocrone relative ai vari shot di ogni profilo.

Da un'attenta analisi delle dromocrone è possibile riconoscere una situazione a tre strati, con due principali cambi di pendenza sulle dromocrone stesse.

Nella tabella sottostante sono sintetizzate le informazioni deducibili dalle dromocrone.

| OSSERVAZIONI SULLE DROMOCRONE | | | | | | |
|----------------------------------|--|--------|-------|------------------|---------|---------|
| PASSAGGIO PRIMO - SECONDO STRATO | | | | | | |
| N. Prof. | numero geof. | | | metri dallo shot | | |
| | sin | centro | dx | sin | centro | dx |
| 1 | 3 | 2 - 3 | 2 | 5 | 3 - 5 | 3 |
| 2 | 1 - 2 | 2 | 2 | 2 - 6 | 6 | 6 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 6 | 6 | 6 |
| 4 | 3 | 2 - 3 | 3 | 5 | 3 - 5 | 5 |
| PASSAGGIO SECONDO - TERZO STRATO | | | | | | |
| N. Prof. | numero geof. | | | metri dallo shot | | |
| | sin | centro | dx | sin | centro | dx |
| 1 | 7 | 7 - 9 | 7 - 8 | 13 | 13 - 17 | 13 - 15 |
| 2 | 4 | 5 | 5 | 14 | 18 | 18 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 14 | 14 | 14 |
| 4 | 7 | 7 - 8 | 8 - 9 | 13 | 13 - 15 | 15 - 17 |
| N. Prof. | numero progressivo del profilo | | | | | |
| numero geof. | distanza dallo shot del punto di cambio strato sulla dromocrona, espressa come numero di geofoni | | | | | |
| metri dallo shot | distanza dallo shot del punto di cambio strato sulla dromocrona, espressa in metri | | | | | |
| sin | shot nella parte sinistra del profilo (1) | | | | | |
| centro | shot nella parte centrale del profilo (1) | | | | | |
| dx | shot nella parte destra del profilo (1) | | | | | |
| nota (1) | con riferimento al grafico dei tempi di arrivo | | | | | |

In generale, sulle dromocrone la distanza dallo shot del punto di cambio strato, relativamente ad un determinato rifrattore, aumenta con:

- una maggiore velocità degli strati sovrastanti,
- una maggiore profondità del rifrattore,
- una minore velocità del rifrattore.

C – Risultati

Nei fogli dei risultati sono riportati, sotto forma sia di tabelle sia di grafici, i seguenti dati: posizione di shot e geofoni, tempi letti, valori di velocità e profondità punto per punto relativamente al primo strato ed ai rifrattori.

I due rifrattori individuati (interfacce superiori del secondo e del terzo strato) sono stati analizzati con il Generalized Reciprocal Method (GRM), sviluppato da J. Palmer nel 1980.

Per i dettagli dei risultati si rimanda alle tabelle ed ai grafici, mentre qui di seguito verranno riassunte e commentate le osservazioni più importanti deducibili dalle indagini svolte. Nel testo sottostante, le diciture sinistra, destra e centrale si riferiscono ai grafici dei risultati.

I quattro profili effettuati hanno dato risultati reciprocamente compatibili. I valori di velocità ottenuti per ogni strato sono abbastanza costanti sui vari profili.

Il primo strato presenta velocità comprese fra 320 m/s e 460 m/s, con i valori più elevati sul profilo 2 e quelli più bassi sul profilo 4.

Il secondo strato ha velocità che variano da 800 m/s a 1300 m/s; i valori più alti sono stati registrati sui profili 1 e 4, mentre quelli inferiori si trovano sul profilo 3.

La velocità del terzo strato passa da un valore minimo pari a 1775 m/s ad un valore massimo di 2350 m/s; in generale i valori sono più elevati sui profili 1 e 2 e più bassi sui profili 3 e 4.

Lo spessore del primo strato risulta in genere compreso fra 1 m e 2 m.

Il passaggio fra secondo e terzo strato (secondo rifrattore) ha profondità che variano mediamente da 4 m a 6 m; localmente (parte destra del profilo 2 e parte sinistra del profilo 3) si raggiungono i 7.5 – 8 m.

Il primo strato è rappresentato dal suolo presente in superficie nell'area in esame.

Il secondo strato sulla base dei soli dati sismici non può essere attribuito in maniera univoca ad un particolare tipo di terreno. Le velocità sono ancora compatibili con un terreno sciolto; in tal caso, l'aumento di velocità rispetto al primo strato può essere dovuto a vari fattori: una maggiore compattezza, una composizione granulometrica differente, un diverso tenore di umidità, la presenza di blocchi rocciosi disarticolati al suo interno,

I valori di velocità del secondo strato sono tuttavia riferibili anche ad un cappellaccio molto alterato e/o fratturato. Si tratta comunque di un materiale non saturo d'acqua.

Il terzo strato, analogamente al secondo, non può essere interpretato geologicamente in modo univoco. Date le velocità potrebbe trattarsi di un substrato roccioso alterato e/o fratturato; da tenere conto tuttavia che i valori trovati risultano compatibili anche con un terreno sciolto in falda.

Poiché comunque non è stata rilevata la presenza di un substrato roccioso di buona qualità è stato fatto un test per valutare la profondità minima di un ulteriore strato con velocità di propagazione delle onde sismiche più elevate. I risultati sono riportati in una tabella, mentre in un foglio allegato è spiegata dettagliatamente la teoria alla base di questi conti.

In tale test i due strati più superficiali sono stati unificati in un solo strato con caratteristiche intermedie fra i due.

