COMUNE di GENOVA

COMMITTENTE

FABBRICA ENERGIE RINNOVABILI ALTERNATIVE SRL

OGGETTO

REALIZZAZIONE TORRE EOLICA ERZELLI

RELAZIONE GEOLOGICA

TECNOSOIL S.n.c.

INDAGINI E RICERCHE
DI INGEGNERIA GEOTECNICA

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
Via Fontevecchia, 4 – 65010 SPOLTORE (PE)
Tel/fax 085.4157055 e-mail tecnosoil@inwind.it

Il Relatore
Dott. Geol. Eustachio Pietromartire



RIFERIMENTO ELABORATO: ADC									DATA
File					N. prog.				
1	5	6	1	1	1	5	6	0	7	**NOVEMBRE, 2011**

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

SOMMARIO

1.0 PREMESSA

2.0 METODOLOGIA DI INDAGINE

3.0 CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

4.0 SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI

5.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFICI

6.0 CARATTERI IDROGEOLOGICI

7.0 SISMICITA' DELL'AREA

8.0 CONSIDERAZIONI DI CARATTERE APPLICATIVO

9.0 CONCLUSIONI

ALLEGATI

CARTA TOPOGRAFICA
CARTA GEOLOGICA
CARTA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO
UBICAZIONE DELL'INDAGINE
INDAGINE SISMICA
INDAGINI DI RIFERIMENTO

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

1.0 PREMESSA

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico preliminare redatto su incarico della FERA Srl, a supporto del progetto di REALIZZAZIONE TORRE EOLICA ERZELLI insistente nel comune di Genova (GE), come indicato nell'immagine sottostante.



Nell'area in esame, ubicata sulla sommità del rilievo di Monte Guano a nord del cimitero di Cornigliano sarà realizzato, in corrispondenza del versante occidentale, un aerogeneratore e una piazzola di montaggio.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Lo studio è finalizzato all'individuazione delle caratteristiche geologico-geomorfologiche presenti nell'area e in un intorno significativo, al fine di valutare la tendenza morfoevolutiva del territorio da parte di agenti morfologici.

Lo studio è stato supportato, oltre che dall'esperienza diretta dello scrivente, anche da diversi lavori svolti, dalla Tecnosoil snc, nel territorio oggetto di analisi tra i quali si annoverano "Il Nodo stradale e Autostradale di Genova", il "Nodo autostradale Gronda di Ponente" che hanno previsto indagini geognostiche e prove in situ da cui è stato possibile accertare la conoscenza geologica dell'area e ricostruire la successione litostratigrafica locale.

Inoltre lo studio è stato supportato da un'indagine sismica svolta nel sito di progetto dallo Studio del Dott. Geol. Carieri.

Lo studio è stato elaborato e condotto nel rispetto della normativa regionale e nazionale, in particolare si è fatto riferimento a:

- Testo unitario – *Norme tecniche per le costruzioni* – testo come da S.O. n. 159 in Gazzetta Ufficiale del 23.09.2005 n. 222 che ha ripreso quanto contenuto nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", e successive modifiche.*
- *Piano di bacino del Torrente Chiaravagna, come approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.31 del 29/09/1998 e fatte salve le modifiche successive;*
- *P.U.C. del Comune di Genova, approvato con D.P.G.R. n° 44 del 10/03/2000 zonizzazione e suscettività d'uso e norme geologiche di attuazione;*
- *Piano Territoriale di Coordinamento Approvato con D.C.P. n°1 del 22 gennaio 2002;*
- *Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 "Riclassificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

2.0 METODOLOGIA DI INDAGINE

TOMOGRAFIA SISMICA

Al fine di fornire un utile supporto alle informazioni desunte dal rilevamento di superficie e dalla geognostica diretta, si è allestito n° 1 dispositivo di acquisizione di lunghezza pari a 52 metri localizzato su versante.

Lo strumento è provvisto di dispositivi analogici per l'amplificazione del segnale che consentono la taratura di ogni singolo sensore (geofono) in relazione alla distanza di questo dal punto di energizzazione. In fase di acquisizione dati è inoltre possibile utilizzare il dispositivo di 'enhancement' che permette di sommare i risultati di successive energizzazioni per risolvere informazioni altrimenti di difficile interpretazione.

Il set di dati campionato viene trasferito digitalmente dal sismografo ad un elaboratore per consentire un picking, accurato con una risoluzione 0.1 msec. La disponibilità di una base di dati digitale consente, in fase di postprocessing, di effettuare eventuali filtraggi al fine di migliorare il rapporto segnale disturbo e rendere univoca l'interpretazione.

Tenendo conto della lunghezza dello stendimento e del contrasto di velocità che presenta il litotipo affiorante rispetto alla copertura eluviale, si è ritenuto necessaria per lo stendimento l'effettuazione di sette energizzazioni utilizzando una massa battente di 10Kg, al fine di conseguire la migliore "illuminazione" possibile per dettagliare la morfologia e le anisotropie dinamiche laterali.

Le due energizzazioni alle estremità della stesa, assicurano la definizione dell'inclinazione del rifrattore rispetto alla superficie topografica, quella centrale migliora la ricopertura nell'ottica di identificare eventuali variazioni di morfologia del substrato.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

L'elaborazione dei segnali sismici è stata effettuata con il Metodo Reciproco Generalizzato (Palmer 1986) che consente di descrivere rifrattori dalla morfologia complessa e che presentino variazioni laterali della velocità di trasmissione dell'onda sismica.

L'elaborazione dei segnali sismici è stata effettuata con il Metodo Reciproco Generalizzato (Palmer 1986) che consente di descrivere rifrattori dalla morfologia complessa e che presentino variazioni laterali della velocità di trasmissione dell'onda sismica. Successivamente la base dati è stata trattata con un algoritmo di inversione tomografica bidimensionale in grado di discriminare la progressiva variazione della velocità con la profondità (Schuster, G. T. and Quintus – Bosz, A., 1993, “Wavepath eikonal traveltime inversion theory” *Geophisics 58,1314-1323*). Sulla scorta di tali elaborazioni è stata ottenuta la tavola allegata.

MULTICHANNEL ACQUISITION OF SURFACEWAVES

L'indagine MASW è un indagine indiretta che misura la velocità di fase delle onde sismiche di superficie. La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidezza del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. La propagazione dell’onda in profondità da origine a fenomeni di trasformazione delle stesse in base al materiale attraversato.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un treno di onde sismiche (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure effettuate avviene attraverso un software *(SWAN Geostudi Astier)* che, a partire dallo spettro F/V e F/K del segnale registrato, ricostruisce la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) in profondità attraverso l'applicazione di un algoritmo genetico, che

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

procede alla ricerca del modello che minimizza l'errore rispetto alle misure effettuate.

I geofoni vengono disposti equidistanti ed allineati l'uno rispetto all'altro e le energizzazioni sono eseguite in posizione esterna lungo la linea sismica.

Lo strumento è provvisto di dispositivi digitali per l'amplificazione del segnale che consentono la taratura di ogni singolo sensore (geofono) in relazione alla distanza di questo dal punto di energizzazione. In fase di acquisizione dati è inoltre possibile utilizzare il dispositivo di 'enhancement' che permette di sommare i risultati di successive energizzazioni per risolvere informazioni altrimenti di difficile interpretazione.

La finestra diLa finestra di campionamento utilizzata è stata di 500 ms con passo di campionamento 1.087 ms. Sono state effettuate n° 4 acquisizioni sommate.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

3.0 CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

L'area in esame rientra nel Foglio 82 Genova della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000.

A scala regionale le formazioni affioranti nel territorio ligure abbracciano alcune delle più significative unità stratigrafico-strutturali delle Alpi e dell'Appennino settentrionale: la zona Brianzonese, la zona Piemontese e la zona Ligure alle quali si aggiunge il Bacino terziario Piemontese.

ZONA BRIANZONESE

La prima, Zona Brianzonese, è rappresentata dal Cristallino Savonese, come designato dalla letteratura geologica locale, di età compresa tra Carbonifero medio e Triassico medio. La serie inizia con depositi clastici carboniferi, trasformati dal metamorfismo in micascisti e filladi; con il Trias iniziano i sedimenti marini trasgressivi con le arenarie quarzose ad intercalazioni conglomeratiche poi con sedimenti calcareo-dolomitici del Triassico medio.

ZONA PIEMONTESE

La zona Piemontese è rappresentata dall'unità paleo-geografica strutturale nota in letteratura come "Gruppo di Voltri" la cui successione stratigrafica risulta divisibile in tre parti distinte:

- **gli scisti cristallini pre-triassici**: costituiti da embrechiti e K-feldspati passanti verso l'alto a micascisti e micascisti gneissici e localmente da gneiss occhialini biotitici cataclastici associati a micascisti cloritici

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

- **la serie triassica**: presenta numerose analogie con spessori più ridotti con quella coeva della zona Brianzonese pertanto rappresentata da arenarie quarzose ad intercalazioni conglomeratiche

- **il complesso calcescistoso-ofiolitifero**: I calcescisti s.l. con lenti serpentinitiche rappresentano il prodotto del metamorfismo alpino su sedimenti calcareo-pelitici di una fossa subsidente (Fossa Piemontese). Le ofioliti sono rappresentate da serpentiniti con locali filoni di rodingiti.

Il Gruppo di Voltri è delimitato a sud-ovest dalla “linea Celle-Sanda” costituita da un fascio di scaglie sub-verticali a direzione NNO-SSE, mentre ad est è delimitato dalla zona a scaglie Sestri-Voltaggio (nota come zona di separazione tra Alpi e Appennino).

ZONA LIGURE

E’ costituita da una serie mesozoica la cui successione è caratterizzata da dolomie e calcari dolomitici massicci seguiti da calcari e calcari marnosi neri con intercalazioni di argilloscisti bituminosi riferibili al Norico e Retico. Il Giurassico inferiore è rappresentato da sequenze argilloso-arenacee con intercalazioni di calcari e calcari marnosi e facies talora metamorfiche, calcareo-filladiche.

Il Giurassico superiore è contraddistinto dall’associazione appenninica diabasi-diaspri-calcari a Calpionella mentre il Cretacico dalla formazione delle “Argille a Palombini”, formazione argillosa con lenti calcaree ed olistoliti serpentinitici e diabasici, che rappresenta la base stratigrafica dei sovrastanti flysch cretacei arenaceo-argillosi e calcarenitico-marnosi.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

BACINO TERZIARIO PIEMONTESE

Sono sedimenti cenozoici presenti in placche isolate sul Gruppo di Voltri e sono costituiti in prevalenza da brecce più o meno grossolane ad elementi ofiolitici.

CENNI DI TETTONICA

L'assetto tettonico regionale è caratterizzato dalla presenza del contatto tra Alpi e Appennini. Nella zona alpina si possono distinguere anche dal punto di vista strutturale la Zona Brianzonese da quella Piemontese sulle quali si accavalla un'unità alloctona di provenienza appenninica denominata Falda di Montenotte.

Nella Zona Brianzonese si distinguono deformazioni pre-alpine conservate come relitti di pieghe ad asse diretto a N o NNE rinvenibili negli Gneiss di Albisola. Queste pieghe sono state in seguito deformate dalla tettonica alpina che si è sovrapposta con piegamenti ad assi diretti SO-NE.

La fase alpina ha carattere decisamente compressivo a vergenza sud che ha provocato vasti piani di rottura o accavallamento di masse a diversa competenza come la faglia inversa di Ellera-Magrania e la faglia che accavalla il Cristallino Savonese alla copertura permo-carbonifera.

La tettonica della Zona Piemontese si identifica con quella del Gruppo di Voltri la quale riflette la contrapposizione tra masse ofiolitiche e serie calcescistosa. Si riconoscono due blocchi ofiolitici uno occidentale ed uno orientale separati da una banda calcescistosa detta di Voltri-Rossiglione. Un'altra fascia calcescistosa separa le masse ofiolitiche nel tratto compreso tra Cogoleto e Sestri Ponente.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Il Contatto del Gruppo di Voltri con la Zona Brianzonese presenta il carattere di un brusco ravvicinamento di zone paleogeograficamente diverse causato dal raccorciamento crostale a componente subduttiva. Il contatto del Gruppo di Voltri con le unità appenniniche è rappresentato dalla Zona Sestri-Voltaggio che rappresenta l'elemento tettonico fondamentale di tutta la zona e si sviluppa con un'ampio arco a direzione NNO-SSE a N-S.

La zona appenninica ligure si sviluppa ad est della Zona Sestri-Voltaggio ed ha anch'essa sviluppo ad arco da nord a sud con convessità rivolta ad est.

