



REGIONE BASILICATA

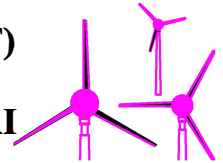
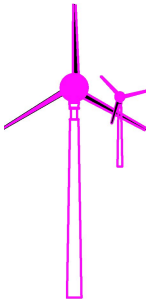
PROVINCIA DI MATERA

COMUNE DI SALANDRA

COMUNE DI FERRANDINA

# PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE E DELLE INFRASTRUTTURE CONNESSE, DENOMINATO "TORRICELLI"

## DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI SALANDRA (MT) E FERRANDINA (MT), DI POTENZA PARI A 31 MW ACCOPPIATO AD UN SISTEMA DI ACCUMULO PARI A 8 MW



# PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE:

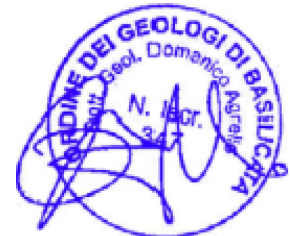


EDPR BASILICATA S.R.L.

SVILUPPO:



enerplus s.r.l. tel. 0971 991428  
Via @refici, 18 enerplus@tiscali.it  
85055 Picerno (PZ) P.lva 01679060762



# PD

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO:

## Relazione geologica

Tavola:

SAL-PDEF-REL-002

Filename:

Data 1° emissione:

Redatto:

Verificato:

Approvato:

Scala:

n° revisione	1				
	2				
	3				
	4				

# COMUNE DI SALANDRA

Provincia di Matera

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE E DELLE INFRASTRUTTURE CONNESSE, DENOMINATO "TORRICELLI" DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI SALANDRA (MT) E FERRANDINA (MT), DI POTENZA PARI A 31 MW ACCOPPIATO AD UN SISTEMA DI ACCUMULO PARI A 8 MW

## RELAZIONE GEOLOGICA

### SOMMARIO

PREMESSA	1
ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E VERIFICHE DELLA STABILITÀ DEL PENDIO	5
PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E MICROZONAZIONE SISMICA	13
CONCLUSIONI	20
DICHIARAZIONE DI RESPONSABILITÀ	22
ALLEGATI	24

 Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data
Documento: <i>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</i>	Dicembre 2023	1 di 24

## ELENCO TABELLE

Tabella 1: Dati geotecnici del sito d'intervento.....	11
Tabella 2: Tabella I delle N.T.C. 2018.....	20

## ELENCO FIGURE

Figura 1: Schema del sistema Catena–Avanfossa–Avampaese (da D'Argenio et alii, 1975).....	7
Figura 2: catalogo dei terremoti tratto dal Database DBMI15 – I.N.G.V.....	13
Figura 3: grafico Intensità (MCS) – Anno di riferimento.....	14
Figura 4: Epicentri dei terremoti tratti dal Database DBMI15 – I.N.G.V.....	14
Figura 5: mappa interattiva della pericolosità sismica del territorio italiano (fonte I.N.G.V.) .	15
Figura 6: mappa interattiva della pericolosità sismica del sito in esame (fonte I.N.G.V.).....	16
Figura 7: Mappa catalogo ITHACA delle Faglie Capaci.....	17

## ALLEGATI

- All. 1 - Corografia in scala 1:50000;
- All. 2 - Stralcio Catastale in scala 1:10000;
- All. 3 - Carta Geologica in scala 1:5000;
- All. 4 - Sezioni Geologiche in scala 1:8000;
- All. 5 - Carta Geomorfologica in scala 1:5000;
- All. 6 - Carta Idrogeologica in scala 1:5000;
- All. 7 - Ubicazione indagini in scala 1:9000;
- All. 8 - Report Sondaggio S1;
- All. 9 - Report sismiche Masw;
- All. 10 - Report prove di laboratorio;
- All. 11 - Sezione litotecnica x-x in scala 1:1500;
- All. 12 - Analisi di stabilità dello stato attuale;
- All. 13 - Analisi di stabilità dello stato futuro;
- All. 14 - Stralcio Piano Assetto Idrogeologico in scala 1:9000.

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	2 di 24	

## PREMESSA

Il sottoscritto *Geologo Domenico AGRELLO*, iscritto all'Ordine dei Geologi della Basilicata con il n. 347, su incarico della EDPR Basilicata S.r.l., ha condotto uno studio geologico e geologico-tecnico propedeutico alla realizzazione di un impianto eolico di grande generazione in agro del Comune di Salandra. Un'ampia porzione del cavidotto, la sottostazione di consegna ed il relativo sistema di accumulo da 8 MW si collocano nel territorio comunale di Ferrandina. La posizione degli aerogeneratori e la loro ubicazione catastale è ben rappresentata sia negli allegati alla presente che in quelli progettuali.

Il lavoro svolto e gli elaborati prodotti rispettano le prescrizioni della normativa vigente, in particolare è conforme alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17.01.2018, al Regolamento Regionale n.38/97 ed alla Delibera del Consiglio Regionale della Basilicata n.575 del 05.08.2009.

Inoltre, in ottemperanza alle prescrizioni della normativa vigente in materia di rischio idrogeologico, sono state prese in esame le carte tematiche redatte dall'Autorità di Bacino della Basilicata; nella cartografia ufficiale del Piano Stralcio delle aree di versante i siti che accoglieranno gli aerogeneratori non rientrano in alcuna area a rischio idrogeologico, soltanto per la macchina n.2 una porzione del piazzale di manovra è interessato da un lembo di area a rischio medio R2. Le strade ed i relativi cavidotti di collegamento invece attraverso diverse aree dichiarate a rischio frana dall'A. di B. della Basilicata.

Il presente rapporto riferisce sulle risultanze conclusive degli studi effettuati anche in passato dallo scrivente, partendo dalle metodologie d'indagine utilizzate nelle diverse fasi di lavoro ed illustra la situazione stratigrafica locale, la consistenza del sottosuolo, la sua caratterizzazione geotecnica ed esprime un

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	3	di 24

chiaro parere sulle condizioni di stabilità dell'area, sia attuali che in considerazione delle scelte progettuali da adottare.

Lo studio è stato articolato in diverse fasi successive, in prima analisi è stato eseguito un rilevamento geologico e morfologico di superficie quindi successivamente il sostrato di conoscenze acquisite è stato corroborato dall'analisi della cartografia tematica e dalle risultanze delle indagini dirette ed indirette condotte all'uopo sull'area d'intervento. In particolare è stato eseguito un sondaggio geognostico a rotazione e carotaggio continuo in posizione circa baricentrica all'area di intervento con l'obiettivo di descrivere la stratigrafia dell'intera area, nelle successive fasi esecutive verranno invece eseguite indagini puntuali per ogni singolo aerogeneratore. In corrispondenza di ogni singolo punto inoltre sono state eseguite delle indagini sismiche del tipo Masw con l'obiettivo di determinare la categoria di suolo di fondazione ai sensi delle NTC 2018.

	<p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b>  Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza  e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a>  Cell. 3389123879</p>	<p>Committente:  <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
<p>Progetto:</p>	<p><i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>	<p>Pagina</p>
<p>Documento:</p>	<p><u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>4 di 24</p>

## ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'impianto eolico di grande generazione del presente progetto ricade nel territorio Comunale di Salandra ed è rappresentato nella Carta Tecnica Regionale nei fogli Masseria Arcieri - Elemento 491053 e Monte Sant'Angelo – Elemento 491094 in scala 1:5000 nonchè nel foglio 200 Tricarico della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000.

L'Appennino Meridionale è una catena a pieghe e falde di ricoprimento evolutasi a partire dal Cretaceo superiore, quando ha avuto inizio il processo di convergenza che ha coinvolto i paleomargini della placca africana ed europea (Gueguen et alii, 1998).

In particolare, il paleomargine settentrionale della placca africano-adriatica (più precisamente del bordo nord-occidentale della microplacca Adria), è andato progressivamente deformandosi a causa dello scontro tra le due placche, a seguito delle fasi di rifting e di spreading ed alla chiusura del ramo occidentale dell'oceano della Tetide, conosciuto in letteratura come Neotetide, avvenuta a partire dall'Oligocene (Gueguen et alii, 1998; Menardi Noguera & Rea, 2000; Patacca & Scandone, 2001; Ciarapica & Passeri, 2002).

Questo ha generato la sovrapposizione di unità tettoniche, di varia genesi e differenti domini paleogeografici, che hanno costruito la Catena Appenninica meridionale (fase tectogenetica) a partire dall'Oligocene superiore fino al Miocene medio (Gueguen et alii, 1998; Menardi Noguera & Rea, 2000; Patacca & Scandone, 2001).

Nel corso del Mesozoico si è avuta la prima differenziazione dei paleomargini africano ed europeo in un'alternanza di domini di piattaforma carbonatica e di bacino, impostati su crosta continentale (Wood, 1981). Tra la fine del Trias e

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	5	di 24

l'inizio del Giurassico, la diversificazione tra le piattaforme carbonatiche e i bacini intermedi permette di riconoscere distintamente le unità paleogeografiche che costituiscono attualmente i terreni dell'Appennino Meridionale (D'Argenio et alii, 1975).

Alla fine del Cretaceo, ha avuto inizio il processo di convergenza tra la placca europea e la placca africano-adriatica con la conseguente subduzione della crosta oceanica neotetidea interposta tra le due placche.

Il territorio di Salandra si colloca proprio al margine della linea di subduzione e quindi dell'attuale avanfossa Bradanica.

Nella successiva fase tettogenetica le unità stratigrafico-strutturali della Catena Appenninica vengono coinvolte in una sequenza di eventi tettonici a prevalente movimento orizzontale che determinano deformazioni significative dei domini paleogeografici mesozoici. Nel Langhiano, s'innescano dei fronti di sovrascorrimento a vergenza nord-orientale che interessano tutte le unità paleogeografiche mesozoiche, producendo traslazioni e progressivi accavallamenti delle unità più interne sulle unità più esterne (Pescatore & Ortolani, 1973).

Queste, complessivamente, hanno prodotto l'impilamento delle coltri fino a costruire l'edificio della catena in raccorciamento, e la successiva traslazione in toto sulla Piattaforma Apula, legata al *roll-back* della placca adriatica in subduzione.

In un contesto di generale compressione tettonica, la Catena Appenninica è stata caratterizzata anche da deformazioni distensive, principalmente faglie dirette ad alto angolo, legate all'apertura e all'evoluzione del Tirreno (Doglioni *et alii*, 1996), migrate verso i settori più esterni coerentemente all'andamento del fronte appenninico.

	<p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b>  Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza  e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a>  Cell. 3389123879</p>	<p>Committente:  EDPR Basilicata S.r.l.</p>	
<p>Progetto:</p>	<p><i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>	<p>Pagina</p>
<p>Documento:</p>	<p><u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>6 di 24</p>

Nel Pliocene medio è iniziata la fase orogenetica s.s. della catena che ha determinato l'attuale assetto dell'Appennino Meridionale, caratterizzato dalla formazione di faglie dirette, anche di grosso rigetto che può arrivare alle centinaia di metri, che bordano gli attuali sistemi montuosi principali e i rilievi secondari. L'andamento di questi lineamenti tettonici è marcatamente appenninico.

Durante questo periodo il margine interno della Piattaforma Apula e le relative coperture plioceniche vengono coinvolti in una fase compressiva, riconducibile al Pliocene medio.

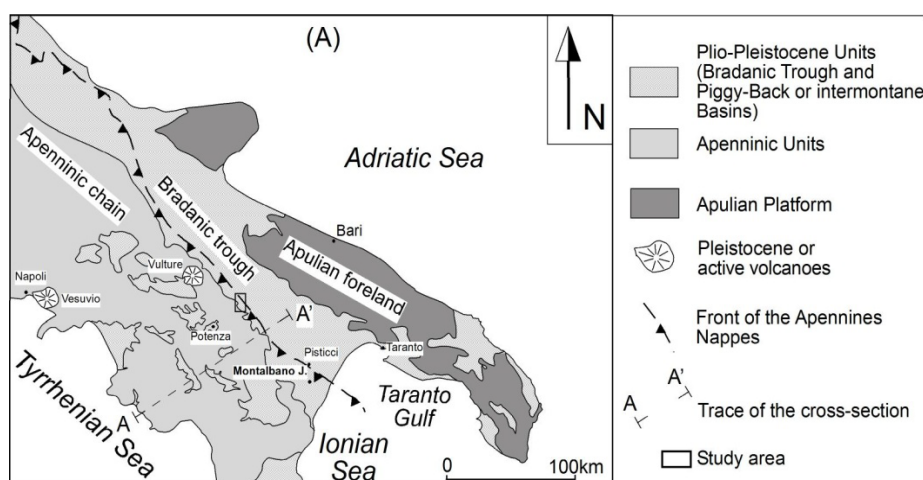


Figura 1: Schema del sistema Catena–Avanfossa–Avampaese (da D’Argenio et alii, 1975)

Durante questo periodo il margine interno della Piattaforma Apula e le relative coperture plioceniche vengono coinvolti in una fase compressiva, riconducibile al Pliocene medio.

La Catena Sud-Appenninica, rappresentata dall’Appennino Campano - Lucano, è un *thrust system* a vergenza adriatica costituito da una serie di falde sovrapposte formate da coperture sedimentarie sradicate dai loro originari domini paleogeografici e trasportate verso l’attuale bacino Adriatico a partire dal limite Oligocene - Miocene fino al Quaternario (Prosser et alii, 1996; Menardi

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879</p>	<p>Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
	<p>Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>
<p>Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>7 di 24</p>



Noguera & Rea, 2000; Schiattarella, 1998) con spessori complessivi di molte migliaia di metri.

L'Avanfossa Adriatica Meridionale, denominata Fossa Bradanica, nel settore compreso tra il Gargano ed il mar Ionio (Migliorini, 1937) è un bacino sedimentario Plio - Pleistocenico, ampio da 20 a 40 km, colmato da sedimenti silico-clastici di ambiente marino, attualmente emerso e ribassato da faglie normali verso la catena (Pieri, 1966). L'avanfossa si è impostata nel Pliocene inferiore su di un substrato costituito dal tetto dei carbonati della piattaforma apula interna.

L'Avanpaese Apulo, rappresentato dalla Regione Apulo - Garganica, è costituito da una potente successione carbonatica di mare basso (spessa da 4.000 a 6.000 m) costituita essenzialmente da sedimenti mesozoico-terziari di piattaforma carbonatica (Menardi Noguera & Rea, 2000).

In sintesi, possiamo dividere la catena appenninica in tre gruppi di Unità stratigrafico-strutturali:

- *Unità Interne alla catena*
- *Unità Esterne alla catena*
- *Unità dell'Avanfossa e dell'Avampaese*

A partire dal fronte della catena si rinvencono le successioni dell'Avanfossa Bradanica e dell'Avanpaese Apulo, che affiorano nel settore d'interesse progettuale.

Il territorio comunale di Salandra si localizza al bordo dell'avanfossa Bradanica e rappresenta l'ampio spartiacque idrografico che delinea la separazione tra il bacino del fiume Basento a Est e del torrente Salandrella a Ovest.

Le forme dei luoghi sono genericamente dolci e tipiche del paesaggio collinare, si individuano ovunque versanti blandi e dai profili piuttosto irregolari che

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	8	di 24

tendono a divenire ripidi ed acclivi in corrispondenza delle zone calanchive, presenti in modo significativo nel territorio in esame.

L'evoluzione dei luoghi è spesso contrassegnata dai movimenti gravitativi di versante visto l'affioramento di depositi argillosi dalle scarse caratteristiche geotecniche. Il settore di stretto interesse tuttavia è caratterizzato soprattutto da evoluzione per erosione areale e lineare; quest'ultima si esplica evidentemente in corrispondenza delle zone calanchive.

I pendii della collina rientrante nel perimetro dell'impianto sono mediamente acclivi e dalle forme abbastanza regolari, i profili longitudinali sono di tipo convesso o concavo.

L'idrografia superficiale, in accordo alle caratteristiche litologiche dei termini presenti, è ben sviluppata e gerarchizzata. Il pattern è di tipo subdendritico e la densità del drenaggio è elevata.

La natura litologica dei depositi conformanti i luoghi, la cui genesi paleogeografica è ampiamente descritta in precedenza, è chiaramente sabbioso-argillosa ed è riferibile al Plio-Pleistocene.

I terreni più recenti sono riferibili al Pleistocene ed affiorano soltanto come lembi residuali nelle zone sommitali dei rilievi, si tratta di conglomerati poligenici ad elementi cristallini con intercalazioni sabbiose ed argillose.

Al di sotto dei conglomerati appena descritti si rinvencono sabbie gialle con fossili marini con a letto sabbie argillose di colore giallo che passano gradualmente alle argille di colore grigio e azzurro afferenti al Pliocene inferiore.

I terreni descritti sono stati caratterizzati dal punto di vista fisico e meccanico attraverso la terebrazione diretta denominata S1 ed allegata alla presente.

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	9	di 24

## **MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E VERIFICHE DELLA STABILITÀ DEL PENDIO**

La caratterizzazione geotecnica della porzione di sottosuolo direttamente interessata dal sovraccarico trasmesso dalle strutture di progetto è avvenuta in primo luogo tramite il rilevamento di superficie e l'analisi di indagini geognostiche eseguite in tempi pregressi, al margine dell'area di attuale interesse. Successivamente il sostrato delle conoscenze acquisite è stato corroborato dall'esecuzione di indagini dirette ed indirette sull'area di intervento.

In posizione circa baricentrica al parco eolico di progetto è stato eseguito un sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, denominato "S1", che prevede la seguente stratigrafia:

un primo orizzonte costituito da sabbia fine di colore giallo in patina e gialla con screziature ocra in frattura dello spessore di 7.0 m; al di sotto è presente uno strato di 9.0 m di sabbia argillosa passante ad argilla sabbiosa con lenti francamente sabbiose di colore giallo e grigio in patina e giallo e grigio con screziature nere in frattura.

Il substrato argillitico, attraversato fino alla fine del sondaggio, è costituito da argille limose di colore grigio chiaro in patina e grigio azzurro con screziature bianche in frattura.

Nel corso di tale perforazione, spinta fino a 30 metri, sono stati prelevati tre campioni indisturbati, uno per ogni orizzonte litotecnico riconosciuto.

Il prelievo di ogni singolo campione è stato eseguito con un campionatore Shelby a pareti sottili, alle profondità riportate nel report stratigrafico allegato.

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	10	di 24

Le operazioni di prelievo, previa adeguata pulizia del fondo del foro, sono state effettuate infiggendo a pressione la fustella con scarpa tagliente nel terreno per circa 50 centimetri.

I campioni sono stati subito sigillati per non determinare variazioni nel contenuto d'acqua naturale. La struttura scelta per l'esecuzione delle prove geotecniche è la sede di Matera della Società Laborgeo S.r.l.

Per ogni provino sono state effettuate tutte le prove necessarie a determinare le principali caratteristiche fisiche e meccaniche dei depositi argillosi investigati.

Nello specifico sono stati determinati il contenuto d'acqua naturale, il peso dell'unità di volume naturale, il peso specifico dei grani; sono state effettuate l'analisi granulometrica per setacciatura e vagliatura nonché sedimentazione, quindi su tre provini sono state effettuate le prove di taglio diretto in condizioni consolidate-drenate.

La caratterizzazione dinamica è invece avvenuta attraverso prove sismiche del tipo Masw, eseguite nei pressi di ognuno degli aerogeneratori previsti in progetto. Dai dati acquisiti è stato ricostruito il seguente assetto geostratigrafico:

**Orizzonte Litotecnico a (sabbie); da p.c. fino a - 7.0 m,**

Peso dell'unità di volume	$\gamma_n$	<b>1.98</b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>
Coesione	$c'$	<b>1.36</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>
Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>24.6°</b>	

**Orizzonte Litotecnico b (sabbie argillose) da - 7.0 m a -16 m,**

Peso dell'unità di volume	$\gamma_n$	<b>1.99</b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>
Coesione	$c'$	<b>2.71</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>
Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>22.6°</b>	

**Orizzonte Litotecnico c (substrato argilloso)**

Peso dell'unità di volume	$\gamma_n$	<b>2.05</b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>
Coesione	$c'$	<b>2.74</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>
Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>23.0°</b>	

Tabella 1: Dati geotecnici del sito d'intervento

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879</p>	Committente:		
	EDPR Basilicata S.r.l.		
Progetto:	Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).	Data	Pagina
Documento:	<u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	11 di 24

In ottemperanza alla normativa vigente (D.M.LL.PP. 11-03-1988 e Norme Tecniche per le Costruzioni del 17.01.2018) è stata eseguita una verifica di stabilità globale del pendio, sia nelle condizioni attuali che allo stato di progetto. È stata utilizzata, per lo scopo, una sezione di dettaglio disposta secondo un allineamento monte-valle, lungo cui sono state inserite le stratigrafie desunte dalle indagini condotte in sito.

La verifica eseguita permette di valutare la stabilità del pendio considerando l'equilibrio delle forze, è necessario quindi conoscere i soli parametri caratteristici di resistenza al taglio. L'accuratezza del metodo usato (Fellenius) consente di avere risultati affidabili e paragonabili al metodo degli elementi finiti o della spirale logaritmica.

Nel modello non vengono inseriti livelli freatici poiché nel corso delle indagini non è stata rilevata alcuna falda.

La procedura di analisi, che permette di valutare la stabilità considerando il solo equilibrio delle forze, prevede la suddivisione della porzione di pendio compresa tra il piano campagna e la superficie di rottura in settori trapezoidali.

Per ciascun settore vengono rapportate le forze agenti a quelle resistenti, il coefficiente di sicurezza globale del pendio viene calcolato attraverso il rapporto fra la resistenza al taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano. Il pendio viene quindi suddiviso in conci in modo che le condizioni di equilibrio siano considerate separatamente per ognuno. Nelle verifiche cinematiche della stabilità del pendio è stato inserito un terremoto di progetto avente tempi di ritorno di 475 anni.

Anche in presenza di accelerazione sismica la fascia di pendio in oggetto è risultata stabile ed il coefficiente di sicurezza minimo superiore a quanto prescritto dalla normativa vigente (D.M.LL.PP. 11-03-1988 e Norme Tecniche per le Costruzioni 18).

	<p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b>          Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza          e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a>          Cell. 3389123879</p>	<p>Committente:  <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
<p>Progetto:</p>	<p><i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>	<p>Pagina</p>
<p>Documento:</p>	<p><u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>12 di 24</p>

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E MICROZONAZIONE SISMICA

Questo paragrafo è finalizzato alla caratterizzazione delle azioni sismiche di cui al paragrafo 3.2 del D.M. 17/01/2018 che sono valutate a partire da una “pericolosità sismica di base”, riferita a condizioni di suolo rigido affiorante (categoria A) e superficie morfologica pianeggiante (categoria morfologica T<sub>1</sub>).

La “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di un determinato territorio.

Il primo passaggio è quello di definire la sismicità storica che ha riguardato il territorio comunale di Salandra, rappresentata dall’elenco dei terremoti riportato di seguito, tratto dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell’I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
8-9	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
6-7	1885	12	24	10	50		Basilicata	7	6-7	5.09
3	1894	05	28	20	15		Pollino	122	7	5.01
6	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
6	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
4	1971	11	29	18	49	3	Alta Val d'Agri	17	5	4.50
3	1986	07	23	08	19	5	Potentino	48	6	4.61
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84		4.21
NF	1991	04	18	19	24	0	Piana di Metaponto	26		4.13
5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1994	01	05	13	24	1	Tirreno meridionale	148		5.82
5	1995	05	29	20	44	2	Val d'Agri	103	5	4.18
2-3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
3	2006	06	22	19	34	5	Costa calabrese settentrionale	161		4.70

Figura 2: catalogo dei terremoti tratto dal Database DBMI15 – I.N.G.V.

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
Progetto:	Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato “Torricelli” da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).	Data	Pagina
Documento:	<u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	13 di 24

Alla fig.1 si fa succedere la fig.2 che rappresenta il grafico che mette in relazione l'intensità macrosismica locale dell'evento tellurico con l'anno in cui si è verificato.

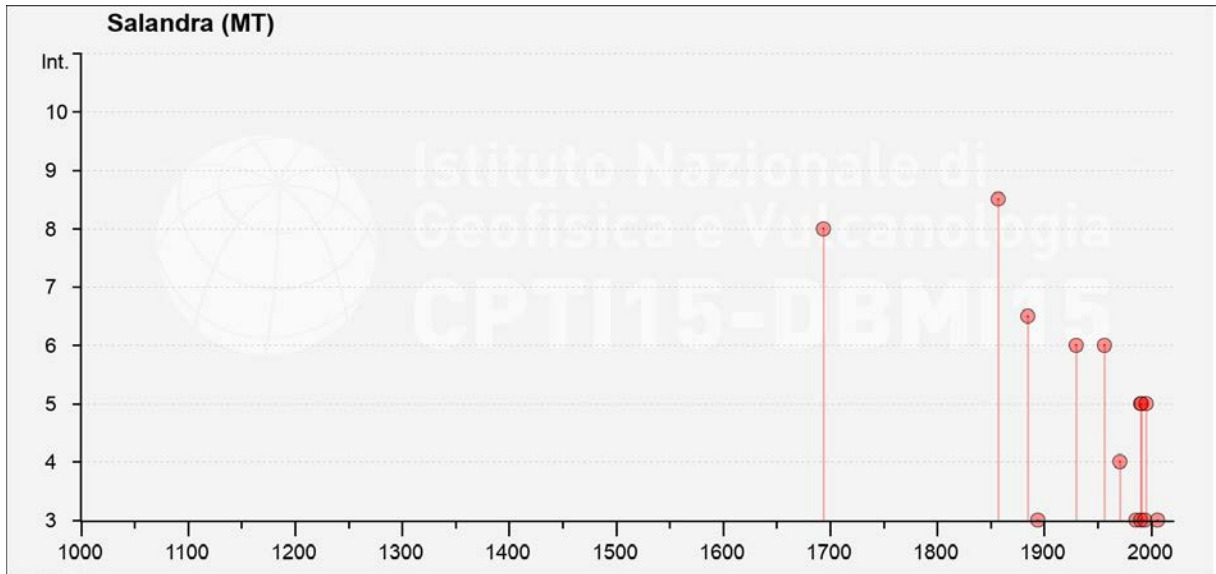


Figura 3: grafico Intensità (MCS) – Anno di riferimento

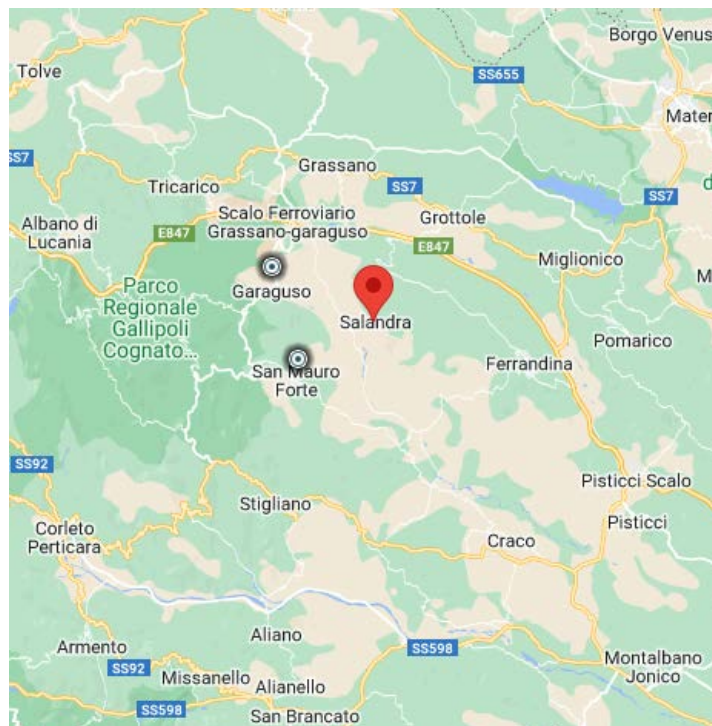


Figura 4: Epicentri dei terremoti tratti dal Database DBMI15 – I.N.G.V.

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879</p>	<p>Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
	<p>Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>
<p>Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>14 di 24</p>

Un passo successivo è l'attribuzione al territorio comunale, utilizzando la banca dati esistente presso l'I.N.G.V. sez. di Milano, della coppia magnitudo-distanza, attraverso il reticolo inserito sulla mappa di pericolosità sismica del territorio italiano (fig.5).

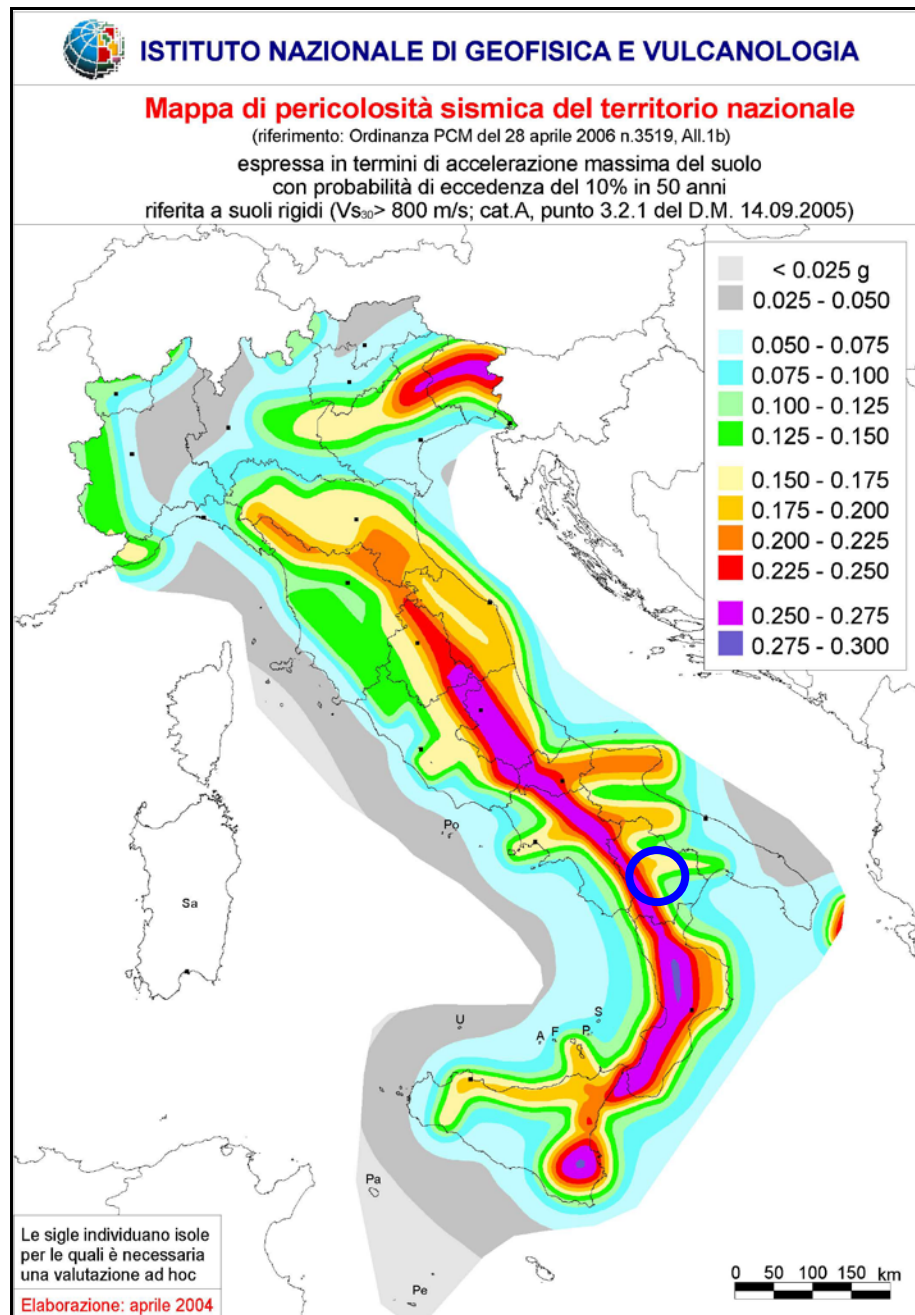


Figura 5: mappa interattiva della pericolosità sismica del territorio italiano (fonte I.N.G.V.)

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b>                  Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza                  e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a>                  Cell. 3389123879</p>	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	15 di 24



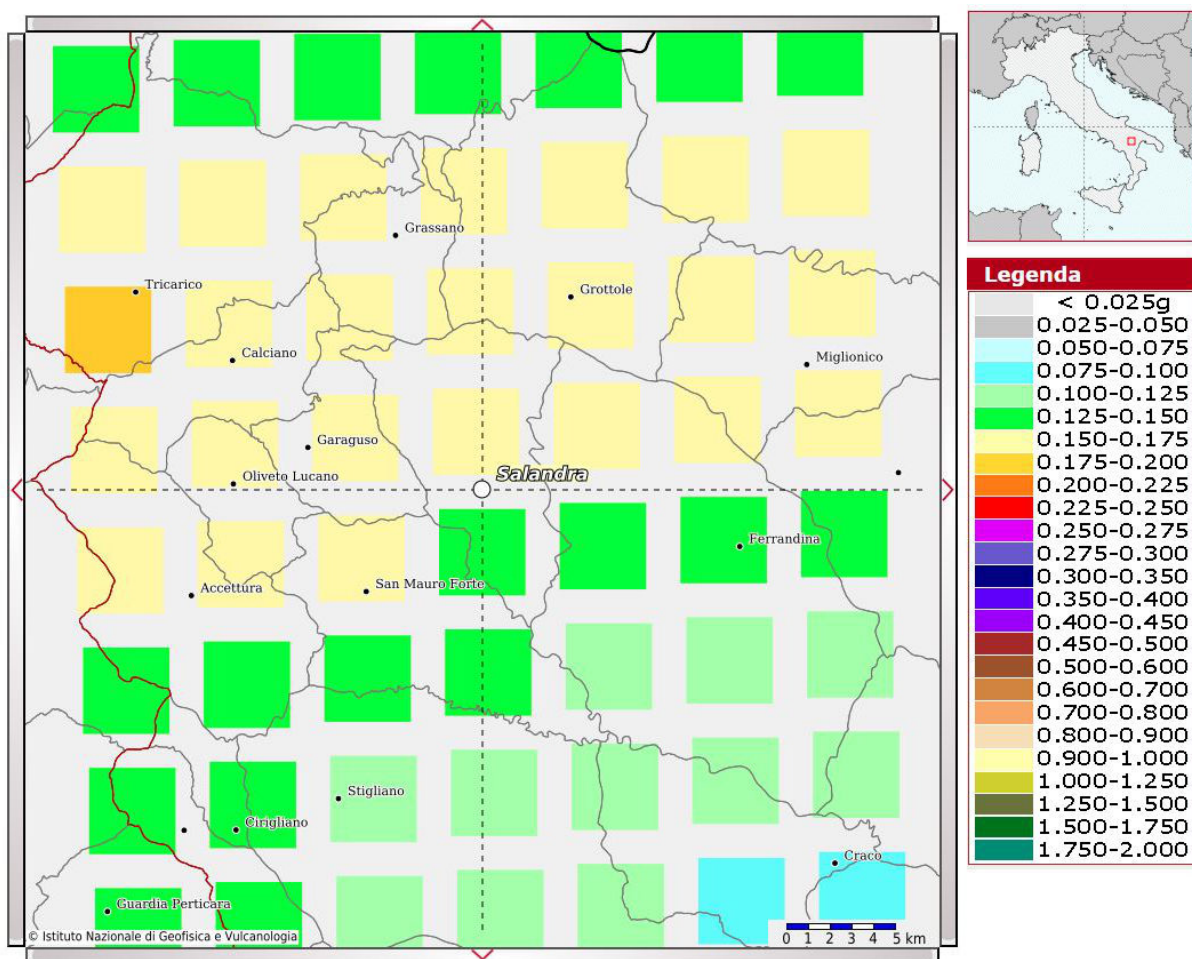


Figura 6: mappa interattiva della pericolosità sismica del sito in esame (fonte I.N.G.V.)

Nella fig.6, che riporta uno stralcio della mappa interattiva della pericolosità sismica d'Italia, il territorio comunale di Salandra è caratterizzato da un valore del parametro P.G.A. (peak ground acceleration) compreso tra  $0,125g$  e  $0,150g$ . Per quanto riguarda la presenza di faglie sismogenetiche nei settori limitrofi all'area di studio si rimanda al catalogo **ITHACA** (ITaly **H**Azard from **C**Apable faults), che colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie, che interessano il territorio italiano.

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879</p>	Committente:		
	EDPR Basilicata S.r.l.		
Progetto:	Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).	Data	Pagina
Documento:	<u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	16 di 24

ITHACA è uno strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Le faglie capaci vengono mappate e caratterizzate in ITHACA sulla base dei dati disponibili in letteratura, dopo una attenta revisione critica.

Dal suddetto lavoro vengono estratte le sole risultanze riguardanti il settore meridionale della catena appenninica, in particolare l'area campano-lucana e dell'alta Calabria.