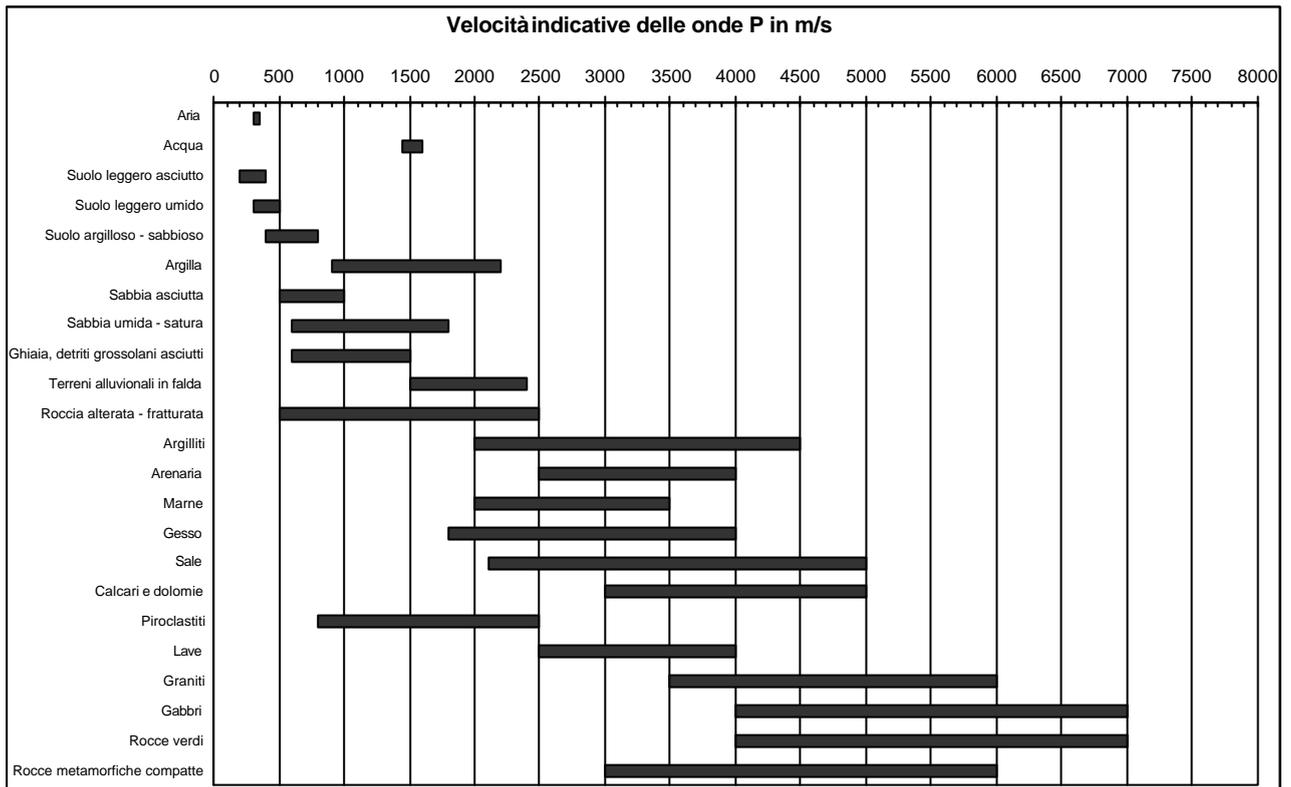
A livello indicativo risulta che la profondità minima di un eventuale strato con elevata velocità è dell'ordine dei 15 - 20 m.

D - Note

Per una corretta interpretazione dei risultati, occorre tenere conto delle seguenti osservazioni:

- un profilo sismico non è una sezione verticale del terreno, bensì una sezione perpendicolare al rifrattore; un dato valore di profondità indica che il rifrattore si trova in un punto dello spazio a quella determinata distanza; l'andamento reale degli strati nel sottosuolo si ottiene quindi combinando in 3 dimensioni i risultati di vari profili.
- Per ogni strato, la sismica fornisce un valore di velocità che rappresenta in un certo senso la media sull'intero spessore dello strato.
- Con la sismica a rifrazione non è possibile individuare inversioni di velocità al di sotto del rifrattore più profondo, cioè non è possibile stabilire se a profondità maggiori dell'ultimo rifrattore esaminato le velocità diminuiscono. Le onde sismiche che determinano i primi arrivi sulle dromocrone viaggiano nello strato a velocità maggiore; tale strato nasconde quindi eventuali strati sottostanti con valori di velocità più bassi.
- Nel caso di rocce che presentano piani di debolezza ben definiti (stratificazione, famiglia di fratture, ...), la velocità di propagazione delle onde sismiche può variare sensibilmente in funzione dell'orientazione del profilo rispetto alla giacitura di tali strutture: un profilo parallelo ai piani di debolezza in generale dà velocità più elevate rispetto ad un profilo perpendicolare agli stessi piani.
- Nei disegni finali delle sezioni, i limiti laterali e lo spessore dell'ultimo strato hanno un significato puramente grafico, in quanto con la sismica a rifrazione si individua esclusivamente l'interfaccia superiore dei vari strati sismici.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori medi delle velocità di propagazione delle onde P all'interno di differenti materiali.



RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO



ALLEGATO 3

Stratigrafie sondaggi diretti Pian dei Corsi 2004

Sondaggio: **S1**
 Località cantiere: **Pian dei Corsi** Comune: **Calice Ligure (SV)**
 Quota: circa **1.007 m slm**
 Data inizio lavori: **16.12.2003** Data fine lavori: **18.12.2003**
 Committente: **Comune di Calice Ligure**
 Ditta esecutrice: **BORGHI DRILL srl**
 Coordinatore sondaggi: **Francesco Cipolla** (Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati)

| Scala 1:100 | Profondità (m) | Spessore (m) | Stratigrafia | Descrizione | Rivestimento | Carotiere | Corona | SPT (N _{SPT}) | RQD (%) | | | | Falda | Campioni | Cassetta | |
|-------------|----------------|--------------|--------------|--|--------------|---------------|----------|-------------------------|---------|--------------|----|----|-------|----------|----------|--|
| | | | | | | | | | 20 | 40 | 60 | 80 | | | | |
| 1 | 0.90 | 0.90 | | Terreno di natura prevalentemente vegetale di colore marrone scuro, di tipo sabbioso limoso | | Semplice Ø127 | Widia | 5 - 9 - 16 | | | | | | C1 | | |
| 2 | 1.50 | 0.60 | | Terreno di natura eluviale di tipo sabbioso limoso, poco plastico, connesso ai prodotti di alterazione del top del substrato roccioso | | | | | | | | | | C1 | | |
| 3 | | | | Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso; il passaggio verso il substrato s.s. è sfumato: il materiale presenta la struttura originaria della roccia madre, ma è geotecnicamente assimilabile ad un suolo | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4.00 | 2.50 | | | | | | | | 30 - 25 - 40 | | | | | | |
| 5 | 5.00 | 1.00 | | Substrato roccioso molto fratturato ed alterato, sbriciolato dalla perforazione eseguita a secco con carotiere semplice | | S Ø101 | diamante | | | | | | | | | |
| 6 | | | | Substrato roccioso (metaignimbriti di colore grigio verde fortemente scistose) molto fratturato localmente molto alterato. Tale orizzonte è caratterizzato da numerosi livelli di debolezza che ne condizionano il generale comportamento geomeccanico | | NT2 Ø101 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 8.80 | 3.80 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | Substrato roccioso di colore grigio scuro e verde (metaignimbriti) fratturato caratterizzato da notevoli disturbi strutturali, ma con livelli di alterazione via via meno profondi | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 12.50 | 3.70 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | 12.50 m quota di fine sondaggio | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Note: Sonda FRASTE PL
 SPT da 1.10 - 1.55 punta aperta
 SPT da 3.60 - 4.05 punta aperta
 Campioni rimaneggiati da 0.70-0.90 e 0.90-1.10