Agli elementi tettonici sopra descritti, area alpina e appenninica, si contrappongono quelli della successione post-orogenetica del Bacino Terziario Piemontese che costituisce un'ampia fascia diretta est-ovest caratterizzata nella parte orientale da una monoclinale (ENE-OSO) dislocata ad occidente da un sistema di faglie sub-verticali prevalentemente E-O.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

4.0 SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI

La successione litostratigrafica locale è stata ricostruita sulla base di studi svolti in precedenza e dalla bibliografia esistente. In particolare si è fatto riferimento alle indagini geognostiche svolte per conto della Spea Autostrade nell'ambito dei lavori "Nodo stradale e autostradale di Genova" e "Nodo autostradale Gronda di Ponente"

La roccia che costituisce il substrato dell'area appartiene alla Zona Sestri-Voltaggio di età compresa tra il Triassico superiore ed il Paleocene costituita da formazioni sedimentarie che vanno dalle dolomie Vacuolari e gessi del Carnico fino ai Calcari di Monte Antola di età cretacica in successione stratigrafica dal basso verso l'alto:

- Dolomie vacuolari e gessi (Carnico)
- Dolomia principale
- Calcari di Gallaneto
- Calcari di Lencisa
- Formazione di Torbi (Giurassico)
- Diaspri e Scisti diasprigni
- Calcari di Voltaggio
- Argille a palombini (Cretacico inf.)
- Argille di Mignanego
- Argilliti di Montanesi
- Formazione di Ronco
- Argilliti di Montaggio
- Calcari di Monte Antola (Cretacico sup.)

A queste formazioni sedimentarie si aggiungono diabasi e metagabbri, serpentiniti ed oficalciti. Si tratta in genere di:

1. diabasi grigio-scure e rosso vinaccio localmente a pillow

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

2. metagabbri “eufotidi” molto laminati

3. serpentiniti pirossiniche ed oliviniche, serpentinoscisti, talcoscisti, scisti amiantiferi in piccoli ammassi

Nel sito in esame affiorano in maniera piuttosto diffusa i diabasi a pillow, mentre più ad est il rilevamento mostra la presenza di facies rappresentate da scisti argilloso-filladici a cui spesso si associano calcari grigi talora con selce costituenti la Formazione di Torbi.

Spesso la Formazione di Torbi è sottostante ai diabasi con l’interposizione di un orizzonte a scisti diasprigni.

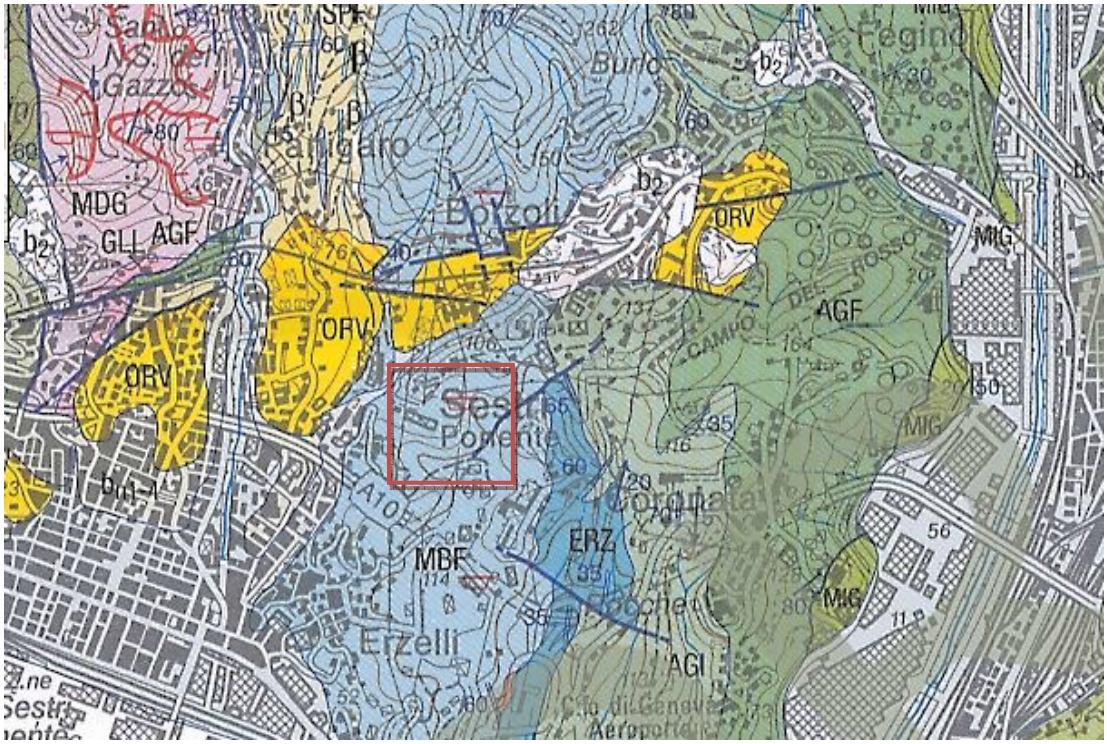
Ad ovest e nord-ovest del sito in esame sono presenti depositi pliocenici, con scarsa distribuzione areale contraddistinti dalla Formazione delle “Argille di Ortovero” prevalentemente costituite da marne, marne argillose, sabbie fini e siltiti con intercalazioni conglomeratiche presenti alla base e alla sommità degli affioramenti.

Nel settore a meridione del sito di studio sono infine presenti depositi quaternari alluvionali recenti e attuali che affiorano ai lati dei principali corsi d’acqua, nel caso in esame il Torrente Chiaravagna, ove costituiscono bassi terrazzi o i greti attuali. I depositi sono costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa localmente sabbie.

Il sopralluogo effettuato nell’area ha permesso di definire la successione stratigrafica locale che nel sito interessato dall’opera progettuale è costituita prevalentemente da metabasalti ascrivibili alla Formazione del M.Figogna che consistono in basalti a pillow, raramente massicci, con importanti livelli di metabrecce e ialoclastiti. L’unità ha generalmente colore verde-bruno a zone rossastre per ossidazione.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

La formazione di substrato è coperta da una coltre detritica costituta da clasti di metabasalti in matrice limoso-argillosa e brecce basaltiche di spessore variabile da pochi metri a decine di metri. L'indagine geofisica evidenzia che le coperture hanno uno spessore variabile tra 5,0 e 8,0 m.





La stralcio cartografico riportato sopra riproduce la Carta Geologia del Progetto CARG alla Scala 1:50000 edito dall'ISPRA.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

5.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFICI

Il territorio comunale di Genova nel settore preso in esame mostra un'eterogeneità legata sia alle differenti emergenze litologiche e strutturali sia ai diversi agenti morfogenetici che nel tempo ne hanno condizionato il modellamento.

Dal punto di vista geomorfologico generale il territorio analizzato può essere schematicamente diviso in tre settori distinti dallo spartiacque ligure-padano:

Versante ligure: presenta elevate pendenze e la sua origine è da ricercare nella genesi del bacino ligure. Esso è caratterizzato da forme erosive regressive con versanti ad elevata acclività;

Crinale e alto versante: corrisponde alle fasce pedemontane con rilievi caratterizzati da pendenze da mediamente a poco acclivi il cui modellamento è da ricercare nelle variazioni climatiche quaternarie;

Versante padano: contrariamente a quello ligure ha una morfologia molto dolce seppur articolata con forme terrazzate e un diffuso reticolo idrografico.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza delle valli principali dei torrenti Polcevera, Bisogno e Chiaravagna delimitate da uno spartiacque con bacini di ridotta estensione, tra cui merita ricordare l"Anfiteatro di Genova" ed i torrenti Sturla e Nervi.

Nell'insieme tutti i bacini presentano caratteristiche di torrenti montani, con forte acclività, breve distanza dallo spartiacque alla linea di riva e presenza di strette piane costiere, originatesi per progradazione delle foci torrentizie, intensamente urbanizzate ed esposte al rischio di esondazione.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Lungo i versanti sono stati rilevati fenomeni franosi talora inattivi o quiescenti ed attivi: i primi sono generalmente collegabili a condizioni morfoclimatiche accentuate e differenti da quella attuale (paleofrane), probabilmente connesse alla tettonica recente e/o ad attività sismica particolarmente intensa o ripetuta, e predominano in corrispondenza dei litotipi calcareo-marnosi posti a contatto con le sottostanti argilliti; le frane attive possono essere distinte tra frane di prima generazione e riattivazioni, queste ultime generalmente dovute a cause antropiche. Le frane di prima generazione interessano la coltre di alterazione eluvio-colluviale dei versanti ed hanno tipologia traslazionale e di colata ("debris flow" e "soil slip"), sono generalmente innescate da precipitazioni brevi ed intense che, con cadenza annuale, interessano tutti i litotipi argilloscistosi e calcareo marnosi.

Negli argilloscisti è predominante la tipologia di frana di scorrimento, generalmente traslazionale, dovuta all'impregnazione e saturazione della coltre detritica superficiale; l'interfaccia tra la porzione alterata ed il substrato roccioso sano, reperibile solitamente a profondità variabili tra 1 e 2 metri, costituisce la superficie di scorrimento. Il comportamento geotecnico e geomeccanico degli argilloscisti s.l. e dei litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco è pressoché omogeneo.

La riattivazione di frane antiche è generalmente legata all'attività antropica: manifestano propensione al dissesto le "fasce" terrazzate abbandonate, soprattutto dove non si è ancora completamente ristabilita la vegetazione, e le coltri potenti interessate da profondi sbancamenti per scopi edificatori. In questi casi i dissesti vengono innescati in concomitanza con periodi piovosi prolungati.

Nei calcari marnosi le tipologie di frana risultano condizionate dall'assetto giaciturale e strutturale della stratificazione e della fratturazione: si osservano scorrimenti traslazionali in roccia in condizioni a "franapoggio" e ribaltamenti e

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

crolli in condizioni a "reggipoggio"; si notano anche casi tipici di scorrimento a "cuneo". Anche le coltri di copertura dei calcari marnosi sono soggette a tipologie di frana di prima generazione analoghe a quelle degli argilloscisti, mentre per coltri di grandi dimensioni la tipologia è di tipo complesso.

In quest'ultimo caso si tratta in genere dei dissesti di più ampia magnitudo, che si innescano in prossimità del contatto litologico tra i calcari marnosi e le argilliti sottostanti. L'elevato contrasto di permeabilità fra le due formazioni, dà origine in prossimità del contatto a zone di saturazione ed impregnazione, provocando la colata degli argilloscisti impregnati ed il crollo o lo scorrimento dei calcari sovrastanti, soggetti anche ad espandimenti.

Forme e processi fluviali predominano nei fondovalle, generalmente caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali grossolani; altre evidenze geomorfologiche, riferibili ad antichi livelli di base plio-quaternari, sono presenti lungo i versanti dei bacini principali sotto forma di superfici spianate in roccia. Di particolare significato ed interesse geomorfologico sono anche le superfici di abrasione marina, disposte su più quote, di cui si hanno numerosi esempi nel settore compreso tra l'abitato di Coronata e quello di Nervi.

A scala locale i frequenti contatti tettonici che si succedono in spazi ridottissimi, accostano litologie differenti a comportamento spesso diverso riguardo a plasticità e permeabilità, determinando contrasti, con emergenze idriche, aree di impregnazione, diffusi fenomeni erosivi che generano scarpate in frana, falde di detrito, scoscendimenti traslazionali.

Le coltri, prevalentemente di origine colluviale, non presentano spessori molto elevati, tuttavia a causa della profonda alterazione del substrato, il cappellaccio di alterazione raggiunge sovente spessori considerevoli.

Lungo i rii sono presenti fenomeni di erosione lineare e laterale, che causano trasporto di materiale solido in volumi molto consistenti (blocchi e massi

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

anche di notevoli dimensioni) e innesco di movimenti franosi per scalzamento al piede dei versanti.