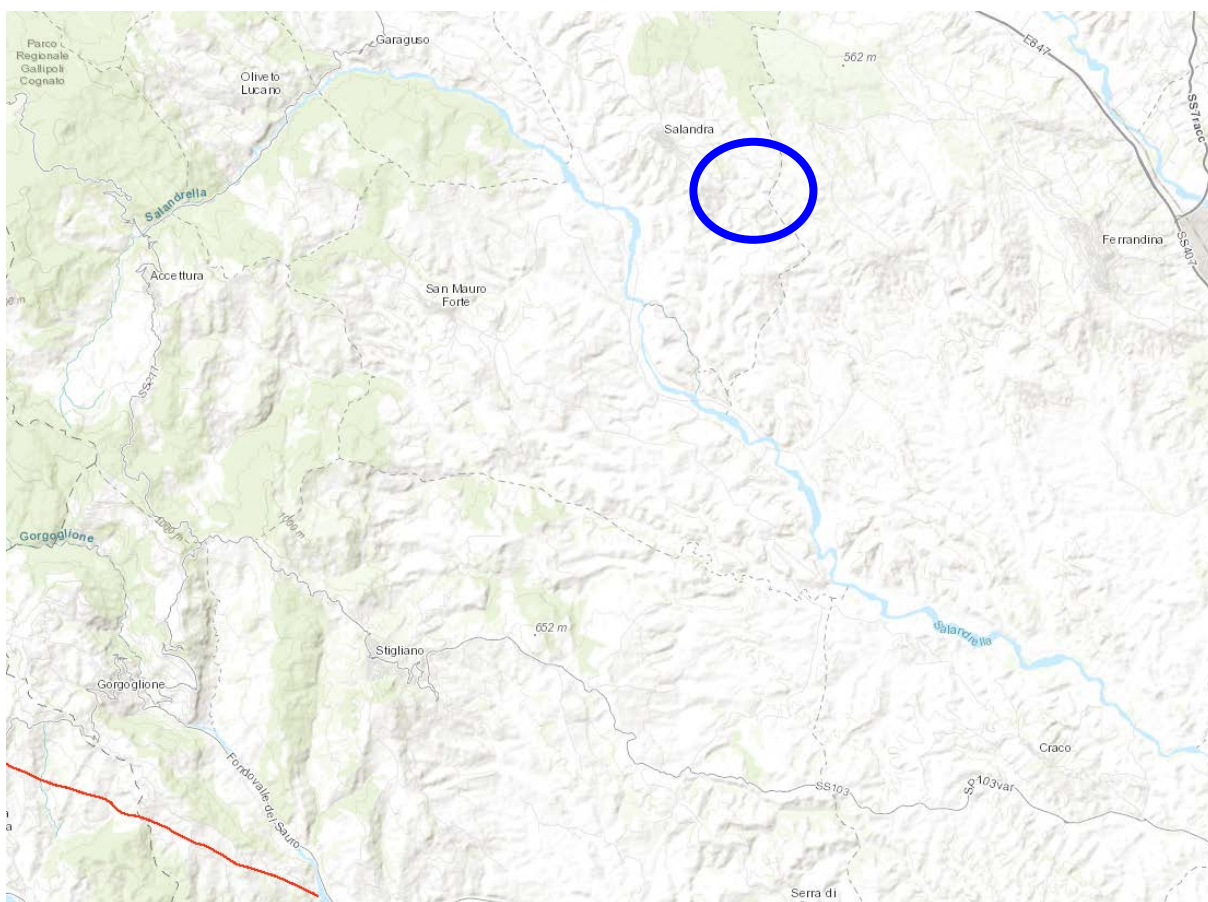


Figura 7: Mappa catalogo ITHACA delle Faglie Capaci

	<p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b>          Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza          e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a>          Cell. 3389123879</p>	<p>Committente:  <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
<p>Progetto:</p>	<p><i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>	<p>Pagina</p>
<p>Documento:</p>	<p><u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>17 di 24</p>

Come è possibile osservare dalla figura 7 non vi sono nei pressi del settore in studio faglie attive e capaci, ne consegue che la pericolosità sismica determinata dalla presenza di sismogenetiche è ridotta.

Come è noto, il moto sismico al suolo viene modificato, a partire da quello di riferimento su suolo rigido e con superficie topografica pianeggiante o con  $i \leq 15^\circ$ , in funzione della stratigrafia del sottosuolo, della geometria degli strati, della loro natura litologica, del loro spessore, del grado di compattezza dei terreni (densità relativa), delle loro caratteristiche geotecniche e della presenza o meno di falda freatica superficiale.

In pratica lungo l'interfaccia al passaggio dal bedrock sismico ai terreni di copertura (soil) l'onda sismica si modifica nel periodo, nella frequenza e negli spettri di risposta in accelerazione (PSA) e velocità (PSV), con fenomeni di amplificazione o di assorbimento dell'energia meccanica ad essa associata. In genere, per spessori dei terreni di copertura (soil) stratigraficamente sovrapposti al bedrock sismico non maggiori di 30 m, è stato sperimentato che prevalgono gli effetti amplificativi su quelli di smorzamento.

Nell'effettuare la caratterizzazione dinamica del sito è necessario tener conto delle modificazioni dello scuotimento del suolo, in caso di sisma, causate dalle condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali attraverso la valutazione dei processi di amplificazione stratigrafica e topografica.

L'Ordinanza P.C.M. 3274 del 2003 suddivide il territorio nazionale in quattro zone sismiche individuate da valori di accelerazione sismica di picco orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero con tempi di ritorno di 475 anni, secondo tale classificazione il Comune di Salandra viene inserito nella seconda categoria a cui corrisponde un valore di accelerazione orizzontale al suolo  $a_g=0.25g$ .

	<p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b>          Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza          e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a>          Cell. 3389123879</p>	<p>Committente:  <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
<p>Progetto:</p>	<p><i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p>	<p>Pagina</p>
<p>Documento:</p>	<p><u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>	<p>Dicembre 2023</p>	<p>18 di 24</p>

Nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 viene invece introdotta una griglia di riferimento da cui determinare il valore di accelerazione massima orizzontale al suolo  $a_g$  per ogni singolo sito di interesse. Inoltre visto che si tratta di norme prestazionali le verifiche dovranno essere condotte agli stati limite e non più in termini di tensioni efficaci. Per tale motivo si riportano i parametri sismici per i diversi stati limite di riferimento.

Dalla Tabella I delle succitate N.T.C. 18 è possibile ricavare quanto segue:

**Coordinate della Maglia di riferimento:**

Sito 1 ID: 34564	Lat: 40,4995	Lon: 16,3170	Distanza: 2938,665
Sito 2 ID: 34565	Lat: 40,4978	Lon: 16,3827	Distanza: 2650,593
Sito 3 ID: 34787	Lat: 40,4479	Lon: 16,3804	Distanza: 5874,276
Sito 4 ID: 34786	Lat: 40,4495	Lon: 16,3148	Distanza: 6011,061

**Parametri Sismici:**

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

<b><u>Operatività (SLO):</u></b>	
Probabilità di superamento:	81%
$T_r$ (Tempo di ritorno):	30 anni
$a_g$ (Accelerazione al suolo):	0,042 g
$F_o$ (Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale):	2,435
$T_c^*$ (Per. di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acc. oriz.):	0,289 [s]

<b><u>Danno (SLD):</u></b>	
Probabilità di superamento:	63%
$T_r$ (Tempo di ritorno):	50 anni
$a_g$ (Accelerazione al suolo):	0,054 g
$F_o$ (Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale):	2,452
$T_c^*$ (Per. di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acc. oriz.):	0,321 [s]

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879</p>	<p>Committente:</p> <p><b>EDPR Basilicata S.r.l.</b></p>	
	<p>Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i></p>	<p>Data</p> <p>Dicembre 2023</p>
<p>Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u></p>		

<b><u>Salvaguardia della vita (SLV):</u></b>	
Probabilità di superamento:	10%
$T_r$ (Tempo di ritorno):	475 anni
$a_g$ (Accelerazione al suolo):	0,138 g
$F_o$ (Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale):	2,505
$T_c^*$ (Per. di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acc. oriz.):	0,378 [s]

<b><u>Prevenzione dal collasso (SLC):</u></b>	
Probabilità di superamento:	5%
$T_r$ (Tempo di ritorno):	975 anni
$a_g$ (Accelerazione al suolo):	0,175 g
$F_o$ (Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale):	2,552
$T_c^*$ (Per. di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acc. oriz.):	0,386 [s]

Tabella 2: Tabella I delle N.T.C. 2018

Tali parametri devono essere utilizzati dal progettista per calcolare i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  necessari a determinare l'Amplificazione stratigrafica.

Il suolo di fondazione della fascia di territorio in oggetto, sulla scorta delle sismiche  $M_{sw}$ , rientra nella categoria di suolo "C":

- *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

 <p>Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879</p>	Committente:		
	EDPR Basilicata S.r.l.		
Progetto:	Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).	Data	Pagina
Documento:	<u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	20 di 24

## CONCLUSIONI

Lo scrivente geologo Domenico AGRELLO ha condotto uno studio geologico e geologico-tecnico sui terreni conformanti il rilievo collinare su cui realizzare un impianto eolico di grande generazione nel comune di Sanadra, associato ad un sistema di accumulo da realizzare nel territorio comunale di Ferrandina.

La fattibilità degli interventi è stata innanzitutto verificata in sito attraverso un rilevamento di superficie che ha consentito di accertare l'assenza di movimenti gravitativi pregressi, sia superficiali che profondi in corrispondenza delle fasce di territorio che accoglieranno i 5 aerogeneratori.

Lo studio è stato condotto analizzando i dati dei sondaggi geognostici eseguiti in tempi pregressi ma successivamente sono state condotte all'uopo indagini geognostiche, geotecniche e sismiche necessarie a progettare in maniera efficace e razionale gli interventi di che trattasi.

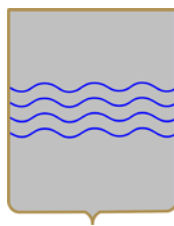
Tutte le informazioni raccolte sono state utilizzate per ricostruire il modello geologico-tecnico del sottosuolo e fornire ai progettisti un quadro esaustivo della natura litotecnica del sottosuolo, tali informazioni sono inoltre riportate nella cartografia tematica redatta e negli allegati alla presente.

Dalle risultanze del presente lavoro emerge che l'area in oggetto è compatibile con il progetto anche in considerazione delle risultanze delle verifiche cinematiche della stabilità del pendio, condotta lungo la sezione significativa ricostruita dal rilievo celerimetrico. L'area del generatore n.2 ricade in zona a rischio medio R2 del PAI e pertanto è necessario acquisire il parere di compatibilità da parte dell'A. di B. della Basilicata

Lauria, Marzo 2023

Geologo **Domenico AGRELLO**

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	21	di 24



## REGIONE BASILICATA

Assessorato alle Infrastrutture Opere Pubbliche e Mobilità

### DICHIARAZIONE DI RESPONSABILITÀ

Comune di **SALANDRA (MT)**

Oggetto: "PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE E DELLE INFRASTRUTTURE CONNESSE, DENOMINATO "TORRICELLI" DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI SALANDRA (MT) E FERRANDINA (MT), DI POTENZA PARI A 31 MW ACCOPPIATO AD UN SISTEMA DI ACCUMULO PARI A 8 MW"

Il sottoscritto professionista geologo **Domenico AGRELLO**, nato a **Lauria (Pz)** il **31- Marzo -1977**, residente in **Potenza (Pz)** via **del Seminario Maggiore, n. 37**, iscritto all'**Ordine dei Geologi della Basilicata** dall'anno **2003** al n°**347**, intervenuto nella progettazione delle opere di cui sopra per i settori di specifica competenza come definito dalle norme vigenti, consapevole della responsabilità penale cui va incontro in caso di dichiarazione mendace (Legge 4-1-1968 n.15)

#### **DICHIARA**

- 1) Che tutti gli elaborati progettuali di propria competenza, debitamente controfirmati, relativi alle opere di cui sopra sono stati redatti nel pieno rispetto delle seguenti norme:
  - a) N.T.C. D.M. 17 gennaio 2018;
  - b) Circolare 7/2019 del C.S.LL.PP.;
  - c) L.R. n.38/97;
  - d) Delibera Consiglio Regionale n.575 del 04 Agosto 2009.

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879	Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto: <i>Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).</i>	Data	Pagina
Documento: <i>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</i>	Dicembre 2023	22	di 24

2) Che le relazioni e gli elaborati cartografici di propria competenza allegati al progetto sono stati redatti, restando impregiudicata la responsabilità del sottoscritto in merito ai contenuti specifici ritenuti necessari, secondo le linee di indirizzo contenute nella Delibera di Consiglio Regionale n.575 del 04 Agosto 2009.

In particolare che le indagini geognostiche consultate e/o eseguite sono ritenute congrue e rispondenti alle direttive tecniche di cui alla Delibera di Consiglio Regionale n.575 del 4 agosto 2009.

Tali indagini sono costituite dai seguenti elaborati grafici ovvero tratte dal seguente lavoro:

- *Masw e indagini geognostiche e geotecniche*

3) Che quanto rappresentato nelle relazioni e negli elaborati cartografici di propria competenza allegati di propria competenza relativamente allo stato dei luoghi preesistente all'esecuzione delle opere è rispondente alla realtà avendo verificato lo scrivente tutti i necessari riscontri in sito per la redazione degli stessi.

4) Che la copia delle relazioni e degli elaborati cartografici di propria competenza allegati al progetto presentato a codesto settore per il deposito ai sensi dell'art.2 della L.R. 38/97 è perfettamente identica a quella sottoposta all'esame del Sindaco competente per territorio per il rilascio del permesso a costruire.

**DICHIARA** inoltre che l'intervento in progetto, rispetta le prescrizioni previste dal piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (**PAI**) redatto dall' Autorità Interregionale della Basilicata, poiché alla data odierna, tenendo conto dell'aggiornamento del piano stesso, l'area rientra in zona a rischio medio R2 e pertanto è necessario acquisire parere di compatibilità ai sensi dell'art.18 delle NTA del PAI.

Lauria, Marzo 2023

Geologo **Domenico AGRELLO**

	Geologo <b>Domenico AGRELLO</b> Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza e.mail <a href="mailto:domenicoagrello@gmail.com">domenicoagrello@gmail.com</a> Cell. 3389123879		Committente: <b>EDPR Basilicata S.r.l.</b>	
	Progetto:	Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).	Data	Pagina
Documento:	<u>Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica</u>	Dicembre 2023	23 di 24	



# ALLEGATI



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via del Seminario Maggiore, n. 37, 85100 Potenza  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879

Committente:

**EDPR Basilicata S.r.l.**

Progetto:

*Costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli" da realizzarsi nei Comuni di Salandra (MT) e Ferrandina (MT).*

Data

Pagina

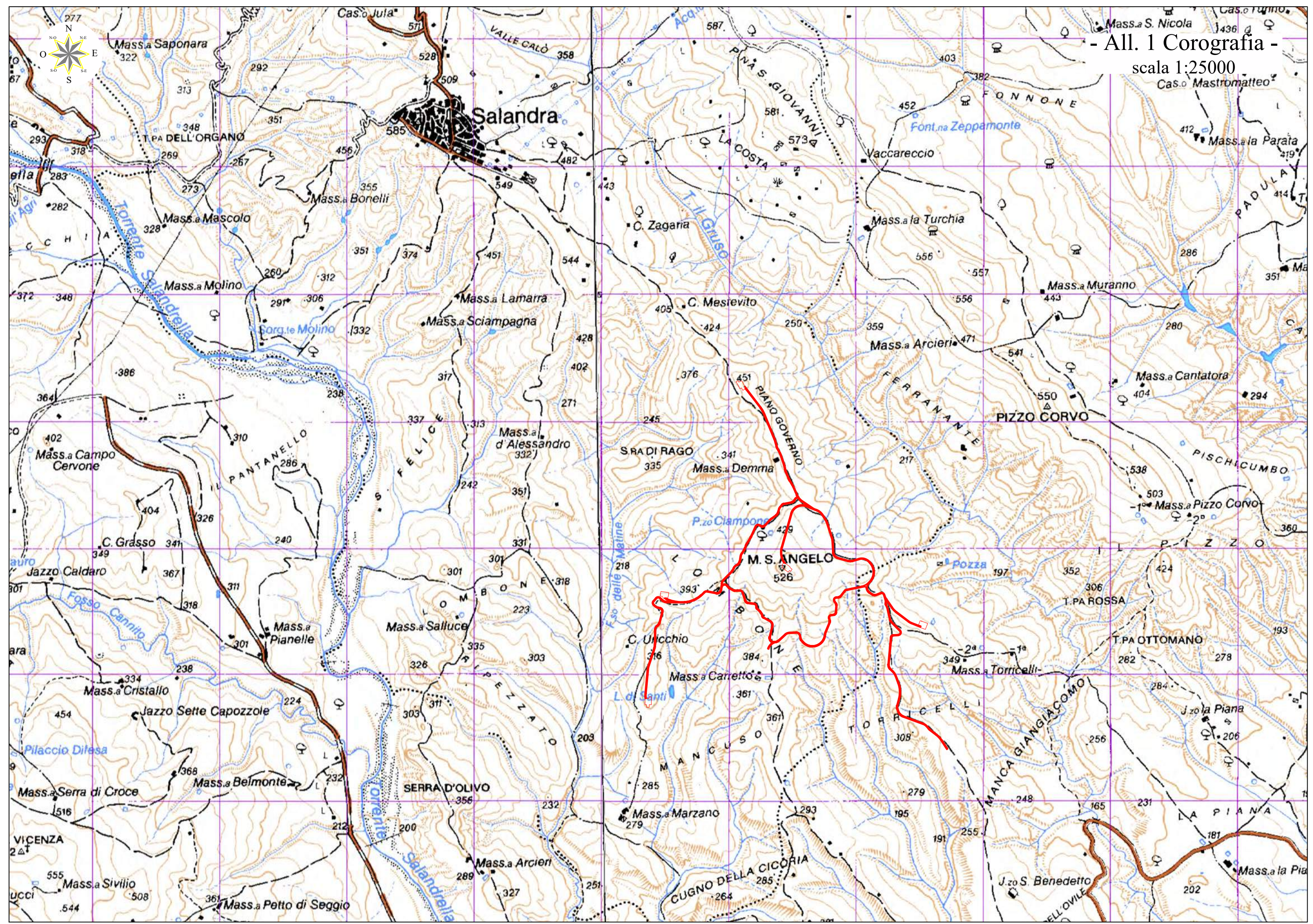
Documento:

Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica

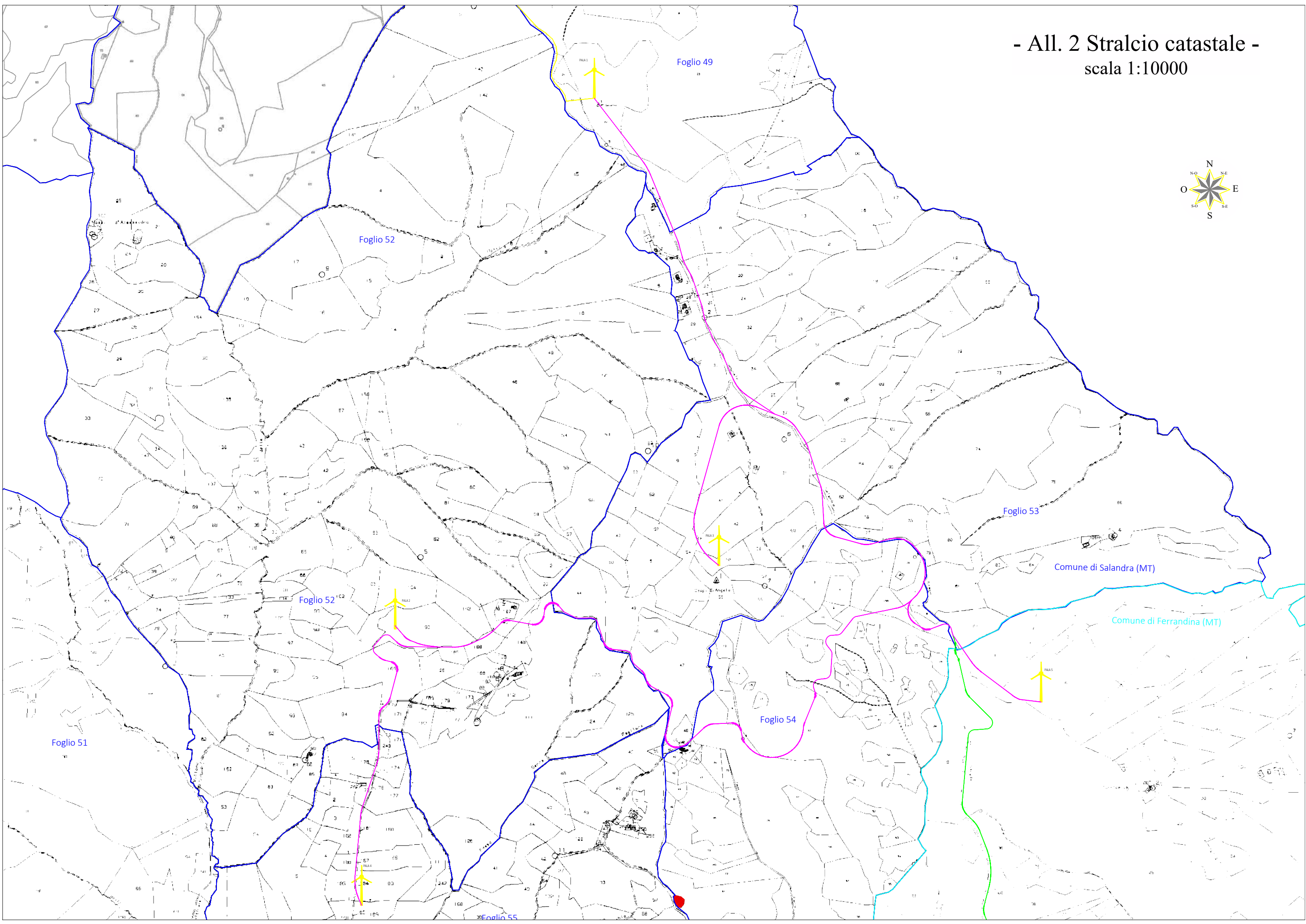
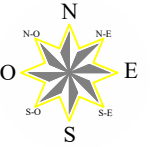
Dicembre 2023

24 di 24

- All. 1 Corografia -  
scala 1:25000



- All. 2 Stralcio catastale -  
scala 1:10000



Foglio 49

Foglio 52

Foglio 53

Foglio 52

Foglio 54

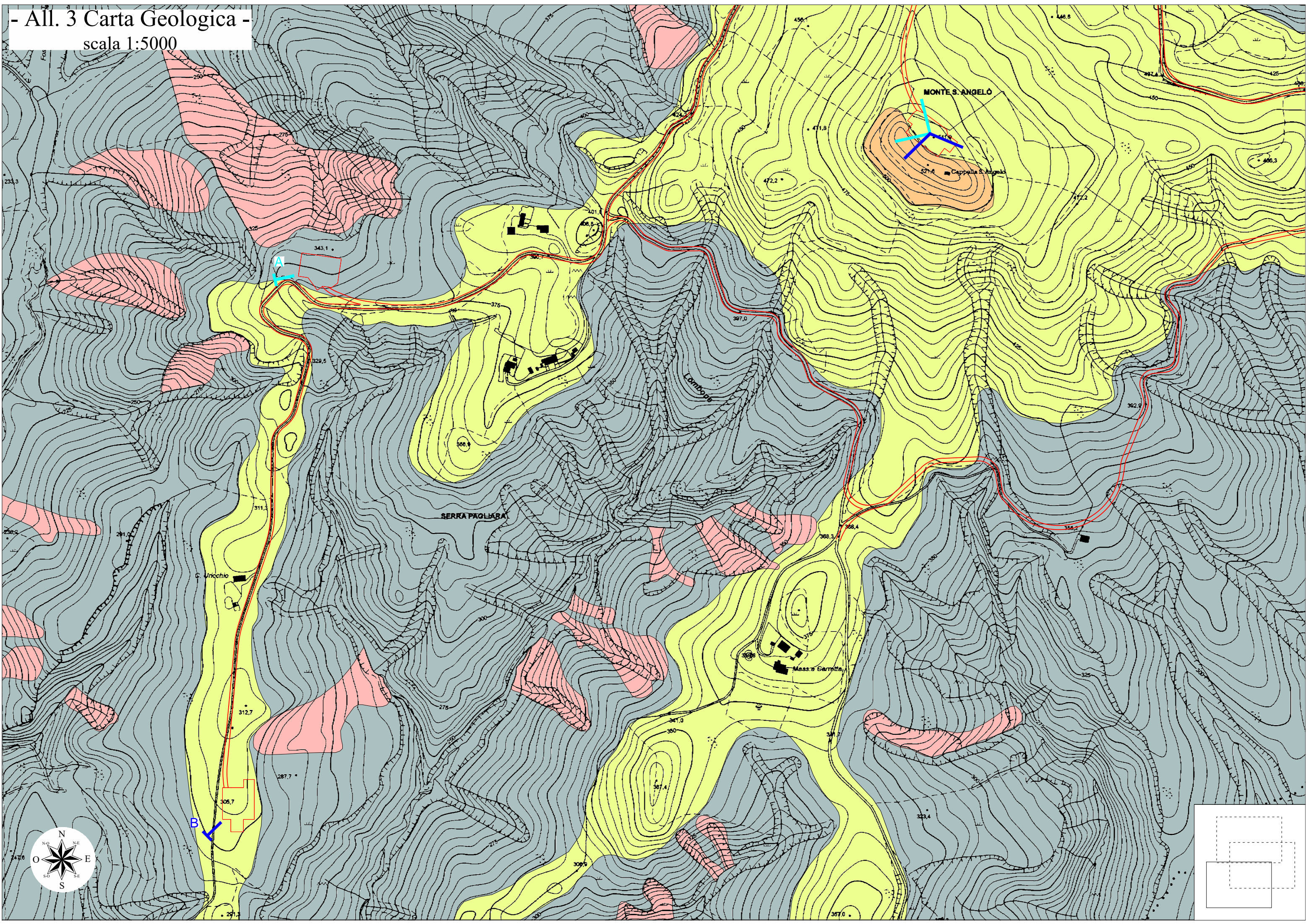
Foglio 51

Foglio 55

Comune di Salandra (MT)

Comune di Ferrandina (MT)

- All. 3 Carta Geologica -  
scala 1:5000



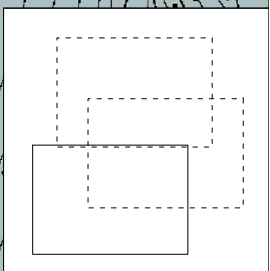
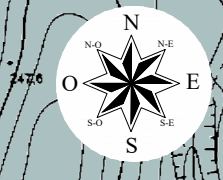
MONTE S. ANGELO

Cappella S. Angelo

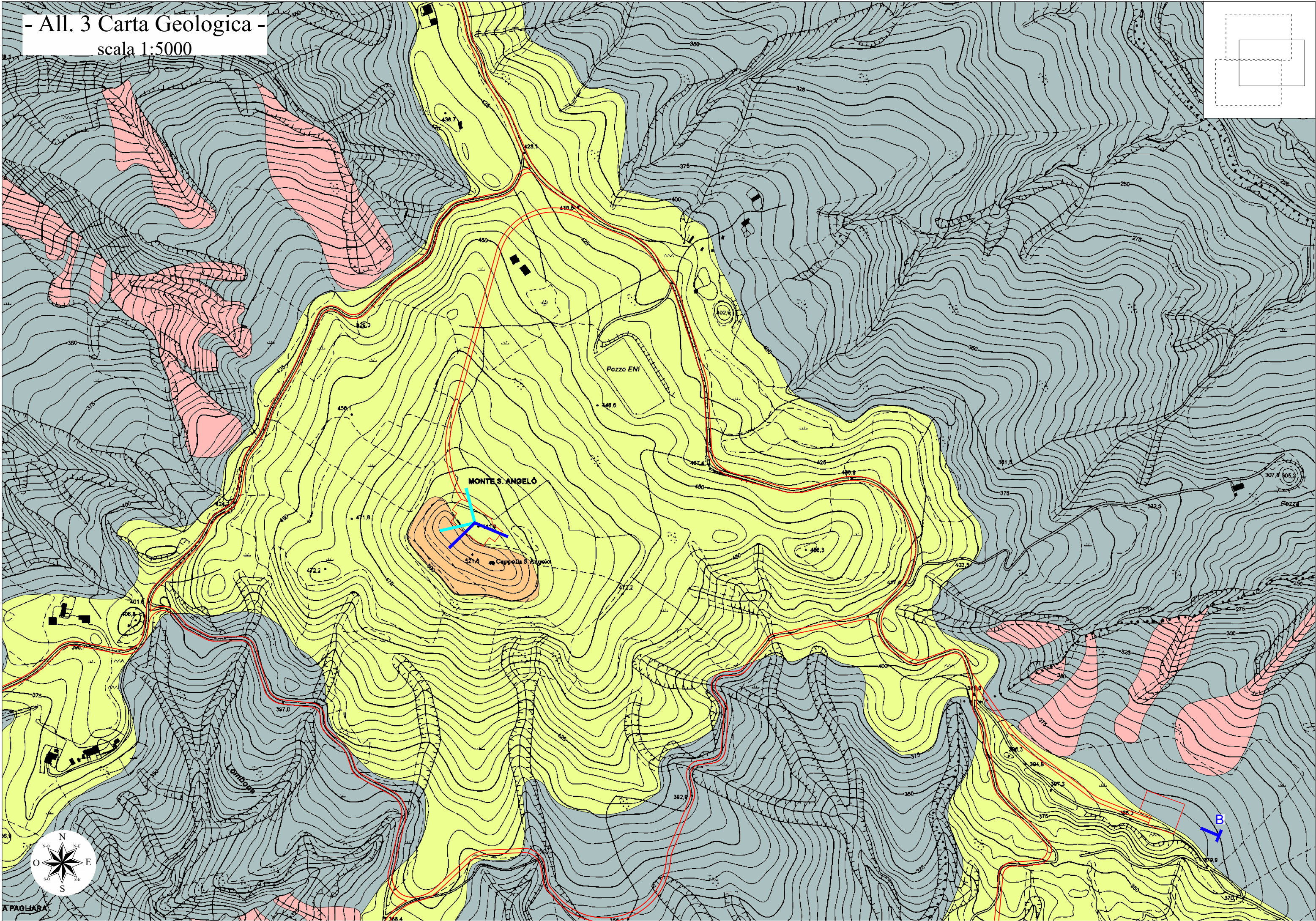
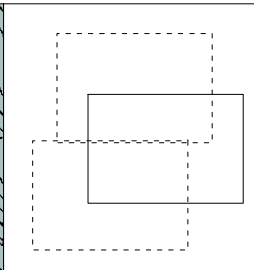
SERRA PAGLIARA

C. Uncchio

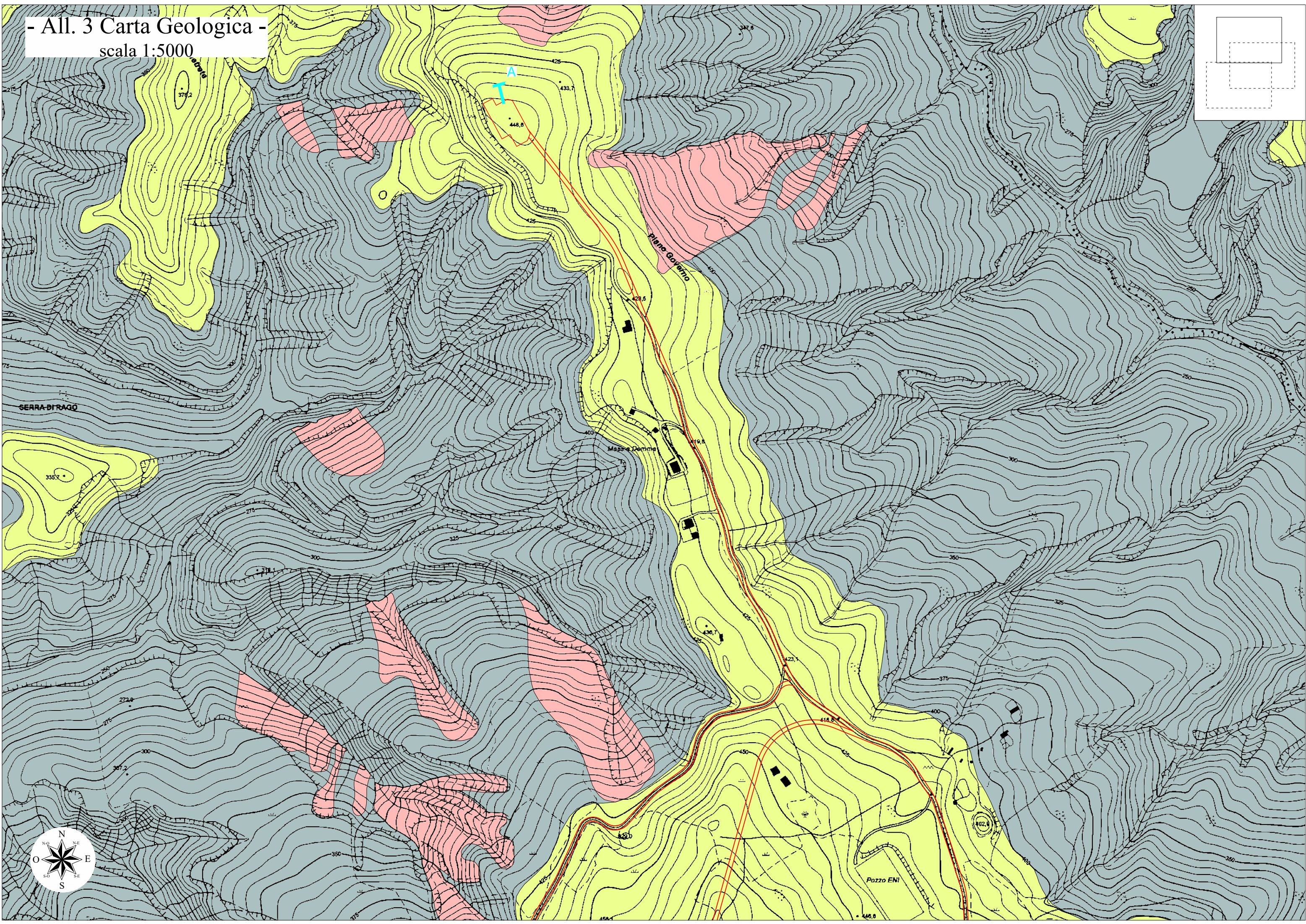
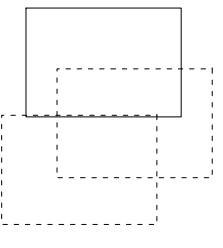
Massa Garotta



- All. 3 Carta Geologica -  
scala 1:5000



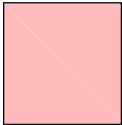
- All. 3 Carta Geologica -  
scala 1:5000



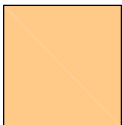
# - All. 3 Carta Geologica -

## Legenda

### DEPOSITI DELLA COPERTURA QUATERNARIA



DEPOSITI ARGILLOSI DI FRANA: Argille caotiche sempre plastiche per la presenza di acqua che ne altera le caratteristiche geotecniche.  
RECENTE.



CONGLOMERATI: Conglomerati poligenici ad elementi cristallini con intercalazioni sabbiose ed argillose.  
PLEISTOCENE.



SABBIE E SABBIE ARGILLOSE: Sabbie gialle con fossili marini con a letto sabbie argillose di colore gialle.  
PLIOCENE.



ARGILLE E ARGILLE SABBIOSE: Argille grigio-azzurre ricche di fossili ed argille sabbiose di colore giallino.  
PLIOCENE.