SPT: 3.60-4.05 m



Cassetta 1: 0-5



Cassetta 2: 5-10



Cassetta 3: 10-12.50 m

Sondaggio: **S2**

Località cantiere: **Pian dei Corsi**

Comune: **Calice Ligure (SV)**

Quota: circa **1.011 m slm**

Data inizio lavori: **18.12.2003**

Data fine lavori: **19.12.2003**

Comittente: **Comune di Calice Ligure**

Ditta esecutrice: **BORGHI DRILL srl**

Coordinatore sondaggi: **Francesco Cipolla** (Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati)

| Scala 1:100 | Profondità (m) | Spessore (m) | Stratigrafia | Descrizione | Rivestimento | Carotiere | Corona | SPT (N _{SPT}) | RQD (%) | | | | Falda | Campioni | Cassetta | | | |
|-------------|--|--------------|--------------|--|--------------|-----------|----------|-------------------------|---------|----|----|----|-------|----------|----------|--|--|--|
| | | | | | | | | | 20 | 40 | 60 | 80 | | | | | | |
| 1 | 0.80 | 0.80 | | Terreno di natura prevalentemente vegetale misto ad eluvio proveniente dal cap-rock sottostante di tipo sabbioso limoso | | S Ø127 | Widia | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1.50 | 0.70 | | Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso; il passaggio verso il substrato s.s. è sfumato | | S Ø101 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2.20 | 0.70 | | Substrato roccioso molto fratturato ed alterato, sbriciolato dalla perforazione eseguita a secco con carotiere semplice | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | Substrato roccioso di colore grigio scuro e verde (metaignimbriti) fratturato caratterizzato da notevoli disturbi strutturali, ma con limitati livelli di alterazione; localmente vene di quarzo centimetriche | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6.20 | 4.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | Substrato roccioso (metaignimbriti fortemente scistose) molto fratturato e caratterizzato da una alterazione profonda e pervasiva. Tale orizzonte è caratterizzato da numerosi livelli di debolezza in corrispondenza della marcata scistosità che ne condizionano il generale comportamento geomeccanico. In particolare si segnalano 2 orizzonti di totale alterazione della roccia con presenza di materiale finemente frantumato ed immerso in una matrice fine (orizzonte 6.20-6.30 ed orizzonte 7.00-7.20) | | NT2 Ø101 | diamante | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10.00 | 3.80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 11.00 | 1.00 | | Substrato roccioso di colore grigio scuro e verde (metaignimbriti) fratturato, ma con limitati livelli di alterazione; localmente vene di quarzo centimetriche | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | Substrato roccioso di colore grigio scuro (metaignimbriti) poco fratturato e progressivamente sempre più sano ed integro | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 13.80 | 2.80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 13.80 m quota di fine sondaggio | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Note: Sonda FRASTE PL

Da 2.8 metri perdita totale di acqua di circolazione (valori approssimati medi di circa 30 l/m)



Cassetta 1: 0-5 m



Cassetta 2: 5-10 m



Cassetta 3: 10-13.80 m

RELAZIONE GEOLOGICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO



ALLEGATO 4

Report indagini di laboratorio Pian dei Corsi 2004

G.E.T.

GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl

Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 03-099-06

Pag. 1 / 3

Data 21/01/2004

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Identificazione Campione : S1 CR5

Profondità (m) : 10.60-10.80

Tipo del Campione : Carotato

Descrizione del Materiale : Porfiroidi di colore grigio-verdastro

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 20 gennaio 2004

Denominazione Prova : **PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
CON CONTROLLO DELLA DEFORMAZIONE**

Riferimenti Normativi : **A.S.T.M. D 3148-96**

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :