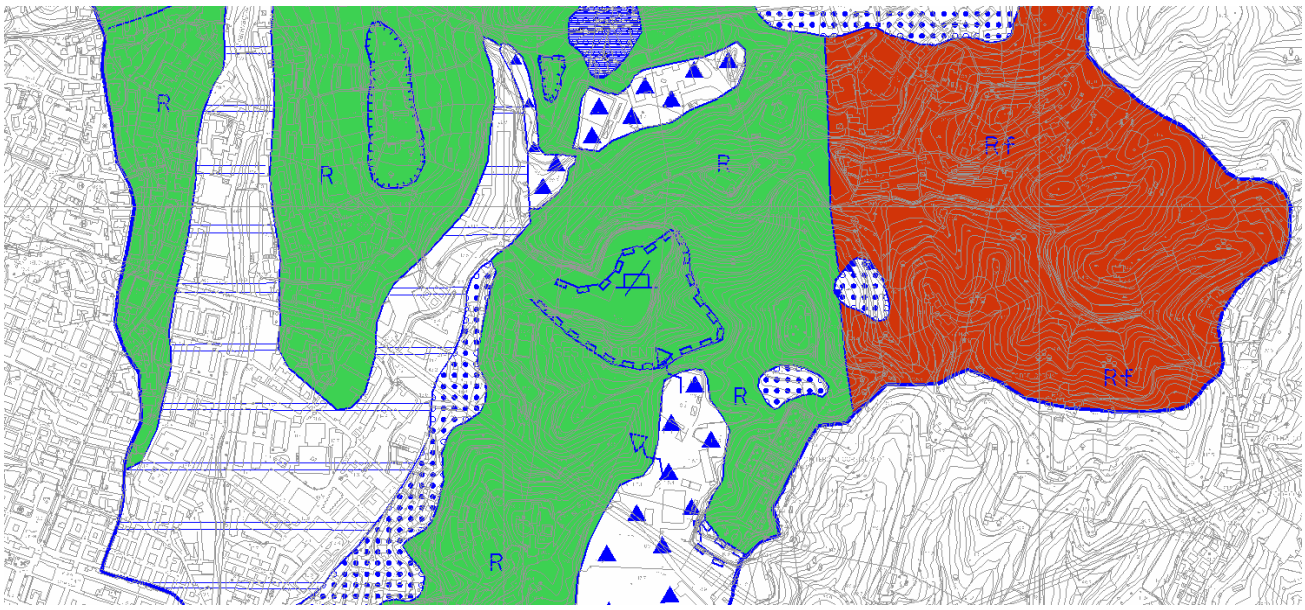
E' presente nell'area di progetto una sviluppata attività di cava, con gradoni di altezza considerevole, ma con stabilità generalmente buona.

Sono inoltre diffusi i fenomeni erosivi dovuti al dilavamento delle acque di scorrimento superficiali, che in occasioni di forti e persistenti precipitazioni, scavano corsi incisi (rill erosion) e provocano erosione laterale con scalzamento del suolo.

Le acque di infiltrazione sottosuperficiali e profonde innescano talora fenomeni franosi di prima generazione (debris flow e soil slip).

Il sito di progetto, all'atto del sopralluogo, non ha manifestato indizi o fattori che potrebbero evolvere verso forme d'instabilità di tipo gravitativo; non si rilevano né fattori che potrebbero imprimere delle modellazioni alla morfologia attuale ne processi geomorfologici che potrebbero indurre fenomeni di degradazione o denudazione.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)



LEGENDA

Roccia affiorante

R / Rc — Roccia affiorante e/o subaffiorante in buone condizioni di conservazione e/o con disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio, con coperture detritiche discontinue fino ad 1 mt. di spessore; interessata da carsismo (Rc)

Rs — Roccia affiorante e/o subaffiorante in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata, con coperture discontinue fino ad 1 mt. di spessore

Rf — Roccia affiorante e/o subafflorante in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata, con disposizione prevalentemente sfavorevole delle strutture rispetto al pendio, con coperture detritiche discontinue fino ad 1 mt. di spessore

Depositi superficiali

Aree caratterizzate dalla presenza di coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali con potenza generalmente compresa tra 1 e 3 metri, localmente in rapporto al grado di alterazione della roccia madre si riscontrano potenze superiori ai 3 metri

Aree caratterizzate dalla presenza di estese coperture detritiche e di depositi eluvio-colluviali con potenza maggiore di 3 metri

a / b — a) a prevalente granulometria fine
b) a grana prevalentemente grossolana e/o media

Depositi marini e/o alluvionali antichi e recenti

Forme e processi gravitativi

Versanti rocciosi caratterizzati da elevate concentrazioni di movimenti diffusi - disfacimento del substrato
Detrito a grana prevalentemente grossolana e/o media

Coni detritici pedemontani

Falde detritiche pedemontane

Scarpate di frana e cigli di arretramento morfologico attivi

Scarpate di frana e cigli di arretramento morfologico quiescenti

Direzioni di mobilizzazione nei materiali sciolti

Forme di erosione connesse all'attivita' delle acque superficiali

Lineare

Con ruscellamento diffuso

Fenomeni antropici

a / b — Cave: a) attive
b) abbandonate

Cigli di cava

Miniere

Sbancamenti e riporti

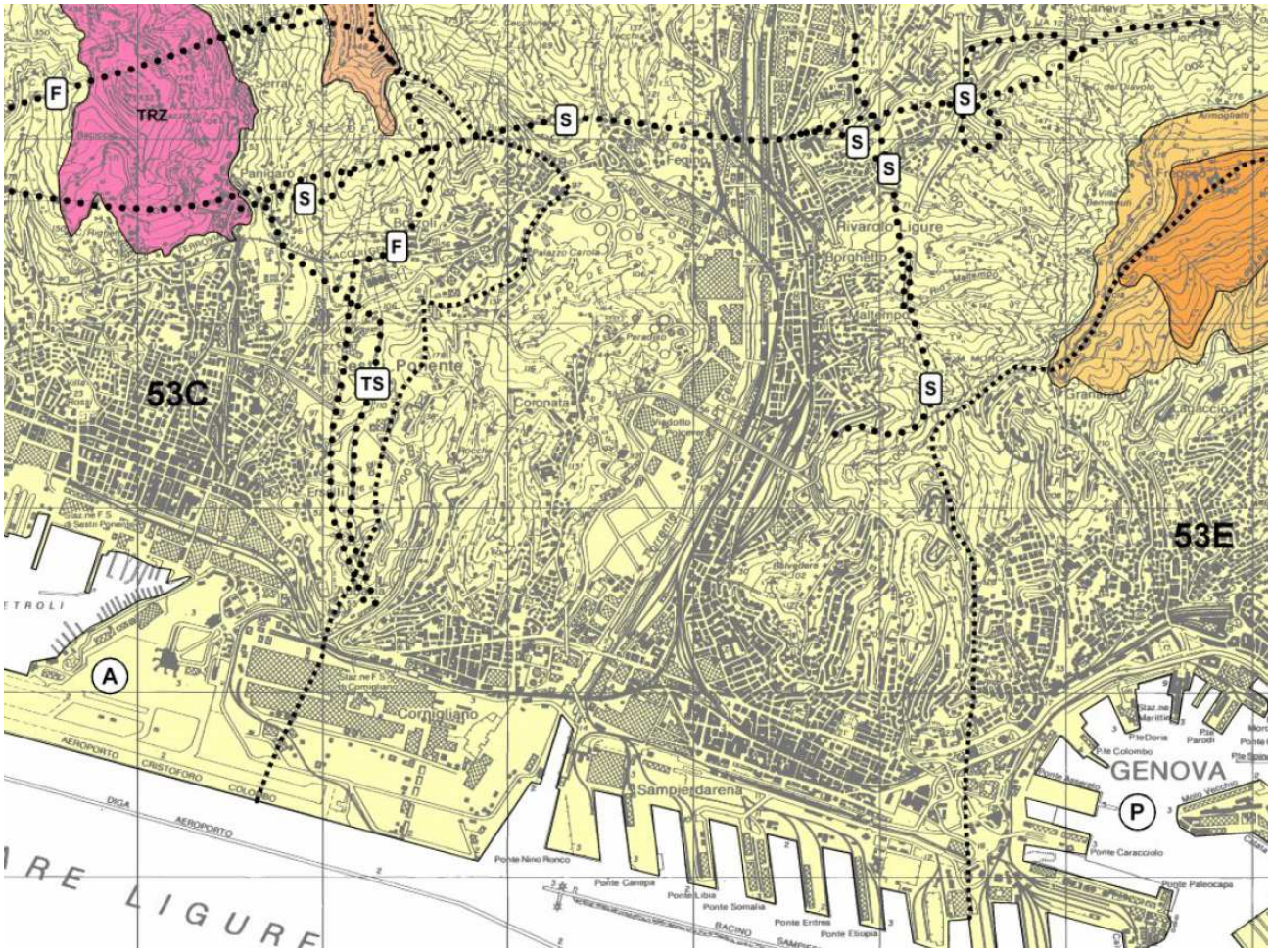
Discariche

Forme morfologiche significative

Orli di terrazzi morfologici

Imbocchi di cavita' carsiche

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)



REGIMI NORMATIVI		CAVE
CONSERVAZIONE	CE	A CIELO APERTO Ca
MANTENIMENTO	MA	IN SOTTOSUOLO Cs
CONSOLIDAMENTO	CO	CORSI D'ACQUA RN
MODIFICABILITA' TIPO A	MO-A	INDICAZIONI DI RECEPIMENTO GRANDI INFRASTRUTTURE
MODIFICABILITA' TIPO B	MO-B	F FERROVIARIE S STRADALI E AUTOSTRADALI TS TECNOLOGICHE E SPECIALI
TRASFORMAZIONE	TR	P PORTUALI A AEROPORTUALI

Nell'immagine soprastante è riportato uno stralcio della Carta Geomorfologica tratta dal Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP) Tav. 16.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

La caratteristica morfologica principale dell'area in esame è data dalla presenza del rilievo collinare di Monte Guano sul quale sarà realizzato il progetto di costruzione della torre. L'area negli anni è stata intensamente modificata dall'azione antropica che ha portato ad un'importante trasformazione morfologica dei luoghi con la messa in posto di ingenti quantità di materiale di riporto.

In particolare sono state realizzate estese spianate per la realizzazione a sud-est del Parco Scientifico e Tecnologico Erzelli e a sud-ovest per il deposito dei containers.

Il sopralluogo effettuato nell'area ha permesso, inoltre, di verificare l'esistenza di un fenomeno gravitativo, cartografato nella Carta Geomorfologica di dettaglio presentata in allegato, che si sviluppa in zona sottostante l'area di progetto prossimo al cambio morfologico della scarpata sovrastante l'area di parcheggio dei containers.

Il litotipo entro cui si sviluppa il dissesto gravitativo è costituito da meta basalti (basalti a pillows) della formazione di Monte Figogna caratterizzati da un'evidente strato di alterazione e fratturazione.

Il prisma roccioso identificato in condizioni di equilibrio limite si trova ubicato nel tratto apicale di un versante ad elevata acclività (pendenza 75-80°) e dislivello circa 100 m, geometricamente definito da due compluvi (sede di lineazioni tettoniche) caratterizzati da fenomeni di erosione lineare molto accentuata.

Il sito, nel tratto in osservazione è caratterizzato da una folta vegetazione che sembrerebbe comunque indicare una condizione di quiescenza del dissesto. Il sito progettuale si pone in area esterna al dissesto sopra descritto e non presenta indizi di dinamicità morfologica attuale e/o pregressa.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)



Foto N.1: Trincea con riempimento di materiali detritici



Foto N.2: Prisma roccioso instabile

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)



Foto N.3: Trincea con riempimento di materiali detritici



Foto N.4: litotipo alterato, fratturato e sblocchettato in frammenti di pezzatura decimetrica

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

6.0 CARATTERI IDROGEOLOGICI

La porzione di territorio in esame fa parte del Bacino idrografico del Torrente Chiaravagna che rappresenta il corso d'acqua principale che scorre ad est del settore in esame.

Il torrente Chiaravagna nasce in località Serre di Panigaro, nella frazione di Panigaro, dall'unione di due rivi minori: il rio Cassinelle, che nasce dal Bric Pria Scugente, affluente di sinistra e il rio Bianchetta che nasce dalle pendici del Bric Rondinino, affluente di destra. Il suo bacino idrografico ha una superficie di circa 11 km², mentre la sua asta principale ha una lunghezza di circa 3.3 km.

La parte finale del torrente, in cui si ha la confluenza del torrente Ruscarolo, è in parte coperta, mentre la foce si trova in prossimità del nuovo quartiere della Marina di Sestri. Oltre a questi sono presenti diversi rivi minori, quasi completamente interrati nella zona a valle, come il rio Negrone e il suo affluente rio Senza Nome situati a levante del Ruscarolo, nella zona orientale di Sestri Ponente, che raccolgono l'acqua piovana proveniente dalla spianata (fino al 2009 adibita a deposito container) della zona degli Erzelli e che giungono direttamente in mare a poche centinaia di metri dalla foce del T.Chiaravagna.

I rilievi che costituiscono il bacino del Chiaravagna sono quasi totalmente permeabili con meccanismi di drenaggio sottosuperficiale molto diversificati.