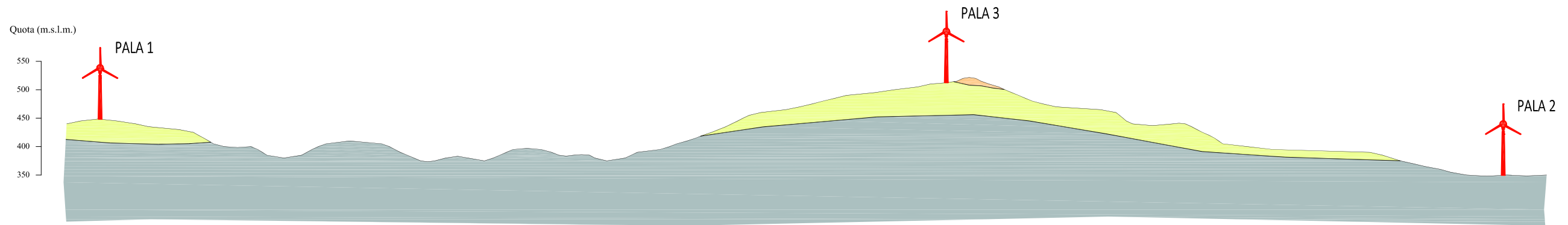


Impianto Eolico "Torricelli"

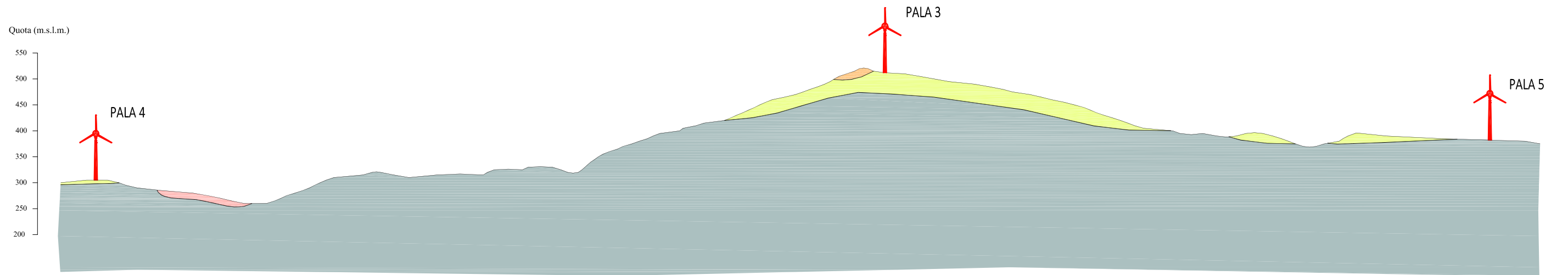
# All.4 Sezioni Geologiche

scala 1:8000

SEZIONE A-A



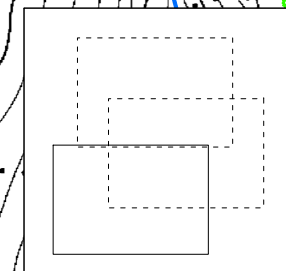
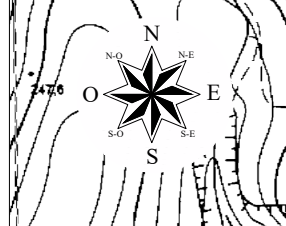
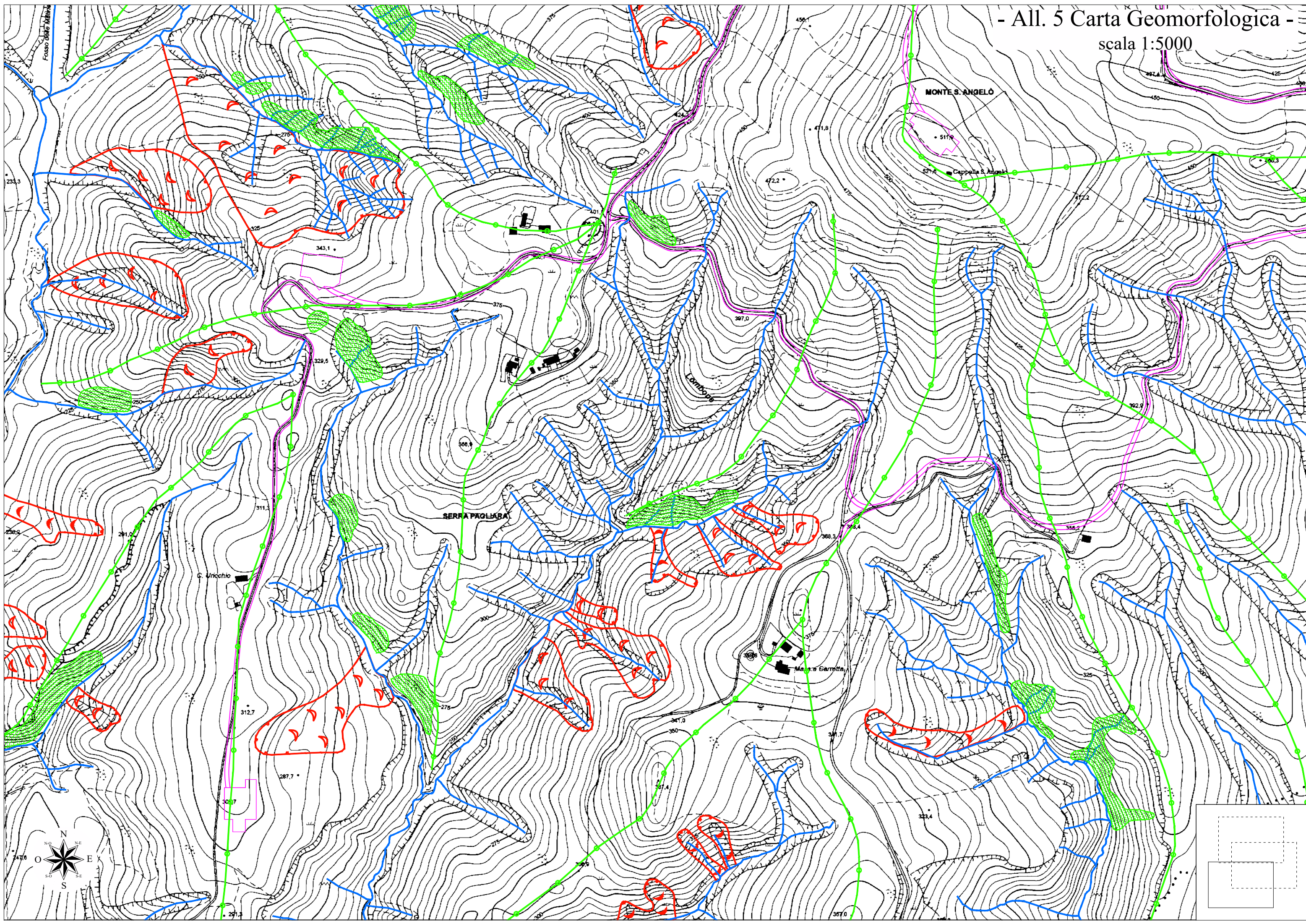
SEZIONE B-B



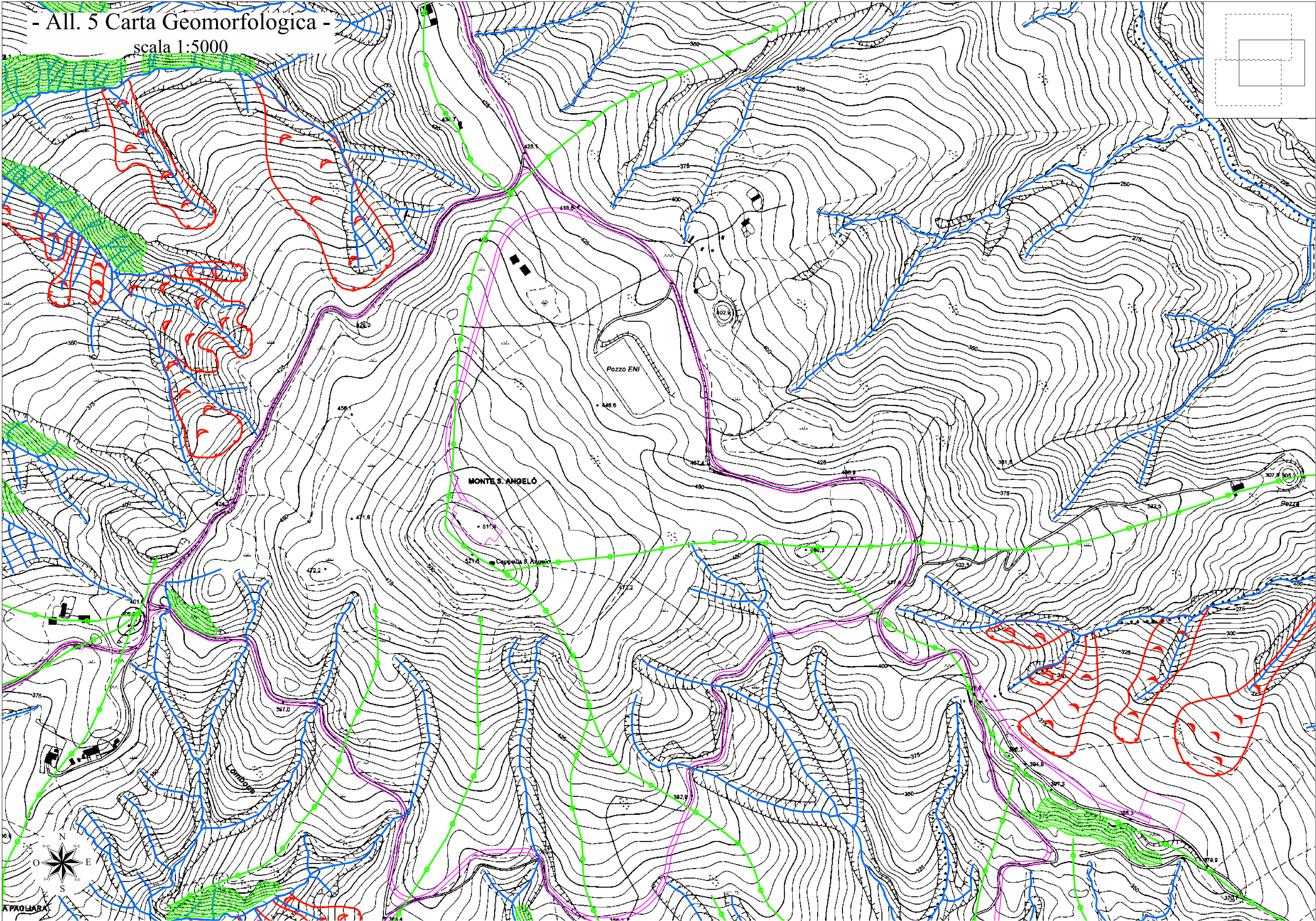
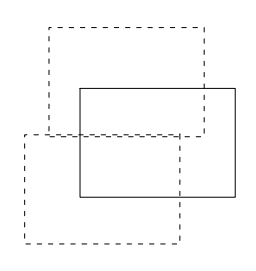
	DEPOSITI ARGILLOSI DI FRANA: Argille caotiche sempre plastiche per la presenza di acqua che ne altera le caratteristiche geotecniche. RECENTE.		SABBIE E SABBIE ARGILLOSE: Sabbie gialle con fossili marini con a letto sabbie argillose di colore gialle. PLIOCENE.
	CONGLOMERATI: Conglomerati poligenici ad elementi cristallini con intercalazioni sabbiose ed argillose. PLEISTOCENE.		ARGILLE E ARGILLE SABBIOSE: Argille grigio-azzurre ricche di fossili ed argille sabbiose di colore giallino. PLIOCENE.



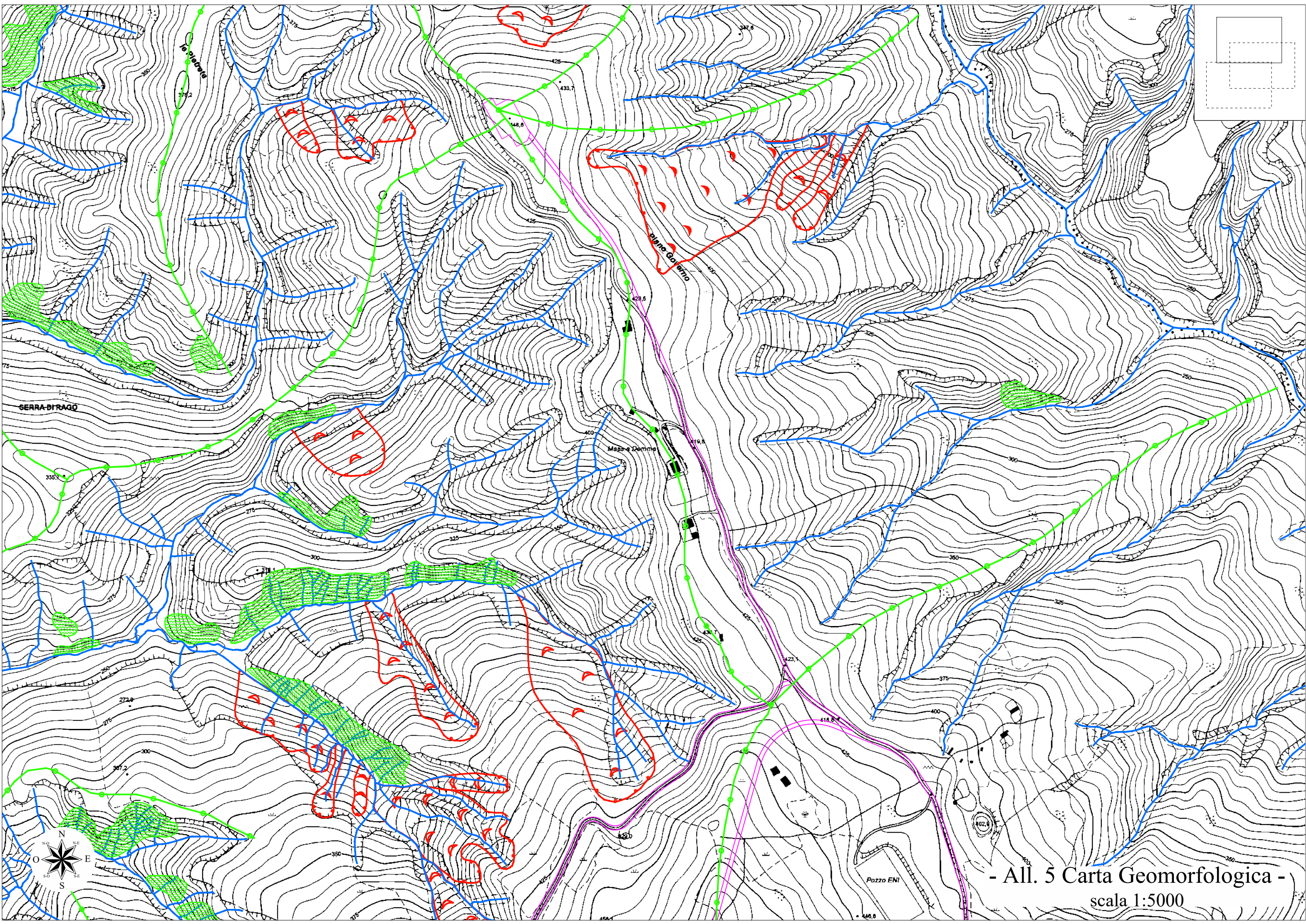
- All. 5 Carta Geomorfologica -  
scala 1:5000



- All. 5 Carta Geomorfologica -  
scala 1:5000



PAOLLARA



SERRA-DI-RAGÒ

Masse Domine

Pozzo ENI

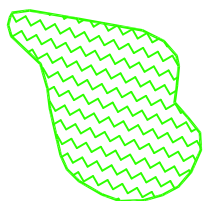
- All. 5 Carta Geomorfologica -  
scala 1:5000

# - All. 5 Carta Geomorfologica - Legenda

## FORME DEL RILIEVO



CRINALE COLLINARE DI MORFOSELEZIONE caratterizzato da acclività medio basse che ne determinano una sostanziale *STABILITÀ*.

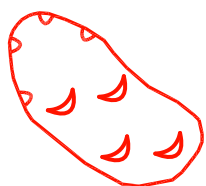


AREA A CALANCHI DIFFUSI. *FORMA INSTABILE*.

## FORME DEPOSIZIONALI E DENUDAZIONALI



FRANA per colamento o colata a cinematismo lento, attuale ed attiva. *FORMA INSTABILE*.



FRANA per colamento o colata a cinematismo lento, recente e quiescente. Sono forme suscettibili di rimobilizzazione totale o parziale. *FORMA INSTABILE*.

## FORME DEL RETICOLO IDROGRAFICO

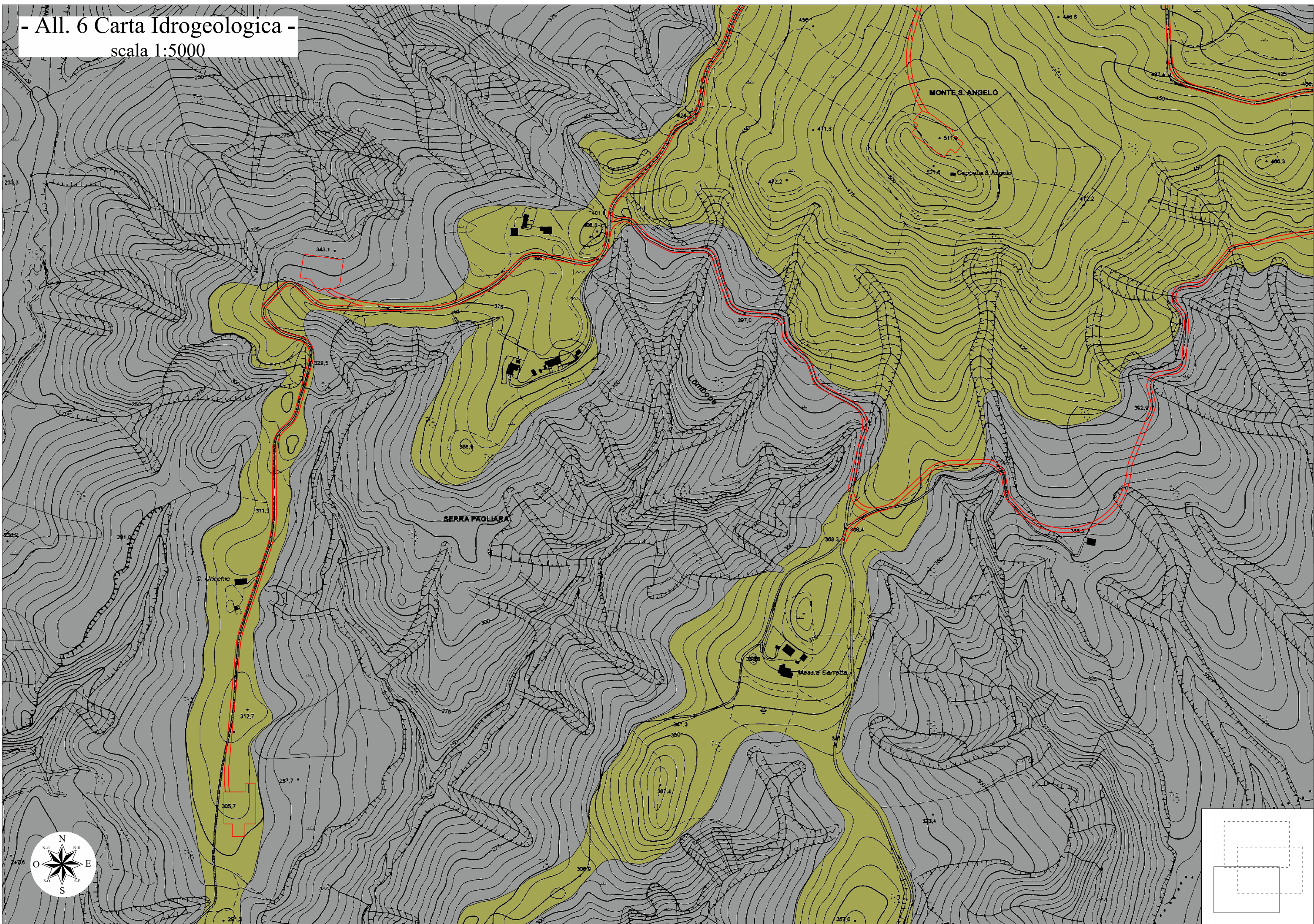


CORSO D'ACQUA torrentizio e fosso a tempo tombato o in equilibrio. *FORMA STABILE*.

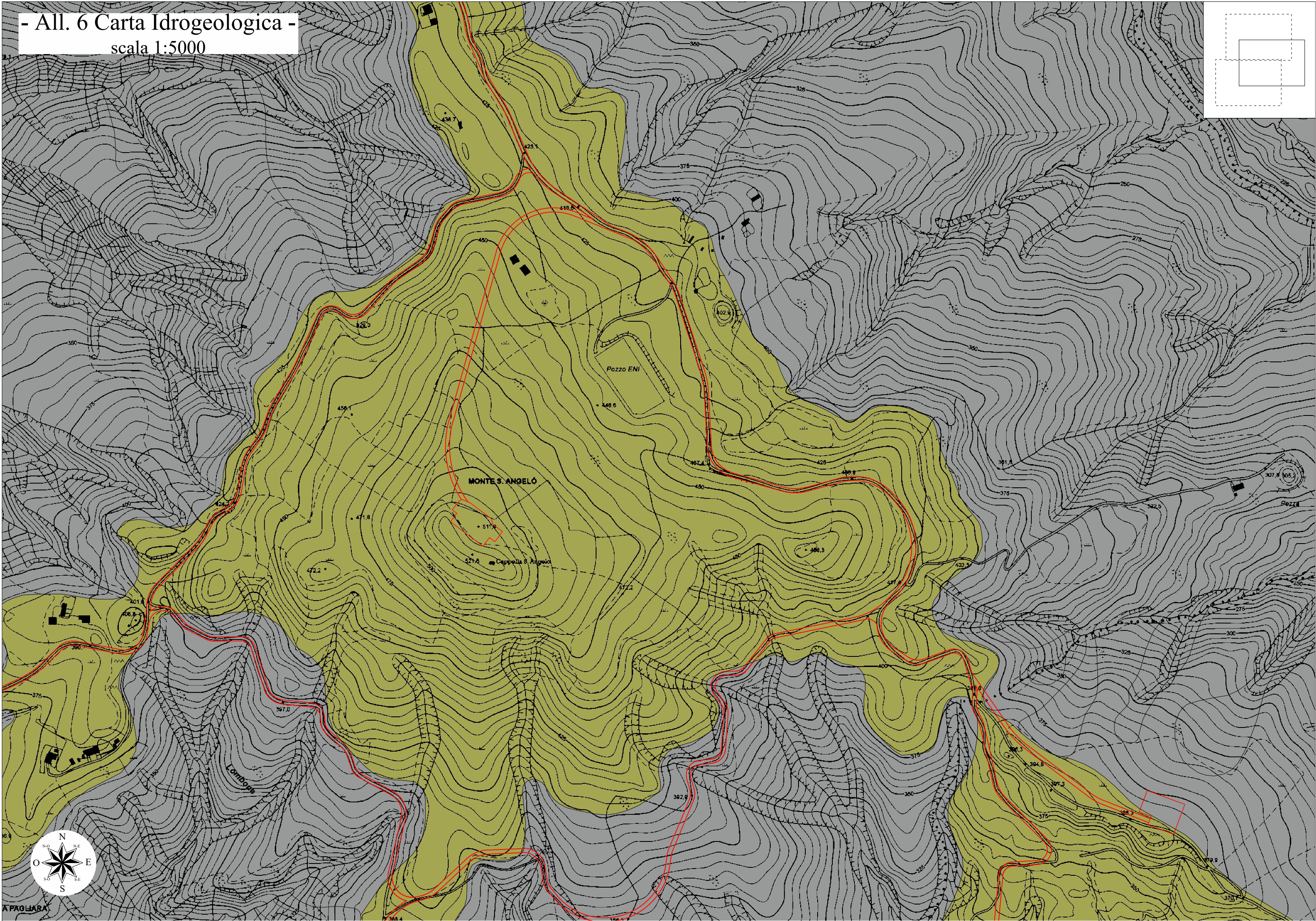
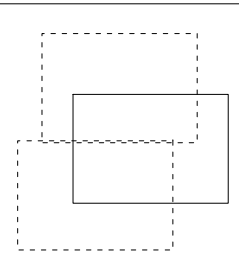


Impianto Eolico "Torricelli"

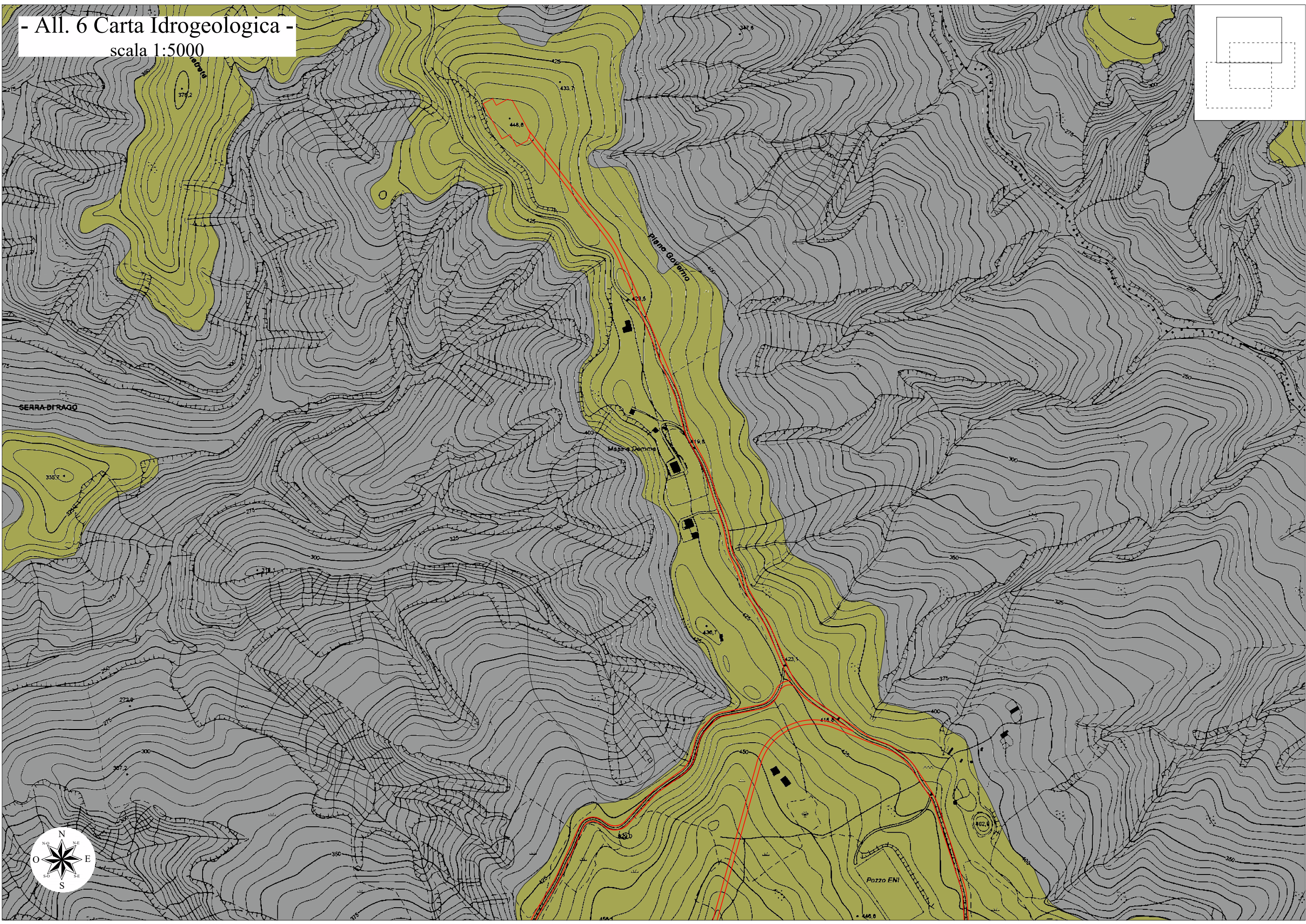
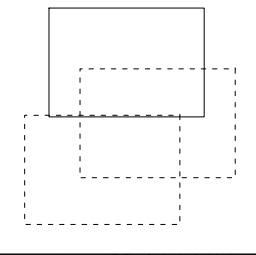
- All. 6 Carta Idrogeologica -  
scala 1:5000



- All. 6 Carta Idrogeologica -  
scala 1:5000



- All. 6 Carta Idrogeologica -  
scala 1:5000



SERRA DIRAQQ



Fiume Golemo

Massa Demma

Pozzo ENI

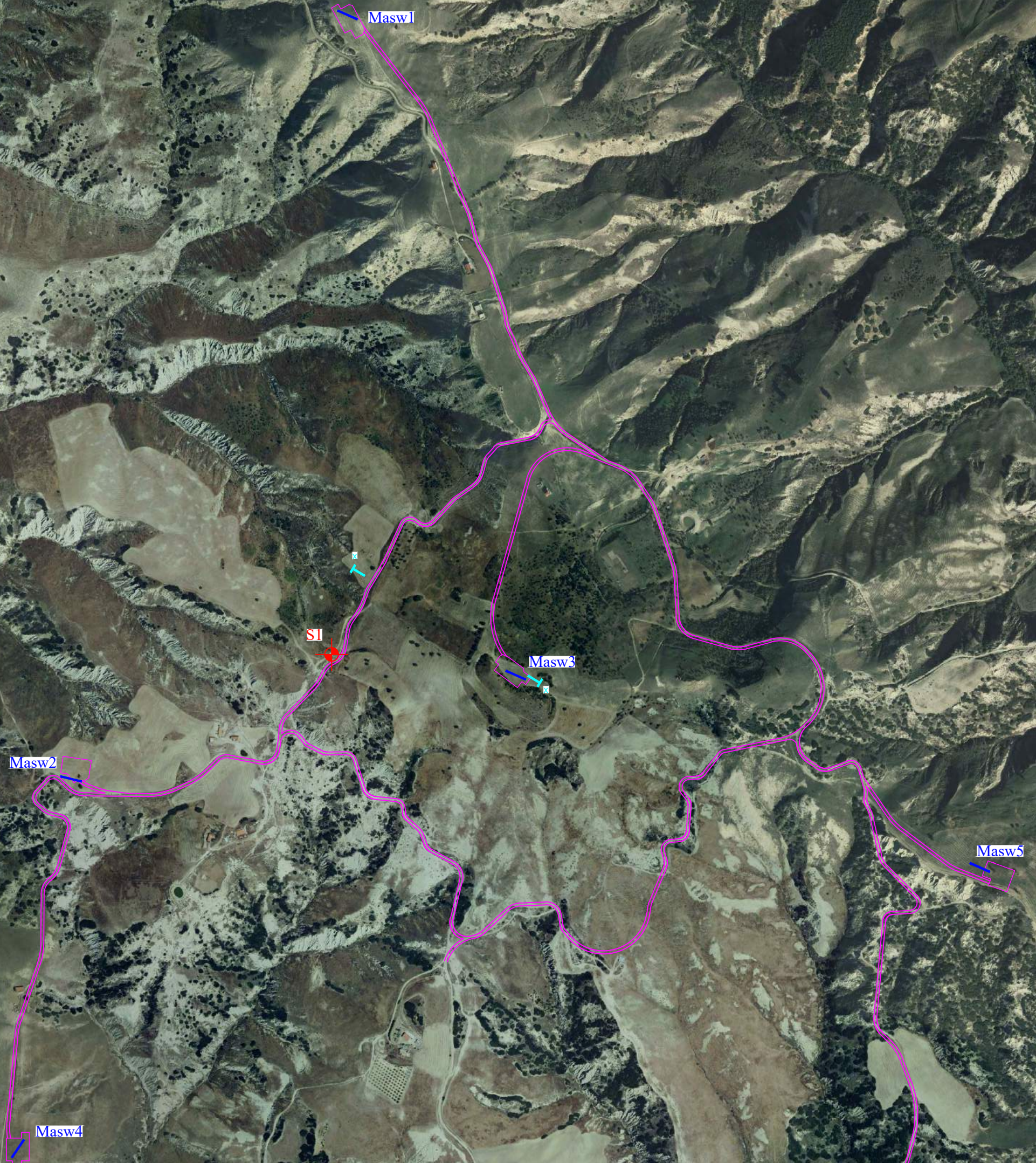




## - All. 6 Carta Idrogeologica - Legenda

<b>COMPLESSI DEI DEPOSITI MARINI PLIO-QUATERNARI</b>		Tipo di permeabilità prevalente			Grado di permeabilità			
		Porosità	Fessurazione	Carsismo	Impermeabile	Scarso	Medio	Elevato
	<p><b>Complesso sabbioso-conglomeratico:</b>                      Depositi clastici sabbioso-ghiaiosi da incoerenti a scarsamente cementati, ascrivibili alle fasi regressive iniziate nel Pleistocene inferiore (del ciclo bradanico: Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Conglomerato di Irsina). Costituiscono acquiferi anche di buona trasmissività, ma in genere, per il frazionamento della circolazione idrica sotterranea, danno luogo a sorgenti di portata modesta, in corrispondenza di limiti di permeabilità indefiniti o definiti con i sottostanti terreni argillosi.</p>	▨				▨	▨	
	<p><b>Complesso argilloso:</b>                      Depositi costituiti da argille ed argille siltose e sabbiose marine ascrivibili alla trasgressione che ha interessato estesamente la Fossa Bradanica, tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore. Costituiscono limiti di permeabilità, al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, o con gli altri acquiferi ai quali essi sono giustapposti verticalmente e/o lateralmente.</p>	▨			▨			



- All. 7 Ubicazione indagini -  
scala 1:9000



	Sondaggio geognostico S1
	Indagini sismiche Masw



# STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO

UNI EN ISO 22475-1:2007, UNI EN ISO 14688-1:2003, UNI EN ISO 14689-1:2004

IMPRESA ESECUTRICE: **G.M.T. S.r.l.** STRUMENTAZIONE IN FORO: **NO** Foglio **1** di **1**  
 PROFONDITA' DAL P.C.: **30 m** CASSETTE: **6** CHIUSINO: **NO** Rif. Int. **QP**

COMMITTENTE: **Enerplus Srl** ALL: **CODICE SONDAGGIO** **S1**

OPERA: **Impianto Eolico "Torricelli"** DATA Inizio: **13/02/23** Fine: **15/02/23**  
 COORDINATE SITO

LOCALITÀ: **SALANDRA (MT)** N **40°29'47"** E **16°20'44"**

Dott. Geologo Domenico AGRELLO  
 via dell'Arancio n.16 - 85044 Lauria (PZ)  
 email. domenicoagrello@gmail.com  
 cell. 3389123879

Ordine dei Geologi di Basilicata n.347

SCALA: **1:200** TIPO SONDA: **MDT 180B** DIAMETRO FORO: **101 mm** OPERATORE: **Grillo A.**  
 METODO PERFORAZIONE: **Carotaggio continuo** CAMPIONATORE: **Shelby** GEOLOGO: **Agrello D.**

CAROTIERE PROFONDITA' DAL P.C.	SPESSORE STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE	CAROTAGGIO (%)				R.Q.D. (%)				PROVE SPT  prof. N colpi	CAMPIONI RIMANEGGIATI	CAMPIONI INDISTURBATI	TUBO RIVESTIMENTO	TUBO PIEZOMETRICO	TUBO INCLINOMETRICO	
				20	40	60	80	20	40	60	80							15
7.0	7.0		Sabbia fine di colore giallo in patina e gialla con screziature ocra in frattura, umida, consistente.															
9.0	9.0		Sabbia argillosa passante ad argilla sabbiosa con lenti francamente sabbiose di colore giallo e grigio in patina e giallo e grigio con screziature nere in frattura. Livello umido, mediamente consistente.															
16.0	16.0		Argille limose di colore grigio chiaro in patina e grigio azzurro con screziature bianche in frattura. Livello umido, molto plastico, da poco a moderatamente consistente.															
30.0	30.0																	

NOTE: Legenda: **CS** - Carotiere semplice  $\phi$  101 mm **CD** - Carotiere doppio  $\phi$  101 mm  
 Lettura livello piezometrico:

All. 9  
Report Sismiche Masw

## INDICE

1	<i>STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</i>	<i>pag.</i>	<i>3</i>
2	<i>IL PARAMETRO <math>V_{seq}</math></i>	<i>pag.</i>	<i>4</i>
3	<i>L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
4	<i>PROFILI M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.1. METODOLOGIA OPERATIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.2 METODOLOGIA INTEPRETIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>8</i>
	<i>4.3 ESAME DEI RISULTATI</i>	<i>pag.</i>	<i>10</i>
	<i>ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE MASW</i>	<i>pag.</i>	<i>11</i>

## 1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24-U, che grazie all'interfaccia USB è possibile collegare direttamente ad un PC portatile esterno.

Attraverso un software di gestione, in dotazione con lo strumento, sul PC è possibile sia visualizzare e gestire le acquisizioni che memorizzazione i dati. Naturalmente è presente la funzione di incremento multiplo del segnale ad opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

Sono stati utilizzati 12 geofoni da 4,5 Hz per eseguire la prova MASW e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



## 2. IL PARAMETRO $V_s$ eq

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro  $V_{seq}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$N$ : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della  $V_{seq}$  si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/.

**C** - Depositati 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  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/.

**E** - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

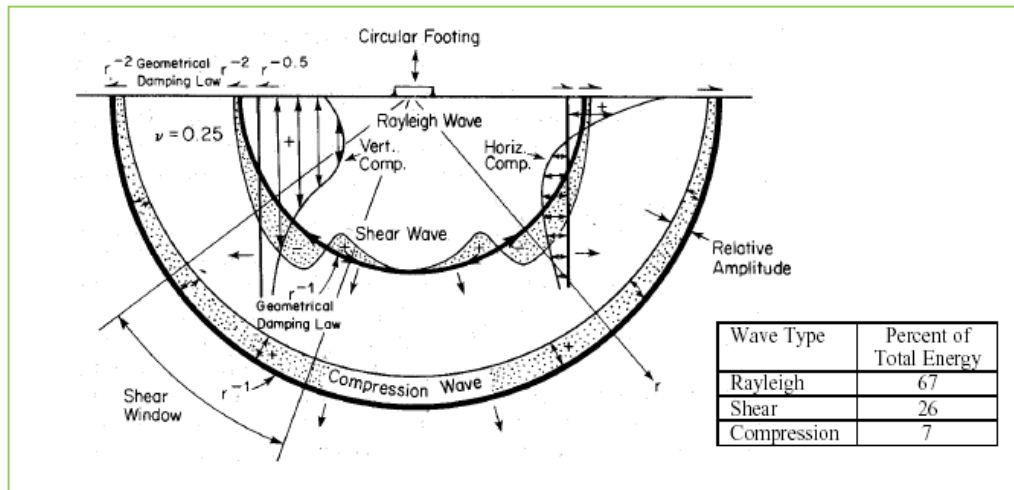
Il parametro  $V_{s30}$  può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole)
- Profili sismici (riflessione o rifrazione)
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (MASW, SASW, ReMi)



### 3. L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico, è basato sull'impiego della MASW (multichannel analysis of surface waves) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici



5

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio ( $S$ ) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). L'ampiezza delle surface waves dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le body waves.