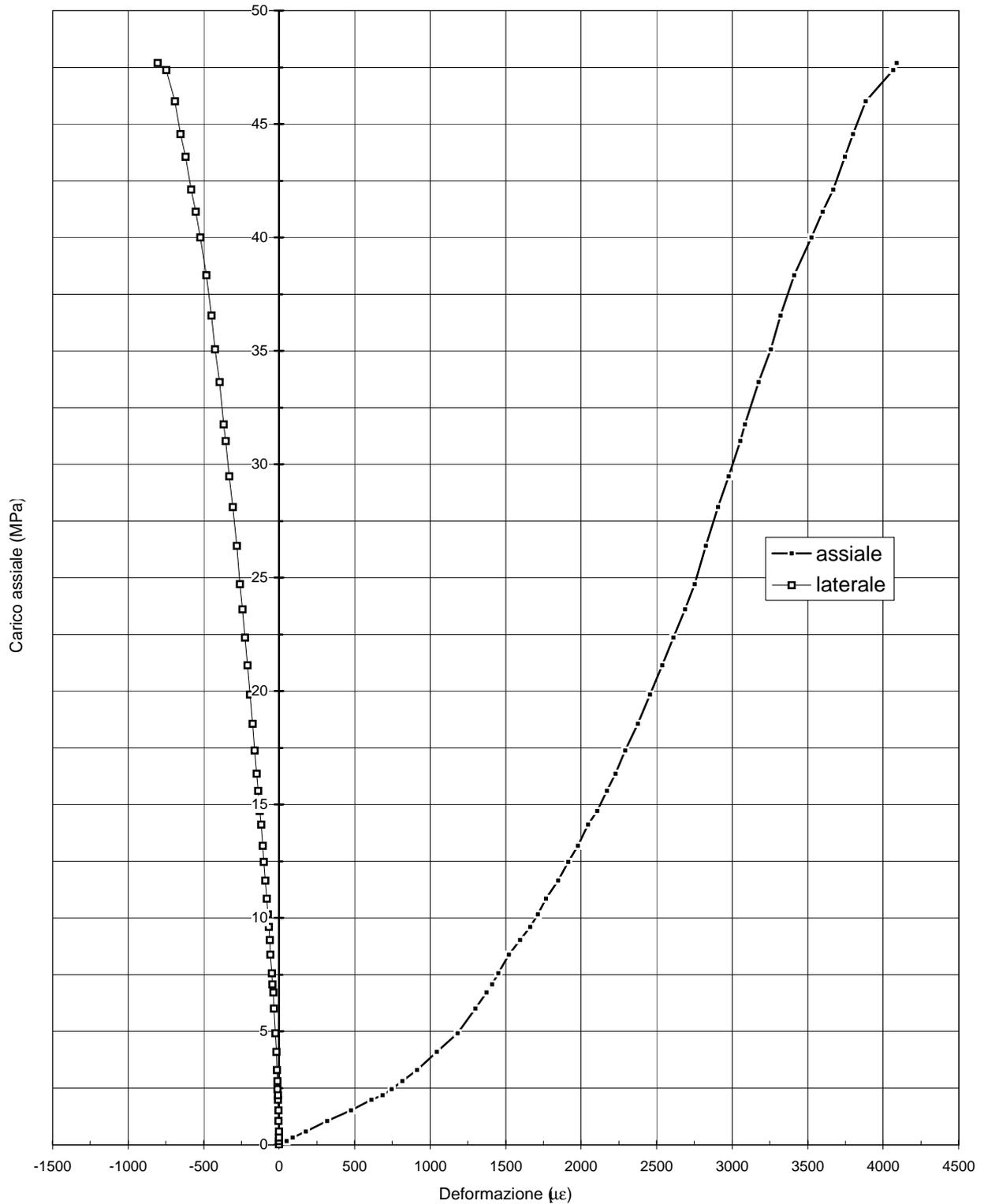


Dott. Geol. Paolo Brasey

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
GRAFICO SFORZO-DEFORMAZIONE

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Campione : S1 CR5
Profondità (m) : 10.60-10.80



G.E.T.

GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl

Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 03-099-05

Pag. 1 / 2

Data 22/01/2004

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Identificazione Campione : S2 CR5

Profondità (m) : 10.30-10.50

Tipo del Campione : Carotato

Descrizione del Materiale : Porfiroidi di colore grigio-verdastro

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 20 gennaio 2004

Denominazione Prova : **PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**

Riferimenti Normativi : **A.S.T.M. D 2938-95**

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :



Dott. Geol. Paolo Brasey

G.E.T.

GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl

Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 03-099-07

Pag. 1 / 3

Data 21/01/2004

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Identificazione Campione : S2 CR7

Profondità (m) : 12.50-12.80

Tipo del Campione : Carotato

Descrizione del Materiale : Porfiroidi di colore grigio-verdastro

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 20 gennaio 2004

Denominazione Prova : **PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
CON CONTROLLO DELLA DEFORMAZIONE**

Riferimenti Normativi : **A.S.T.M. D 3148-96**

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :

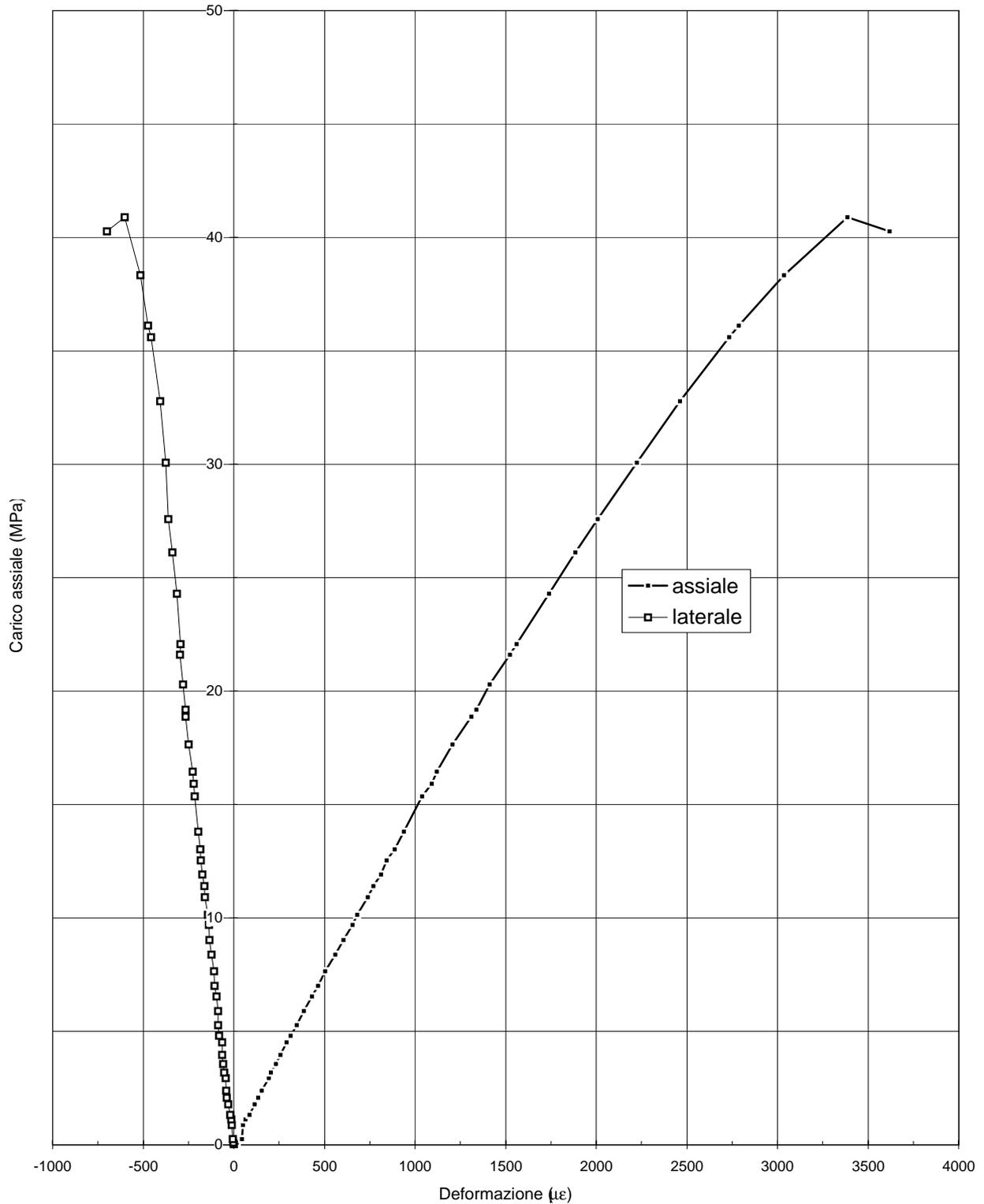


Dott. Geol. Paolo Brasey

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA
GRAFICO SFORZO-DEFORMAZIONE