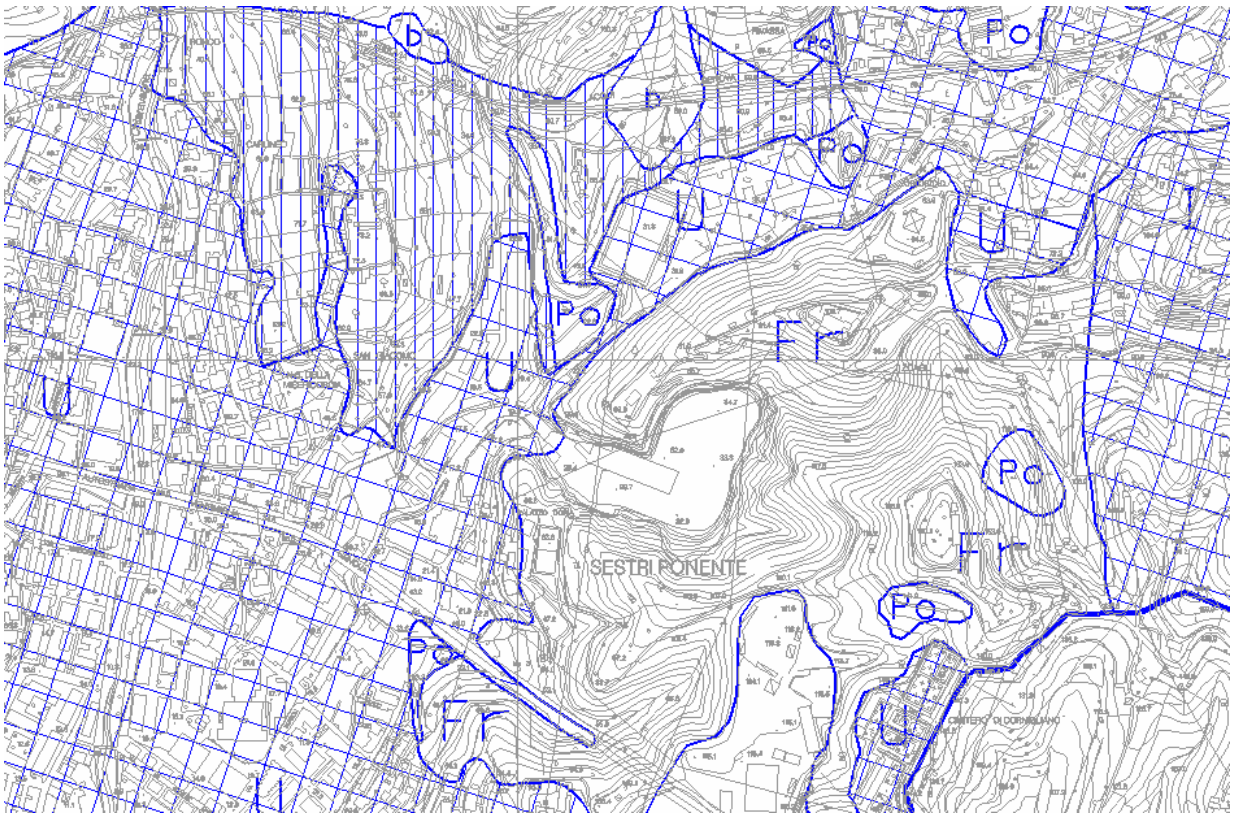
In particolare si evidenzia la permeabilità per carsismo delle dolomie e quella per fratturazione delle ofioliti nonché la permeabilità intrinseca dei materiali sciolti delle coperture e dei materiali di riporto.

Con specifico riferimento alla permeabilità dei metabasalti, che rappresentano il substrato roccioso dell'area, si ritiene che essa sia scarsamente permeabile nella sua porzione integra tuttavia può presentare una permeabilità

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

secondaria per fratturazione nella porzione più alterata e nelle zone maggiormente tettonizzate.

L'area in esame si pone in zona Permeabile per fratturazione come riportato nella "Carta Idrogeologica" tratta Piano di Bacino del Torrente Chiaravagna.



LEGENDA

Ca Formazioni permeabili per carsismo

Fr Formazioni permeabili per fratturazione

Po Formazioni permeabili per porosita'

b Formazioni permeabili con materiali di copertura di potenza < di 3 mt.

Formazioni semipermeabili

Formazioni impermeabili, con urbanizzazione compatta (U)

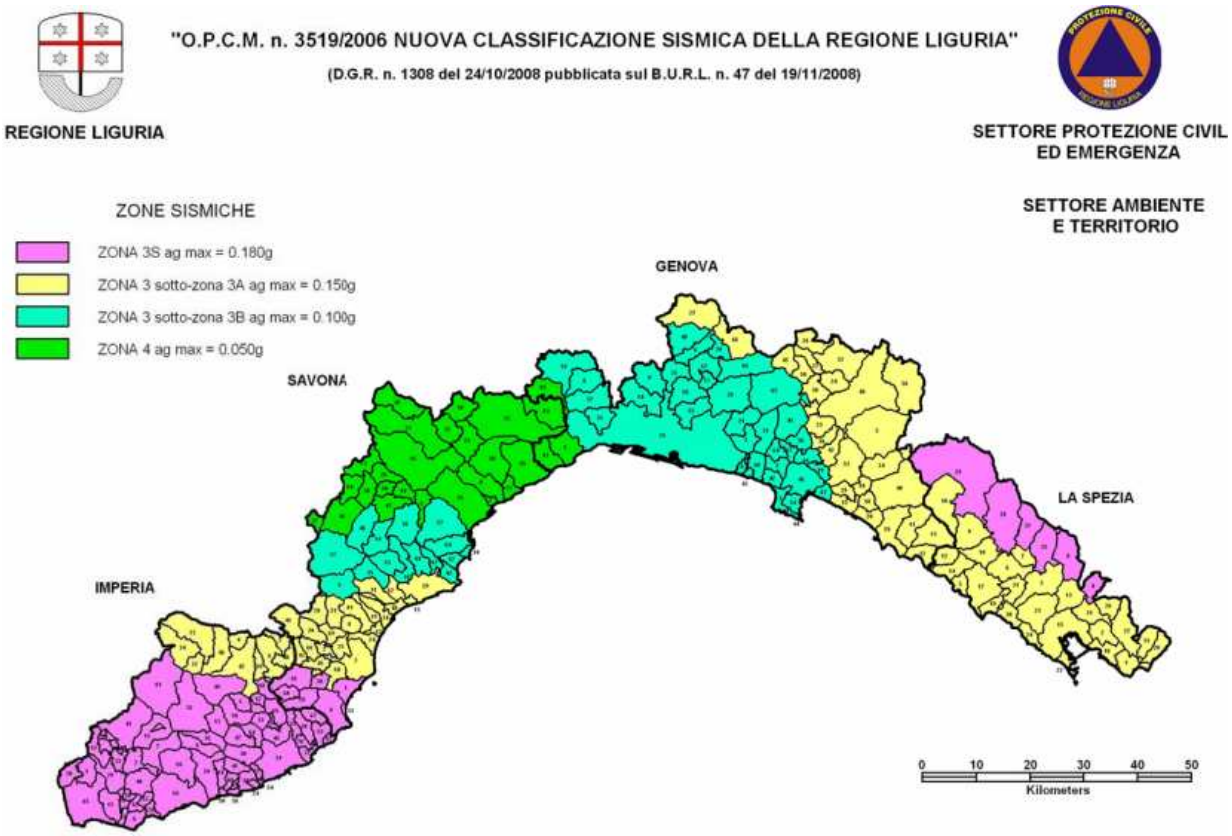
Sorgenti principali

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

7.0 SISMICITÀ DELL'AREA

L'Allegato 1 dell'O.P.C.M. 3274/03 contiene i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e rimanda la loro applicazione alla predisposizione di una mappa di pericolosità di riferimento a scala nazionale e, in mancanza di essa, dispone dei criteri di prima applicazione.

L'Amministrazione regionale della Liguria con D.G.R. 530/03 ha approvato la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Liguria, sulla base dei criteri di prima applicazione contenuti nell'allegato 1 dell'O.P.C.M. 3274/03. La mappa di pericolosità di seguito riprodotta è stata predisposta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 ed è stata adottata con l'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006 con l'aggiornamento dei criteri generali di classificazione sismica.



In base alla mappa di pericolosità il territorio comunale di Genova risulta classificato come Zona 4.c on valore di $ag_{max}=0.050_g$

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Il Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008 recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” raccoglie in modo unitario le norme nazionali che disciplinano la progettazione, l‘esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire la criteri univoci di sicurezza e pubblica incolumità. Come indicato nel Decreto le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base della “pericolosità sismica di base”, caratteristica del sito di costruzione, funzione di diversi parametri:

- accelerazione orizzontale massima del sito a_g
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il concetto di pericolosità sismica di un sito, fa riferimento alla probabilità che in un fissato lasso di tempo in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Allo stato attuale ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di sottosuolo a cui si può fare riferimento per valutare la risposta sismica locale:

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3,0 m.

B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero N_{SPT}>50 nei terreni a grana grossa e Cu_{30}>250 kPa nei terreni a grana fina).

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

tra 180 e 360 m/s (ovvero $15<N_{SPT}<50$ nei terreni a grana grossa, $70<Cu_{30}<250$ kPa nei terreni a grana fina).

D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30}<15$ nei terreni a grana grossa, e $Cu_{30}<70$ kPa nei terreni a grana fina).

E *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m* posti sul substrato di riferimento V_{S30} >800m/s.

Sono poi definite delle categorie di suolo aggiuntive a quelle sopra elencate di seguito elencate:

S1 Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs_{30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10<Cu_{30}<$ 20 KPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti Vs_{30} è la velocità equivalente di propagazione entro 30 m di profondità, delle onde di taglio,essa è definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s].}$$

$N_{SPT,30}$ corrisponde al numero equivalente di colpi della prova penetro metrica la cui espressione risulta:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{hi}{N_{SPT,i}}}.$$

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Mentre la resistenza non drenata Cu,30 è definita da :

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,k} h_i}{\sum_{i=1,k} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

Data la necessità di caratterizzare il *volume significativo di terreno* inteso come la porzione di sottosuolo che influenza il manufatto esistente e data la variabilità litologica dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area investigata, per l'assegnazione della categoria di suolo si è proceduto all'esecuzione di un'indagine sismica .

Quindi, sulla base dei risultati dell'indagine geofisica, che vede la presenza di depositi di copertura di spessore inferiore a 20.0 m posti su un substrato dalle ottime caratteristiche sismiche, i terreni presenti nel sottosuolo del sito di progetto rientrano nella seguente categoria di suolo di fondazione:

CATEGORIE DI SUOLO PREVISTE NELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
Categoria E *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m* posti sul substrato di riferimento V_{S30} >800m/s.

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tabella che segue in funzione delle categorie topografiche definite dalla normativa e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Nel caso specifico il fabbricato si pone in area pianeggiante con categoria T1 in un contesto morfologico ascrivibile ad una categoria T3.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

8.0 CONSIDERAZIONI DI CARATTERE APLLICATIVO

Considerate le caratteristiche progettuali degli interventi proposti riguardanti la realizzazione di una piazzola di montaggio funzionale in una prima fase allo stato di cantiere e in una seconda fase allo stato di progetto, e la realizzazione di un aerogeneratore, si pone la necessità di valutare singolarmente le problematiche connesse all'esecuzione di ciascuna opera.

AEROGENERATORE:

Le possibili soluzioni fondali della torre eolica sono in funzione dei carichi attesi, della modalità di ripartizione degli stessi oltre che della stratigrafia puntuale.

E' per tale motivo che non vengono fornite prescrizioni geologiche di dettaglio, in quanto la soluzione di tale aspetti attiene la progettazione geotecnica e strutturale ai sensi delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

In fase di progettazione esecutiva a completamento dell'indagine geofisica, per la caratterizzazione e modellazione geotecnica,dovranno essere eseguite indagini geotecniche che interessano un volume significativo di sottosuolo.

PIAZZOLA DI MONTAGGIO

Dovendo realizzare la piazzola di montaggio parte in scavo e parte in rilevato bisogna che in fase esecutiva sia valutata attentamente la stabilità dei fronti di scavo; mentre per la realizzazione del rilevato, date le buone caratteristiche dei materiali di scavo, è possibile riutilizzarli all'interno del progetto.

Il piano di posa per la formazione del sedime d'imposta del piazzale deve essere bonificato e gradonato per garantire l'ammorsamento del rilevato al pendio. Le fasi di realizzazione del rilevato dovranno essere eseguite a regola d'arte prevedendo una

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

corretta costipazione per strati e se necessario, l'utilizzo di leganti chimici per la stabilizzazione degli stessi. Questo al fine di rendere compatibili i cedimenti differenziali tra la porzione di scavo con quella di rilevato.

Infine dovrà essere realizzato, su tutta l'area di progetto, un corretto sistema di smaltimento e regimazione delle acque superficiali in modo da evitare fenomeni di erosione concentrata, con particolare attenzione alla porzione di valle in corrispondenza del fenomeno gravitativo cartografato (vedi Carta Geomorfologica di dettaglio).

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

9.0 CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono esposti i risultati di uno studio geologico preliminare, a supporto del progetto di "REALIZZAZIONE TORRE EOLICA ERZELLI" insistente nel comune di Genova (GE) per conto della Fera S.r.l.