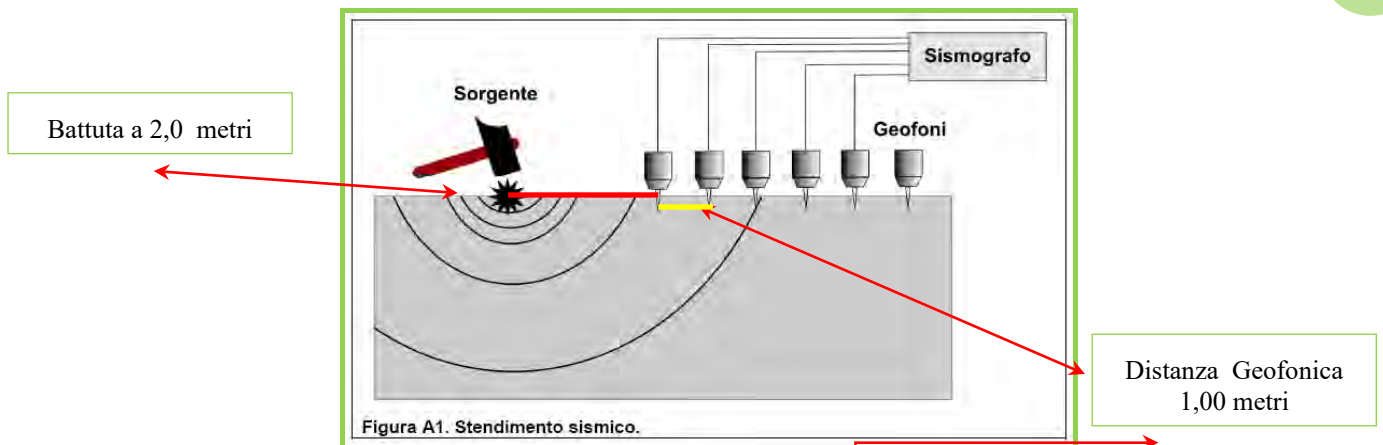


## 4. PROFILI SISMICI M.A.S.W.

### 4.1 METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

6



*Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n°12 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metri; il punto di scoppio è stato posizionati ad una delle estremità del profilo a distanza di 2,00 metri dal geofono n°1. Successivamente la batteria di geofoni è stata traslata alla fine del precedente stendimento, mantenendo fisso il punto di battuta. In questo modo è possibile sommare le tracce ed ottenere un sismogramma a 24 canali.*

<b><i>Riassunto modalità esecutiva della Prova MASW ATTIVA</i></b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1,00 m</i>
<i>Distanza sorgente dal primo geofono</i>	<i>2,00 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>1000 <math>\mu</math>s</i>
<i>Durata registrazione</i>	<i>2048 ms</i>



## 4.2 METODOLOGIA INTERPRETATIVA

*Il software EasyMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).*

*Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).*

*La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:*

- 1) determinazione dello spettro di velocità*
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.*

*Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).*

*Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.*

*I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).*

*In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.*



*Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.*

*A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.*

*Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.*

*Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.*



### 4.3 ESAME DEI RISULTATI MASW

*Lo stendimento è stato ubicato in corrispondenza dell'aerogeneratore n°1, i geofoni sono stati inseriti nel terreno descritto nella relazione geologica. L'energizzazione è stata invece ottenuta attraverso una massa battente di 8 Kg. Dall'elaborazione dell'indagine sismica è stato possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo e definire quindi la categoria di suolo di fondazione, in ottemperanza alle Norme Tecniche delle Costruzioni.*

*Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una **Vseq pari a 319.64 m/sec**, indicando per il sito in esame un suolo di tipo C.*

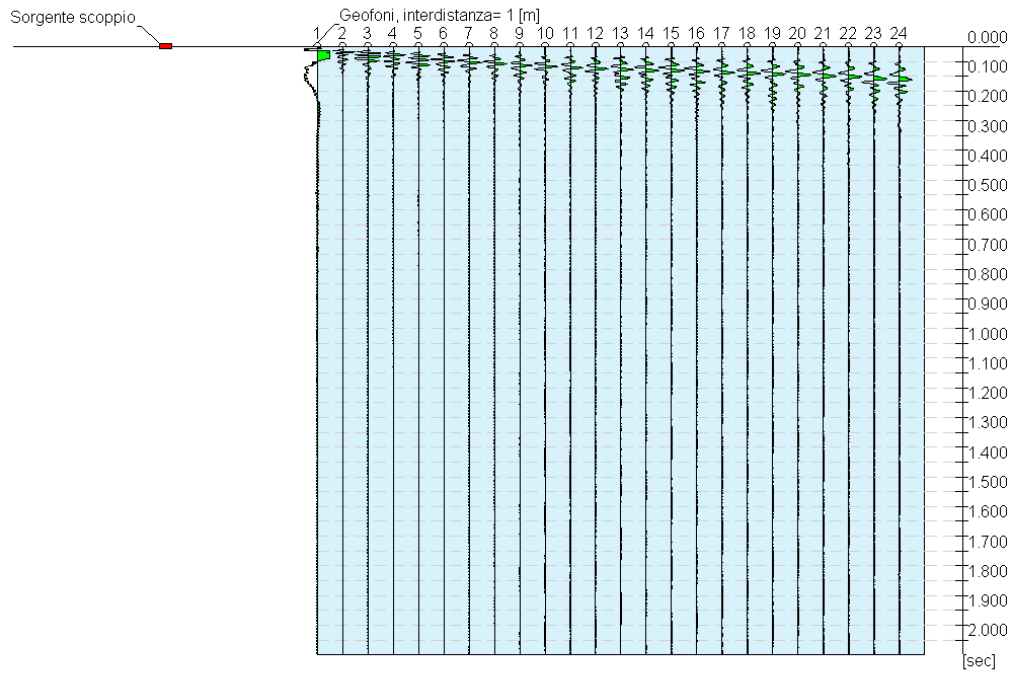
*Per altre informazioni relative all'indagine sismica si rimanda all'**Allegato Grafico**.*



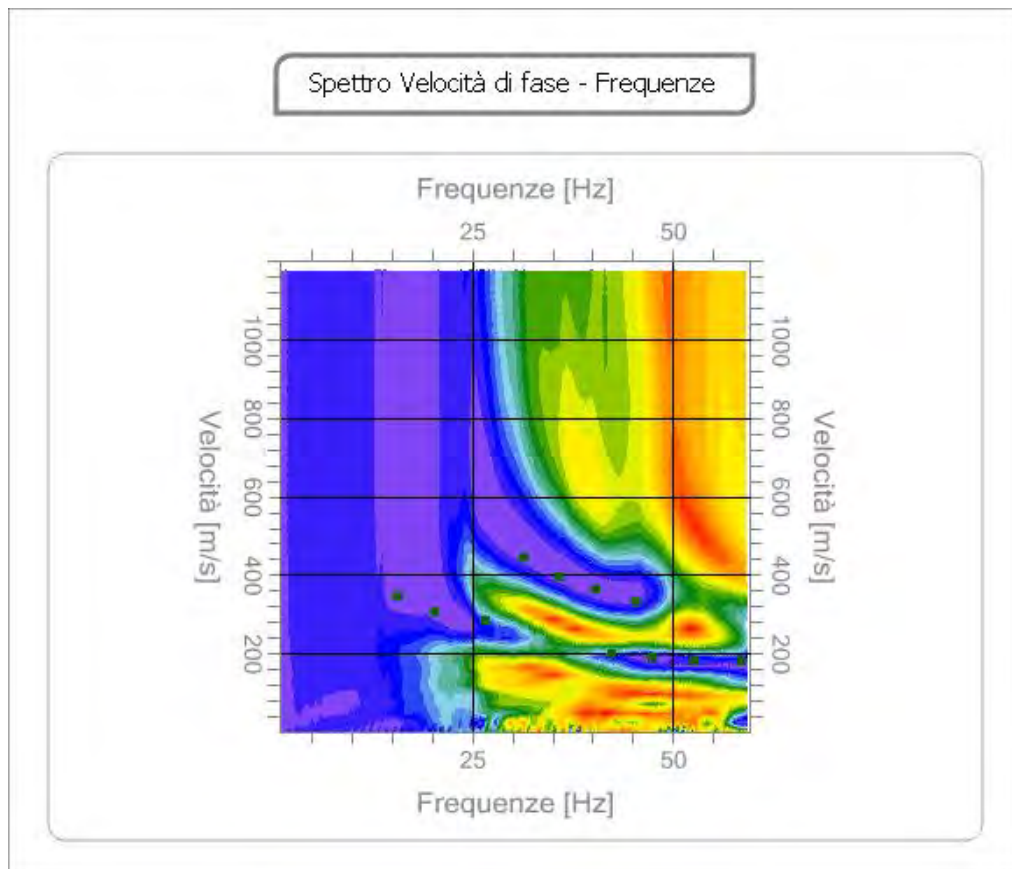
## *ALLEGATO GRAFICO*

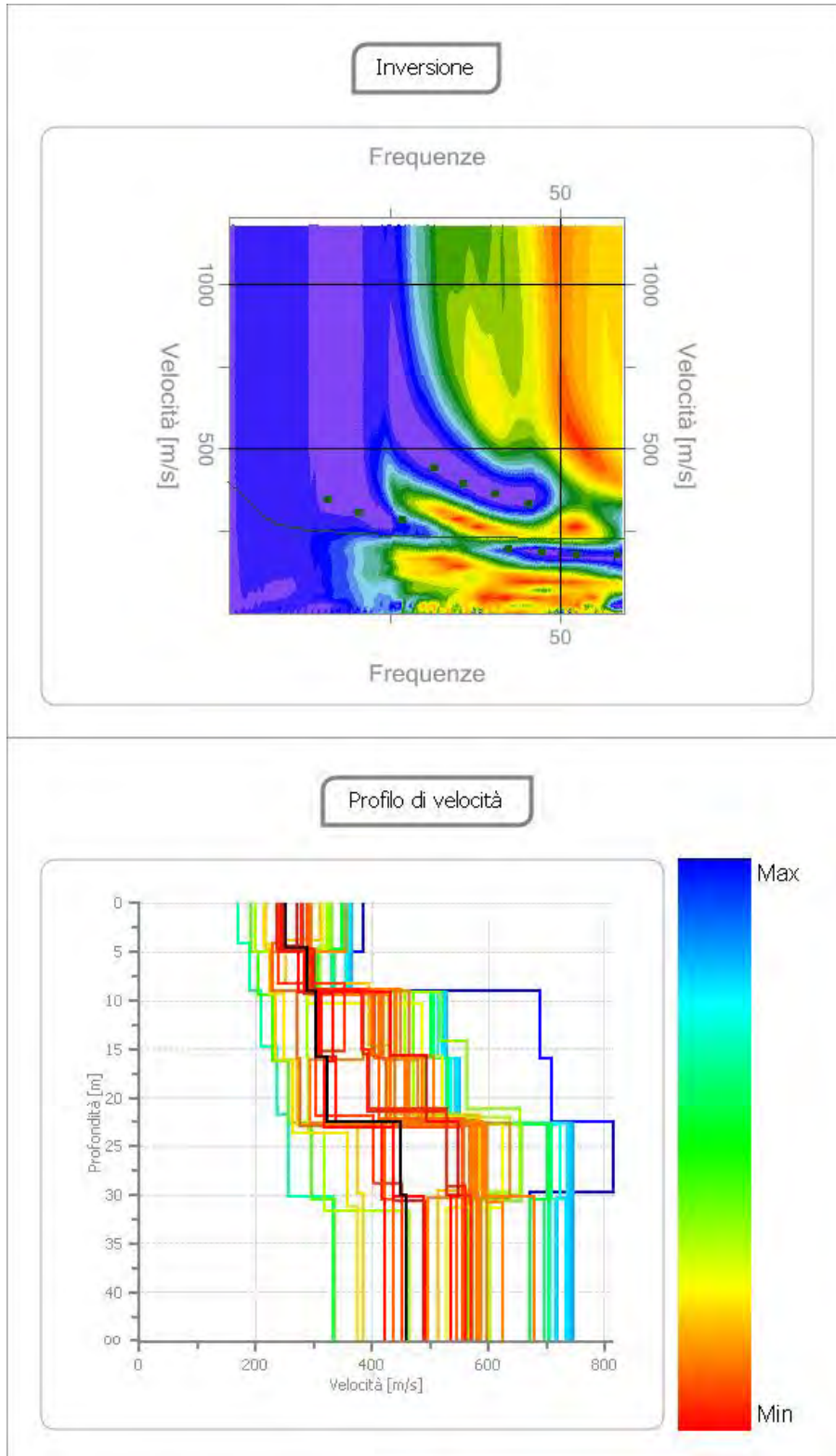


Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



12





Geologo **Domenico AGRELLO**  
 Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
 e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
 Cell. 3389123879



## INDICE

1	<i>STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</i>	<i>pag.</i>	<i>3</i>
2	<i>IL PARAMETRO <math>V_{seq}</math></i>	<i>pag.</i>	<i>4</i>
3	<i>L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
4	<i>PROFILI M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.1. METODOLOGIA OPERATIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.2 METODOLOGIA INTEPRETIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>8</i>
	<i>4.3 ESAME DEI RISULTATI</i>	<i>pag.</i>	<i>10</i>
	<i>ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE MASW</i>	<i>pag.</i>	<i>11</i>

## 1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24-U, che grazie all'interfaccia USB è possibile collegare direttamente ad un PC portatile esterno.

Attraverso un software di gestione, in dotazione con lo strumento, sul PC è possibile sia visualizzare e gestire le acquisizioni che memorizzazione i dati. Naturalmente è presente la funzione di incremento multiplo del segnale ad opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

Sono stati utilizzati 12 geofoni da 4,5 Hz per eseguire la prova MASW e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



## 2. IL PARAMETRO $V_s$ eq

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro  $V_{seq}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$N$ : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della  $V_{seq}$  si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/.

**C** - Depositati 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  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/.

**E** - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

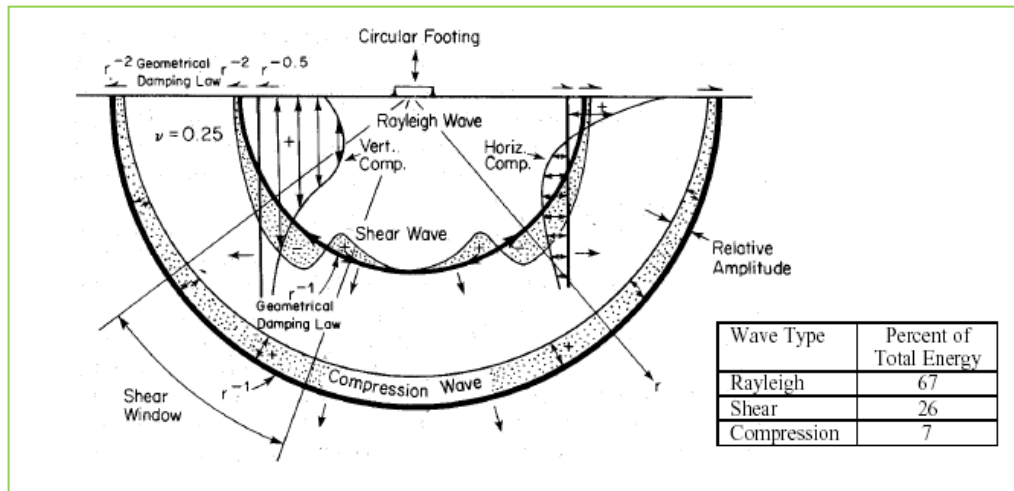
Il parametro  $V_{s30}$  può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole)
- Profili sismici (riflessione o rifrazione)
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (MASW, SASW, ReMi)



### 3. L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico, è basato sull'impiego della MASW (multichannel analysis of surface waves) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici



5

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio ( $S$ ) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). L'ampiezza delle surface waves dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le body waves.

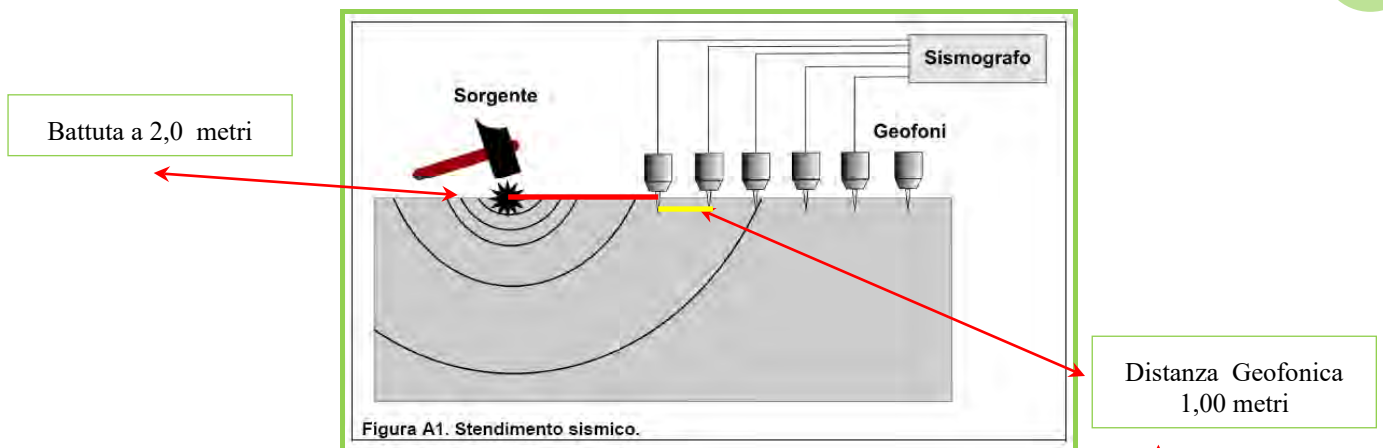


## 4. PROFILI SISMICI M.A.S.W.

### 4.1 METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

6



Geologo **Domenico AGRELLO**  
 Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
 e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
 Cell. 3389123879

*Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n°12 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metri; il punto di scoppio è stato posizionati ad una delle estremità del profilo a distanza di 2,00 metri dal geofono n°1. Successivamente la batteria di geofoni è stata traslata alla fine del precedente stendimento, mantenendo fisso il punto di battuta. In questo modo è possibile sommare le tracce ed ottenere un sismogramma a 24 canali.*

<b><i>Riassunto modalità esecutiva della Prova MASW ATTIVA</i></b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1,00 m</i>
<i>Distanza sorgente dal primo geofono</i>	<i>2,00 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>1000 <math>\mu</math>s</i>
<i>Durata registrazione</i>	<i>2048 ms</i>



## 4.2 METODOLOGIA INTERPRETATIVA

*Il software EasyMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).*

*Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).*

*La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:*

- 1) determinazione dello spettro di velocità*
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.*

*Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).*

*Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.*

*I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).*

*In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.*





*Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.*

*A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.*

*Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.*

*Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.*



### **4.3 ESAME DEI RISULTATI MASW**

*Lo stendimento è stato ubicato in corrispondenza dell'aerogeneratore n°2, i geofoni sono stati inseriti nel terreno descritto nella relazione geologica. L'energizzazione è stata invece ottenuta attraverso una massa battente di 8 Kg. Dall'elaborazione dell'indagine sismica è stato possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo e definire quindi la categoria di suolo di fondazione, in ottemperanza alle Norme Tecniche delle Costruzioni.*

*Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una **Vseq pari a 354.33 m/sec**, indicando per il sito in esame un **suolo di tipo C**.*

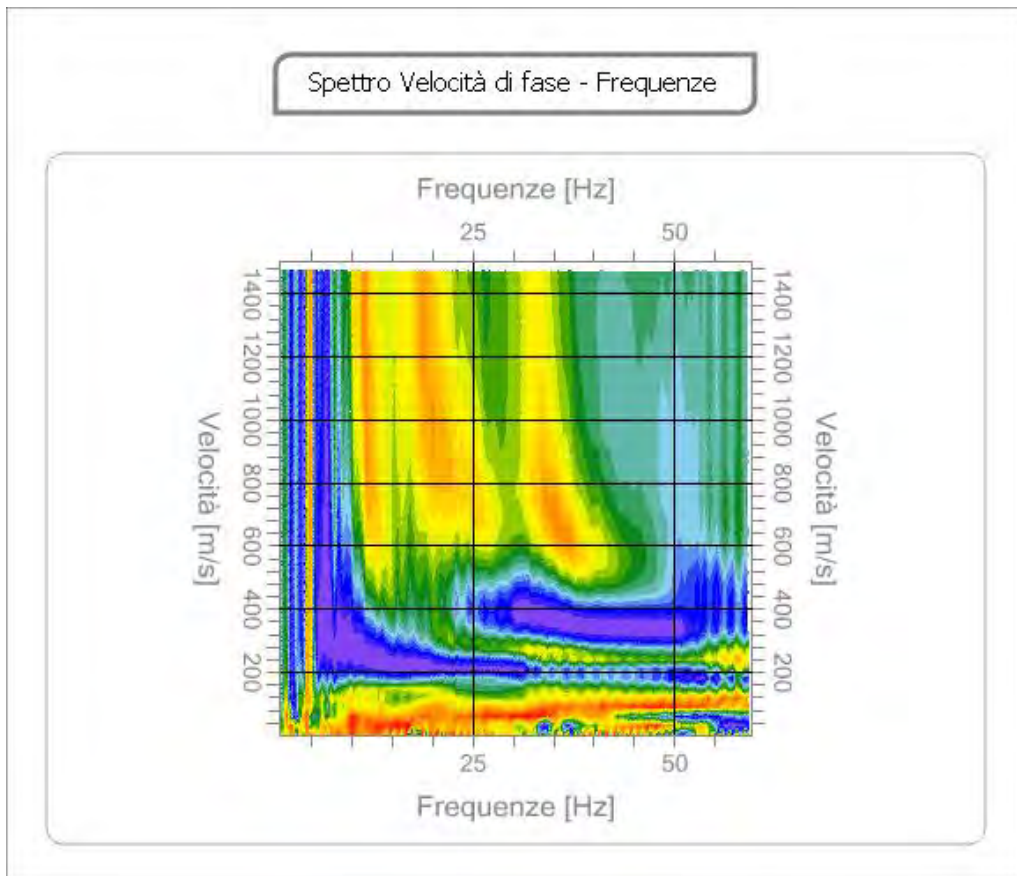
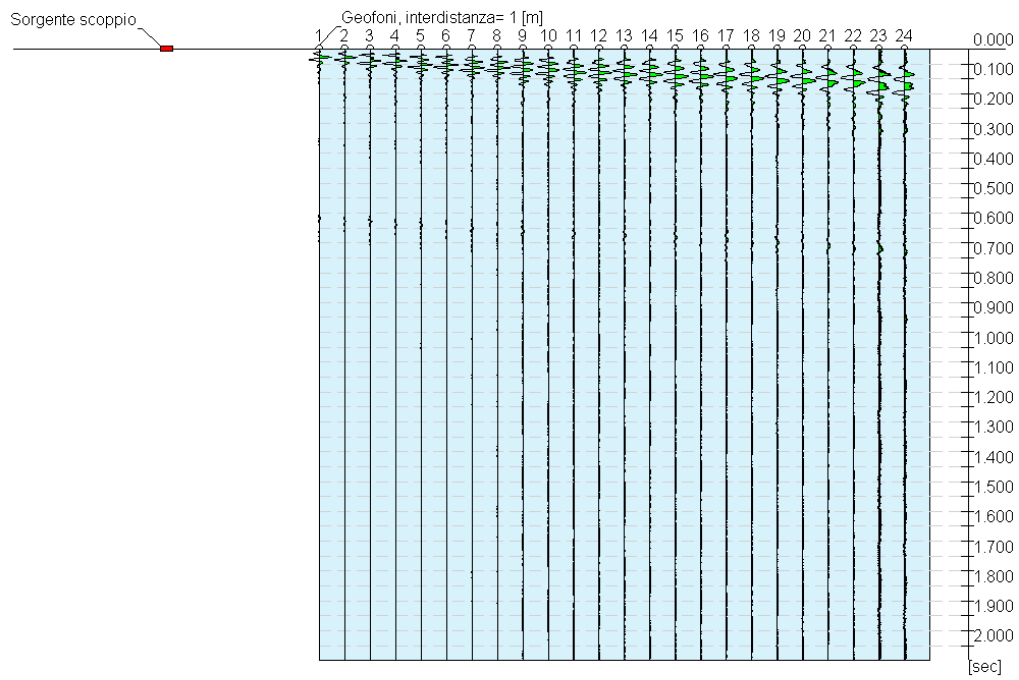
*Per altre informazioni relative all'indagine sismica si rimanda all'**Allegato Grafico**.*



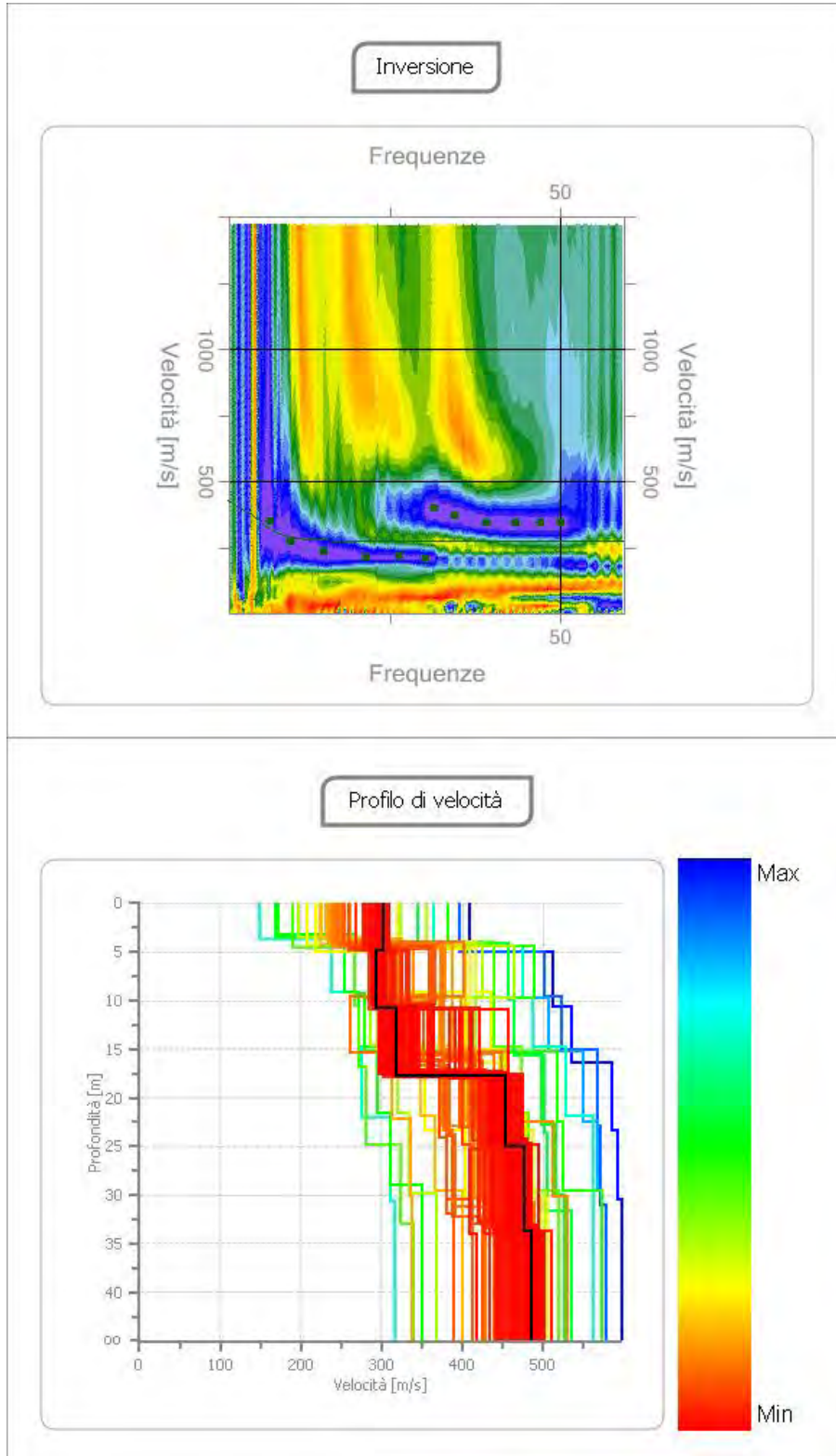
## *ALLEGATO GRAFICO*



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879

## INDICE

1	<i>STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</i>	<i>pag.</i>	<i>3</i>
2	<i>IL PARAMETRO <math>V_{seq}</math></i>	<i>pag.</i>	<i>4</i>
3	<i>L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
4	<i>PROFILI M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.1. METODOLOGIA OPERATIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.2 METODOLOGIA INTEPRETIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>8</i>
	<i>4.3 ESAME DEI RISULTATI</i>	<i>pag.</i>	<i>10</i>
	<i>ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE MASW</i>	<i>pag.</i>	<i>11</i>

## 1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24-U, che grazie all'interfaccia USB è possibile collegare direttamente ad un PC portatile esterno.

Attraverso un software di gestione, in dotazione con lo strumento, sul PC è possibile sia visualizzare e gestire le acquisizioni che memorizzazione i dati. Naturalmente è presente la funzione di incremento multiplo del segnale ad opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

Sono stati utilizzati 12 geofoni da 4,5 Hz per eseguire la prova MASW e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



## 2. IL PARAMETRO $V_s$ eq

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro  $V_{seq}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$N$ : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della  $V_{seq}$  si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/.

**C** - Depositati 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  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s.





**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/.

**E** - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

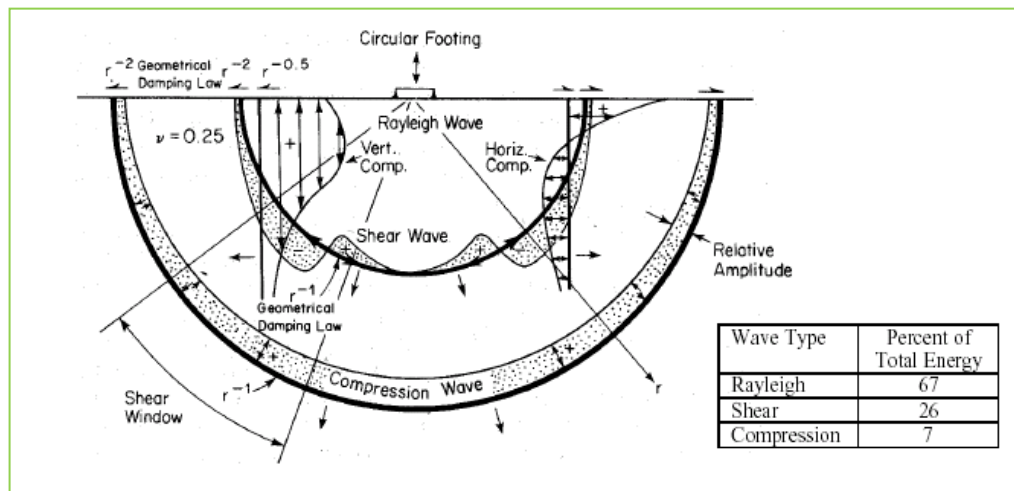
Il parametro  $V_{s30}$  può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole)
- Profili sismici (riflessione o rifrazione)
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (MASW, SASW, ReMi)



### 3. L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico, è basato sull'impiego della MASW (multichannel analysis of surface waves) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici



5

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio ( $S$ ) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). L'ampiezza delle surface waves dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le body waves.

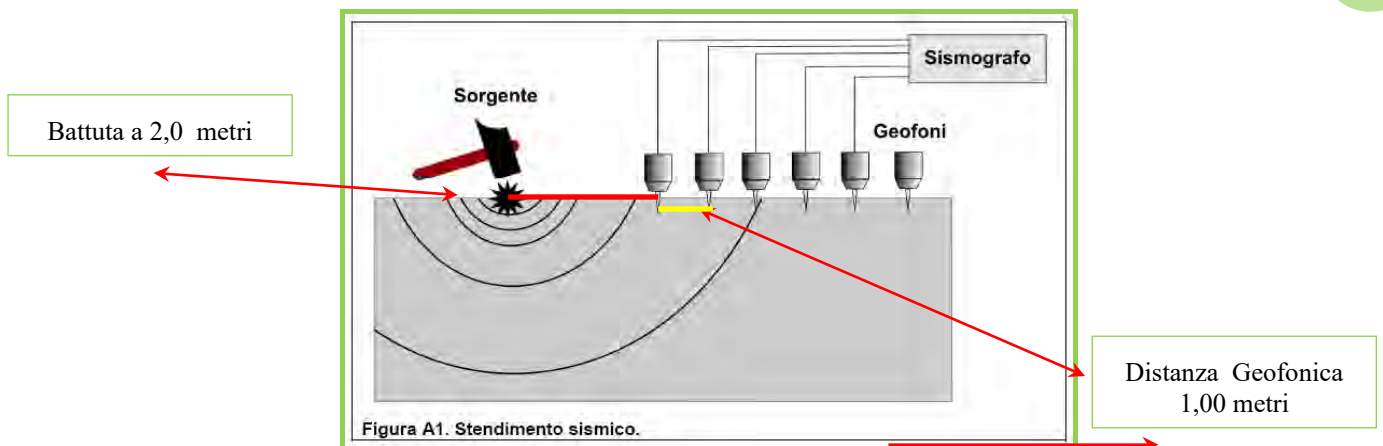


## 4. PROFILI SISMICI M.A.S.W.

### 4.1 METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

6



Geologo **Domenico AGRELLO**  
 Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
 e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
 Cell. 3389123879

*Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n°12 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metri; il punto di scoppio è stato posizionati ad una delle estremità del profilo a distanza di 2,00 metri dal geofono n°1. Successivamente la batteria di geofoni è stata traslata alla fine del precedente stendimento, mantenendo fisso il punto di battuta. In questo modo è possibile sommare le tracce ed ottenere un sismogramma a 24 canali.*

<b><i>Riassunto modalità esecutiva della Prova MASW ATTIVA</i></b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1,00 m</i>
<i>Distanza sorgente dal primo geofono</i>	<i>2,00 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>1000 <math>\mu</math>s</i>
<i>Durata registrazione</i>	<i>2048 ms</i>



## 4.2 METODOLOGIA INTERPRETATIVA

*Il software EasyMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).*

*Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).*

*La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:*

- 1) determinazione dello spettro di velocità*
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.*

*Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).*

*Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.*

*I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).*

*In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.*



*Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.*

*A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno “spazio di ricerca” (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.*

*Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.*

*Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.*



### **4.3 ESAME DEI RISULTATI MASW**

*Lo stendimento è stato ubicato in corrispondenza dell'aerogeneratore n°3, i geofoni sono stati inseriti nel terreno descritto nella relazione geologica. L'energizzazione è stata invece ottenuta attraverso una massa battente di 8 Kg. Dall'elaborazione dell'indagine sismica è stato possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo e definire quindi la categoria di suolo di fondazione, in ottemperanza alle Norme Tecniche delle Costruzioni.*

*Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una **Vseq pari a 337.60 m/sec**, indicando per il sito in esame un **suolo di tipo C**.*

*Per altre informazioni relative all'indagine sismica si rimanda all'**Allegato Grafico**.*

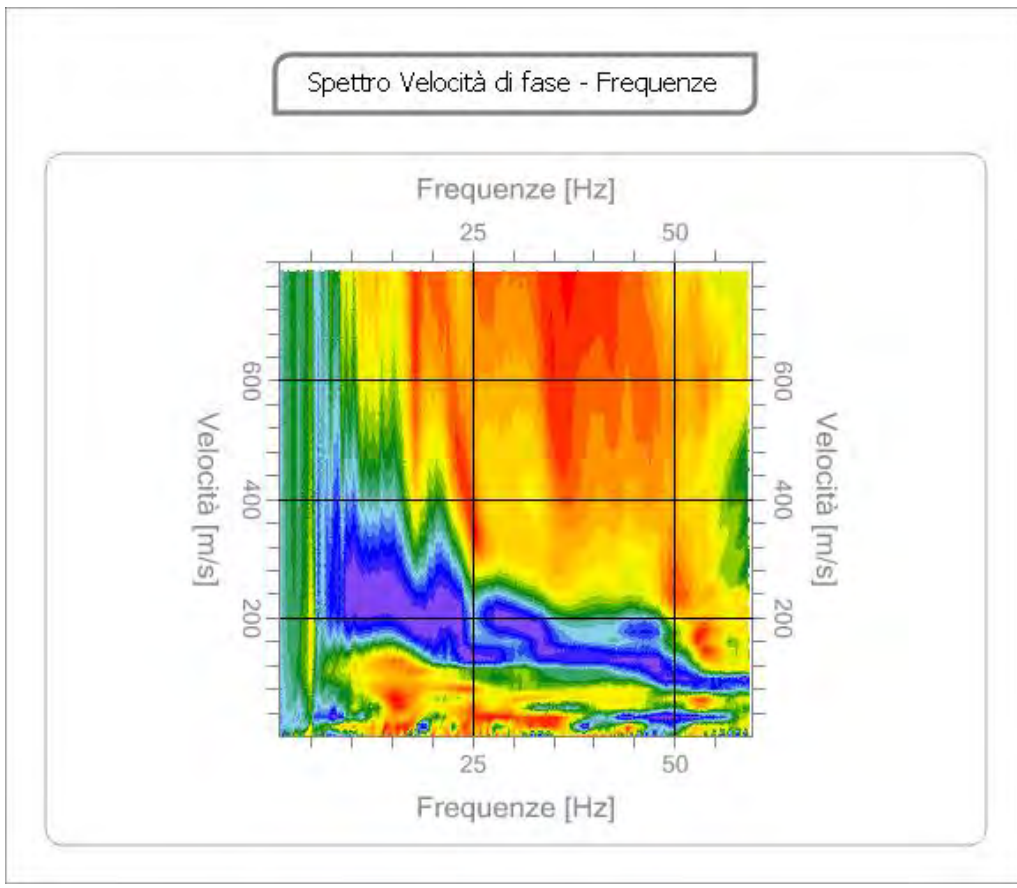
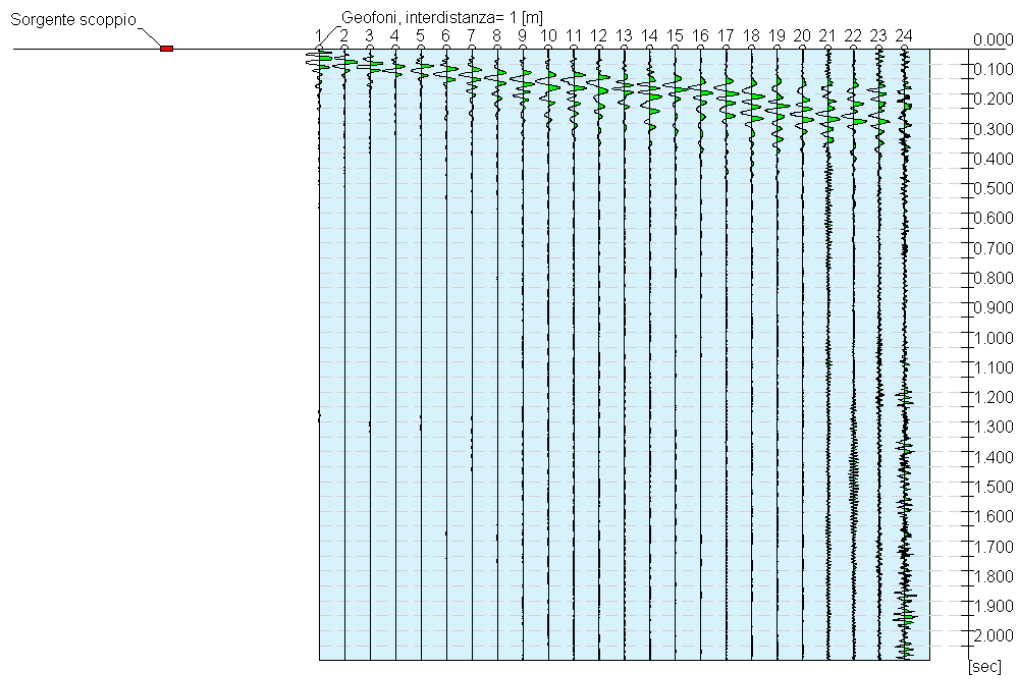