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Campione : S2 CR7
Profondità (m) : 12.50-12.80



Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Identificazione Campione : Vari S1 - S2

Profondità : Varie

Tipo del Campione : Spezzoni di carota a varie profondità.

Descrizione del Materiale : Porfiroidi di colore grigio-verdastro

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 20 gennaio 2004

Denominazione Prova : **DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI POINT LOAD**

Riferimenti Normativi : **I.S.R.M. 85**

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :



Dott. Geol. Paolo Brasey

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI POINT LOAD

Cliente: DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località: PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Id. Campione: Vari S1 - S2

Descrizione : Porfiroidi di colore grigio-verdastro

| SONDAGGIO CAMPIONE | PROF. (m) | TIPO TEST | 2L (mm) | W (mm) | D (mm) | CARICO (kN) | Is (MPa) | Is ₍₅₀₎ (MPa) |
|-----------------------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|----------------|-------------|-----------------------------|
| S1 CR1 | 5.50-5.60 | d | 105 | 83 | 83 | 0.9 | 0.13 | 0.16 |
| S1 CR2 | 8.00-8.20 | a | 83 | 83 | 87 | 2.5 | 0.27 | 0.35 |
| S1 CR3 | 9.80-9.90 | a | 83 | 83 | 81 | 8.2 | 0.96 | 1.19 |
| S1 CR4 | 10.50-10.60 | d | 95 | 83 | 83 | 1.1 | 0.16 | 0.20 |
| S1 CR6 | 12.40-12.50 | a | 83 | 83 | 67 | 3.1 | 0.44 | 0.50 |
| S2 CR1 | 2.05-2.20 | a | 83 | 83 | 10 | 7.0 | 6.43 | 3.16 |
| S2 CR2 | 3.90-4.00 | d | 61 | 83 | 83 | 6.0 | 0.87 | 1.09 |
| S2 CR3 | 6.50-6.55 | a | 83 | 83 | 47 | 5.5 | 1.12 | 1.08 |
| S2 CR4 | 8.95-9.00 | a | 83 | 83 | 50 | 4.8 | 0.92 | 0.91 |
| S2 CR6 | 11.95-12.00 | d | 81 | 83 | 83 | 4.2 | 0.61 | 0.77 |
| S2 CR8 | 13.70-13.80 | d | 73 | 83 | 83 | 0.5 | 0.07 | 0.09 |

Note:

Legenda: d) diametral test

a) axial test

b) block test

i) irregular lump test

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione Campione : S1 - C1
Profondità (m) : 0.70 - 0.90
Tipo del Campione : Semi - Indisturbato
Descrizione del Materiale : Sabbia argillosa con ghiaia
Colore : Bruno chiaro
Classificazione U.S.C.S. : SC

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 16 gennaio 2004

| Denominazione Prova : | Riferimenti Normativi : | Allegato |
|---|--------------------------------|----------|
| ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO | A.S.T.M. D 422-98 | X |
| CONTENUTO NATURALE IN ACQUA | A.S.T.M. D 2216-98 | X |
| LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG | A.S.T.M. D 4318-00 (proc. C-D) | X |
| PESO DI VOLUME | B.S. 1377-75 | X |
| PESO SPECIFICO ASSOLUTO | A.S.T.M. D 854-00 | |

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :



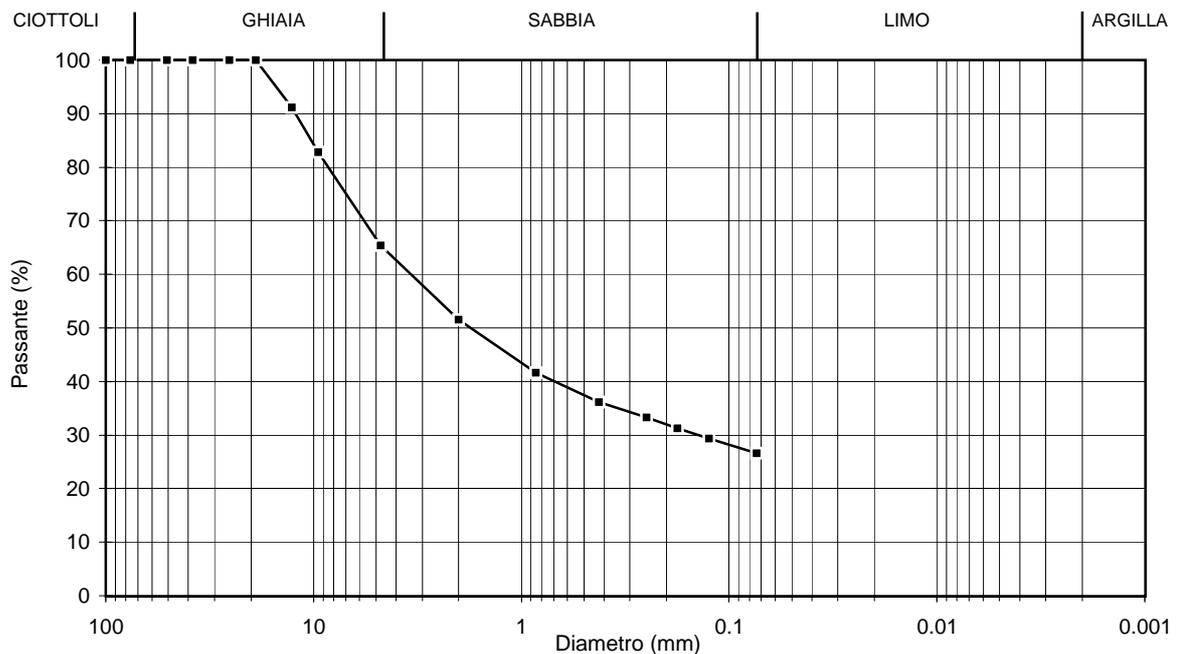
Dott. Geol. Paolo Brasey

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione campione : S1 - C1
Profondità (m) : 0.70 - 0.90