Lo studio, supportato da numerose attività svolte in precedenza sugli stessi domini geologici, ha permesso la ricostruzione della litologia dei terreni presenti mediante l'analisi di stratigrafie di sondaggio e indagini sismiche a rifrazione, mentre per la determinazione della categoria di suolo di fondazione è stata eseguita un'indagine sismica nel sito progettuale dal Dott. Geol. Carieri.

Geologicamente l'area ricade nella Zona Sestri-Voltaggio e la roccia che costituisce il substrato dell'area appartiene alla Formazione del M.Figogna di età Giurassica costituita da metabasalti o basalti a pillow, raramente massicci con importanti livelli di metabrecce e ialoclastiti e serpentiniti.

Il substrato è coperto in superficie da una coltre di alterazione costituita da clasti di metabasalti e brecce basaltiche di spessore variabile da pochi metri a decine di metri.

La successione stratigrafica locale nel sito interessato dall'opera progettuale è costituita prevalentemente da depositi di copertura di spessore compreso tra 5,0 e 8,0 m e metabasalti fino a profondità maggiori di 30.0 m.

La caratteristica morfologica principale dell'area in esame è data dalla presenza del rilievo collinare di Monte Guano. L'area nell'ultimo decennio è stata intensamente modificata dall'azione antropica che ha portato ad un'importante trasformazione morfologica e idrogeologica dei siti. Il territorio in esame, infatti, ha subito nel tempo una forte ed indiscriminata antropizzazione, con la messa in posto di ingenti quantità di materiale di riporto e la formazione di estese spianate per l'edificazione del Parco scientifico-tecnologico e di aree da adibire a rimessaggio di containers.

TECNOSOIL s.n.c. di Pietromartire E. & C.
tel/fax 085.4157055
e-mail: tecnosoil@inwind.it
Via Fontevecchia, 4
65010 SPOLTORE (PE)

Morfologicamente l'area di studio risulta stabile seppur acclive, tuttavia il sopralluogo effettuato nell'area ha permesso di verificare l'esistenza di un fenomeno gravitativo posto al piede del versante in esame.

Tale fenomeno si manifesta con un prisma roccioso geometricamente definito da due compluvi caratterizzati da fenomeni di erosione lineare molto pronunciata. La presenza di una folta vegetazione sembrerebbe indicare una condizione di quiescenza del dissesto. Il sito su cui sarà edificata la Torre si presenta stabile e a notevole distanza dal dissesto individuato.

L'unità di substrato si presenta, dal punto di vista idrogeologico, scarsamente permeabile nella porzione integra mentre può presentare una permeabilità per fratturazione nelle zone maggiormente alterate e tettonizzate.

Il territorio comunale di Genova è individuato quale zona sismica 4.c L'indagine sismica eseguita a supporto del progetto in esame, ha permesso di ascrivere i terreni presenti nel sito ad una categoria di sottosuolo di tipo **E**. La categoria topografia è T3.

Per considerazioni tecnico-applicative relative all'opera progettuale in oggetto si rimanda al capitolo precedente.

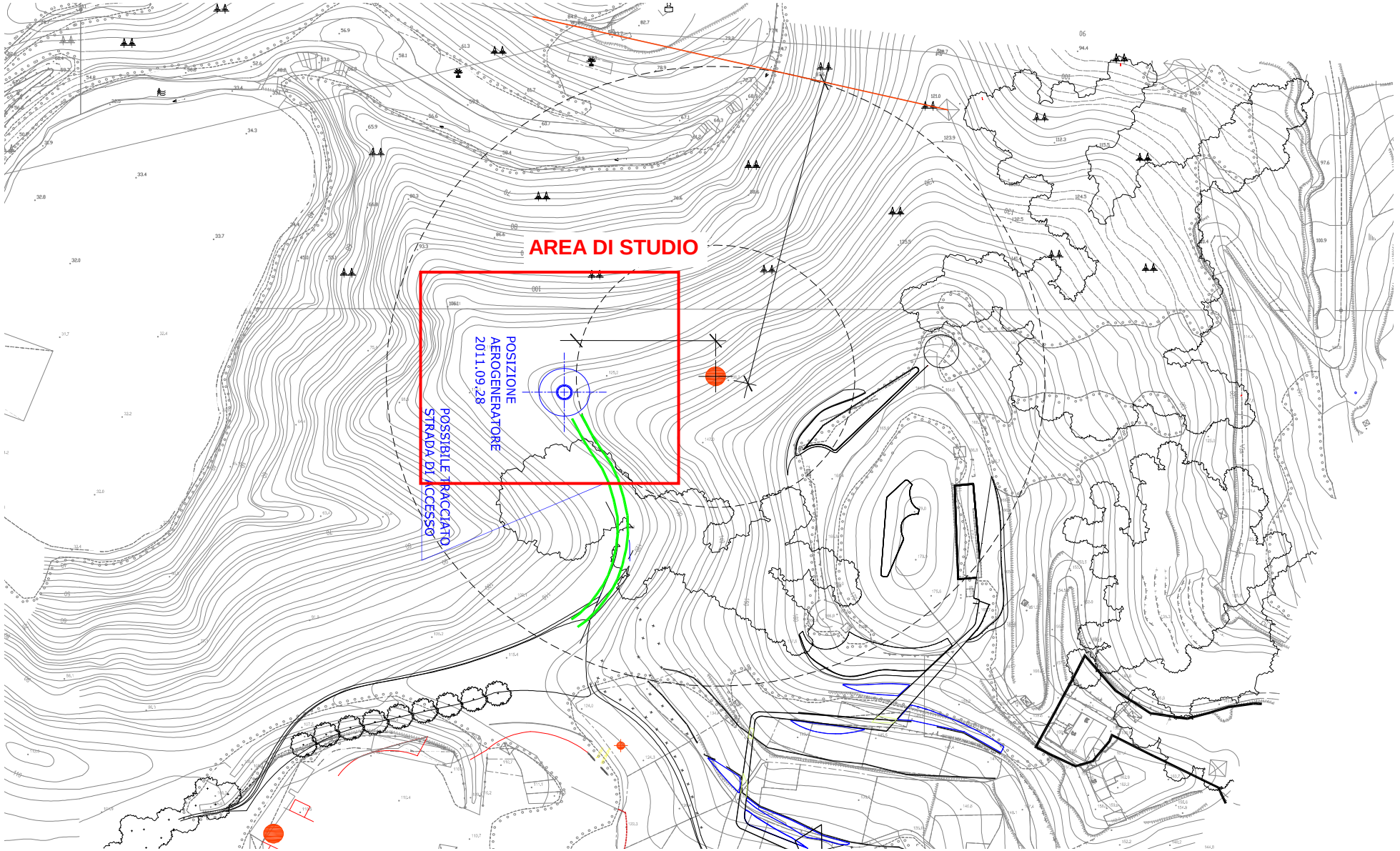
Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

ALLEGATI

- CARTA TOPOGRAFICA
- CARTA GEOLOGICA
- CARTA GEOMORFOLOGICA
- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- INDAGINE SISMICA
- INDAGINI DI RIFERIMENTO

CARTA TOPOGRAFICA

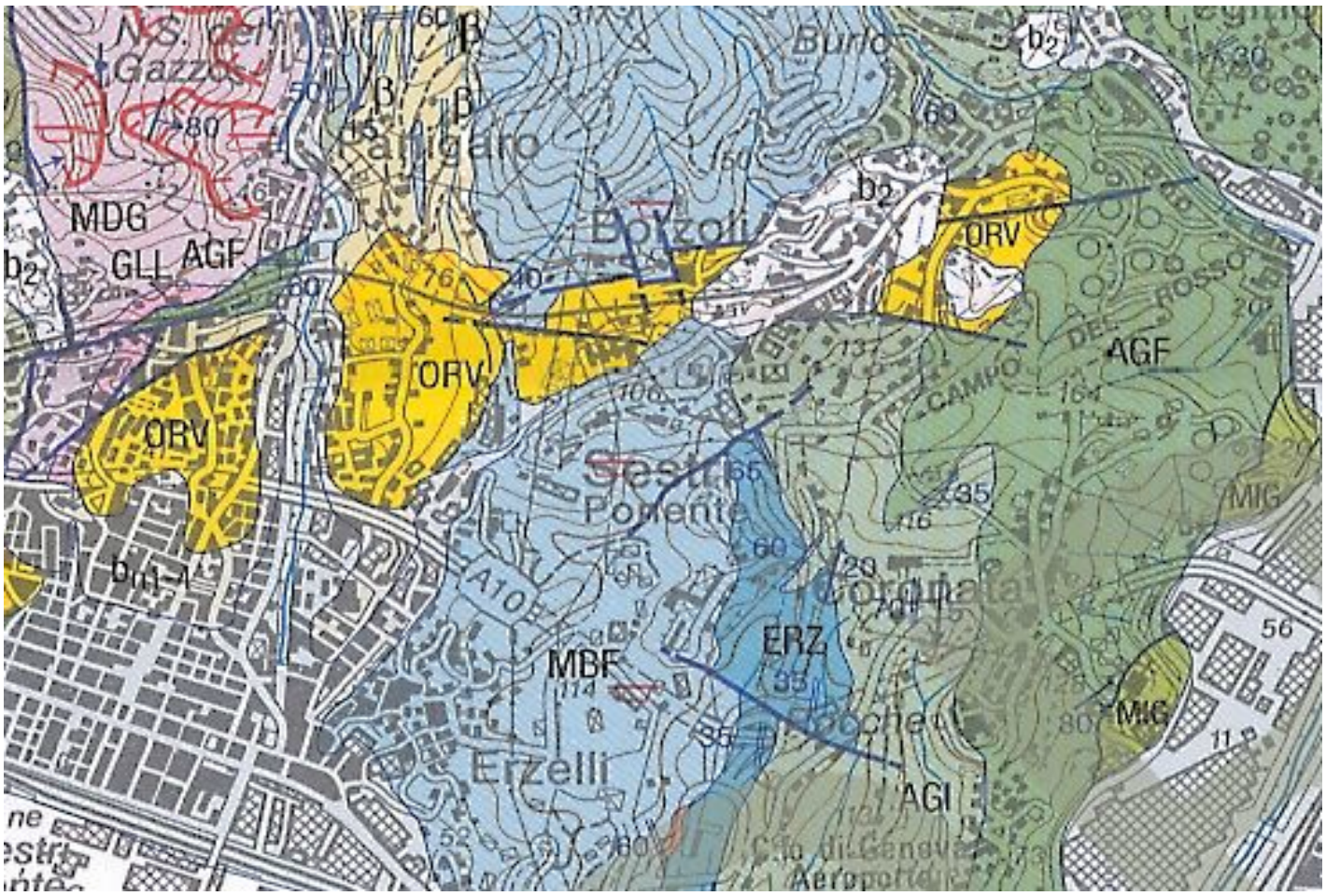
CARTA TOPOGRAFICA



CARTA GEOLOGICA

CARTA GEOLOGICA

Scala 1:50000



LEGENDA

metacalcari di Erzelli

ERZ

Metacalcareniti, metacalcilutiti, più o meno siltose di colore biancastro, in livelli di potenza decimetrica, talvolta con tracce di radiolari ricristallizzati. Sono caratterizzati da diverse generazioni di scistosità, più o meno pervasive. Affiorano sia in lenti di dimensioni ettometriche, intercalate negli argilloscisti di Costagiutta, sia in corpi da ettometrici a chilometrici, che bordano ad est e a ovest i metabasalti del Monte Figogna.

MALM? - CRETACICO INF.?

metasedimenti silicei della Madonna della Guardia

MHF

Metasedimenti da rosso vinati a verdi, argilloso-silicei ematitici (ftaniti) talvolta calcariferi, meno frequentemente silicei, con resti di radiolari più o meno deformati. Sono caratterizzati da diverse generazioni di scistosità, maggiormente sviluppate nei livelli ftanitici. Affiorano in lenti di dimensione decametrica, associate ai metabasalti del Monte Figogna, spesso interposte tra questi e i metacalcari di Erzelli.

MALM?

metabasalti del Monte Figogna

MBF

Metabasalti in cuscini, più raramente massicci e in filoni a tessitura doleritica. Sono talvolta caratterizzati da una scistosità penetrativa.

MALM?

MBF_a Litofacies a tessitura brecciolde, nell'area a sud di Cassinelle (MBF_a).