# *ALLEGATO GRAFICO*

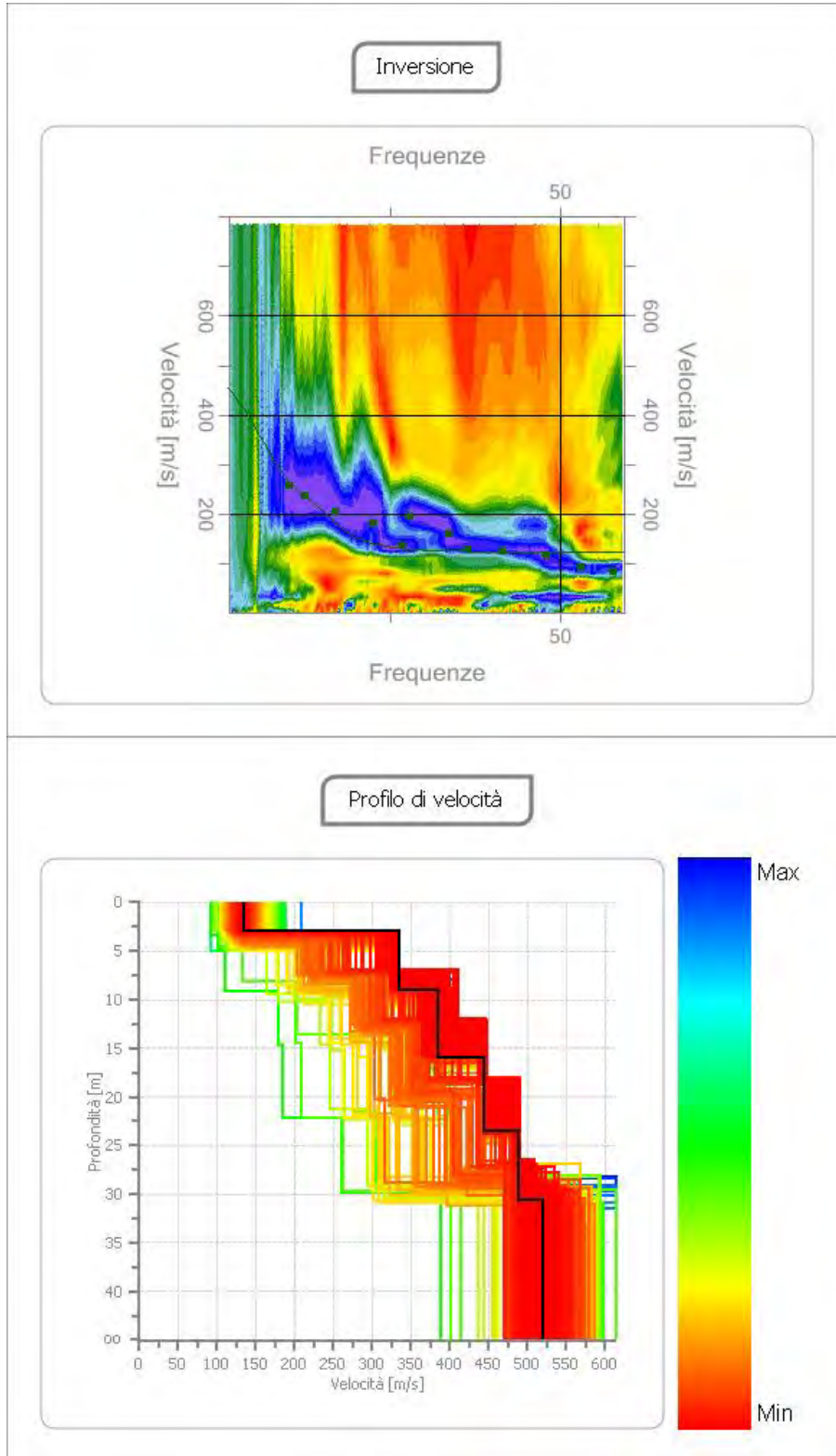


Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879





Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879

## INDICE

1	<i>STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</i>	<i>pag.</i>	<i>3</i>
2	<i>IL PARAMETRO <math>V_{seq}</math></i>	<i>pag.</i>	<i>4</i>
3	<i>L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
4	<i>PROFILI M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.1. METODOLOGIA OPERATIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.2 METODOLOGIA INTEPRETIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>8</i>
	<i>4.3 ESAME DEI RISULTATI</i>	<i>pag.</i>	<i>10</i>
	<i>ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE MASW</i>	<i>pag.</i>	<i>11</i>

## 1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24-U, che grazie all'interfaccia USB è possibile collegare direttamente ad un PC portatile esterno.

Attraverso un software di gestione, in dotazione con lo strumento, sul PC è possibile sia visualizzare e gestire le acquisizioni che memorizzazione i dati. Naturalmente è presente la funzione di incremento multiplo del segnale ad opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

Sono stati utilizzati 12 geofoni da 4,5 Hz per eseguire la prova MASW e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



## 2. IL PARAMETRO $V_s$ eq

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro  $V_{seq}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$N$ : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della  $V_{seq}$  si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/.

**C** - Depositati 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  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/.

**E** - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

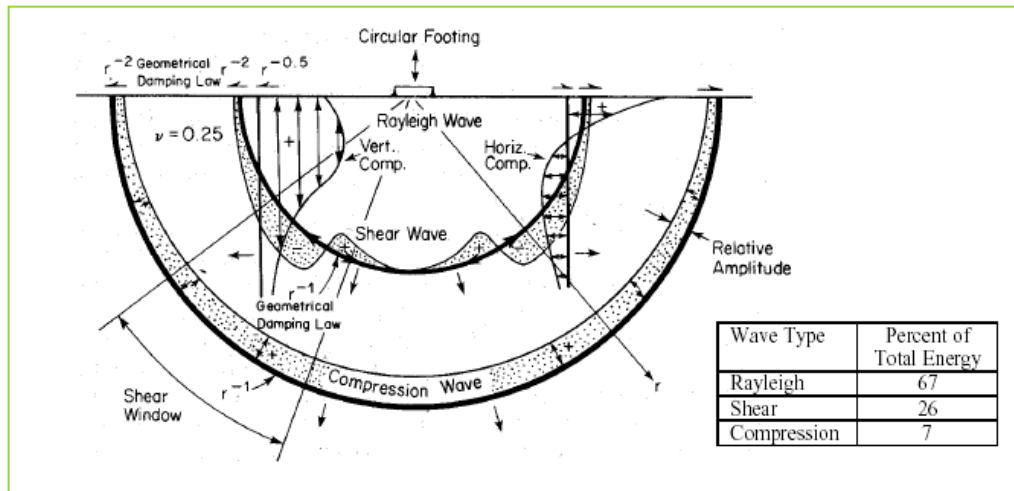
Il parametro  $V_{s30}$  può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole)
- Profili sismici (riflessione o rifrazione)
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (MASW, SASW, ReMi)



### 3. L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico, è basato sull'impiego della MASW (multichannel analysis of surface waves) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici



5

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio ( $S$ ) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). L'ampiezza delle surface waves dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le body waves.

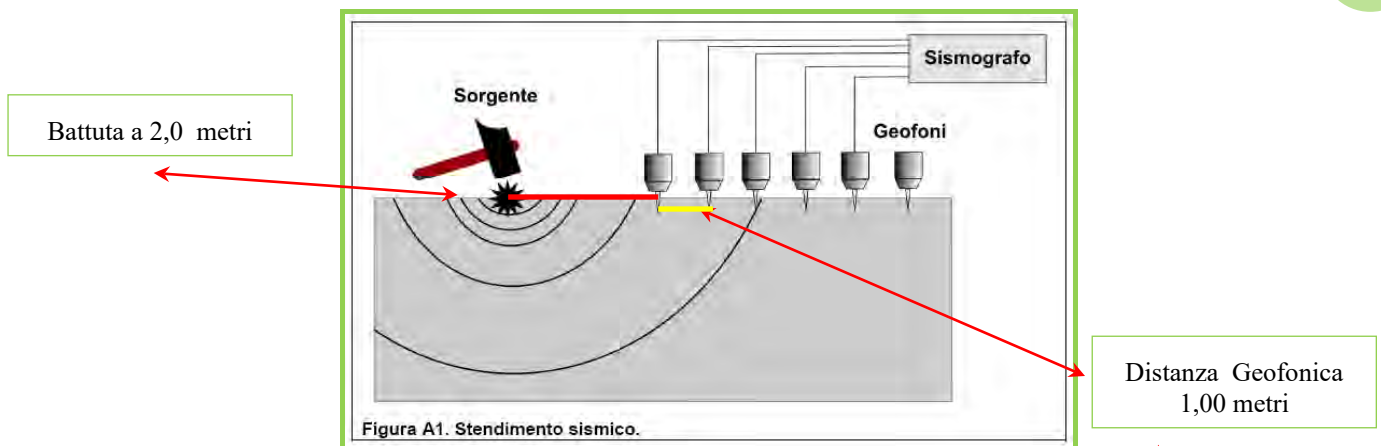


## 4. PROFILI SISMICI M.A.S.W.

### 4.1 METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

6





*Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n°12 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metri; il punto di scoppio è stato posizionati ad una delle estremità del profilo a distanza di 2,00 metri dal geofono n°1. Successivamente la batteria di geofoni è stata traslata alla fine del precedente stendimento, mantenendo fisso il punto di battuta. In questo modo è possibile sommare le tracce ed ottenere un sismogramma a 24 canali.*

<b><i>Riassunto modalità esecutiva della Prova MASW ATTIVA</i></b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1,00 m</i>
<i>Distanza sorgente dal primo geofono</i>	<i>2,00 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>1000 <math>\mu</math>s</i>
<i>Durata registrazione</i>	<i>2048 ms</i>



## 4.2 METODOLOGIA INTERPRETATIVA

*Il software EasyMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).*

*Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).*

*La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:*

- 1) determinazione dello spettro di velocità*
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.*

*Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).*

*Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.*

*I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).*

*In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.*



*Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.*

*A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno “spazio di ricerca” (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.*

*Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.*

*Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.*



### **4.3 ESAME DEI RISULTATI MASW**

*Lo stendimento è stato ubicato in corrispondenza dell'aerogeneratore n°4, i geofoni sono stati inseriti nel terreno descritto nella relazione geologica. L'energizzazione è stata invece ottenuta attraverso una massa battente di 8 Kg. Dall'elaborazione dell'indagine sismica è stato possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo e definire quindi la categoria di suolo di fondazione, in ottemperanza alle Norme Tecniche delle Costruzioni.*

*Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una **Vseq pari a 255.15 m/sec**, indicando per il sito in esame un **suolo di tipo C**.*

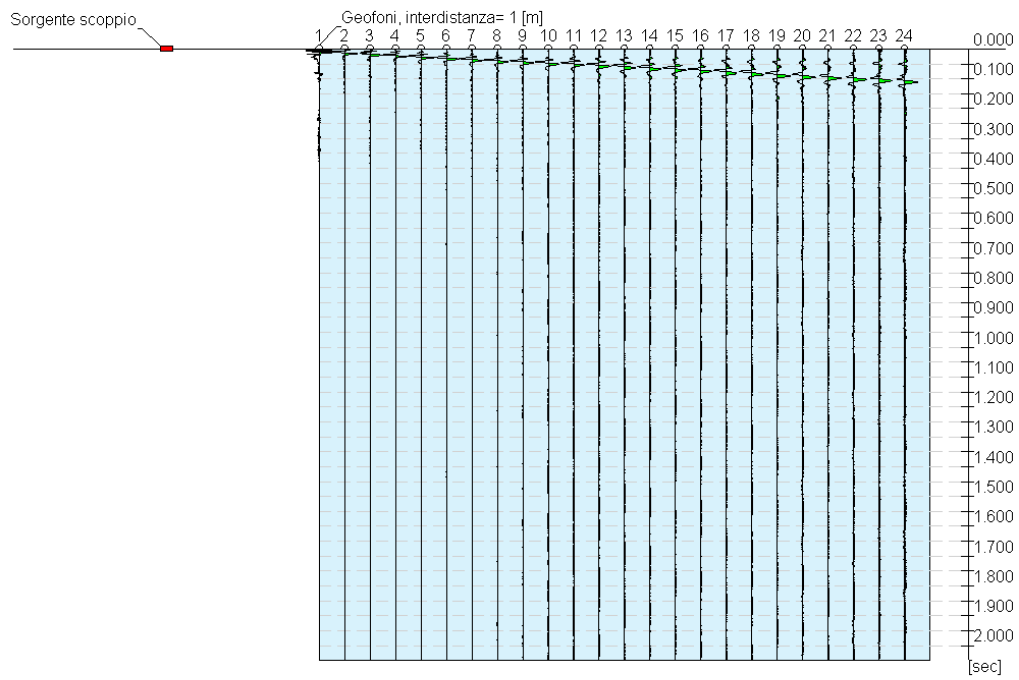
*Per altre informazioni relative all'indagine sismica si rimanda all'**Allegato Grafico**.*



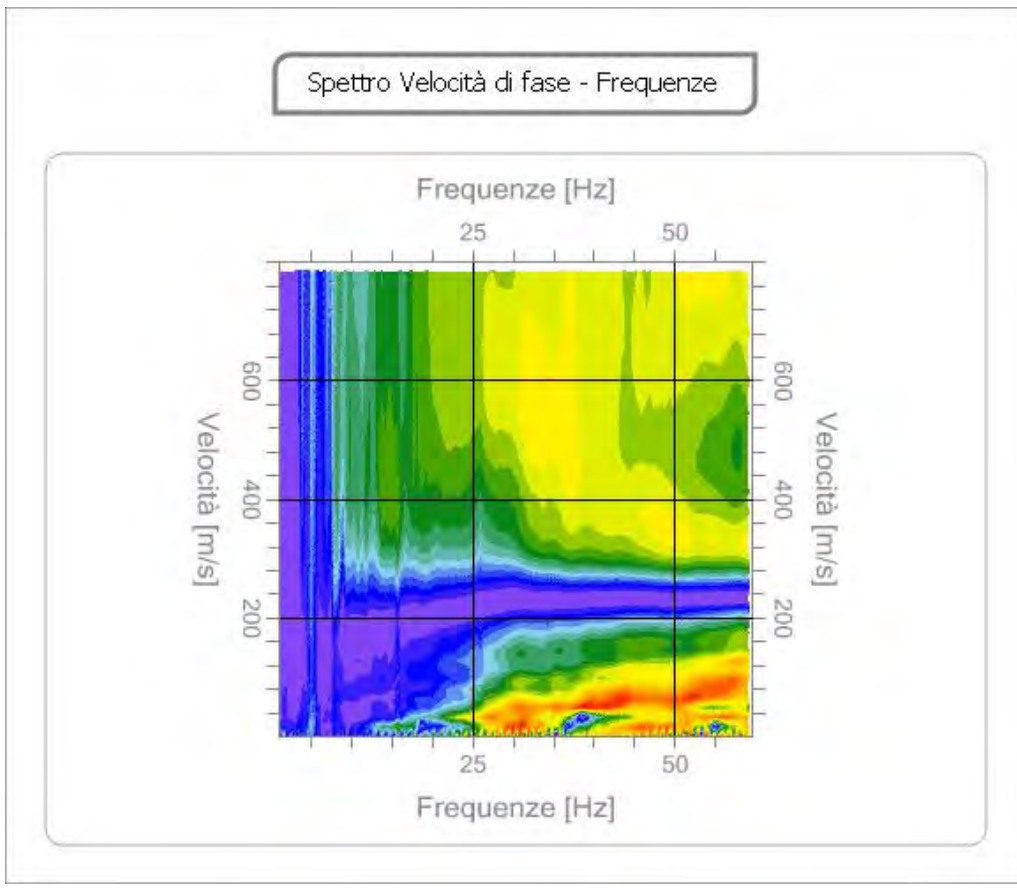
# *ALLEGATO GRAFICO*



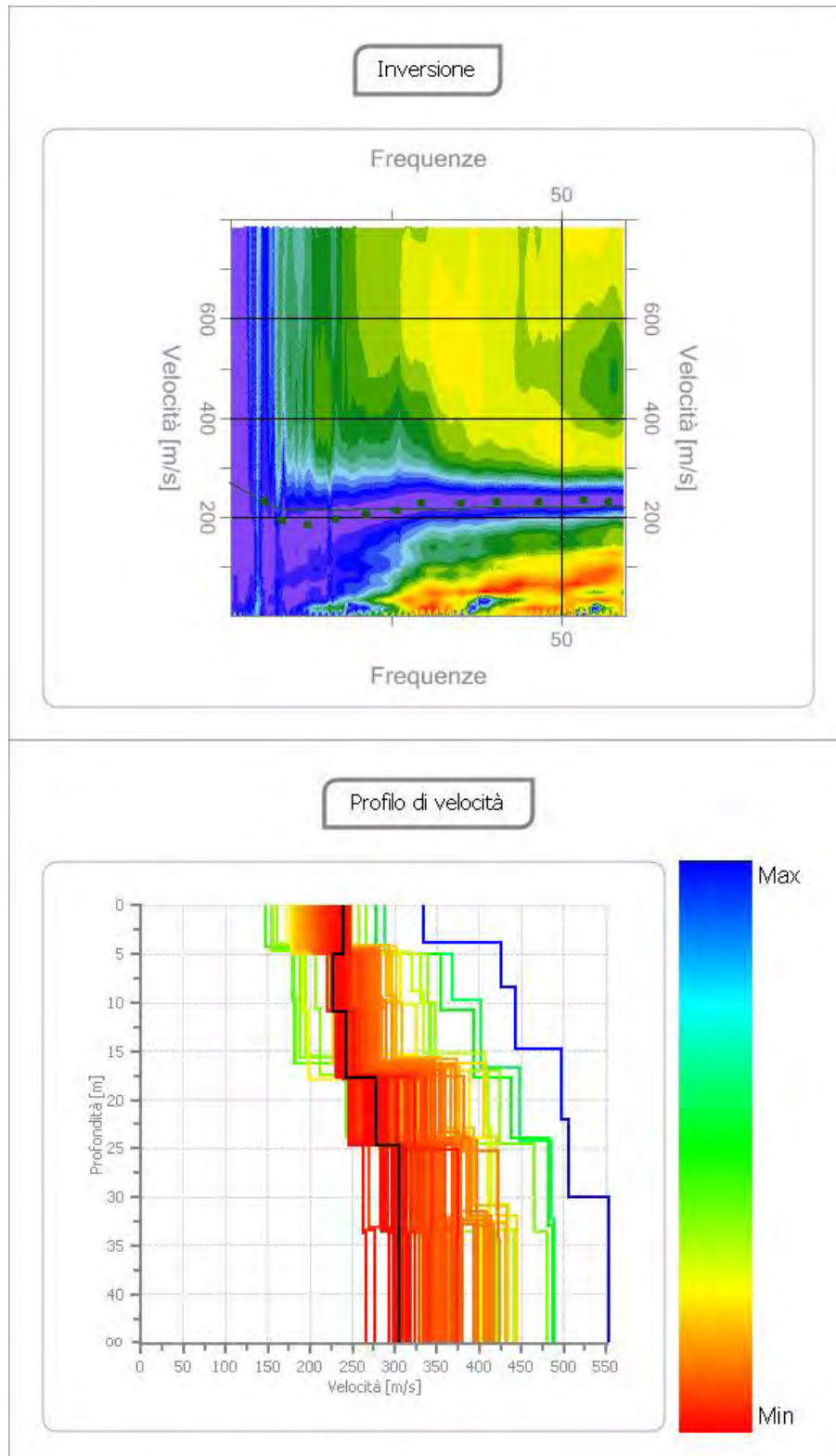
Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



12



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879

## INDICE

1	<i>STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</i>	<i>pag.</i>	<i>3</i>
2	<i>IL PARAMETRO <math>V_{seq}</math></i>	<i>pag.</i>	<i>4</i>
3	<i>L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>6</i>
4	<i>PROFILI M.A.S.W.</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.1. METODOLOGIA OPERATIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>7</i>
	<i>4.2 METODOLOGIA INTEPRETIVA</i>	<i>pag.</i>	<i>8</i>
	<i>4.3 ESAME DEI RISULTATI</i>	<i>pag.</i>	<i>10</i>
	<i>ALLEGATO GRAFICO: ELABORAZIONE MASW</i>	<i>pag.</i>	<i>11</i>



## 1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16S24-U, che grazie all'interfaccia USB è possibile collegare direttamente ad un PC portatile esterno.

Attraverso un software di gestione, in dotazione con lo strumento, sul PC è possibile sia visualizzare e gestire le acquisizioni che memorizzazione i dati. Naturalmente è presente la funzione di incremento multiplo del segnale ad opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

Sono stati utilizzati 12 geofoni da 4,5 Hz per eseguire la prova MASW e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



## 2. IL PARAMETRO $V_s$ eq

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro  $V_{seq}$  rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$N$ : numero di strati presenti nei primi 30 metri

In base al valore della  $V_{seq}$  si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/.

**C** - Depositati 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  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/.

**E** - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

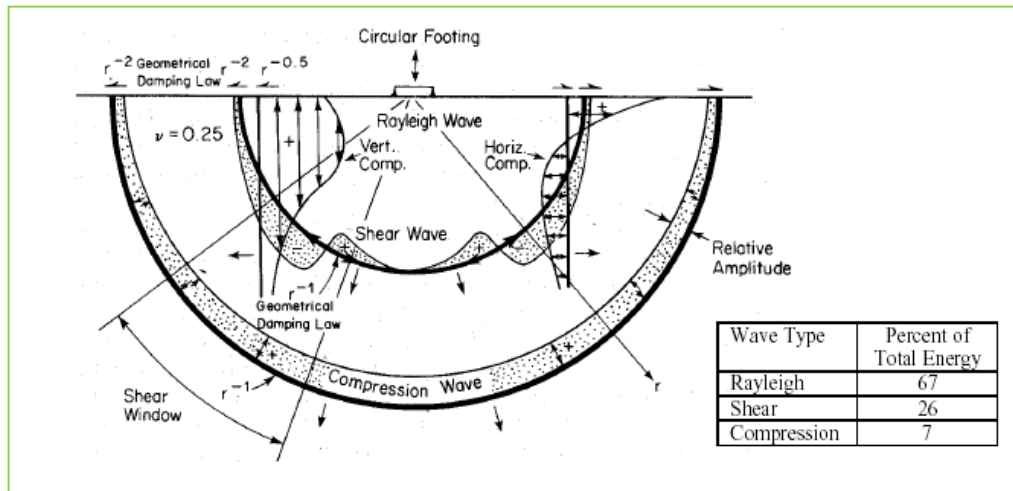
Il parametro  $V_{s30}$  può essere acquisito mediante:

- Prove in foro (down-hole, cross-hole)
- Profili sismici (riflessione o rifrazione)
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (MASW, SASW, ReMi)



### 3. L'INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico, è basato sull'impiego della MASW (multichannel analysis of surface waves) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici



5

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio ( $S$ ) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). L'ampiezza delle surface waves dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le body waves.

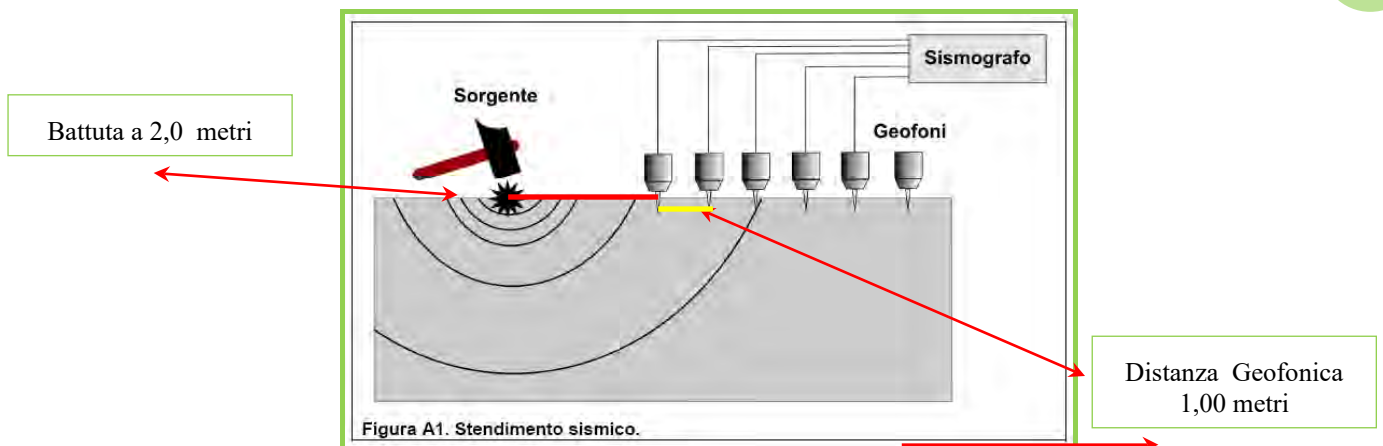


## 4. PROFILI SISMICI M.A.S.W.

### 4.1 METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). È sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

6



Geologo **Domenico AGRELLO**  
 Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
 e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
 Cell. 3389123879

*Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n°12 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metri; il punto di scoppio è stato posizionati ad una delle estremità del profilo a distanza di 2,00 metri dal geofono n°1. Successivamente la batteria di geofoni è stata traslata alla fine del precedente stendimento, mantenendo fisso il punto di battuta. In questo modo è possibile sommare le tracce ed ottenere un sismogramma a 24 canali.*

<b><i>Riassunto modalità esecutiva della Prova MASW ATTIVA</i></b>	
<i>Spaziatura tra i geofoni</i>	<i>1,00 m</i>
<i>Distanza sorgente dal primo geofono</i>	<i>2,00 m</i>
<i>Tempo di campionamento</i>	<i>1000 <math>\mu</math>s</i>
<i>Durata registrazione</i>	<i>2048 ms</i>



## 4.2 METODOLOGIA INTERPRETATIVA

*Il software EasyMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).*

*Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).*

*La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:*

- 1) determinazione dello spettro di velocità*
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.*

*Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).*

*Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.*

*I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).*

*In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.*



*Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.*

*A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno “spazio di ricerca” (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.*

*Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.*

*Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.*





### **4.3 ESAME DEI RISULTATI MASW**

*Lo stendimento è stato ubicato in corrispondenza dell'aerogeneratore n°5, i geofoni sono stati inseriti nel terreno descritto nella relazione geologica. L'energizzazione è stata invece ottenuta attraverso una massa battente di 8 Kg. Dall'elaborazione dell'indagine sismica è stato possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo e definire quindi la categoria di suolo di fondazione, in ottemperanza alle Norme Tecniche delle Costruzioni.*

*Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una **Vseq pari a 341.71 m/sec**, indicando per il sito in esame un **suolo di tipo C**.*

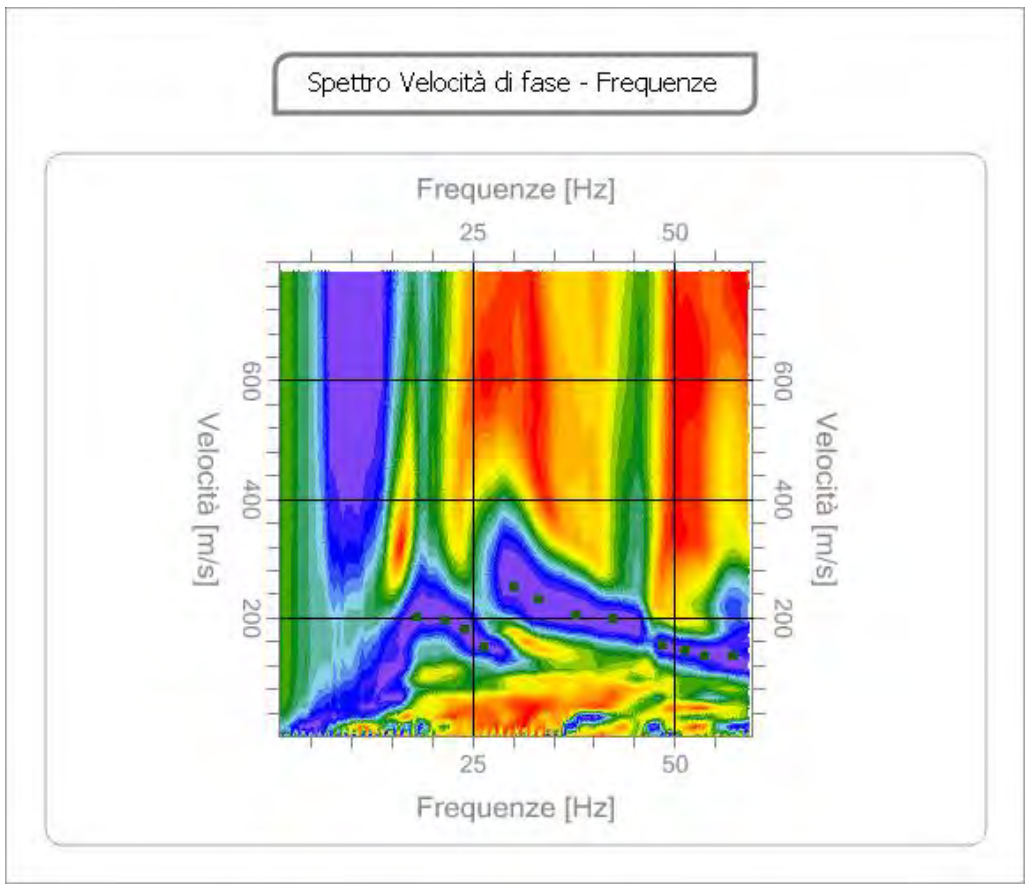
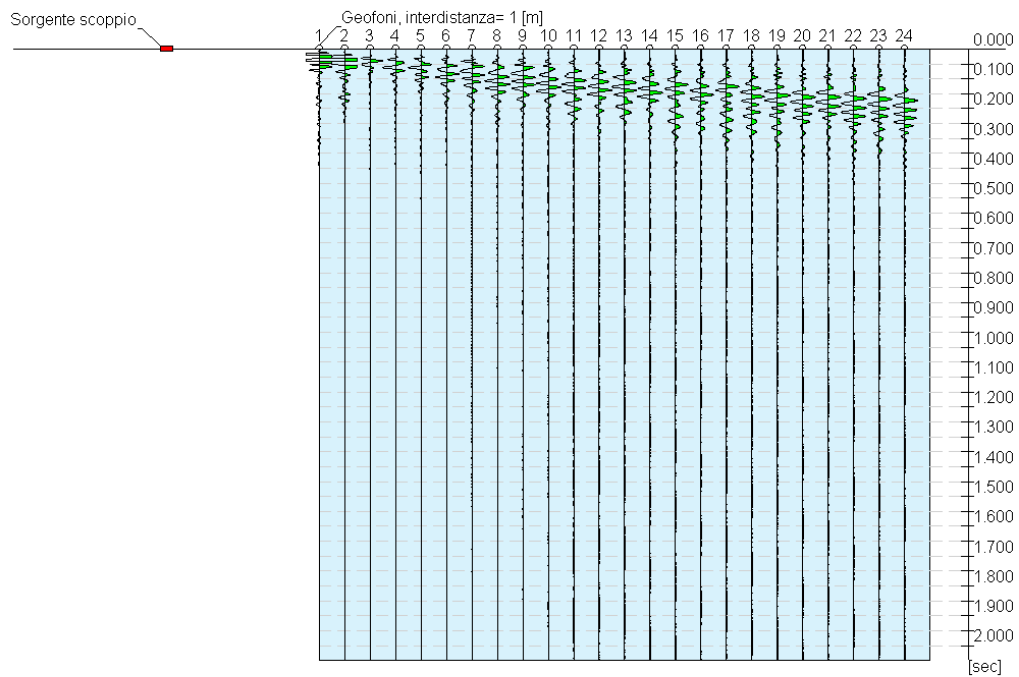
*Per altre informazioni relative all'indagine sismica si rimanda all'**Allegato Grafico**.*



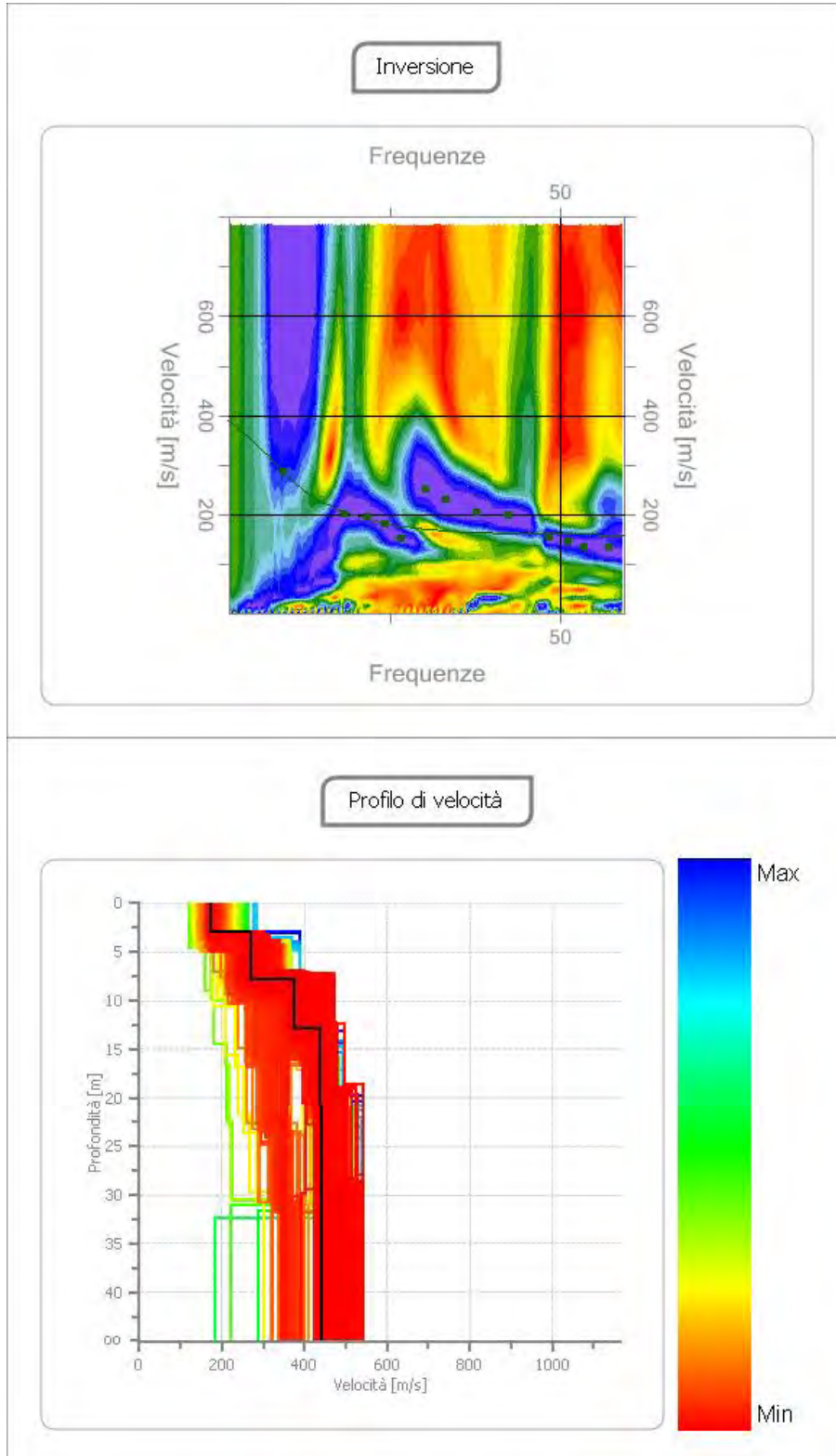
# *ALLEGATO GRAFICO*



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879



Geologo **Domenico AGRELLO**  
 Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
 e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
 Cell. 3389123879



Geologo **Domenico AGRELLO**  
Via dell'Arancio n°16, 85044 Lauria (Pz)  
e.mail [domenicoagrello@gmail.com](mailto:domenicoagrello@gmail.com)  
Cell. 3389123879

All. 10  
Report Laboratorio Geotecnico



**Laborgeo s.r.l.**  
**Via Dei Mestieri n° 16 – 75100 MATERA**  
**Tel. 0835.387641 - E-mail: [laborgeo@tin.it](mailto:laborgeo@tin.it)**

**LABORGEO**

UNI EN ISO 9001:2015

Art. 59 DPR 380/2001 – Circ. 7618/STC – C.S.L.P.