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

| | | | |
|----------------------|-------|----------------------|------|
| Ciottoli (%) | 0.00 | D ₆₀ (mm) | N.D. |
| Ghiaia (%) | 34.57 | D ₅₀ (mm) | N.D. |
| Sabbia (%) | 38.77 | D ₃₀ (mm) | N.D. |
| Limo (%) | N.D. | D ₁₀ (mm) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. | C _c | N.D. |
| P ₂₀₀ (%) | 26.66 | C _u | N.D. |



Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE IN ACQUA

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione campione : S1 - C1
Profondità (m) : 0.70 - 0.90

| | | |
|---------------------------|------------|--------------|
| Peso lordo umido | (g) | 394.95 |
| Peso lordo secco | (g) | 367.00 |
| Peso tara | (g) | 101.39 |
| Peso netto secco | (g) | 265.61 |
| Peso acqua | (g) | 27.95 |
| Contenuto in acqua | (%) | 10.52 |

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DI PLASTICITA'

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
 Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
 Identificazione campione : S1 - C1
 Profondità (m) : 0.70 - 0.90

LIMITE LIQUIDO

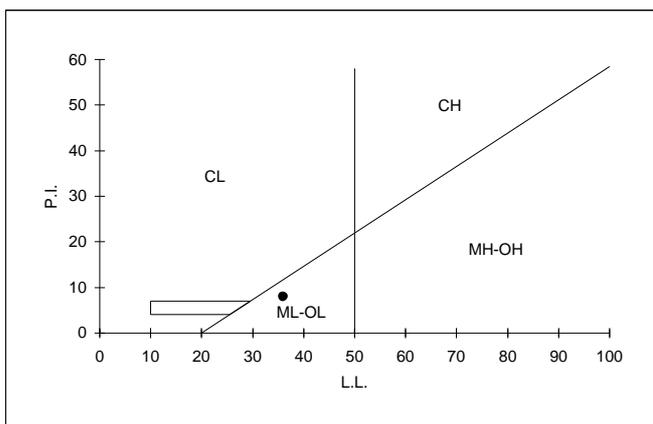
| | | |
|----------------------|-------|-------|
| Numero colpi (N) | 25 | 23 |
| Peso lordo umido (g) | 63.19 | 62.37 |
| Peso lordo secco (g) | 50.23 | 49.58 |
| Tara (g) | 14.71 | 14.53 |
| Peso netto secco (g) | 35.52 | 35.04 |
| Peso acqua (g) | 12.96 | 12.79 |
| Contenuto acqua (%) | 36.49 | 36.50 |
| Limite Liquido | 36.49 | 36.14 |

Valore medio (%) 36.31

LIMITE PLASTICO

| | | |
|----------------------|-------|-------|
| Peso lordo umido (g) | 21.89 | 23.09 |
| Peso lordo secco (g) | 20.60 | 21.73 |
| Tara (g) | 16.07 | 16.81 |
| Peso netto secco (g) | 4.53 | 4.92 |
| Peso acqua (g) | 1.29 | 1.36 |
| Contenuto acqua (%) | 28.48 | 27.64 |

Valore medio (%) 28.06

CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**LIMITE LIQUIDO 36****LIMITE PLASTICO 28****INDICE PLASTICITA' 8**

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione campione : S1 - C1
Profondità (m) : 0.70 - 0.90

Geometria della sezione del provino (circolare/quadrata) : Circolare

| | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Diametro / Lato | (cm) | 9.10 |
| Altezza | (cm) | 9.82 |
| Peso lordo | (g) | 1265.00 |
| Peso tara | (g) | 0.00 |
| Peso netto | (g) | 1265.00 |
| Volume | (cm ³) | 638.68 |
| Peso di volume | (kN/m³) | 19.43 |

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione Campione : S1 - C2
Profondità (m) : 0.90 - 1.10
Tipo del Campione : Semi - Indisturbato
Descrizione del Materiale : Ghiaia limosa con sabbia
Colore : Bruno chiaro
Classificazione U.S.C.S. : GM

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 16 gennaio 2004

| Denominazione Prova : | Riferimenti Normativi : | Allegato |
|---|--------------------------------|----------|
| ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO | A.S.T.M. D 422-98 | X |
| CONTENUTO NATURALE IN ACQUA | A.S.T.M. D 2216-98 | X |
| LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG | A.S.T.M. D 4318-00 (proc. C-D) | X |
| PESO DI VOLUME | B.S. 1377-75 | X |
| PESO SPECIFICO ASSOLUTO | A.S.T.M. D 854-00 | |

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :