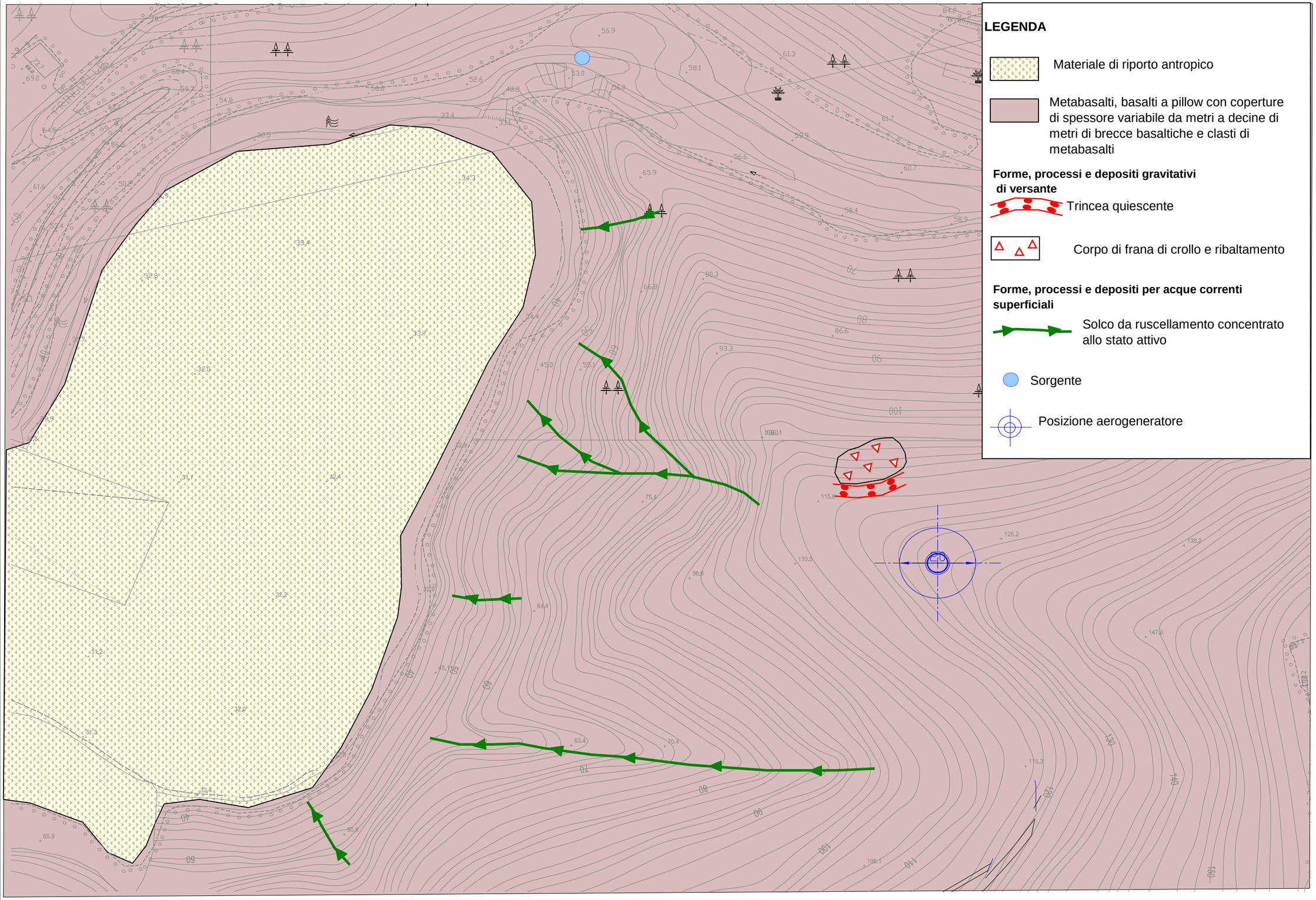
MBF_c Litofacies a laloclastiti, a sud del Bric del Telolo (MBF_c).

Metadioriti in filoni, di spessore da decimetrico a metrico, a tessitura granulare, con fenomeni di autoclastesi ai bordi. La tessitura granulare è evidenziata da cristalli di plagioclasio e clinopirosseno (γ).

CARTA GEOMORFOLOGICA

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:2000



LEGENDA

Materiale di riporto antropico

Metabasalti, basalti a pillow con coperture di spessore variabile da metri a decine di metri di brecce basaltiche e clasti di metabasalti

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Trincea quiescente

Corpo di frana di crollo e ribaltamento

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

Solco da ruscellamento concentrato allo stato attivo

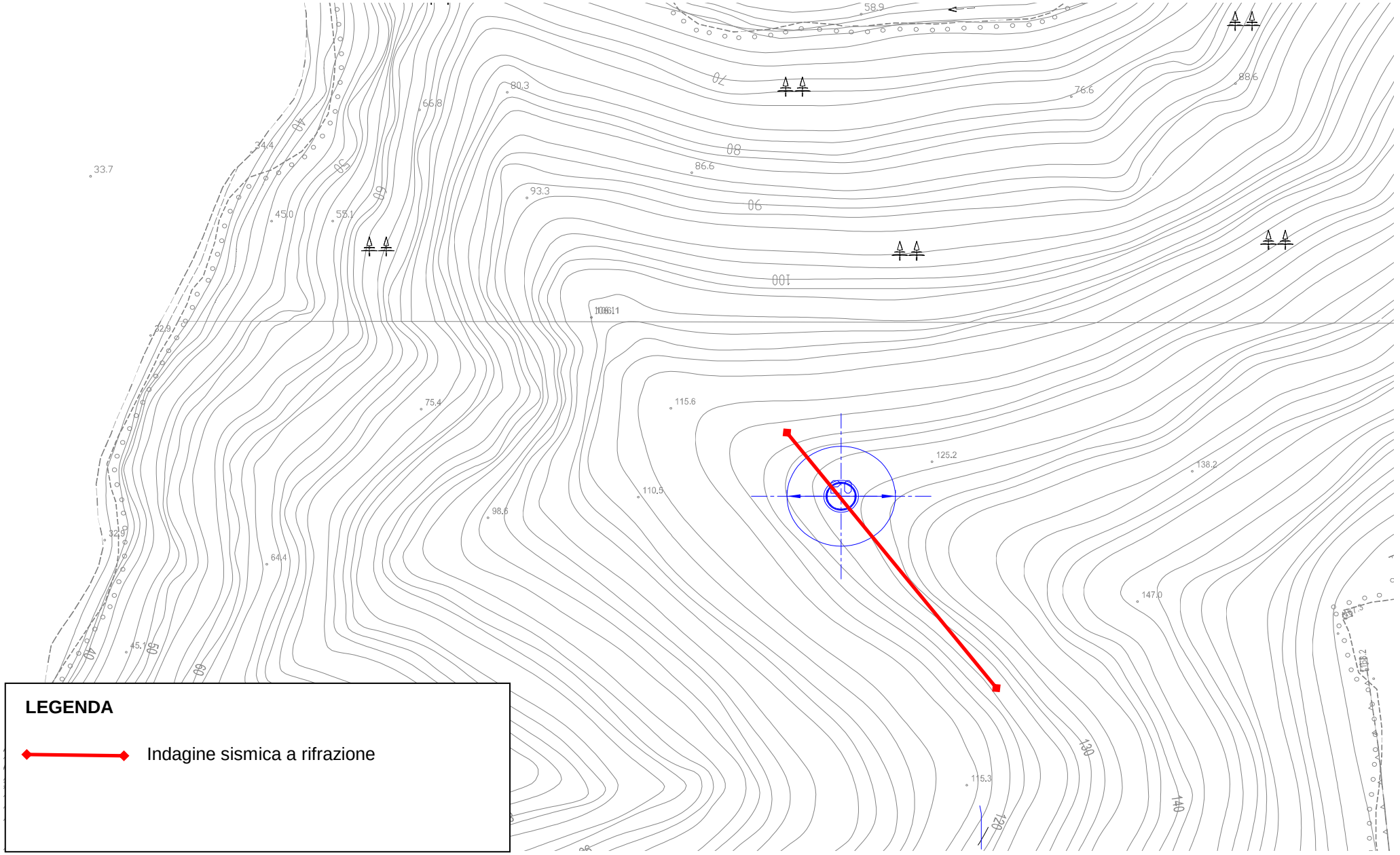
Sorgente

Posizione aerogeneratore

UBICAZIONE DELLE INDAGINI

UBICAZIONE DELLE INDAGINE

Scala 1:2000



INDAGINE SISMICA

Dott. Geol. Carieri Guido – studio via alla Rocca, 5/b 17100 SAVONA (SV) – e-mail: guido@carieri.com
tel. 019/801866 – 807203 – fax. 019/8403931

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Generalità di indagine

TOMOGRAFIA SISMICA

Al fine di fornire un utile supporto alle informazioni desunte dal rilevamento di superficie e dalla geognostica diretta, si è allestito n° 1 dispositivo di acquisizione di lunghezza pari a 52 metri localizzato su versante.
Lo strumento è provvisto di dispositivi analogici per l'amplificazione del segnale che consentono la taratura di ogni singolo sensore (geofono) in relazione alla distanza di questo dal punto di energizzazione. In fase di acquisizione dati è inoltre possibile utilizzare il dispositivo di 'enhancement' che permette di sommare i risultati di successive energizzazioni per risolvere informazioni altrimenti di difficile interpretazione.
Il set di dati campionato viene trasferito digitalmente dal sismografo ad un elaboratore per consentire un picking, accurato con una risoluzione 0.1 msec. La disponibilità di una base di dati digitale consente, in fase di post-processing, di effettuare eventuali filtraggi al fine di migliorare il rapporto segnale disturbo e rendere univoca l'interpretazione.

Tenendo conto della lunghezza dello stendimento e del contrasto di velocità che presenta il litotipo affiorante rispetto alla copertura eluviale, si è ritenuto necessaria per lo stendimento l'effettuazione di sette energizzazioni utilizzando una massa battente di 10Kg, al fine di conseguire la migliore "illuminazione" possibile per dettagliare la morfologia e le anisotropie dinamiche laterali.
Le due energizzazioni alle estremità della stesa, assicurano la definizione dell'inclinazione del rifrattore rispetto alla superficie topografica, quella centrale migliora la ricopertura nell'ottica di identificare eventuali variazioni di morfologia del substrato.
L'elaborazione dei segnali sismici è stata effettuata con il Metodo Reciproco Generalizzato (Palmer 1986) che consente di descrivere rifrattori dalla morfologia complessa e che presentino variazioni laterali della velocità di trasmissione dell'onda sismica.
L'elaborazione dei segnali sismici è stata effettuata con il Metodo Reciproco Generalizzato (Palmer 1986) che consente di descrivere rifrattori dalla morfologia complessa e che presentino variazioni laterali della velocità di trasmissione dell'onda sismica. Successivamente la base dati è stata trattata con un algoritmo di inversione tomografica bidimensionale in grado di discriminare la progressiva variazione della velocità con la profondità (Schuster, G. T. and Quintus – Bosz, A., 1993, "Wavepath eikonal traveltime inversion theory" *Geophisics 58, 1314-1323*). Sulla scorta di tali elaborazioni è stata ottenuta la tavola allegata.

MULTICHANNEL **A**CQUISITION OF **S**URFACE **W**AVES

L'indagine MASW è un indagine indiretta che misura la velocità di fase delle onde sismiche di superficie. La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidezza del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. La propagazione dell'onda in profondità dà origine a fenomeni di trasformazione delle stesse in base al materiale attraversato.
Lo svolgimento della prova consiste nel generare un treno di onde sismiche (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure effettuate avviene attraverso un software *(SWAN Geostudi Astier)* che, a partire dallo spettro F/V e F/K del segnale registrato, ricostruisce la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) in profondità attraverso l'applicazione di un algoritmo genetico, che procede alla ricerca del modello che minimizza l'errore rispetto alle misure effettuate.
I geofoni vengono disposti equidistanti ed allineati l'uno rispetto all'altro e le energizzazioni sono eseguite in posizione esterna lungo la linea sismica.
Lo strumento è provvisto di dispositivi digitali per l'amplificazione del segnale che consentono la taratura di ogni singolo sensore (geofono) in relazione alla distanza di questo dal punto di energizzazione. In fase di acquisizione dati è inoltre possibile utilizzare il dispositivo di 'enhancement' che permette di sommare i risultati di successive energizzazioni per risolvere informazioni altrimenti di difficile interpretazione.

La finestra di campionamento utilizzata è stata di 500 ms con passo di campionamento 1.087 ms.
Sono state effettuate n° 4 acquisizioni sommate.