Decreto 0000073 del 09.04.2020 Settore "A" e "B"

Prove di laboratorio su Terre, Rocce e Aggregati

Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli", da realizzarsi nei Comuni di Salandra e Ferrandina, di potenza pari a 31 MW accoppiato ad un sistema di accumulo di potenza pari a 8 MW.

Committente:  
GMT UNIPERSONALE s.r.l.

**Verbale di accettazione n° 26T/2023 del 23.02.2023**

Certificati emessi dal n° 471T/2023 al n° 488T/2023

**QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE**

Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, delle opere e delle infrastrutture connesse, denominato "Torricelli". Comuni di Salandra e Ferrandina (MT)

Sond.	Camp.	Profondità m	W %	$\gamma_v$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ KN/m <sup>3</sup>	e	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG-CD c KN/m <sup>2</sup> $\phi^\circ$	CNR-UNI 10006
1	1	2.20 - 2.70	11.50	19.40	17.40	20.70	26.40	0.520	34.20	59.60	0.50	25.80	47.50	26.20	32.8	21.6	11.2	13.40 - 24.6°	A6
1	2	12.50 - 13.00	22.60	19.60	16.00	19.90	26.80	0.678	40.40	91.20	0.00	0.70	47.10	52.20	52.2	28.8	23.4	26.60 - 22.6°	A7-6
1	3	21.50 - 22.00	19.90	20.10	16.80	20.50	26.90	0.604	37.60	90.40	0.00	1.80	51.30	46.90	42.0	25.7	16.3	26.90 - 23°	A7-6

Legenda:

W= Umidità naturale -  $\gamma_v$ = Peso di volume naturale -  $\gamma_d$ = Peso di volume secco -  $\gamma_s$ = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione -  $\gamma_{sat}$ =peso di volume saturo - L.L.= Limite liquido

L.P.= Limite plastico - L.R.= Limite di ritiro - IP= Indice plastico - c=Coesione -  $c_u$ =Coesione non drenata -  $\phi^\circ$ = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Ed= Modulo edometrico

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.		
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.20 - 2.70

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	11,5	%
Peso di volume	19,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,4	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,520	
Porosità	34,2	%
Grado di saturazione	59,6	%
Limite di liquidità	32,8	%
Limite di plasticità	21,6	%
Indice di plasticità	11,2	%
Indice di consistenza	1,90	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 8

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,5	%
Sabbia	25,8	%
Limo	47,5	%
Argilla	26,2	%
D 10		mm
D 50	0,022253	mm
D 60	0,038924	mm
D 90	0,186376	mm
Passante set. 10	98,9	%
Passante set. 42	96,6	%
Passante set. 200	73,7	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

<b>S</b>	kPa
<b>C<sub>u</sub></b>	kPa
<b>S<sub>Rim</sub></b>	kPa
<b>C<sub>u Rim</sub></b>	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
<b>c'</b>	13,4	kPa
<b>f'</b>	24,6	°
<b>c'<sub>Res</sub></b>		kPa
<b>f'<sub>Res</sub></b>		°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	<b>C<sub>d</sub></b>	kPa	<b>f<sub>d</sub></b>	°
C.U.	<b>C'<sub>cu</sub></b>	kPa	<b>f'<sub>cu</sub></b>	°
	<b>C<sub>cu</sub></b>	kPa	<b>f<sub>cu</sub></b>	°
U.U.	<b>C<sub>u</sub></b>	kPa	<b>f<sub>u</sub></b>	°

**PROVA EDOMETRICA**

<b>S</b> kPa	<b>E</b> kPa	<b>C<sub>v</sub></b> cm <sup>2</sup> /sec	<b>k</b> cm/sec

**FOTOGRAFIA**

**OSSERVAZIONI**

Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro
Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF GR TD	cm	R <sub>p</sub> kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro
	10				
	20				
	30				
	40				
	50			50	



COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.20 - 2.70

## CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

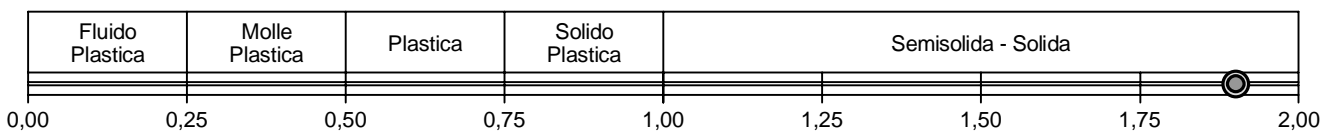
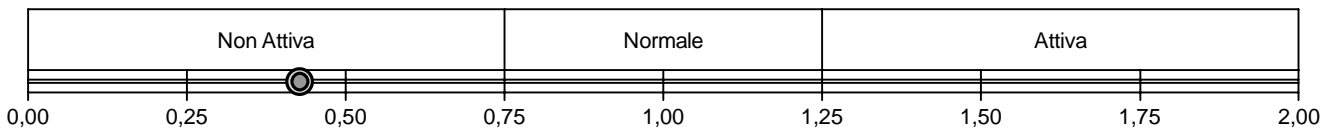
Classifica A.G.I.

Limo con argilla e sabbia

## CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

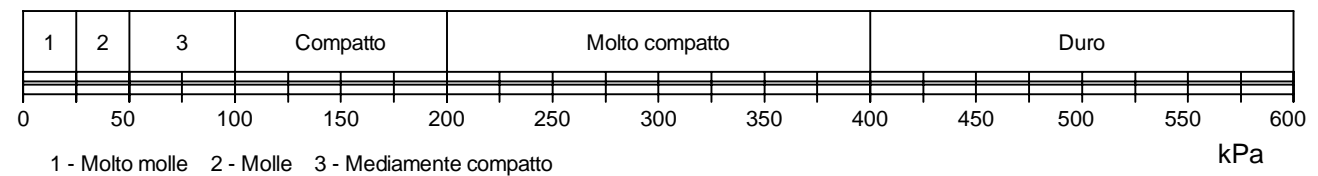
Abaco di plasticità di Casagrande

CI - Argille inorganiche a media compressibilità

 $I.C. = \text{Indice di consistenza} = (LL - W_n) / IP = 1,90$ 

 $A = \text{Attività (Skempton)} = IP / CF \text{ (clay fraction)} = 0,43$ 


## CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

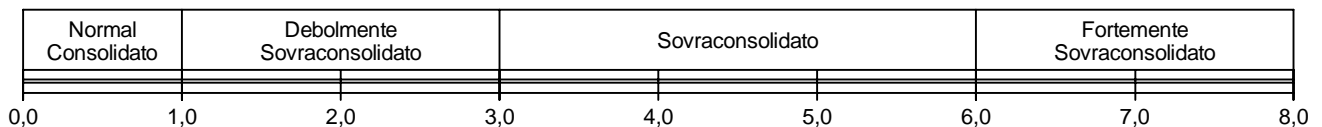
Coesione non drenata = 0 kPa



## CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

 $O.C.R. \text{ (Over Consolidation Ratio)} = 0,00$ 


Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00471</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 27/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 28/02/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.20 - 2.70

## CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 11,5 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00472</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 27/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.2023	Fine analisi: 27/02/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.20 - 2.70

## PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,4 kN/m<sup>3</sup>**

Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00473</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 02/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 03/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.20 - 2.70

## PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$G_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m<sup>3</sup>) = 26,4 kN/m<sup>3</sup>

$G_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m<sup>3</sup>) = 26,5 kN/m<sup>3</sup>

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00474</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 08/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 09/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.20 - 2.70	

## LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

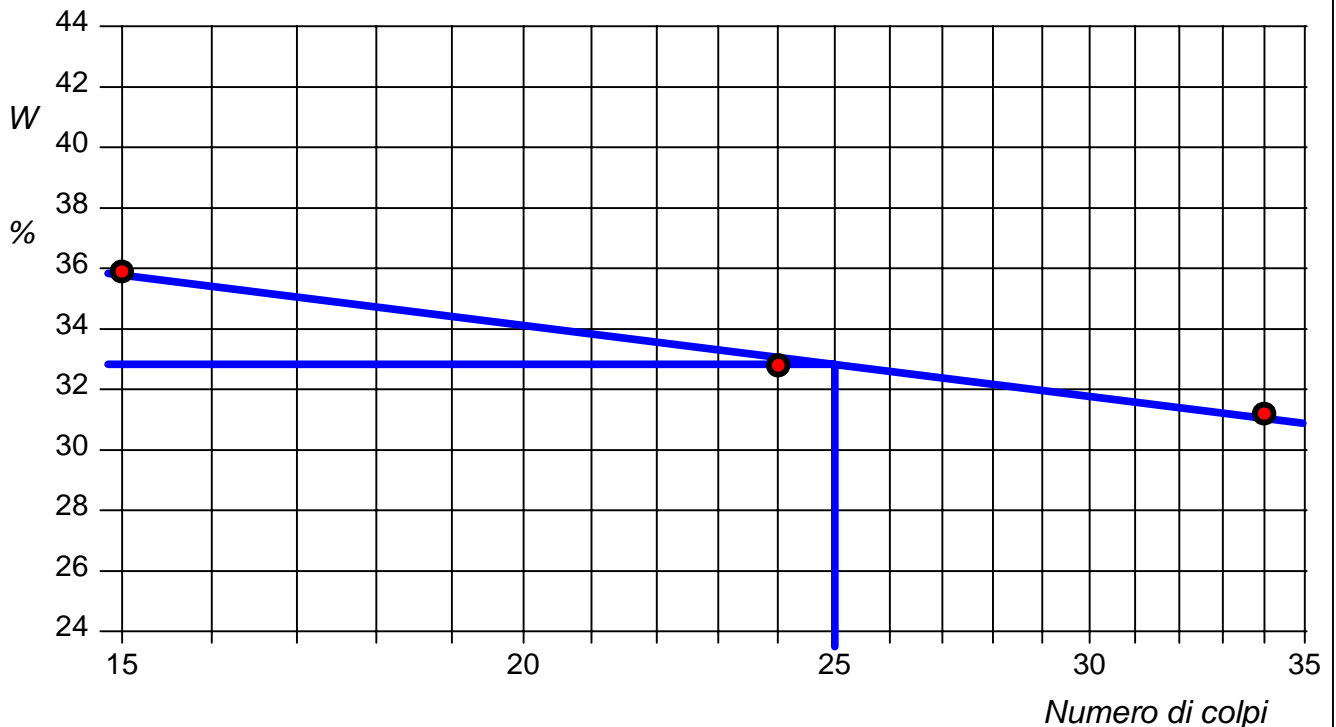
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	32,8 %
Limite di plasticità	21,6 %
Indice di plasticità	11,2 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	15	24	34		Umidità (%)	21,6	21,5
Umidità (%)	35,9	32,8	31,2		Umidità media	21,6	

### Determinazione del Limite di liquidità



Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00474** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 08/03/23

Apertura campione: 23.02.23

Fine analisi: 09/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

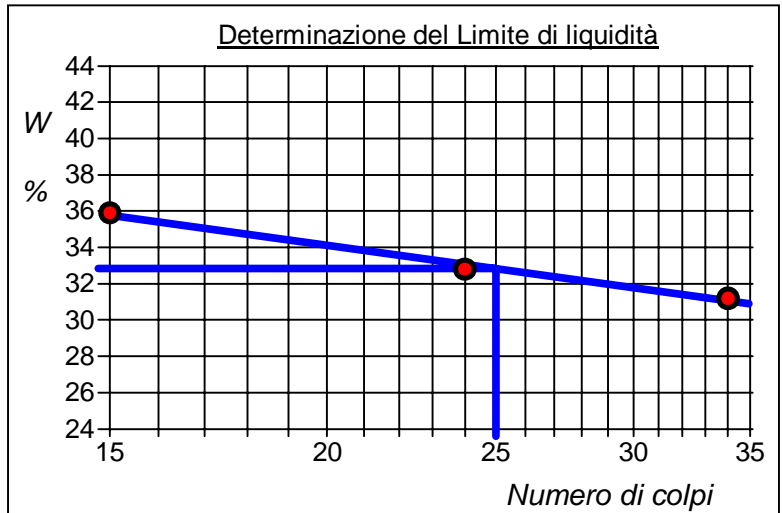
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.20 - 2.70

## ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	32,8	%
Limite di plasticità	21,6	%
Indice di plasticità	11,2	%
Indice di consistenza	1,90	
Passante al set. n° 40	SI	


**C - Argille inorganiche**

M - Limi inorganici

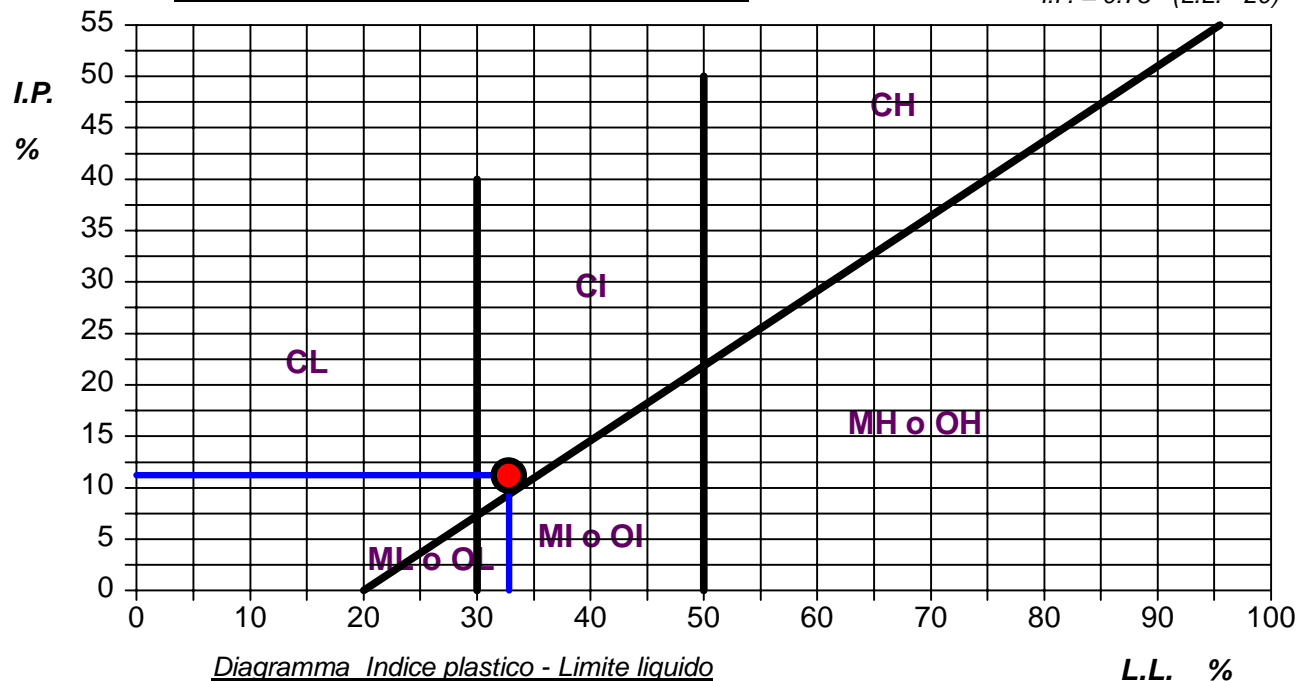
O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

**I - Media compressibilità**

H - Alta compressibilità

### ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

 $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 


Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

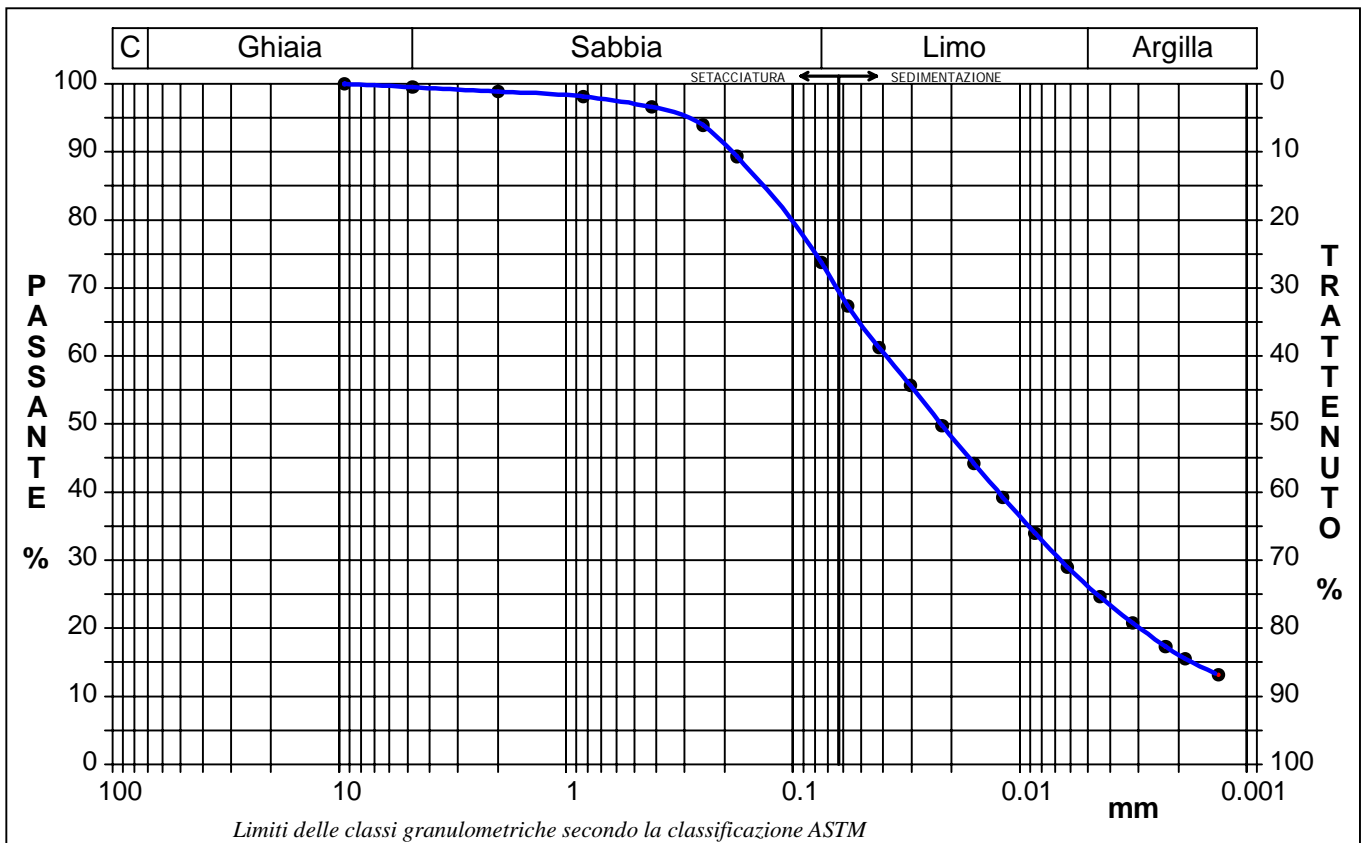
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00475</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 07/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.20 - 2.70	

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,9 %	D10	---	mm
Sabbia	25,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,6 %	D30	0,00660	mm
Limo	47,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	73,7 %	D50	0,02225	mm
Argilla	26,2 %			D60	0,03892	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
				D90	0,18638	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	93,93	0,0303	55,65	0,0062	29,00	0,0013	13,18
4,7500	99,49	0,1770	89,31	0,0220	49,79	0,0044	24,60		
2,0000	98,85	0,0750	73,71	0,0159	44,23	0,0032	20,80		
0,8410	98,13	0,0572	67,37	0,0119	39,25	0,0023	17,28		
0,4200	96,62	0,0417	61,22	0,0086	33,98	0,0019	15,52		

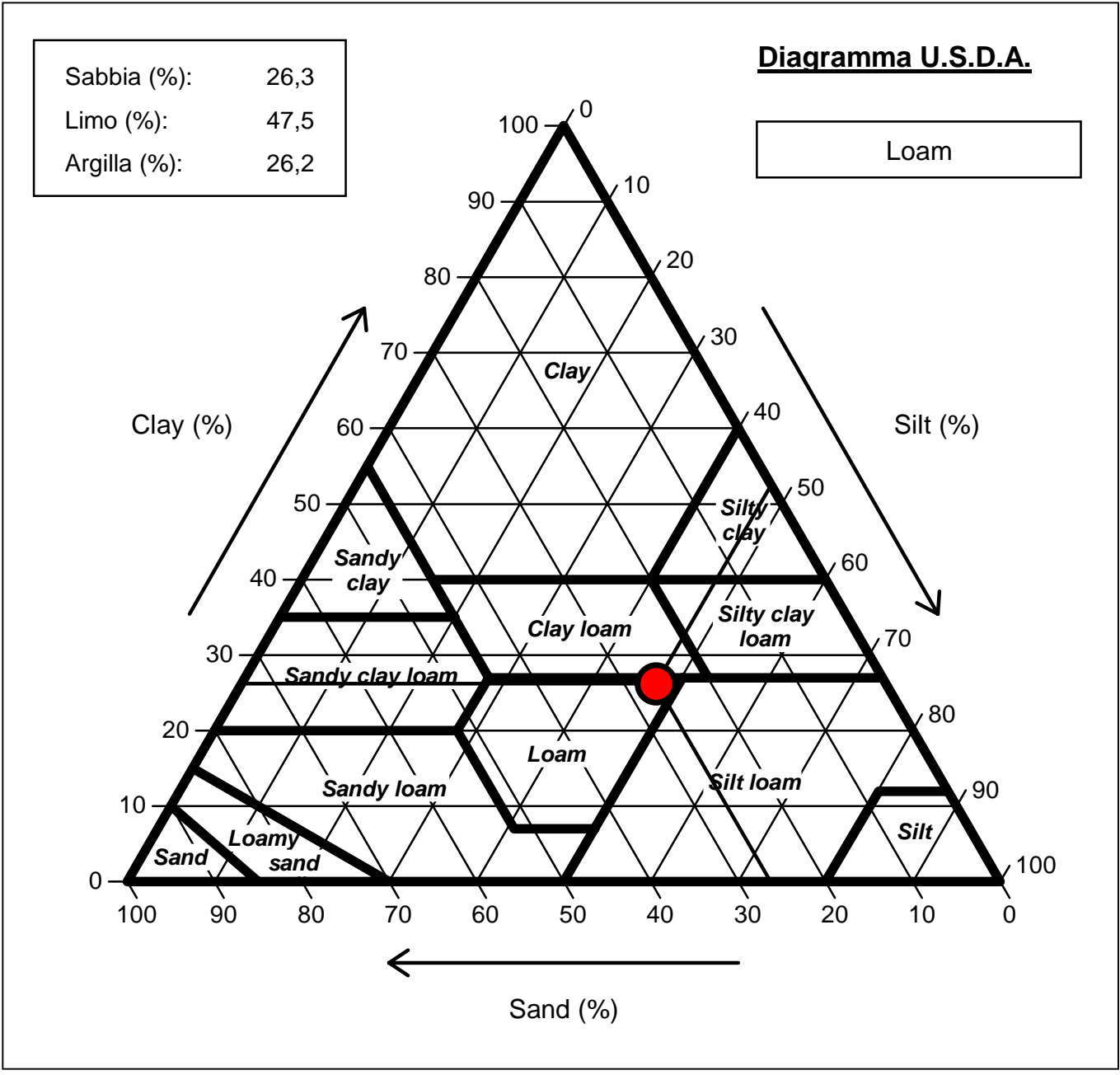
Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00475</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 07/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.20 - 2.70	

**ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE**

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00476** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 03/03/23

Apertura campione: 23.02.23

Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

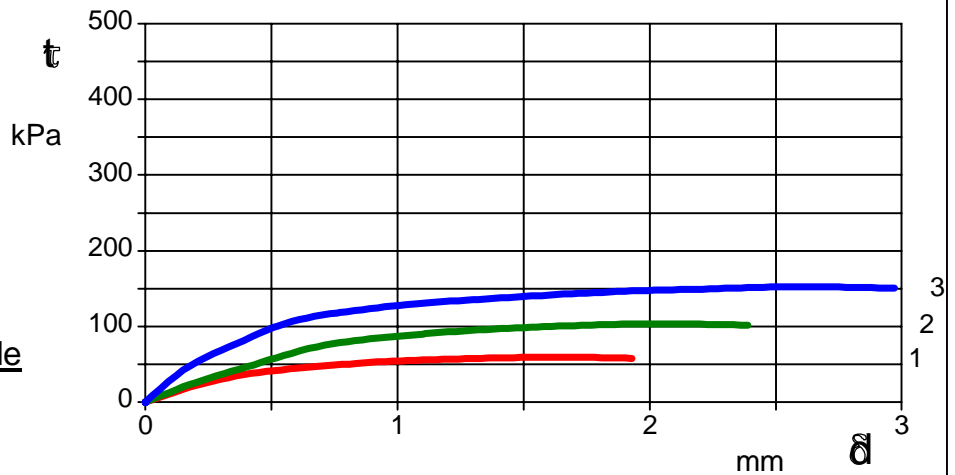
PROFONDITA': m 2.20 - 2.70

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

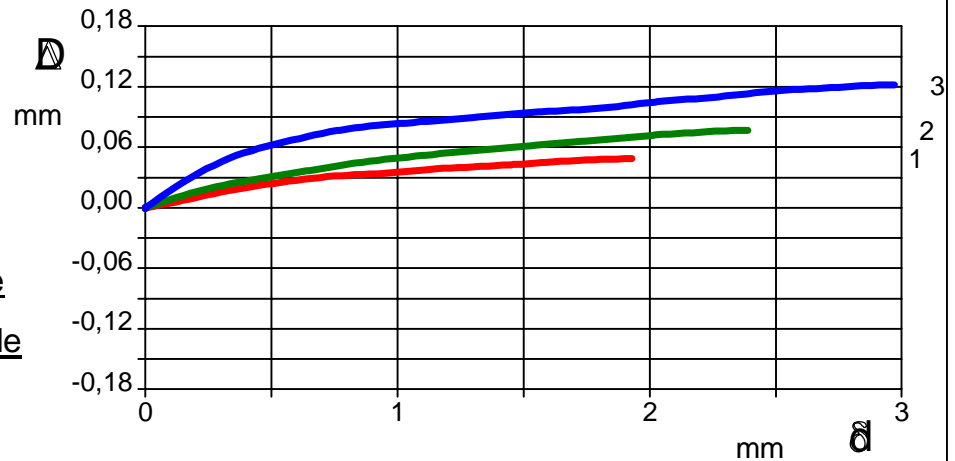
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	11,2    11,6	11,7    12,1	12,1    12,5
Peso di volume (kN/m³):	19,4	19,4	19,4
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Limo con argilla e sabbia di colore grigio - verdastro



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00476** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 03/03/23

Apertura campione: 23.02.2023

Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.20 - 2.70

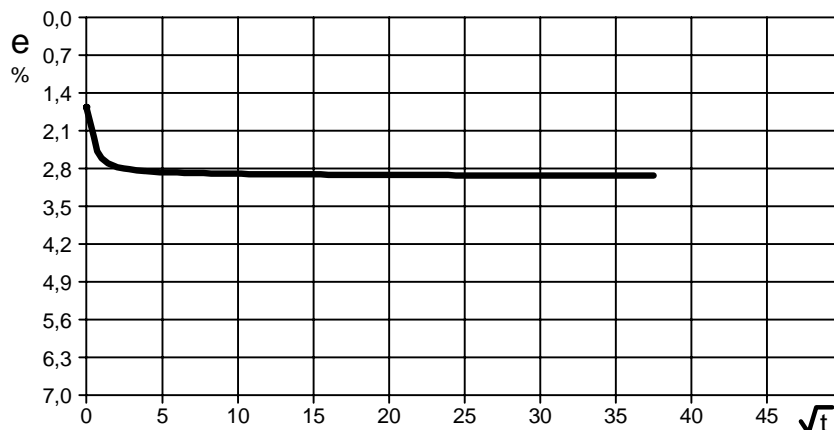
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 1

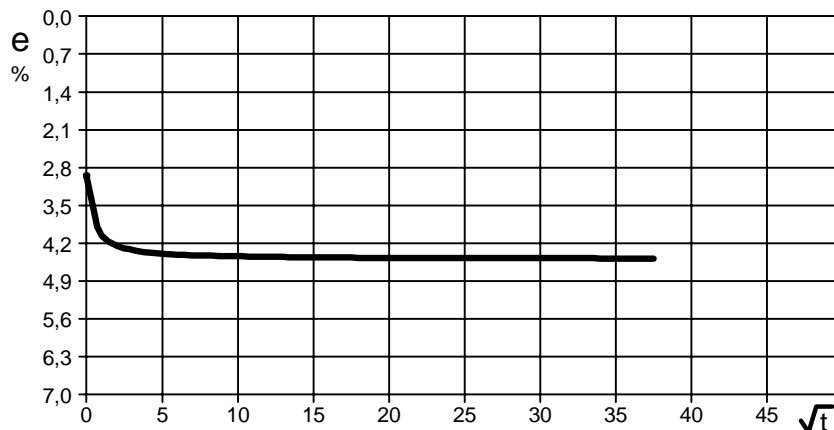
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,941
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	35,7
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 2

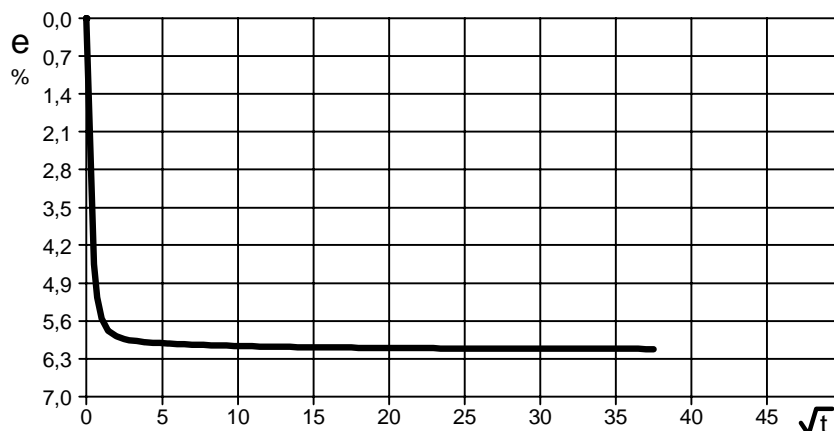
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,910
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	35,7
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,878
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	33,8
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,021



Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 10 \times T_{100}$ 
 $Vs = Df / tf$



COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 12.50 - 13.00

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	22,6	%
Peso di volume	19,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,9	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,8	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,678	
Porosità	40,4	%
Grado di saturazione	91,2	%
Limite di liquidità	52,2	%
Limite di plasticità	28,8	%
Indice di plasticità	23,4	%
Indice di consistenza	1,26	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 16

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	0,7	%
Limo	47,1	%
Argilla	52,2	%
D 10		mm
D 50	0,004387	mm
D 60	0,007665	mm
D 90	0,033703	mm
Passante set. 10	99,7	%
Passante set. 42	99,7	%
Passante set. 200	99,3	%

**COMPRESSIONE**

S	kPa
C <sub>u</sub>	kPa
S <sub>Rim</sub>	kPa
C <sub>u Rim</sub>	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
c'	26,6	kPa
f'	22,6	°
c' <sub>Res</sub>		kPa
f' <sub>Res</sub>		°

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	f <sub>d</sub>	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	f' <sub>cu</sub>	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	f <sub>cu</sub>	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	f <sub>u</sub>	°

**PROVA EDOMETRICA**

S	E	C <sub>v</sub>	k
kPa	kPa	cm <sup>2</sup> /sec	cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

Argilla con limo di colore grigio

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove		cm	R <sub>p</sub>	VT	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	kPa	kPa		
					50	Argilla con limo di colore grigio

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 12.50 - 13.00

## CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

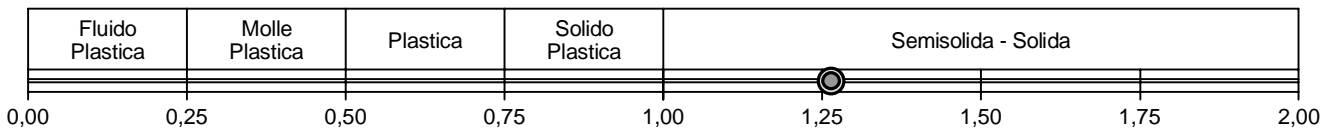
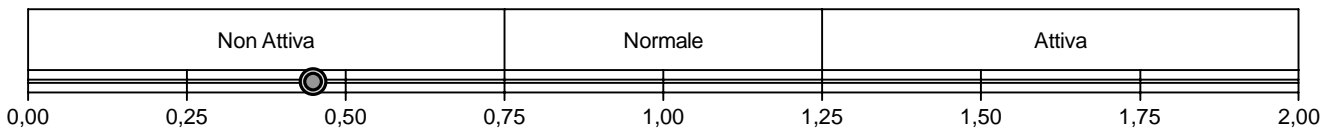
Classifica A.G.I.