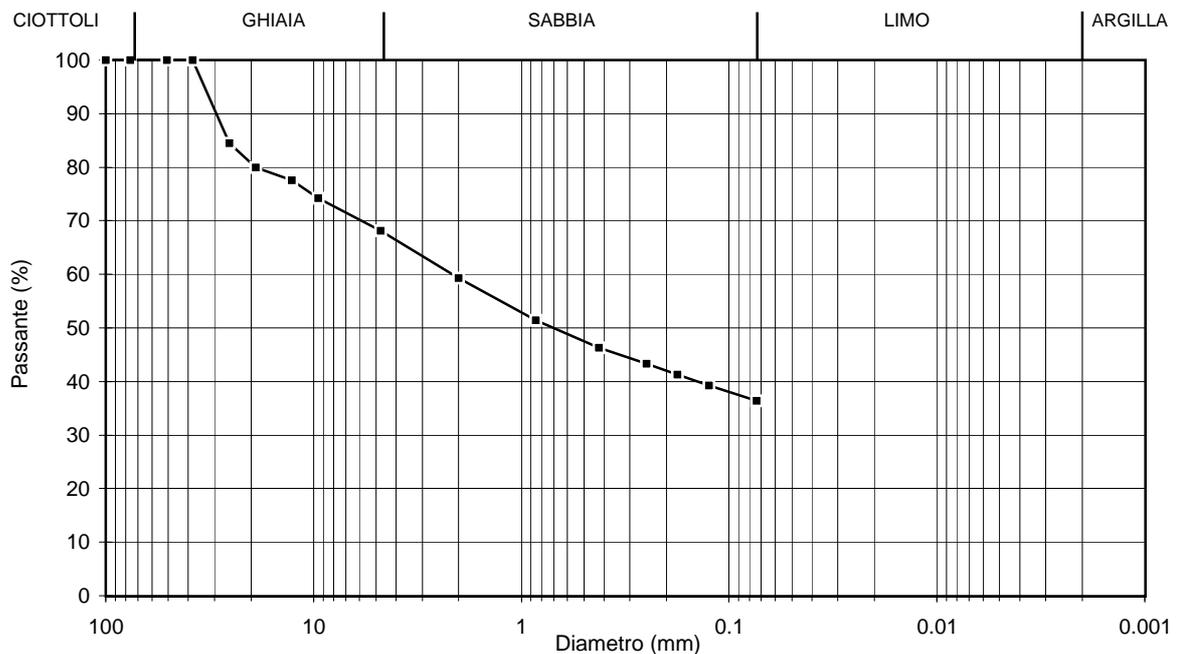
Dott. Geol. Paolo Brasey

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione campione : S1 - C2
Profondità (m) : 0.90 - 1.10

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

| | | | |
|----------------------|-------|----------------------|------|
| Ciottoli (%) | 0.00 | D ₆₀ (mm) | N.D. |
| Ghiaia (%) | 31.89 | D ₅₀ (mm) | N.D. |
| Sabbia (%) | 31.68 | D ₃₀ (mm) | N.D. |
| Limo (%) | N.D. | D ₁₀ (mm) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. | C _c | N.D. |
| P ₂₀₀ (%) | 36.43 | C _u | N.D. |



Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE IN ACQUA

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione campione : S1 - C2
Profondità (m) : 0.90 - 1.10

| | | |
|---------------------------|------------|--------------|
| Peso lordo umido | (g) | 526.81 |
| Peso lordo secco | (g) | 476.91 |
| Peso tara | (g) | 101.39 |
| Peso netto secco | (g) | 375.52 |
| Peso acqua | (g) | 49.90 |
| Contenuto in acqua | (%) | 13.29 |

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DI PLASTICITA'

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
 Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
 Identificazione campione : S1 - C2
 Profondità (m) : 0.90 - 1.10

LIMITE LIQUIDO

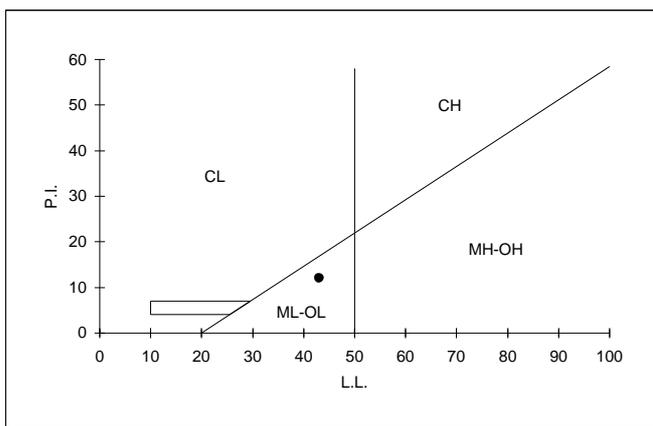
| | | |
|----------------------|-------|-------|
| Numero colpi (N) | 23 | 24 |
| Peso lordo umido (g) | 51.83 | 51.16 |
| Peso lordo secco (g) | 45.04 | 44.45 |
| Tara (g) | 29.50 | 29.15 |
| Peso netto secco (g) | 15.54 | 15.31 |
| Peso acqua (g) | 6.79 | 6.70 |
| Contenuto acqua (%) | 43.69 | 43.78 |
| Limite Liquido | 43.26 | 43.56 |

Valore medio (%) 43.41

LIMITE PLASTICO

| | | |
|----------------------|-------|-------|
| Peso lordo umido (g) | 19.92 | 21.02 |
| Peso lordo secco (g) | 18.72 | 19.75 |
| Tara (g) | 14.86 | 15.54 |
| Peso netto secco (g) | 3.86 | 4.21 |
| Peso acqua (g) | 1.20 | 1.27 |
| Contenuto acqua (%) | 31.09 | 30.10 |

Valore medio (%) 30.59

CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

LIMITE LIQUIDO 43

LIMITE PLASTICO 31

INDICE PLASTICITA' 12

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA
Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE
Identificazione campione : S1 - C2
Profondità (m) : 0.90 - 1.10

Geometria della sezione del provino (circolare/quadrata) : Circolare

| | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Diametro / Lato | (cm) | 6.00 |
| Altezza | (cm) | 6.51 |
| Peso lordo | (g) | 682.49 |
| Peso tara | (g) | 315.48 |
| Peso netto | (g) | 367.01 |
| Volume | (cm ³) | 184.07 |
| Peso di volume | (kN/m³) | 19.56 |

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB

Note :

G.E.T.

GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl

Laboratorio Geotecnico - Via R. Bianchi 38 - Genova

Cert. N°. 03-099-04

Pag. 1 / 2

Data 21/01/2004

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Identificazione Campione : S1 - C2

Profondità (m) : 0.90 - 1.10

Tipo del Campione : Semi - Indisturbato

Descrizione del Materiale : Ghiaia limosa con sabbia

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 13 gennaio 2004

Denominazione Prova : **PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Riferimenti Normativi : **A.S.T.M. D 3080-90**

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :



Dott. Geol. Paolo Brasey

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

| | | | |
|--|--------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Cliente : | DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA | | |
| Località : | PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE | | |
| Identificazione campione : | S1 - C2 | Profondità (m) : 0.90 - 1.10 | |
| Tipo di campione : | Semi - Indisturbato | | |
| Tipo di prova : | CD | Velocità di def. (mm/min) : | 0.008 |
| Dimensioni provino (cm) | Altezza : | 2.17 | Diametro : 6.00 |
| CARATTERISTICHE INIZIALI | | | |
| | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
| peso di volume kN/m ³ | 19.66 | 19.56 | 19.46 |
| umidità % | 13.29 | 12.89 | 12.33 |
| densità secca kN/m ³ | 17.35 | 17.33 | 17.33 |
| CONDIZIONI A ROTTURA | | | |
| | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
| tensione di consolidazione (kPa) | 40.0 | 80.0 | 160.0 |
| def. verticale dopo consolidazione (mm) | 0.29 | 0.65 | 1.24 |
| def. verticale a rottura (mm) | 0.09 | 0.11 | 0.10 |
| def. orizzontale a rottura (mm) | 5.35 | 5.47 | 6.10 |
| tensione di taglio di picco (kPa) | 26.7 | 55.5 | 108.6 |
| tensione di taglio residuo (kPa) | N.D. | N.D. | N.D. |
| umidità finale % | 21.31 | 20.51 | 19.83 |
| PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO | | | |
| | | valore di picco | valore residuo |
| Angolo di attrito efficace : | (deg) | 34.2 | N.D. |
| Coesione efficace : | (kPa) | NULLA | N.D. |
| RETTA INVILUPPO ROTTURA | | | |
| | | | |
| Direttore Tecnico : LM | | Operatore : PB | |

Cliente : DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA

Località : PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE

Identificazione Campione : S1 - C1

Profondità (m) : 0.70 - 0.90

Tipo del Campione : Semi - Indisturbato

Descrizione del Materiale : Sabbia argillosa con ghiaia

Data Ricevimento : 22 dicembre 2003

Data Esecuzione Prova : 16 gennaio 2004

Denominazione Prova : **PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA**Riferimenti Normativi : **A.S.T.M. D 2850-95**

Note :

Direttore Tecnico :



Dott. Geol. Luciano Minetti

Operatore :



Dott. Geol. Paolo Brasey

PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA

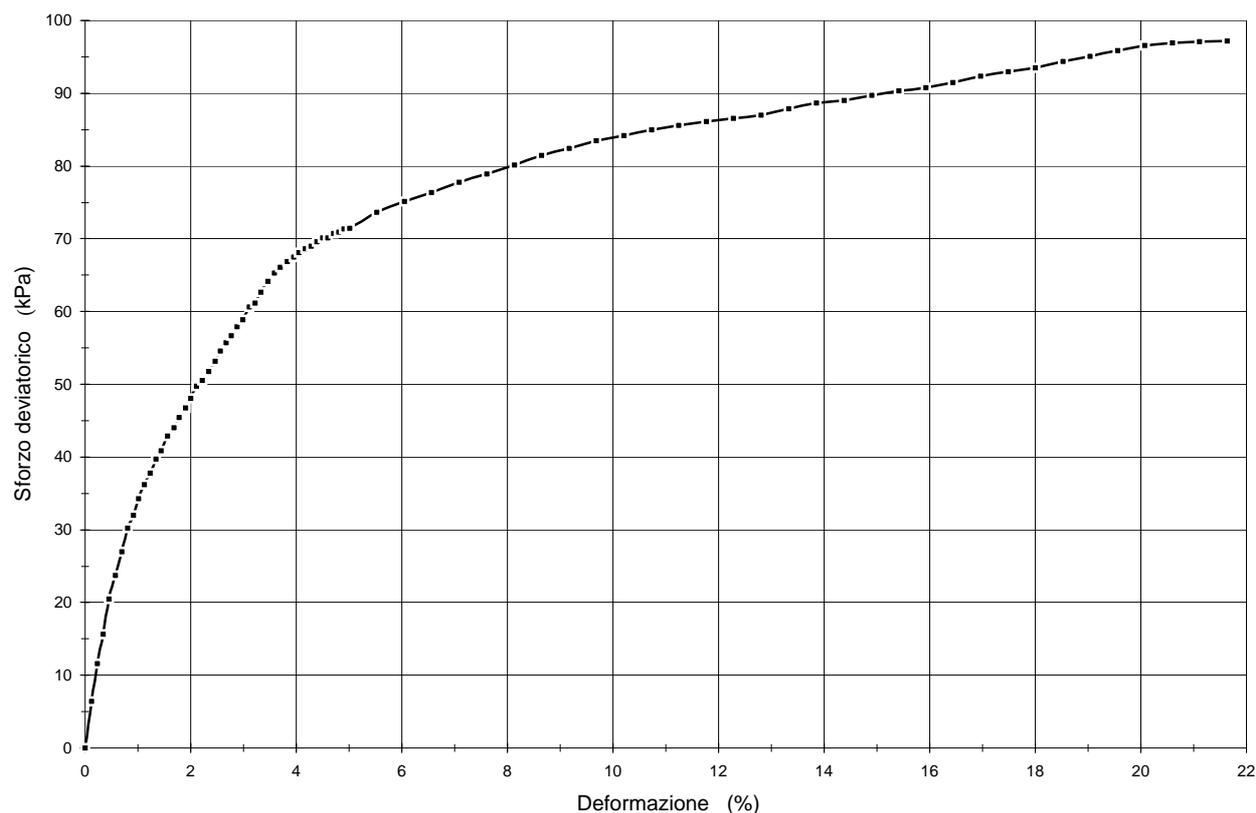
| | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| Cliente : | DR. GEOL. FRANCESCO CIPOLLA | | |
| Località : | PIAN DEI CORSI - CALICE LIGURE | | |
| Identificazione campione : | S1 - C1 | Profondità (m) : | 0.70 - 0.90 |
| Tipo del campione : | Semi - Indisturbato | | |
| Dimensioni provino : | Altezza (cm) 9.82 | Diametro (cm) | 9.10 |
| Velocità di deformazione : | 1.0 mm/min | Pressione di confinamento (KPa) : | 25 |

CARATTERISTICHE INIZIALI

| | |
|------------------------------------|-------|
| Peso di volume (kN/m^3) | 19.43 |
| Contenuto in acqua (w%) | 10.52 |
| Densità secca (kN/m^3) | 17.58 |

FASE DI ROTTURA

| | |
|----------------------------------|-------|
| Sforzo deviatorico (kPa) | 96.50 |
| Deformazione (%) | 20.00 |
| Coazione non drenata C_u (kPa) | 48.25 |

CURVA SFORZO - DEFORMAZIONE

Direttore Tecnico : LM

Operatore : PB