Risultati di indagine

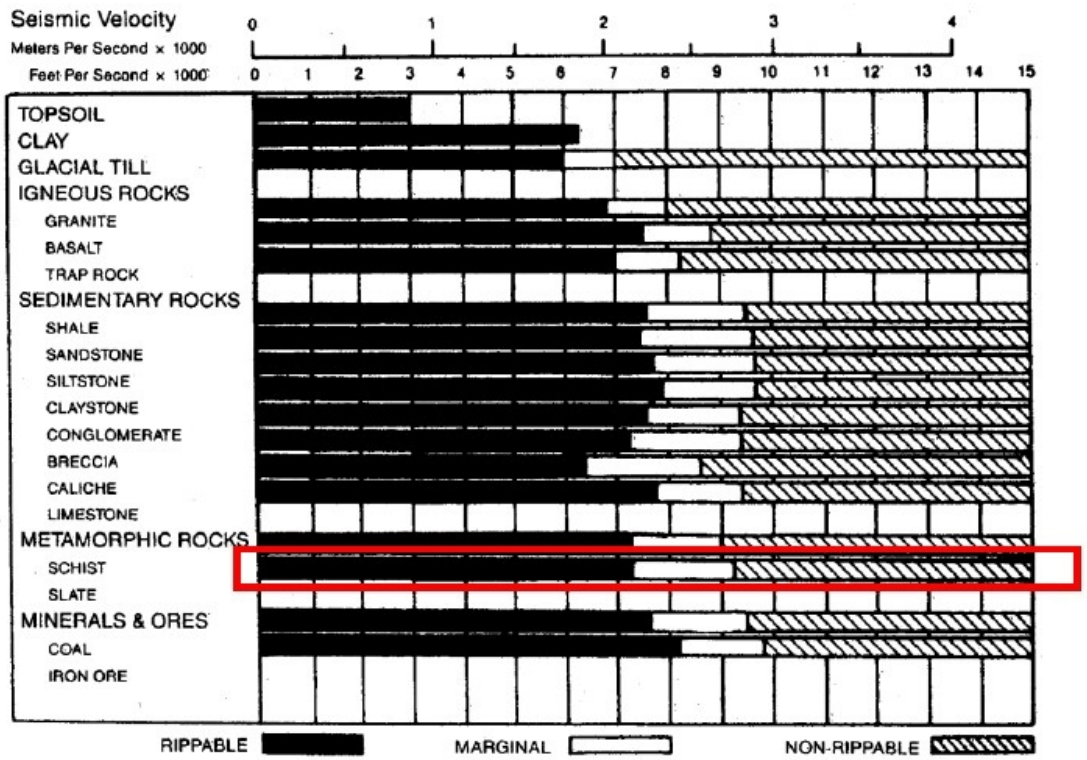
TOMOGRAFIA SISMICA

Il risultato dell'indagine è presentato nel grafico e nella tavola relativa, alla quale si rimanda per i dettagli, per quanto attiene la tomografia sismica e nei grafici che seguono rispetto alla MASW.

In particolare, sulla base della tomografi asismica i valori di velocità per i materiali di substrato, presentano una discreta variabilità, nel senso della profondità e in quello della lateralità.
L'analisi dei tempi di arrivo per le onde 'P' consente di identificare genericamente una struttura a 2 strati. Lo strato superiore è caratterizzato da una velocità media di circa **400 m/s**, il sottostante ha trasmesso la sollecitazione con velocità pari a **1200 m/s** circa mentre il sismostrato profondo presenta velocità caratteristica pari a **2000 m/s** circa.
L'interfaccia rifrattiva superiore tende a risalire verso il termine del dispositivo, mentre quella inferiore, al contrario, si approfondisce al crescere delle progressive.
I valori numerici che documentano la variazione della velocità all'interno dei differenti layers, e la profondità della superficie di interfaccia sono adeguatamente evidenziati dal grafico e dalla tavola che documenta la sismosezione. In base ai dati ottenuti dalla letteratura, per il confronto delle velocità, il sismostrato profondo può identificarsi con i litotipi metamorfici affioranti nelle vicinanze. Lo strato intermedio è da interpretarsi con uno materiale di transizione in condizioni di varia fatturazione, mentre quello superficiale deve associarsi alla copertura detritica soprastante che maschera il corpo sottostante.
Al fine di consentire una esaustiva valutazione di quanto sintetizzato nella presente, si formulano di seguito alcune considerazioni finali.
Si consideri che la metodica interpretativa utilizzata, G.R.M. (Palmer 1986), porta in modo intrinseco alla determinazione di un rifrattore rigorosamente definito. Qualora il contesto geologico, come in questo caso, suggerisca la presenza di un ammasso roccioso parzialmente interessato da degradazione meccanica spinta, estremamente pervasiva nel senso della profondità, connessa verosimilmente ad importanti lineamenti tettonici o contatti litologici, il progressivo variare della caratteristiche meccaniche non viene adeguatamente risolto dall'algoritmo matematico di interpretazione. Perciò il miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità ad opera del carico litostatico viene localizzato con significativa approssimazione, con un orizzonte ben delineato.
Tale interfaccia può non avere coincidenza fisica diretta con un corpo geologico definito quando, come in questo caso, uno dei due mezzi, la roccia per noi, presenta un gradiente di velocità con la profondità associato al tenore di fratturazione ed alla variazione del contenimento per carico litostatico.
Per valutazioni inerenti il piano d'imposta della fondazione potremo perciò utilizzare le interpretazioni di cui alle schede relative al profilo sismico. Per valutare le caratteristiche dei materiali da sbancare si farà riferimento alla sezione tomografica valutando come:

Scavabile a mezzo benna, il livello caratterizzato da velocità <1000 m/s
Scavabile a mezzo martello demolitore, il livello caratterizzato da velocità >1000 m/s

Sotto viene riportato, a titolo puramente indicativo, un noto abaco di correlazione pubblicato da Caterpillar co., che associa, per i diversi tipi di roccia le classi di velocità e le caratteristiche di escavabilità delle medesime.



PARAMETRI C E Φ DEFINITI SU BASE DINAMICA

Sulla base delle **V**p calcolate è possibile, attraverso le seguenti relazioni, determinare i parametri caratteristici della roccia di substrato.

Q=10[(**V**p-3500)/1000] (Barton N. 1992)
RQD ~ **I**v= (**V**situ/**V**lab)^2
RMR=9 ln**Q**+44

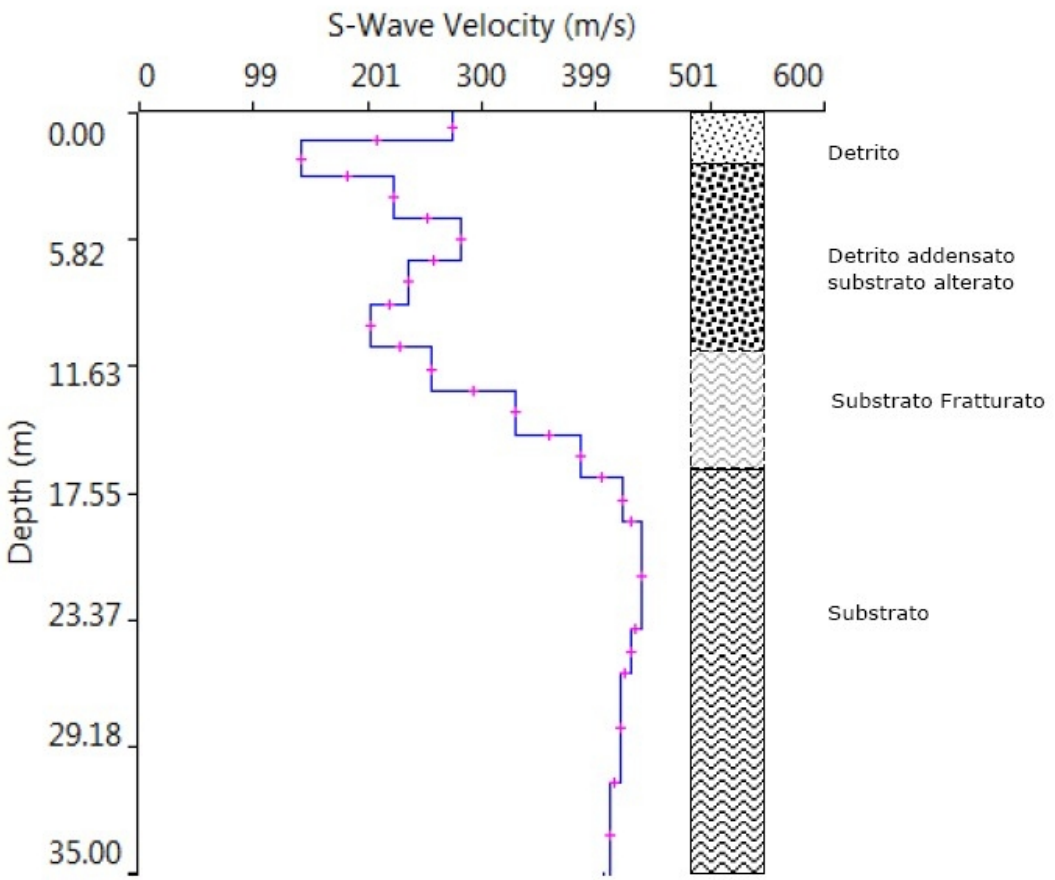
Rispetto a tali relazioni si rileva che il Vlab, che dovrebbe essere determinato in laboratorio, su di un campione di ottime caratteristiche, rappresenta il termine di riferimento per il litotipo in esame, in condizioni di qualità ottima. Nel sito studiato non è possibile disporre di tale termine di riferimento.
Si ritiene adeguato approssimare Vlab al massimo della serie di Vp calcolata per il rifrattore profondo.
Tale assunzione porta alla determinazione del parametro RQD, correlabile con Iv, evidenziato nella tabella seguente con le conseguenti parametrizzazioni.
Infatti, con la relazione che definisce l'indice Q proposta da Barton, per ogni Vp calcolata è stato possibile prima calcolare il valore di Q e successivamente, con la formula che lega Q a RMR, il valore di RMR. Una volta determinato RMR, tramite le classiche relazioni, vengono determinati i valori di *c* e Φ caratteristici del criterio di rottura di Mohr – Coulomb, riportati nella tabella qui di seguito.

RMR	Q	RQD - Iv	c[kPa]	Φ[°]	E[Gpa]
46	1.209	100	**229**	**28**	**8**
21	0.079	45	**106**	**16**	**2**
19	0.063	41	**96**	**15**	**2**
17	0.051	38	**86**	**14**	**2**
15	0.041	35	**77**	**13**	**1**
20	0.067	42	**98**	**15**	**2**
24	0.108	50	**120**	**17**	**2**
28	0.174	58	**141**	**19**	**3**
27	0.148	56	**134**	**18**	**3**
25	0.126	53	**127**	**18**	**2**
24	0.108	50	**120**	**17**	**2**
24	0.108	50	**120**	**17**	**2**
46	1.209	100	**229**	**28**	**8**
21	0.079	45	**106**	**16**	**2**

Nella tabella ogni riga corrisponde ad una stazione geofonica.
Una stima grossolana della affidabilità della valutazione può essere letta nel valore di RQD ottenuto che, generalmente, è contenuto tra il 30% e il 100%, tale valore pare coerente con lo stato osservato in affioramento del litotipo indagato.

MULTICHANNEL **A**CQUISITION OF **S**URFACE **W**AVES

Di seguito vengono riportati i risultati del test migliore elaborato, corredati da alcune indicazioni stratigrafiche interpretative.
I modelli ottenuti dalle diverse serie di energizzazioni sono serviti, in combinazione con la stratigrafia Vp determinata in modo indipendente (rifrazione), per la elaborazione del seguente modello.
Il metodo permette una ricostruzione stratigrafica con affidabilità ridotta rispetto ai metodi precedenti essendo applicato in un contesto difforme dalle condizioni teoriche di applicazione del metodo.
Tuttavia l'elaborazione permette una valutazione dello sviluppo stratigrafico della Vs e l'individuazione di eventuali "inversioni di velocità" che denunciano la presenza di sismostrati associati presumibilmente a importanti fratture e/o superficie di scivolamento.



modello stratigrafico 1D 15 strati a differente Vs ottenuto a seguito di inversione

MODELLO DI RIFERIMENTO
Inversion complete: Solution converged with iteration 6; RMS= 3.38;
Model Data Error: 13.70

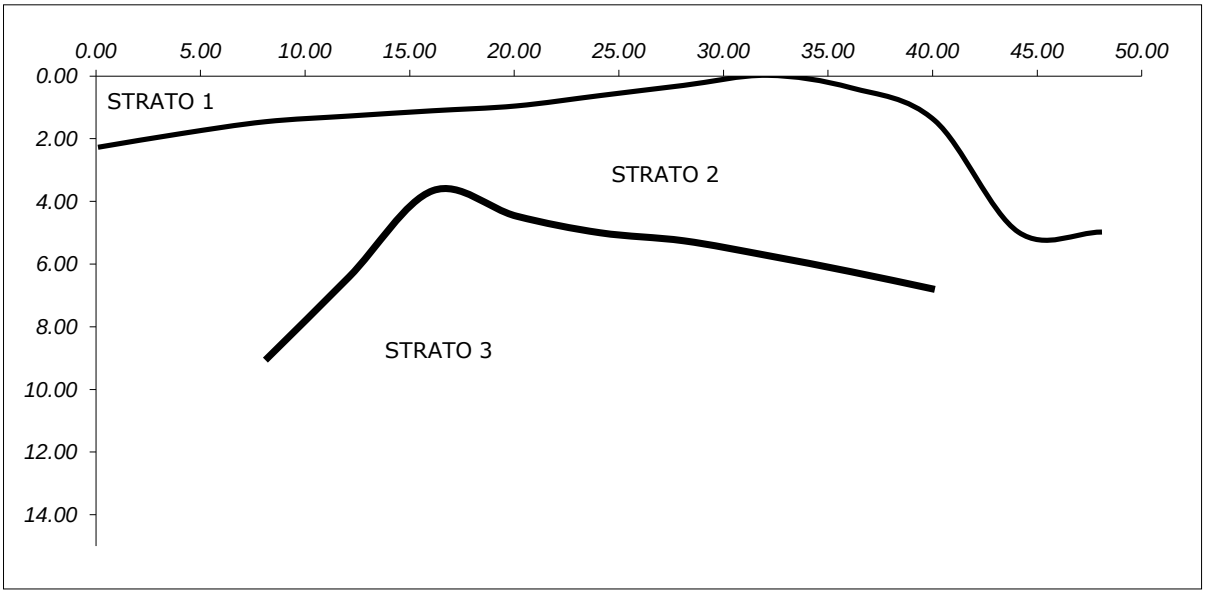
VS30=301 m/s a partire da P.C.