Argilla con limo

## CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

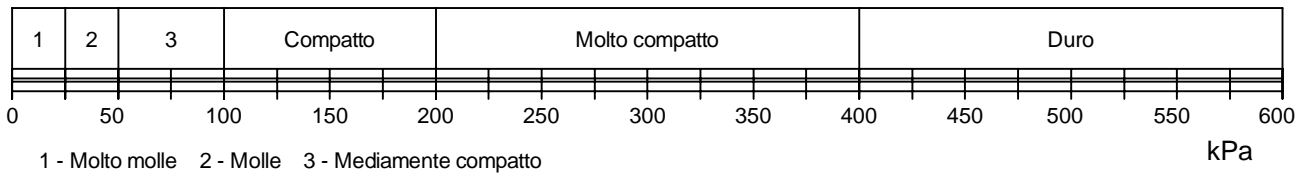
Abaco di plasticità di Casagrande

MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità

 $I.C. = \text{Indice di consistenza} = (LL - W_n) / IP = 1,26$ 

 $A = \text{Attività (Skempton)} = IP / CF \text{ (clay fraction)} = 0,45$ 


## CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

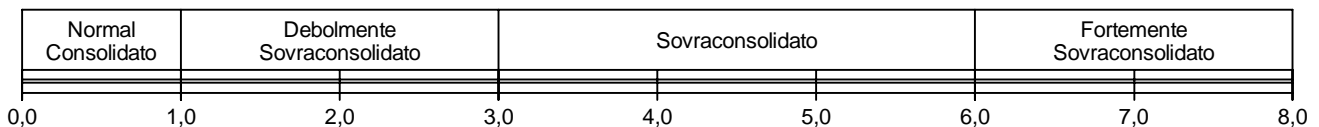
Coesione non drenata = 0 kPa



## CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

 $O.C.R. \text{ (Over Consolidation Ratio)} = 0,00$ 


Argilla con limo di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00477</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 27/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 28/02/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.50 - 13.00

## CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 22,6 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Argilla con limo di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00478</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 27/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.2023	Fine analisi: 27/02/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.50 - 13.00

## PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,6 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla con limo di colore grigio



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00479</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 02/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 03/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.50 - 13.00

## PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$G_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m<sup>3</sup>) = 26,8 kN/m<sup>3</sup>

$G_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m<sup>3</sup>) = 26,8 kN/m<sup>3</sup>

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,0 °C

Argilla con limo di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00480</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 08/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.2023	Fine analisi: 09/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 12.50 - 13.00	

## LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

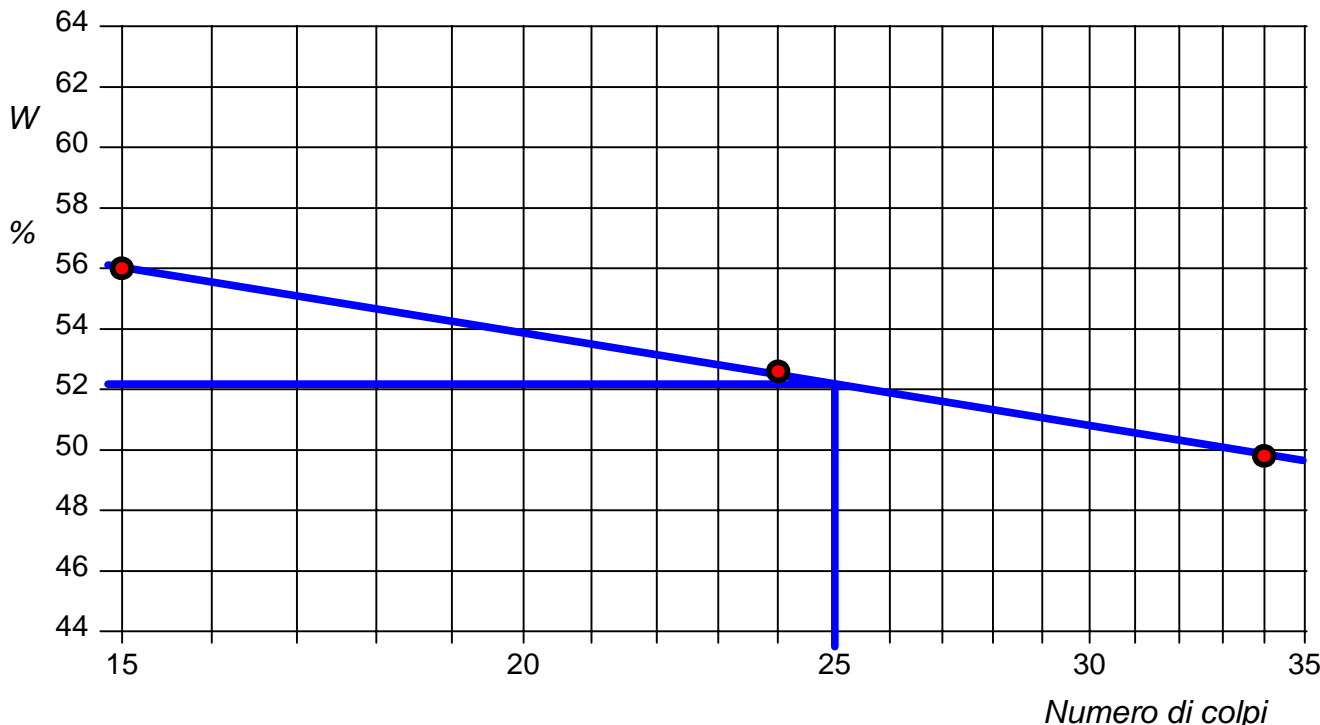
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	52,2 %
Limite di plasticità	28,8 %
Indice di plasticità	23,4 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	15	24	34		Umidità (%)	28,4	29,1
Umidità (%)	56,0	52,6	49,8		Umidità media	28,8	

### Determinazione del Limite di liquidità



Argilla con limo di colore grigio

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00480** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 08/03/23

Apertura campione: 23.02.23

Fine analisi: 09/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

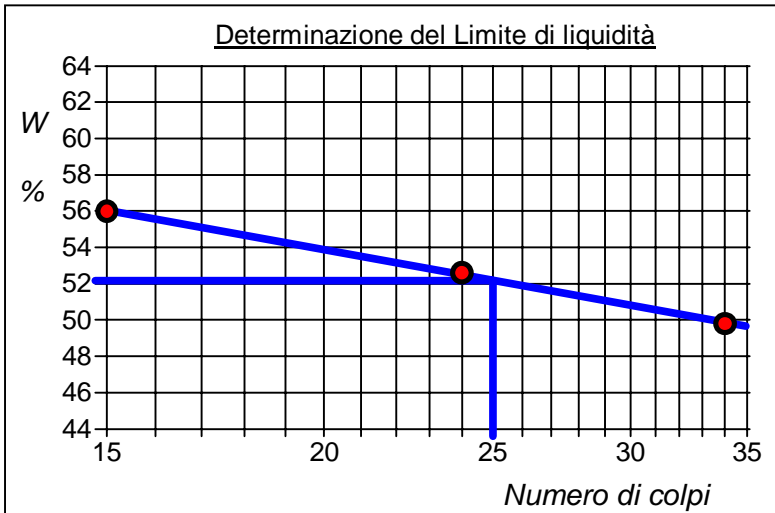
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 12.50 - 13.00

## ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	52,2	%
Limite di plasticità	28,8	%
Indice di plasticità	23,4	%
Indice di consistenza	1,26	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche

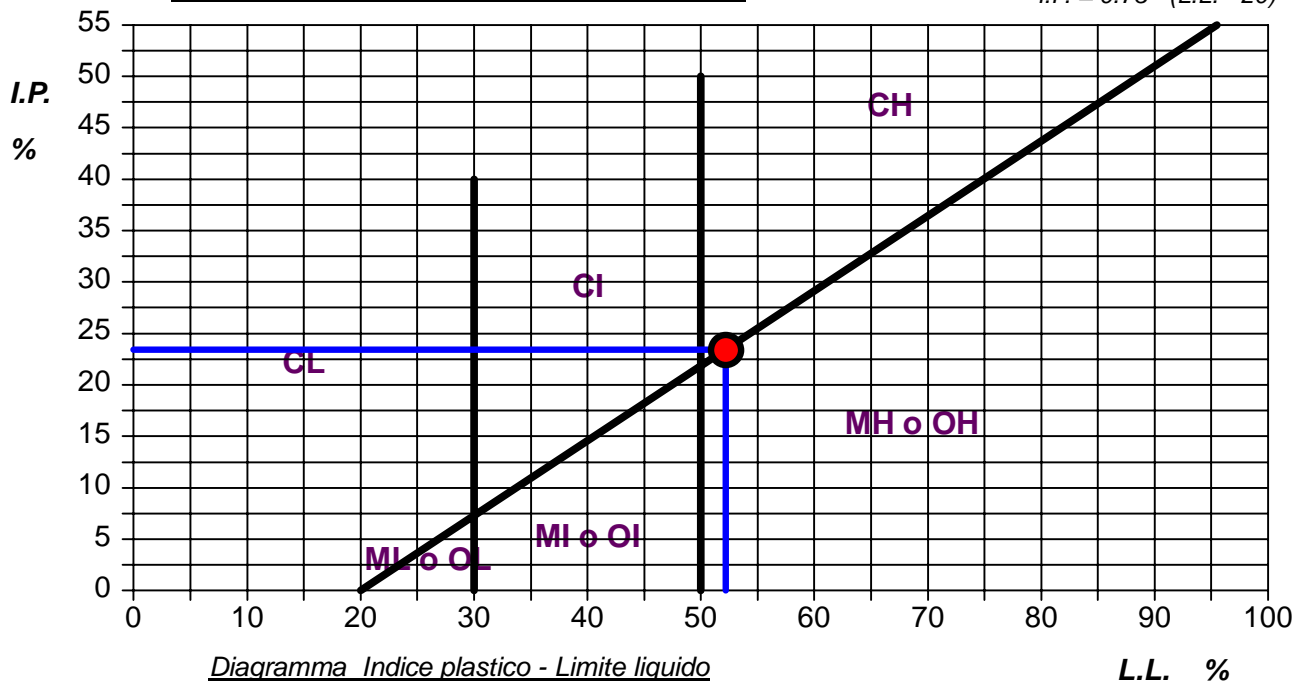
L - Bassa compressibilità

**M - Limi inorganici**

I - Media compressibilità

**O - Argille e limi organici**
**H - Alta compressibilità**

## ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

 $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 


Argilla con limo di colore grigio

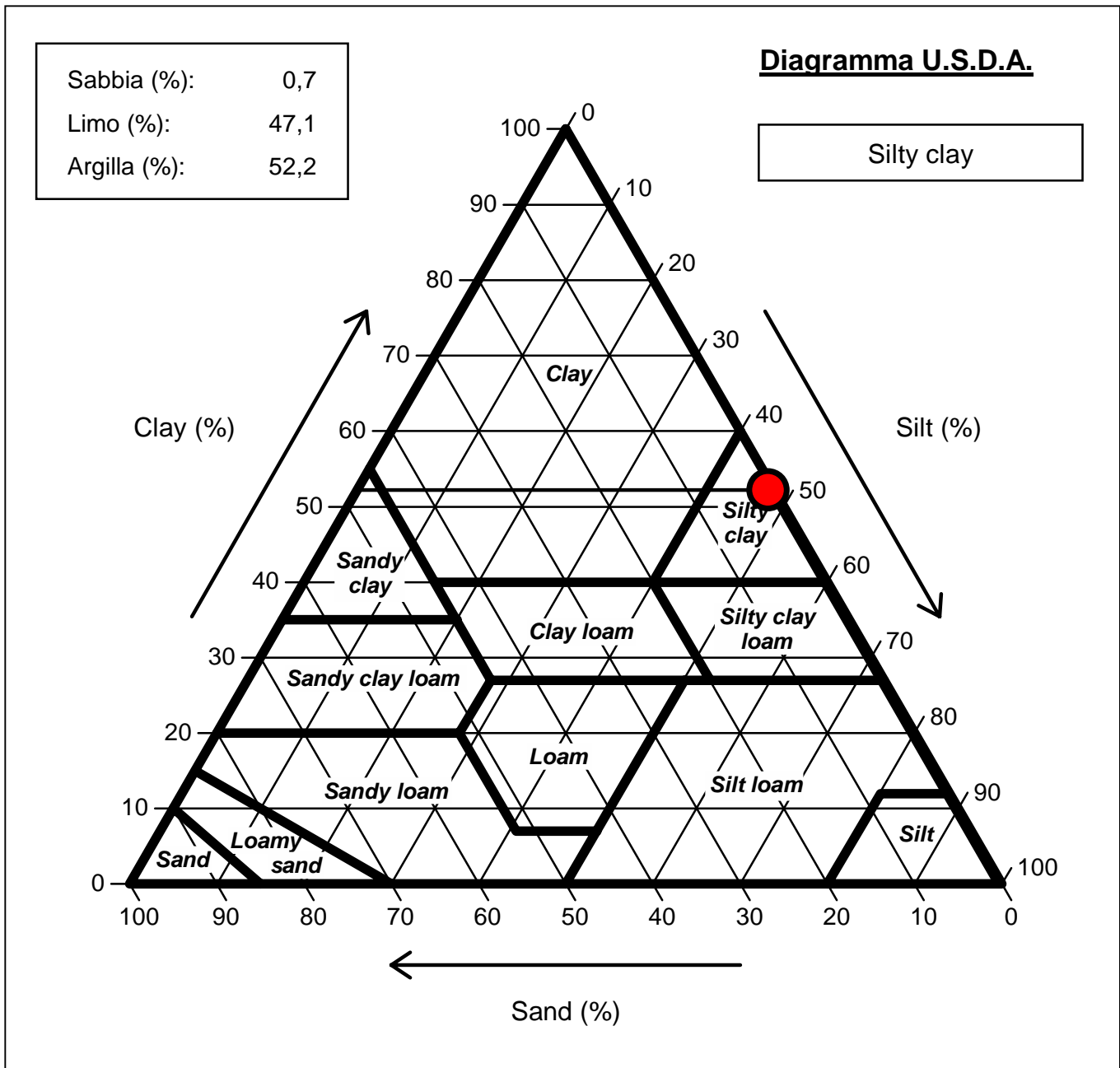


<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00481</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 07/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.50 - 13.00

## ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Argilla con limo di colore grigio

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00482** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 03/03/23

Apertura campione: 23.02.23

Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

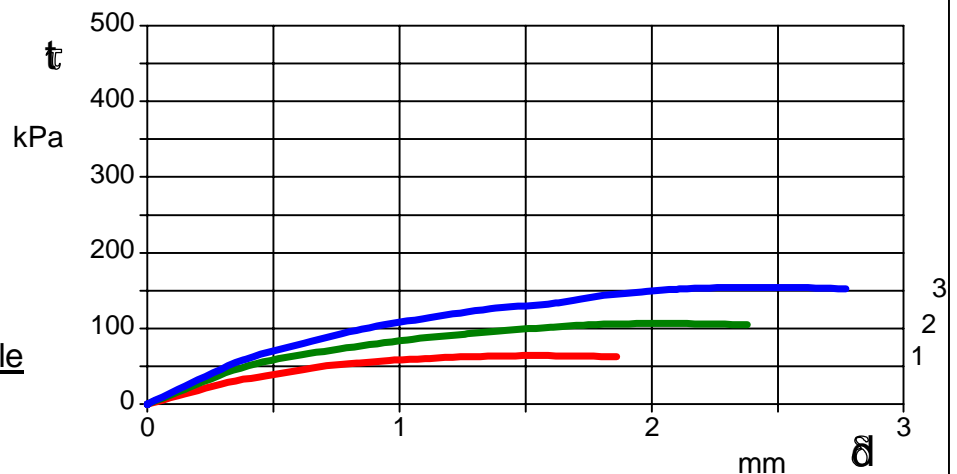
PROFONDITA': m 12.50 - 13.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

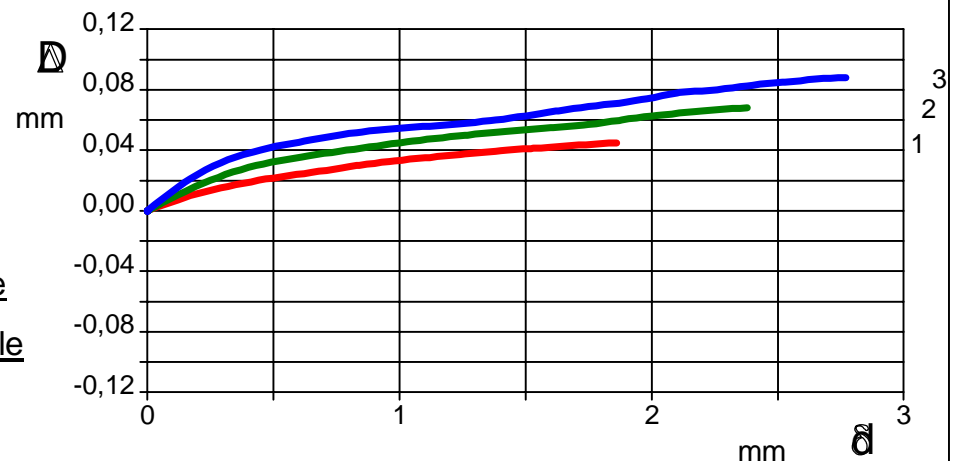
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	23,1    23,7	22,6    23,2	22,6    23,0
Peso di volume (kN/m³):	19,6	19,6	19,6
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	

### DIAGRAMMA

Tensione
Deformazione orizzontale


### DIAGRAMMA

Deformazione verticale
Deformazione orizzontale


Argilla con limo di colore grigio



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00482** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 03/03/23

Apertura campione: 23.02.2023

Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 12.50 - 13.00

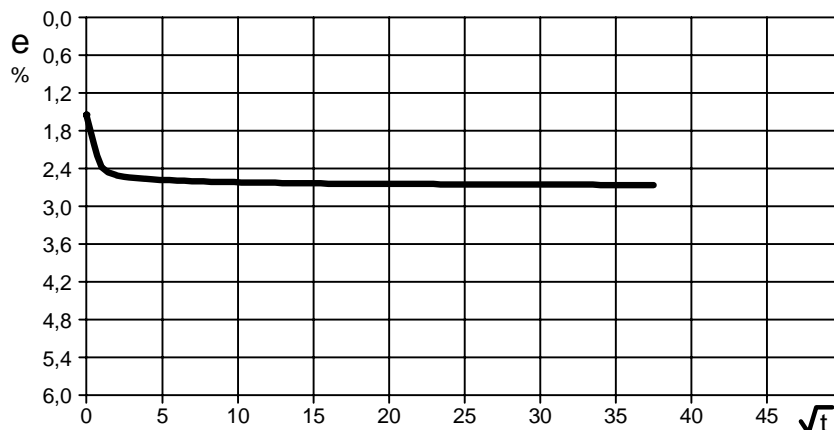
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 1

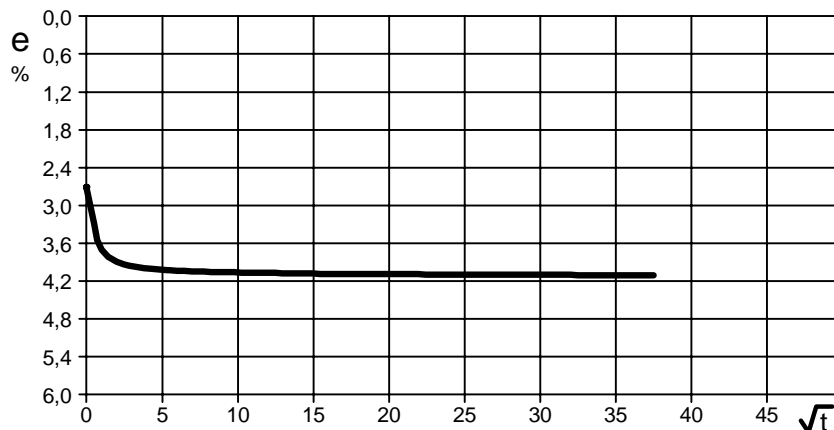
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,947
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	37,6
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,019



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 2

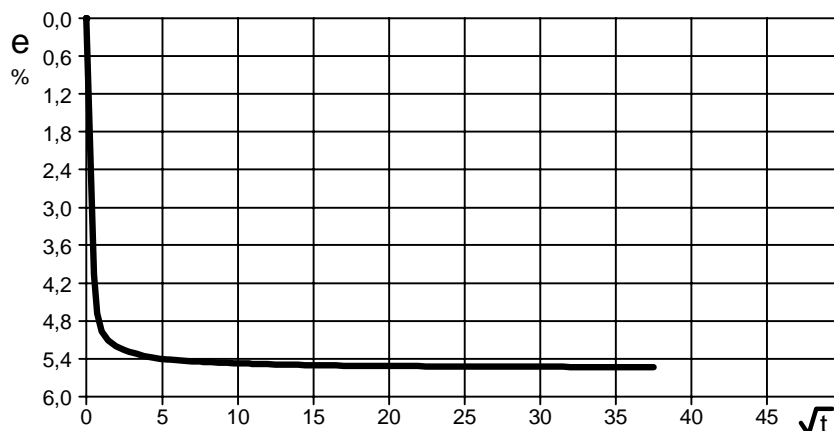
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,918
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	36,1
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,019



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,889
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	35,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 10 \times T_{100}$ 
 $Vs = Df / tf$





COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.		
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 21.50 - 22.00

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	19,9	%
Peso di volume	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	16,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,9	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,604	
Porosità	37,6	%
Grado di saturazione	90,4	%
Limite di liquidità	42,0	%
Limite di plasticità	25,7	%
Indice di plasticità	16,3	%
Indice di consistenza	1,36	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 11

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	1,8	%
Limo	51,3	%
Argilla	46,9	%
D 10		mm
D 50	0,005916	mm
D 60	0,009066	mm
D 90	0,033564	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	99,5	%
Passante set. 200	98,2	%

**COMPRESSIONE**

<b>S</b>	kPa
<b>C<sub>u</sub></b>	kPa
<b>S<sub>Rim</sub></b>	kPa
<b>C<sub>u Rim</sub></b>	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
<b>c'</b>	26,9	kPa
<b>f'</b>	23,0	°
<b>c'<sub>Res</sub></b>		kPa
<b>f'<sub>Res</sub></b>		°

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	f <sub>d</sub>	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	f' <sub>cu</sub>	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	f <sub>cu</sub>	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	f <sub>u</sub>	°

**PROVA EDOMETRICA**

<b>S</b> kPa	<b>E</b> kPa	<b>C<sub>v</sub></b> cm <sup>2</sup> /sec	<b>k</b> cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

Limo con argilla di colore grigio

Tipo di campione: Cilindrico      Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove CF GR TD	cm	R <sub>p</sub> kPa	V <sub>T</sub> kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo con argilla di colore grigio
	10				
	20				
	30				
	40				
	50			50	

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 21.50 - 22.00

## CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

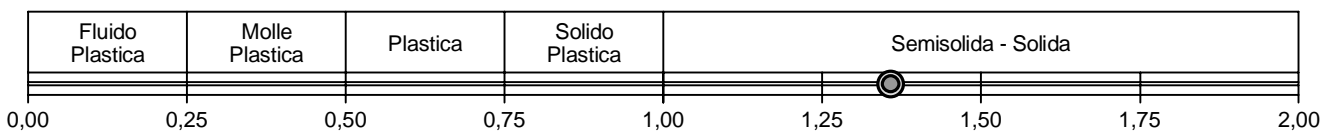
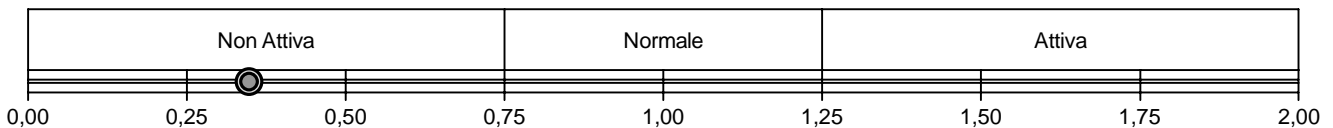
Classifica A.G.I.

Limo con argilla

## CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

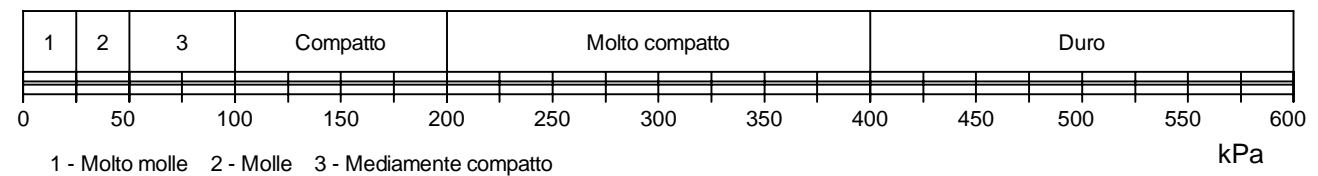
Abaco di plasticità di Casagrande

CI - Argille inorganiche a media compressibilità

 $I.C. = \text{Indice di consistenza} = (LL - W_n) / IP = 1,36$ 

 $A = \text{Attività (Skempton)} = IP / CF \text{ (clay fraction)} = 0,35$ 


## CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa



## CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 0,0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 0,0kPa

 $O.C.R. \text{ (Over Consolidation Ratio)} = 0,00$ 


Limo con argilla di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00483</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 27/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 28/02/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	21.50 - 22.00

## CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 19,9 %**

Struttura del materiale:

Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con argilla di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00484</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 27/02/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 27/02/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	21.50 - 22.00

## PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,1 kN/m<sup>3</sup>**

Limo con argilla di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00485</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 02/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 03/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	21.50 - 22.00

## PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$G_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m<sup>3</sup>) = **26,9 kN/m<sup>3</sup>**

$G_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m<sup>3</sup>) = **26,9 kN/m<sup>3</sup>**

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18,5 °C

Limo con argilla di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00486</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 08/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 09/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 21.50 - 22.00	

## LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

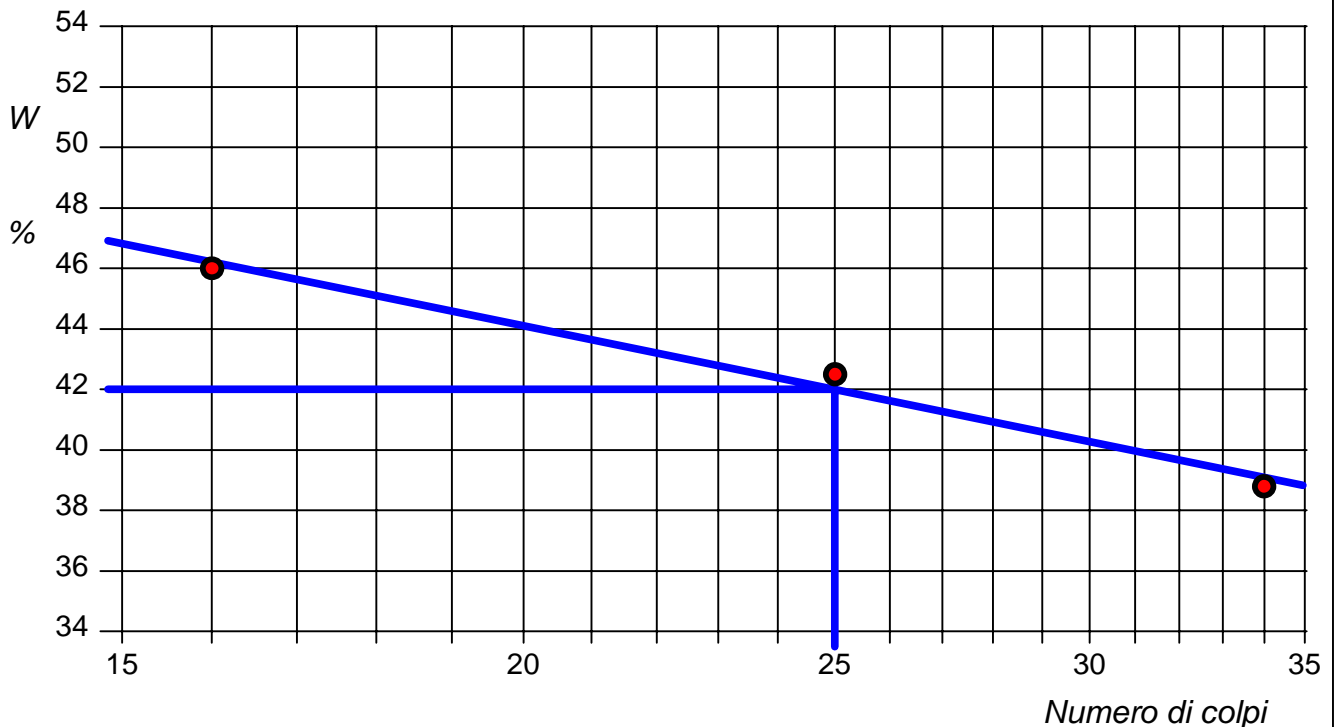
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	42,0 %
Limite di plasticità	25,7 %
Indice di plasticità	16,3 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	16	25	34		Umidità (%)	25,4	26,0
Umidità (%)	46,0	42,5	38,8		Umidità media	25,7	

### Determinazione del Limite di liquidità



Limo con argilla di colore grigio

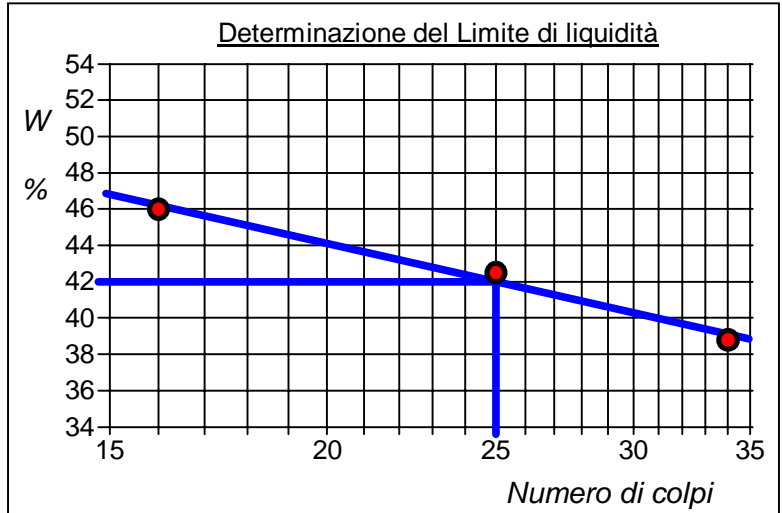
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00486</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 08/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 09/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.		
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 21.50 - 22.00

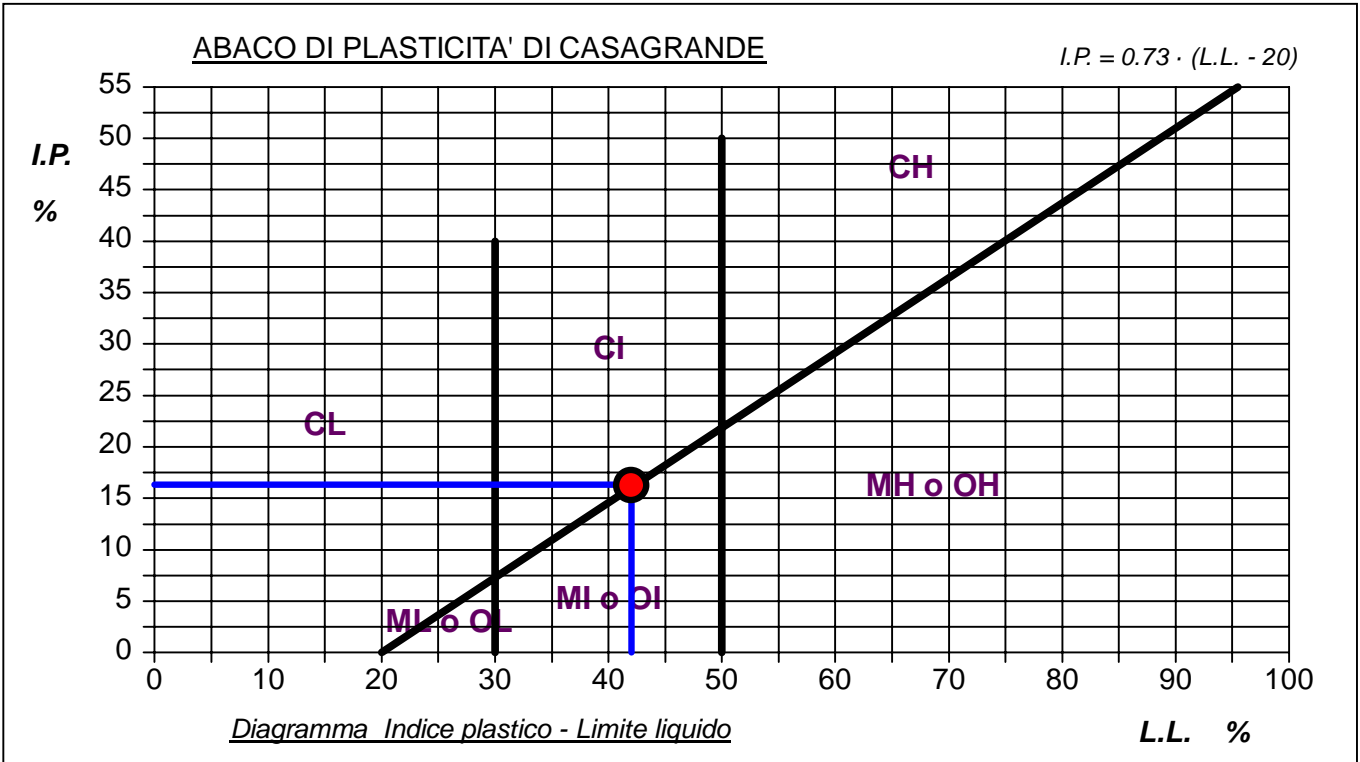
## ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	42,0	%
Limite di plasticità	25,7	%
Indice di plasticità	16,3	%
Indice di consistenza	1,36	
Passante al set. n° 40	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	<b>I - Media compressibilità</b>
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



Limo con argilla di colore grigio



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00487** Pagina 1/1

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 07/03/23

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

Apertura campione: 23.02.023

Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

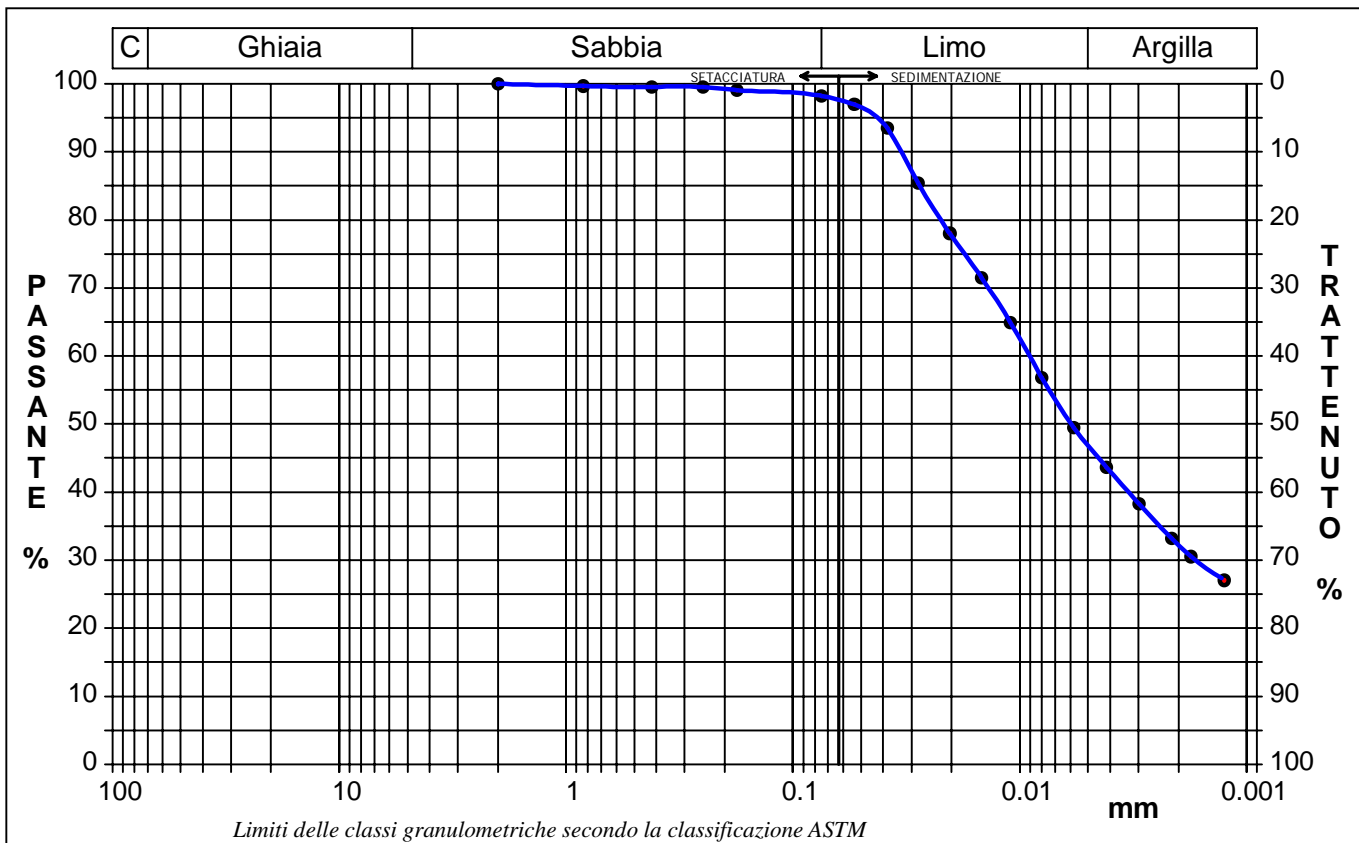
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 21.50 - 22.00

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	1,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,5 %	D30	0,00167	mm
Limo	51,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98,2 %	D50	0,00592	mm
Argilla	46,9 %			D60	0,00907	mm
Coefficiente di uniformità		---		Coefficiente di curvatura		---
				D90	0,03356	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0750	98,24	0,0147	71,47	0,0030	38,25		
0,8410	99,66	0,0536	96,97	0,0110	64,90	0,0021	33,22		
0,4200	99,53	0,0384	93,49	0,0080	56,79	0,0018	30,52		
0,2500	99,50	0,0280	85,38	0,0058	49,45	0,0013	27,04		
0,1770	99,06	0,0204	78,04	0,0042	43,65				

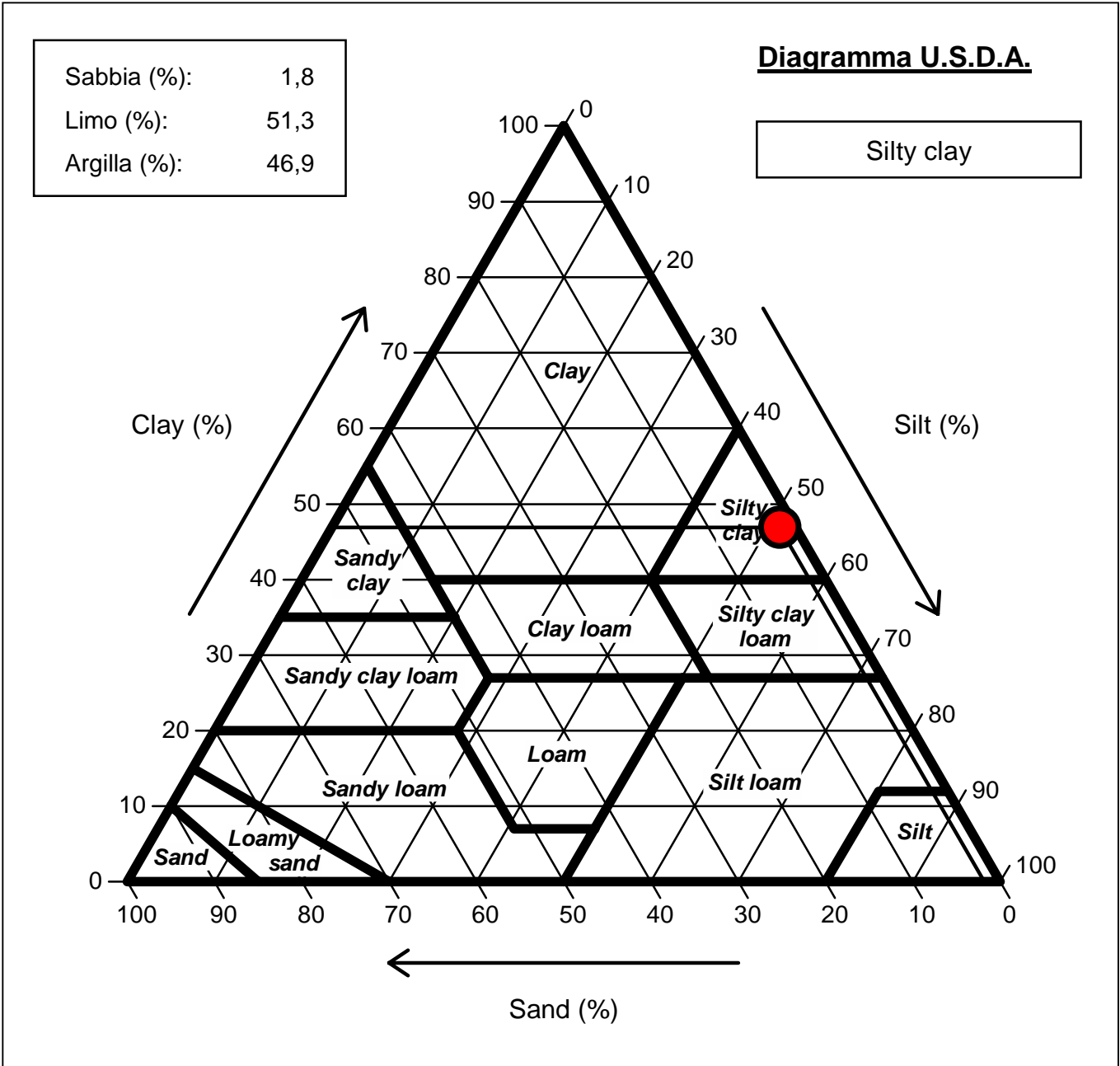
Limo con argilla di colore grigio

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00487</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 07/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.023	Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.			
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 21.50 - 22.00	

**ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE**

Modalità di prova: Norma ASTM D422



Limo con argilla di colore grigio

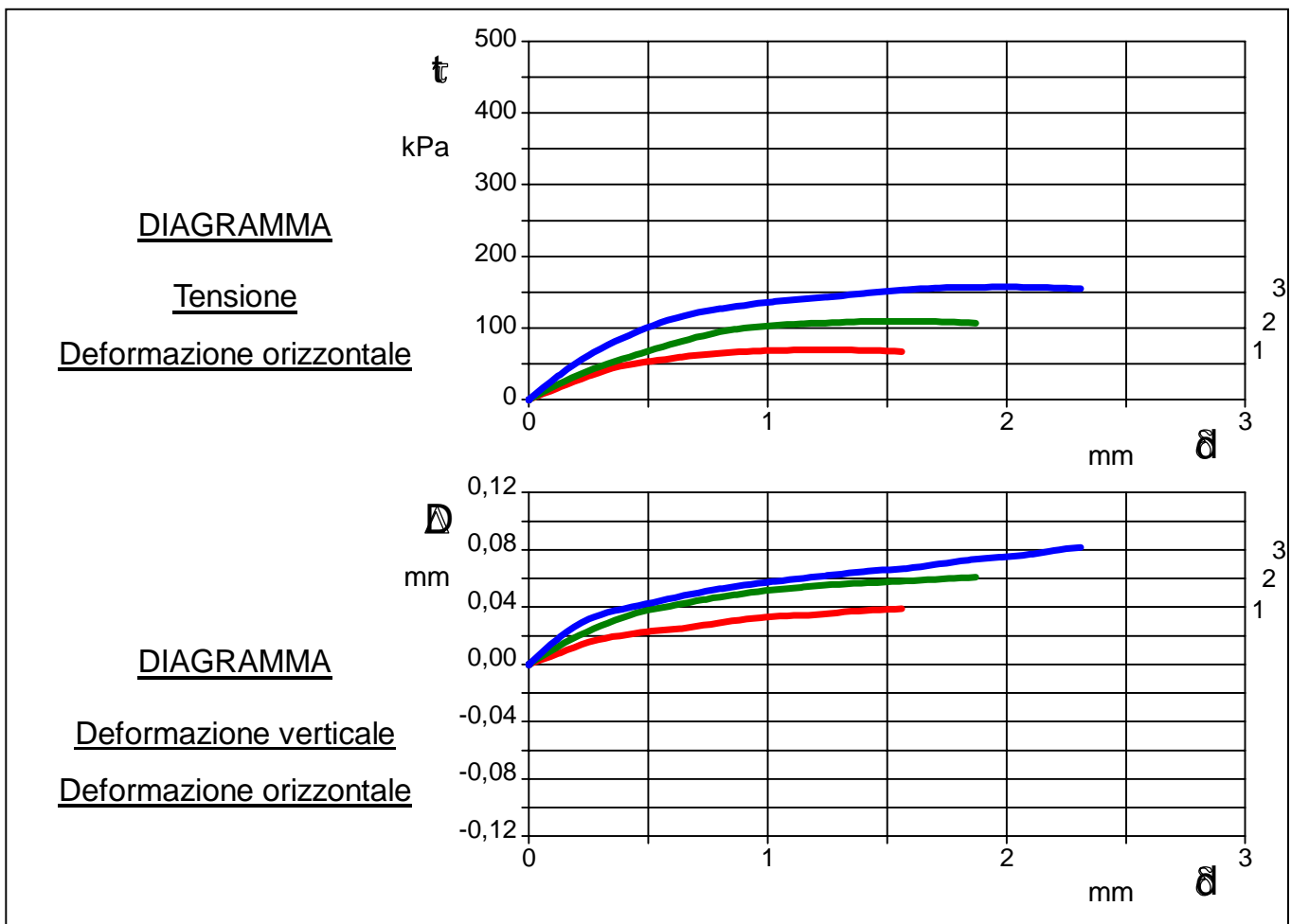
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00488</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 09/03/23	Inizio analisi: 03/03/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23		Apertura campione: 23.02.23	Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.		
RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 21.50 - 22.00

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	20,2    21,0	21,4    24,0	19,6    20,5
Peso di volume (kN/m³):	20,0	21,3	19,9
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,002 mm / min		



Limo con argilla di colore grigio



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00488**

Pagina 3/4

DATA DI EMISSIONE: 09/03/23

Inizio analisi: 03/03/23

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: VA26T del 23.02.23

Apertura campione: 23.02.2023

Fine analisi: 08/03/23

COMMITTENTE: GMT UNIPERSONALE s.r.l.