VS30=384 m/s a partire da -10 mt da P.C.

STUDIO PROGEA
~ Dott. Sergio AICARDI Geologo ~

PROFILO SISMICO **n° PS1**

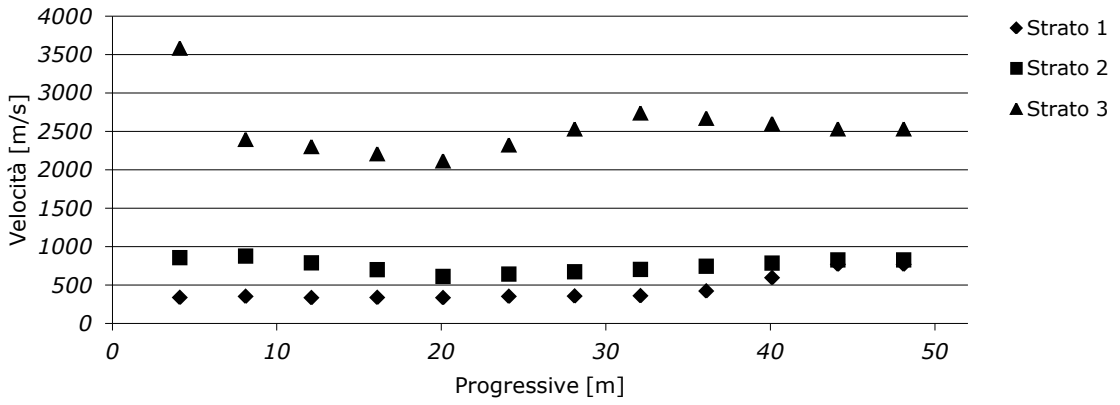
Lunghezza del dispositivo	52.00 metri	Freq. di taglio dei sensori	: 10 Hz
Numero di Energizzazioni	7	Geometria dei sensori	: Clustering
Energia per singola punto	~ 320 Nm		

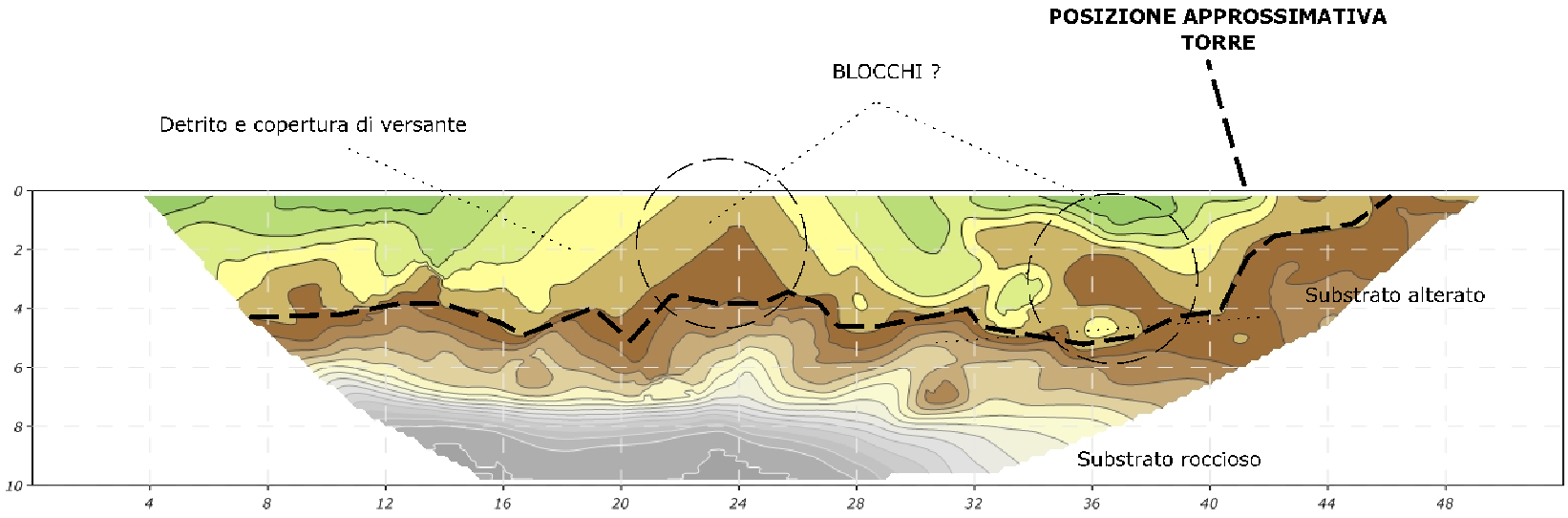


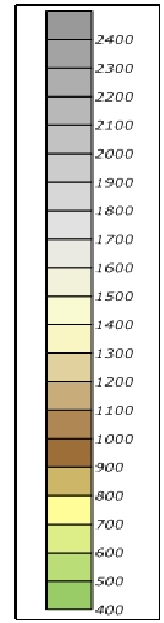
Sismostratigrafia elaborata con il metodo GRM *(Palmer 1980)*

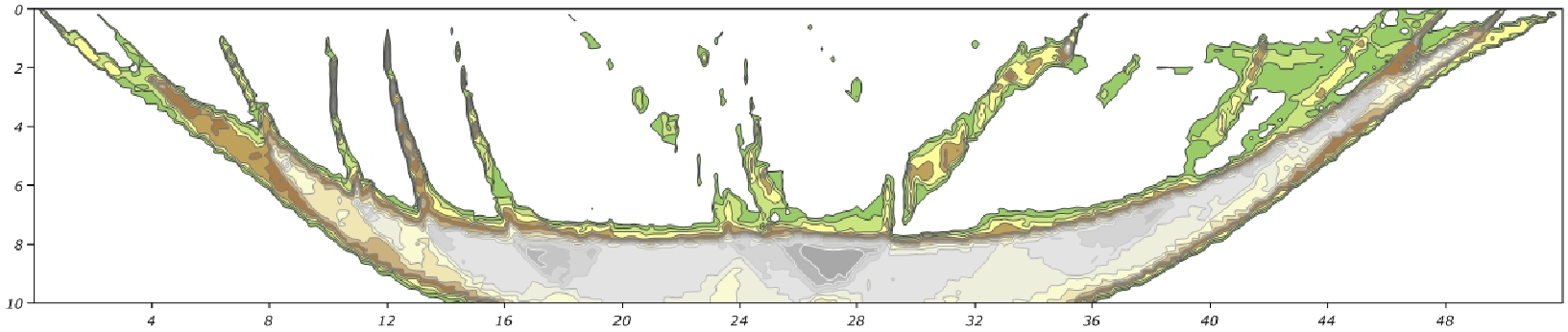
Progessive
Punti di Energizzazione
0.1
12
24
36
48
50
52

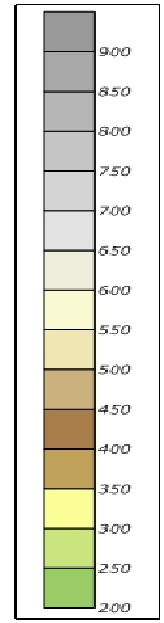
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Media	443.5	753.2	2544.5
Max	769.2	876.9	3582.4
Min	335.0	612.1	2115.6
Dev.St	168.7	86.9	376.8











Confidenza del modello

(traiettorie raggi sismici da modello d'inversione)

TOMOGRAFIA SISMICA 1	COMMITENTE Studio Tecnico Dott. G. CARIERI	*Studio Progea* *~ Dott. Sergio AICARDI - Geologo ~*	
SCALA Marche		Provincia: Genova	Comune: Genova Sestri P. — Località: Erzelli

INDAGINI DI RIFERIMENTO

TECNOSOIL s.n.c.
INDAGINI E RICERCHE DI INGEGNERIA GEOTECNICA

Verbale di accettazione n° **001** del **01/09/2003** Rif. Int. **sc64**

CERTIFICATO

N° **0003** foglio **1** di **1** data di emissione **01/09/2003**

COMMITTENTE : **SPEA S.p.A.**

CODICE SONDAGGIO **S 7**

OPERA : **NODO AUTOSTRADALE "GRONDA DI PONENTE"**

DATA Inizio **07/07/2003** Fine **10/07/2003**

LOCALITA' : **Via del Fringuello - Genova**

QUOTA s.l.m.

SCALA : **1 : 100**

TIPO SONDA : **CMV 600**

DIAMETRO FORO: Iniziale/Finale **127/101 mm**

OPERATOR **De Simone -D' Ascenzo**

METODO PERFORAZIONE: **Carotaggio continuo**

CAMPIONATORE :

GEOLOGO : **S. Cavallucci**

CAROTIERE	PROFONDITA' DAL P.C. (mt.)	POTENZA DELLA FORMAZIONE (mt.)	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE
Semplice	0,3	0,3		Sottofondo stradale
T6 -cd	20,0	19,7		Metabasalto fortemente degradato e intensamente fratturato con orizzonti anche argillificati. La struttura della roccia è massiva, il colore è verde-azzurro mentre gli orizzonti maggiormete alterati (argillificati) sono di colore rosso-bruno. Fino a circa 4,0 m l'eccessiva alterazione della roccia non ha consentito l'uso del carotiere doppio e pertanto con il carotiere semplice la carota si presenta costituita da una matrice di colore rossastro, assimilabile granulometricamente ad un limo argilloso-sabbioso con inclusi frammenti (clasti) della formazione litoide. Da 4,4 m l'uso del carotiere doppio mette in risalto l'intensa fratturazione della roccia che si sviluppa su due serie di piani principali: il primo è irregolare e riduce la carota in frammenti poliedrici e in genere è marcata da fratture nerastre o rossastre. L'altro sistema di fratturazione si sviluppa invece su piani inclinati di circa 70 - 80° rilevabili sulle carote maggiormente integre. Anche su questi piani si rilevano i riempimenti limosi di colore rossastro. Si rilevano inoltre vacuoli da dissoluzione con superfici ossidate e talora riempiti da limo rossastro. Da circa 10,0 m la roccia presenta una colorazione bruna diminuisce la velocità di avanzamento non si rilevano inoltre gli orizzonti più alterati. Da circa 12,0 m la roccia è meno fratturata il colore è grigio verdastro con noduli e vene calcitiche . A varie quote sono presenti orizzonti di roccia di colore brunastro

RECUPERO CAROTAGGIO (%): 20 40 60 80

R.Q.D. Rock Quality Designation (%): 10 30 50 70 90 — 20 % — 50 % — 52 % — 45 % — 20 % — 58 % — 85 % — 65 % — 80 % — 85 %

SPEZZONI LITOIDI (cm): <5 | 5-10 | >10

DISCONTINUITA': Tipo | Inclinazione | Riempimento | Scabrezza JRC

FALDA

CAMPIONI: Rimaneggiati — 6,9 / 7,0 — 12,5 / 12,8 — 17,7 / 18,0 | Indisturbati

PROVE S.P.T.: Prof. / Ncolpi

TUBI DI RIVESTIMENTO: φ127

note :

Il Responsabile della Sperimentazione	Il Responsabile del Settore	Il Direttore di Laboratorio
(Dott. Geol. Silvio Cavallucci)	(Dott. Geol. Silvio Cavallucci)	(Dott. Geol. Eustachio Pietromartire)