RIFERIMENTO: Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico denominato Torricelli. Comuni di Salandra e Ferrandina

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 21.50 - 22.00

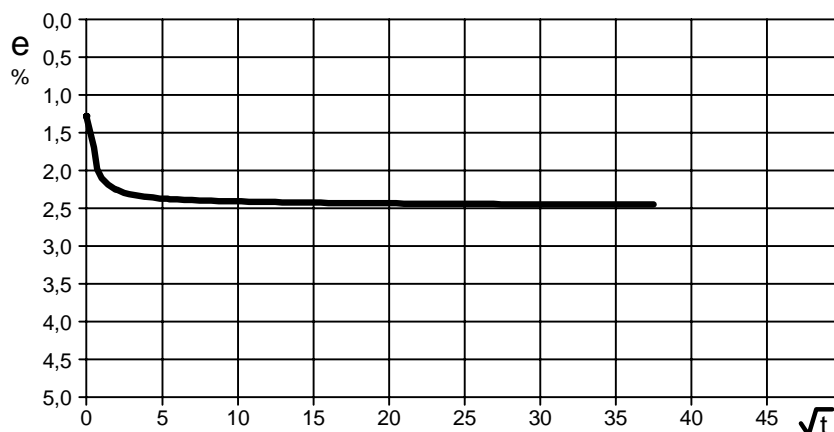
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 1

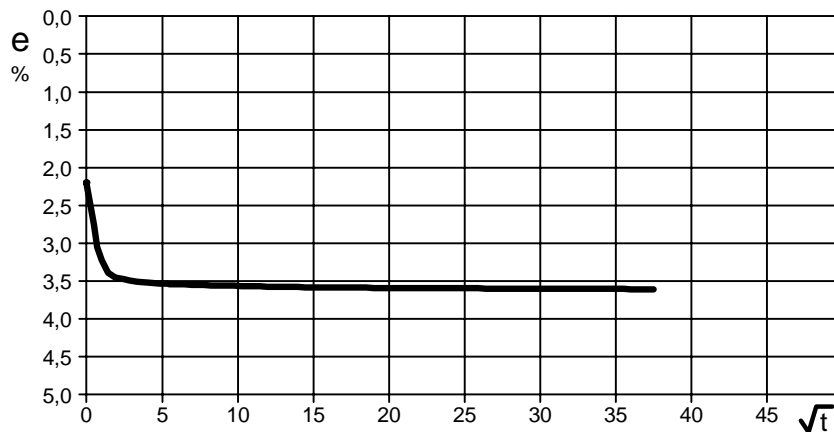
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,951
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	36,3
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,019



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 2

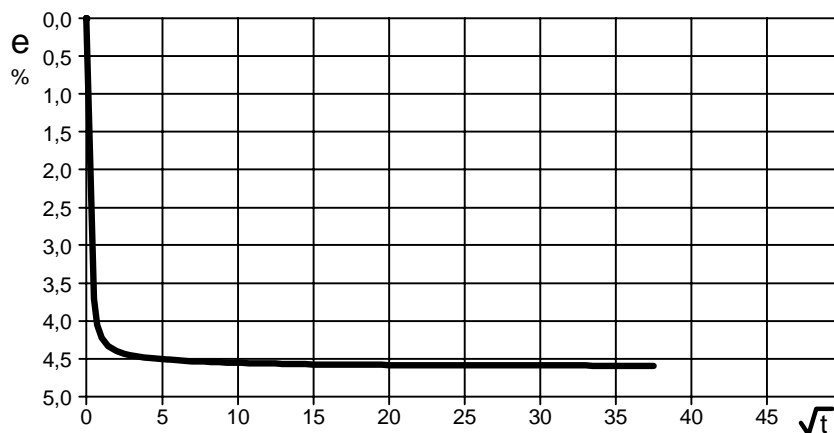
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,928
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	35,1
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



### Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

#### PROVINO 3

Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,908
Sezione (cm <sup>2</sup> ):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	35,7
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020

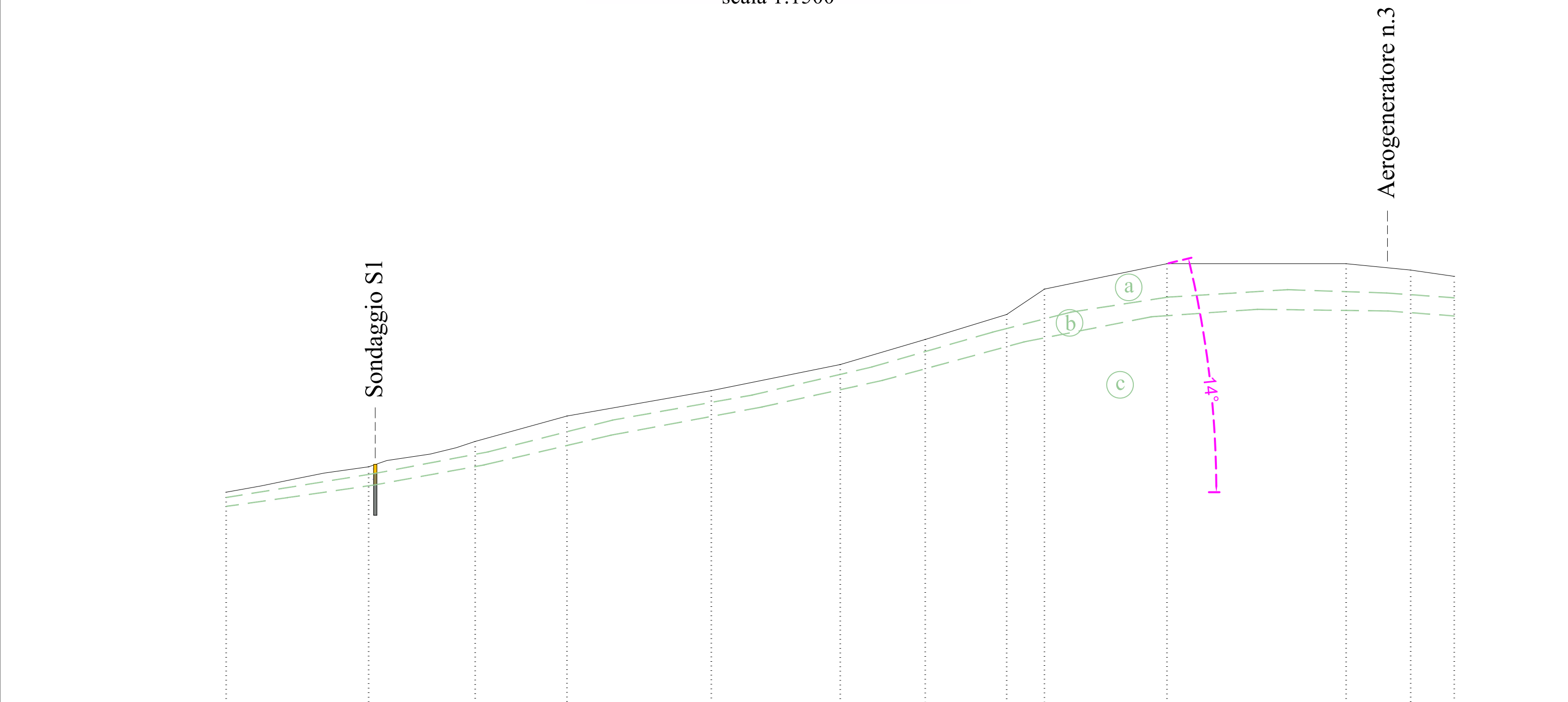


Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata

 $tf = 10 \times T_{100}$ 
 $Vs = Df / tf$

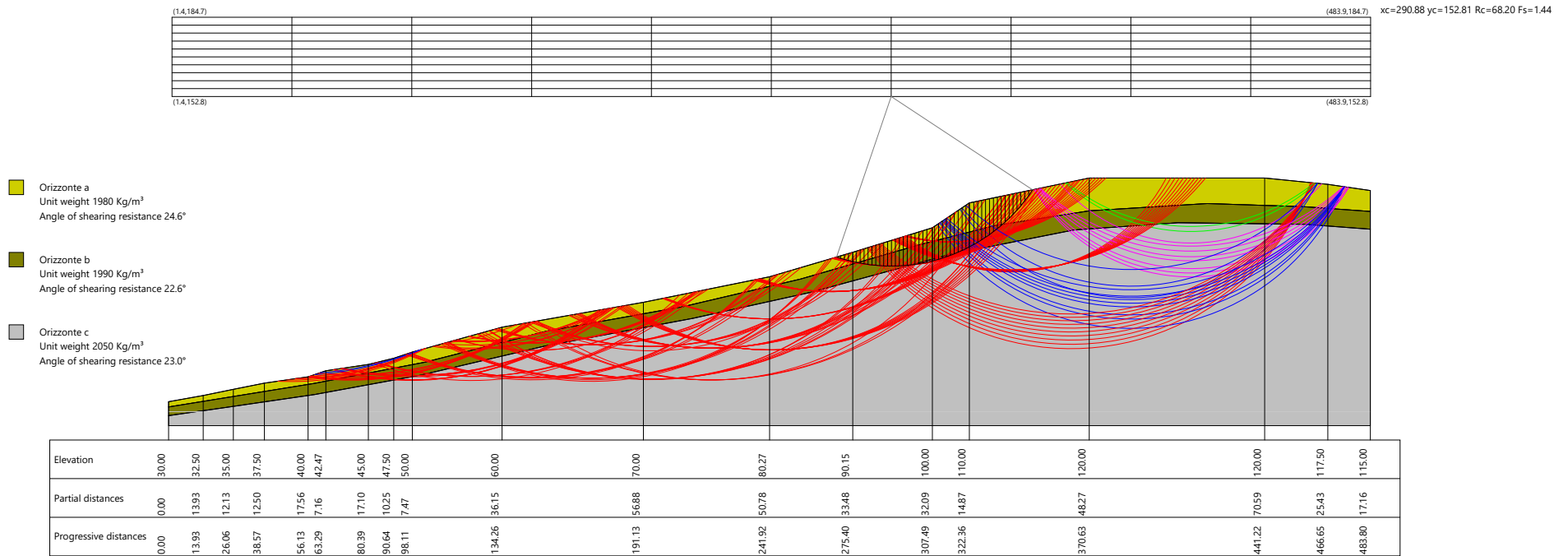


- All. 11 Sezione litotecnica x-x -  
scala 1:1500



Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Quota	420.0	430.0	440.0	450.0	460.0	470.0	480.0	490.0	500.0	510.0	510.0	507.5	505.0
Distanza Parziale		56.13	41.98	36.15	56.88	50.78	33.48	32.09	14.87	48.27	70.59	25.43	17.16
Distanza Progressiva	0.00	56.13	98.11	134.26	191.13	241.92	275.40	307.49	322.36	370.63	441.22	466.65	483.80

### All.12 Sezione x-x: Stato Attuale





## Computation report

### Fellenius method (1927)

With this method (only valid for circular form slide surfaces) interslice forces are ignored and thereby the unknowns are reduced to:

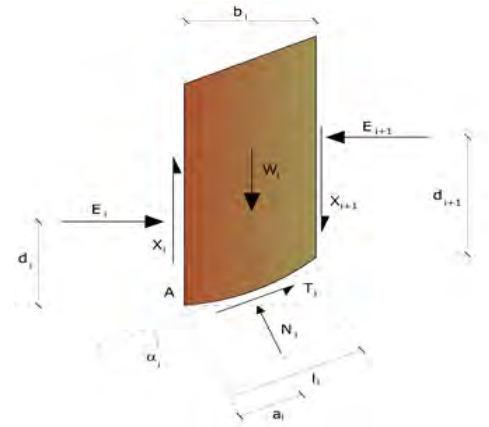
- $n$  values of normal forces  $N_i$ ;
- $n$  values of shear forces  $T_i$ ;
- $1$  Safety factor.

Unknowns  $(2n+1)$ .

The available equations are:

- $n$  equilibrium equations at the vertical displacement;
- $n$  equations relative to the failure criterion;
- $1$  equation of the global moments.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



This equation is easy to solve, but it was found that provides conservative results (low safety factors) especially for deep surfaces or at the increase in the value of the pore pressure.

Analysis of slope stability performed with : FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	40.494861/16.350611 °
Calculated according to	NTC 2018
Number of layers	3.0
Number of slices	50.0
Acceptable level of safety	1.1
Partial resistance factor	1.0
Analysis	Drained state
Circular form surface	

### Centres' grid

Lower left vertex abscissa xi	1.4 m
Lower left vertex ordinate yi	152.81 m
Upper right vertex abscissa xs	483.87 m
Upper right vertex ordinate yz	184.71 m
Search step	10.0
Number of cells along the x axis	10.0
Number of cells along the y axis	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

All.12 Sezione x-x: Stato di fatto

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.412	2.435	0.289
S.L.D.	50.0	0.53	2.452	0.321
S.L.V.	475.0	1.353	2.505	0.378
S.L.C.	975.0	1.716	2.552	0.386

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.618	0.18	0.0113	0.0057
S.L.D.	0.795	0.18	0.0146	0.0073
S.L.V.	2.0195	0.24	0.0494	0.0247
S.L.C.	2.4574	0.24	0.0601	0.0301

Horizontal seismic coefficient Kh

0.0494

Vertical seismic coefficient Kv

0.0247

Profile vertices

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	30.0
2	13.93	32.5
3	26.06	35.0
4	38.57	37.5
5	56.13	40.0
6	63.29	42.47
7	80.39	45.0
8	90.64	47.5
9	98.11	50.0
10	134.26	60.0
11	191.13	70.0
12	241.92	80.27
13	275.4	90.15
14	307.49	100.0
15	322.36	110.0
16	370.63	120.0
17	441.22	120.0
18	466.65	117.5
19	483.8	115.0

Layer vertices.....1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	27.89
2	58.72	37.39
3	103.23	45.89
4	152.22	58.38
5	207.21	68.25
6	254.36	79.31
7	301.91	93.03
8	332.77	100.91
9	370.85	106.81

All.12 Sezione x-x: Stato di fatto

10	418.12	109.76
11	457.19	108.45
12	483.8	106.57

Layer vertices.....2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	24.4
2	24.09	27.84
3	58.72	32.89
4	101.56	40.72
5	151.58	52.44
6	211.07	63.55
7	258.58	74.03
8	314.29	89.18
9	364.39	99.07
10	406.26	102.03
11	457.68	101.37
12	483.8	99.41

Actions partial coefficients

Unfavorable: Permanent, variable	1.0	1.0
Favorable: Permanent, variable	1.0	1.0

Partial factors for soil geotechnical parameters

Tangent angle of shearing resistance	1.25
Effective cohesion	1.25
Undrained cohesion	1.4
Reduction soil geotechnical parameters	No

Stratigraphy

Layer	Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Angle of shearing resistance (°)	Unit weight (Kg/m <sup>3</sup> )	Saturated weight (Kg/m <sup>3</sup> )	Lithology description
1	0.136		24.6	1980		Orizzonte a
2	0.271		22.6	1990		Orizzonte b
3	0.274		23.0	2050		Orizzonte c

Slope analysis results

Minimal Fs found	1.44
Abscissa for surface centre	290.88 m
Ordinate for surface centre	152.81 m
Surface radius	68.2 m

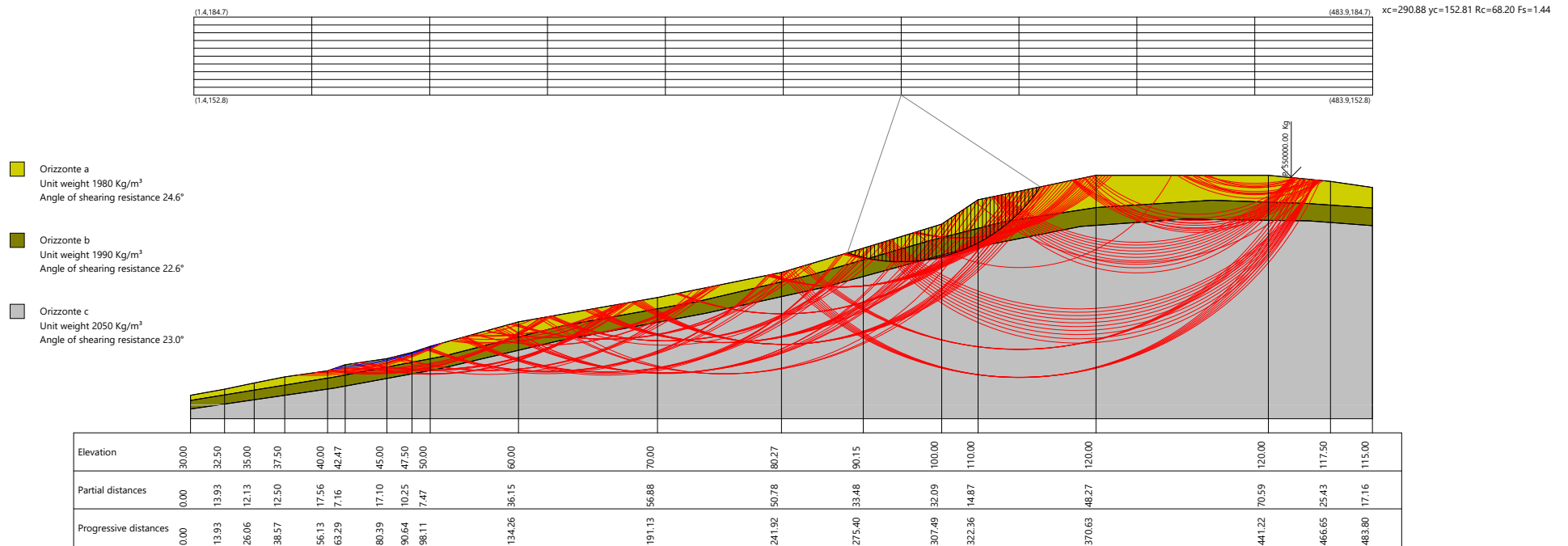
B: Slice width; Alfa: Slice base inclination angle; Li: Length of slice base; Wi: Slice weight; Ut: Forces resultant from neutral pressures.; Ni: Forces normal to slide direction; Ti: Forces parallel to slide surface; Fi: Friction angle; c: cohesion.

$$x_c = 290.881 \quad y_c = 152.806 \quad R_c = 68.20 \quad F_s = 1.438$$

## All.12 Sezione x-x: Stato di fatto

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.58	-18.1	1.7	1548.41	76.49	38.25	0.14	24.6	0.0	1532.0	-407.9
2	1.58	-16.7	1.6	4545.51	224.55	112.27	0.14	24.6	0.0	4526.0	-1090.5
3	1.58	-15.3	1.6	7412.81	366.19	183.1	0.14	24.6	0.0	7423.0	-1604.3
4	1.74	-13.9	1.8	11334.2	559.91	279.95	0.14	24.6	0.0	11409.5	-2174.4
5	1.42	-12.5	1.51	1611.86	573.63	286.81	0.14	24.6	0.0	11740.4	-1955.2
6	1.58	-11.2	1.61	5347.37	758.16	379.08	0.27	22.6	0.0	15573.1	-2244.4
7	1.58	-9.9	1.61	7791.03	878.88	439.44	0.27	22.6	0.0	18111.0	-2185.8
8	1.58	-8.5	1.62	0115.35	993.7	496.85	0.27	22.6	0.0	20531.5	-2002.1
9	1.58	-7.2	1.62	2320.54	1102.64	551.32	0.27	22.6	0.0	22829.9	-1701.7
10	1.58	-5.9	1.62	4409.03	1205.81	602.9	0.27	22.6	0.0	25004.3	-1293.5
11	1.58	-4.5	1.62	6380.13	1303.18	651.59	0.27	22.6	0.0	27050.2	-783.9
12	1.58	-3.2	1.62	8236.56	1394.89	697.44	0.27	22.6	0.0	28966.7	-184.2
13	1.58	-1.9	1.62	9976.51	1480.84	740.42	0.27	22.6	0.0	30748.9	500.1
14	1.58	-0.5	1.63	1603.01	1561.19	780.59	0.27	22.6	0.0	32397.1	1258.9
15	1.58	0.8	1.63	3113.45	1635.8	817.9	0.27	22.6	0.0	33906.0	2086.1
16	1.58	2.1	1.63	4510.54	1704.82	852.41	0.27	22.6	0.0	35276.5	2970.8
17	1.58	3.4	1.63	5791.38	1768.09	884.05	0.27	22.6	0.0	36503.9	3907.1
18	1.58	4.8	1.63	6958.42	1825.75	912.87	0.27	22.6	0.0	37589.1	4886.6
19	1.58	6.1	1.63	8008.13	1877.6	938.8	0.27	22.6	0.0	38527.7	5901.0
20	1.58	7.4	1.63	8946.04	1923.94	961.97	0.27	23.0	0.0	39324.4	6942.9
21	1.58	8.8	1.63	9780.96	1965.18	982.59	0.27	23.0	0.0	39987.8	8005.5
22	1.58	10.1	1.64	0494.46	2000.43	1000.21	0.27	23.0	0.0	40499.4	9077.2
23	1.58	11.5	1.64	1082.24	2029.46	1014.73	0.27	23.0	0.0	40854.3	10152.0
24	2.27	13.1	2.35	9913.62	2959.73	1479.87	0.27	23.0	0.0	59120.0	16479.2
25	0.88	14.5	0.92	3802.82	1175.86	587.93	0.27	23.0	0.0	23322.2	7089.6
26	1.58	15.6	1.64	3997.67	2173.49	1086.74	0.27	23.0	0.0	42851.1	13890.1
27	1.58	16.9	1.64	5873.83	2266.17	1133.08	0.27	23.0	0.0	44309.0	15528.6
28	1.58	18.3	1.74	7613.21	2352.09	1176.05	0.27	23.0	0.0	45575.8	17202.0
29	1.58	19.7	1.74	9216.45	2431.29	1215.65	0.27	23.0	0.0	46651.7	18901.1
30	1.58	21.1	1.75	0667.56	2502.98	1251.49	0.27	23.0	0.0	47522.4	20607.6
31	1.58	22.6	1.75	1981.76	2567.9	1283.95	0.27	22.6	0.0	48200.5	22322.6
32	1.58	24.0	1.75	3169.54	2626.58	1313.29	0.27	22.6	0.0	48698.9	24035.9
33	1.58	25.5	1.75	4208.58	2677.9	1338.95	0.27	22.6	0.0	48995.4	25732.8
34	1.36	26.8	1.54	7530.88	2348.03	1174.01	0.27	22.6	0.0	42394.3	23561.4
35	1.79	28.3	2.06	1890.25	3057.38	1528.69	0.27	22.6	0.0	54363.3	32075.8
36	1.58	30.0	1.85	2608.53	2598.86	1299.43	0.27	22.6	0.0	45402.3	28530.6
37	1.58	31.5	1.95	0690.99	2504.14	1252.07	0.27	22.6	0.0	42975.2	28628.4
38	1.58	33.1	1.94	8586.39	2400.17	1200.08	0.27	22.6	0.0	40407.1	28529.2
39	1.58	34.7	1.94	6288.79	2286.67	1143.33	0.27	22.6	0.0	37706.6	28215.6
40	1.58	36.3	2.04	3783.15	2162.89	1081.44	0.27	22.6	0.0	34874.8	27666.2
41	1.58	38.0	2.0	41059.8	2028.35	1014.18	0.27	22.6	0.0	31921.6	26859.6
42	1.58	39.7	2.03	8098.52	1882.07	941.03	0.27	22.6	0.0	28849.3	25768.8
43	1.58	41.4	2.1	34890.7	1723.6	861.8	0.14	24.6	0.0	25672.0	24373.1
44	1.58	43.2	2.23	1424.84	1552.39	776.19	0.14	24.6	0.0	22407.4	22646.7
45	1.58	45.1	2.22	7664.92	1366.65	683.32	0.14	24.6	0.0	19058.8	20546.2
46	1.58	47.0	2.32	3580.15	1164.86	582.43	0.14	24.6	0.0	15637.8	18030.9
47	1.58	48.9	2.41	9136.69	945.35	472.68	0.14	24.6	0.0	12166.1	15051.6
48	1.58	51.0	2.51	4289.49	705.9	352.95	0.14	24.6	0.0	8664.2	11550.7
49	1.58	53.2	2.6	8983.73	443.8	221.9	0.14	24.6	0.0	5163.4	7456.5
50	1.58	55.4	2.8	3146.61	155.44	77.72	0.14	24.6	0.0	1700.9	2679.6

### All.13 Sezione x-x: Stato futuro



## Computation report

### Fellenius method (1927)

With this method (only valid for circular form slide surfaces) interslice forces are ignored and thereby the unknowns are reduced to:

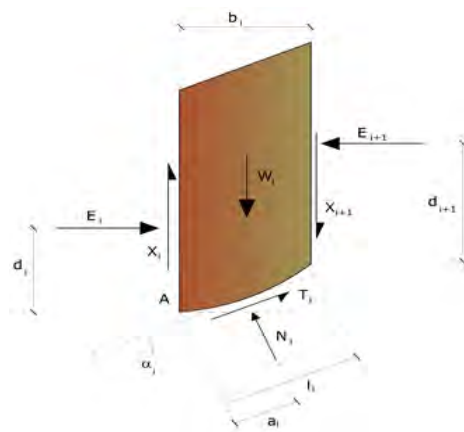
- $n$  values of normal forces  $N_i$ ;
- $n$  values of shear forces  $T_i$ ;
- $1$  Safety factor.

Unknowns  $(2n+1)$ .

The available equations are:

- $n$  equilibrium equations at the vertical displacement;
- $n$  equations relative to the failure criterion;
- $1$  equation of the global moments.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



This equation is easy to solve, but it was found that provides conservative results (low safety factors) especially for deep surfaces or at the increase in the value of the pore pressure.

Analysis of slope stability performed with : FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	40.494861/16.350611 °
Calculated according to	NTC 2018
Number of layers	3.0
Number of slices	50.0
Acceptable level of safety	1.1
Partial resistance factor	1.0
Analysis	Drained state
Circular form surface	

### Centres' grid

Lower left vertex abscissa xi	1.4 m
Lower left vertex ordinate yi	152.81 m
Upper right vertex abscissa xs	483.87 m
Upper right vertex ordinate yz	184.71 m
Search step	10.0
Number of cells along the x axis	10.0
Number of cells along the y axis	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
-----------------------	---

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.412	2.435	0.289
S.L.D.	50.0	0.53	2.452	0.321
S.L.V.	475.0	1.353	2.505	0.378
S.L.C.	975.0	1.716	2.552	0.386

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.618	0.18	0.0113	0.0057
S.L.D.	0.795	0.18	0.0146	0.0073
S.L.V.	2.0195	0.24	0.0494	0.0247
S.L.C.	2.4574	0.24	0.0601	0.0301

Horizontal seismic coefficient Kh

0.0494

Vertical seismic coefficient Kv

0.0247

## Profile vertices

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	30.0
2	13.93	32.5
3	26.06	35.0
4	38.57	37.5
5	56.13	40.0
6	63.29	42.47
7	80.39	45.0
8	90.64	47.5
9	98.11	50.0
10	134.26	60.0
11	191.13	70.0
12	241.92	80.27
13	275.4	90.15
14	307.49	100.0
15	322.36	110.0
16	370.63	120.0
17	441.22	120.0
18	466.65	117.5
19	483.8	115.0

## Layer vertices.....1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	27.89
2	58.72	37.39
3	103.23	45.89
4	152.22	58.38
5	207.21	68.25
6	254.36	79.31
7	301.91	93.03
8	332.77	100.91

All.13 Sezione x-x: Stato futuro

9	370.85	106.81
10	418.12	109.76
11	457.19	108.45
12	483.8	106.57

Layer vertices.....2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	24.4
2	24.09	27.84
3	58.72	32.89
4	101.56	40.72
5	151.58	52.44
6	211.07	63.55
7	258.58	74.03
8	314.29	89.18
9	364.39	99.07
10	406.26	102.03
11	457.68	101.37
12	483.8	99.41

Actions partial coefficients

Unfavorable: Permanent, variable	1.0	1.0
Favorable: Permanent, variable	1.0	1.0

Partial factors for soil geotechnical parameters

Tangent angle of shearing resistance	1.25
Effective cohesion	1.25
Undrained cohesion	1.4
Reduction soil geotechnical parameters	No

Stratigraphy

Layer	Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Angle of shearing resistance (°)	Unit weight (Kg/m <sup>3</sup> )	Saturated weight (Kg/m <sup>3</sup> )	Lithology description
1	0.136		24.6	1980		Orizzonte a
2	0.271		22.6	1990		Orizzonte b
3	0.274		23.0	2050		Orizzonte c

Concentrated loads

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	450.55	119.32	0	550000	0

Slope analysis results

Minimal Fs found	1.44
Abscissa for surface centre	290.88 m
Ordinate for surface centre	152.81 m
Surface radius	68.2 m



All.13 Sezione x-x: Stato futuro

B: Slice width; Alfa: Slice base inclination angle; Li: Length of slice base; Wi: Slice weight; Ut: Forces resultant from neutral pressures.; Ni: Forces normal to slide direction; Ti: Forces parallel to slide surface; Fi: Friction angle; c: cohesion.

$$xc = 290.881 \quad yc = 152.806 \quad Rc = 68.20 \quad Fs=1.438$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.58	-18.1	1.7	1548.41	76.49	38.25	0.14	24.6	0.0	1532.0	-407.9
2	1.58	-16.7	1.6	4545.51	224.55	112.27	0.14	24.6	0.0	4526.0	-1090.5
3	1.58	-15.3	1.6	7412.81	366.19	183.1	0.14	24.6	0.0	7423.0	-1604.3
4	1.74	-13.9	1.8	11334.2	559.91	279.95	0.14	24.6	0.0	11409.5	-2174.4
5	1.42	-12.5	1.5	11611.86	573.63	286.81	0.14	24.6	0.0	11740.4	-1955.2
6	1.58	-11.2	1.6	15347.37	758.16	379.08	0.27	22.6	0.0	15573.1	-2244.4
7	1.58	-9.9	1.6	17791.03	878.88	439.44	0.27	22.6	0.0	18111.0	-2185.8
8	1.58	-8.5	1.6	20115.35	993.7	496.85	0.27	22.6	0.0	20531.5	-2002.1
9	1.58	-7.2	1.6	22320.54	1102.64	551.32	0.27	22.6	0.0	22829.9	-1701.7
10	1.58	-5.9	1.6	24409.03	1205.81	602.9	0.27	22.6	0.0	25004.3	-1293.5
11	1.58	-4.5	1.6	26380.13	1303.18	651.59	0.27	22.6	0.0	27050.2	-783.9
12	1.58	-3.2	1.6	28236.56	1394.89	697.44	0.27	22.6	0.0	28966.7	-184.2
13	1.58	-1.9	1.6	29976.51	1480.84	740.42	0.27	22.6	0.0	30748.9	500.1
14	1.58	-0.5	1.6	31603.01	1561.19	780.59	0.27	22.6	0.0	32397.1	1258.9
15	1.58	0.8	1.6	33113.45	1635.8	817.9	0.27	22.6	0.0	33906.0	2086.1
16	1.58	2.1	1.6	34510.54	1704.82	852.41	0.27	22.6	0.0	35276.5	2970.8
17	1.58	3.4	1.6	35791.38	1768.09	884.05	0.27	22.6	0.0	36503.9	3907.1
18	1.58	4.8	1.6	36958.42	1825.75	912.87	0.27	22.6	0.0	37589.1	4886.6
19	1.58	6.1	1.6	38008.13	1877.6	938.8	0.27	22.6	0.0	38527.7	5901.0
20	1.58	7.4	1.6	38946.04	1923.94	961.97	0.27	23.0	0.0	39324.4	6942.9
21	1.58	8.8	1.6	39780.96	1965.18	982.59	0.27	23.0	0.0	39987.8	8005.5
22	1.58	10.1	1.6	40494.46	2000.43	1000.21	0.27	23.0	0.0	40499.4	9077.2
23	1.58	11.5	1.6	41082.24	2029.46	1014.73	0.27	23.0	0.0	40854.3	10152.0
24	2.27	13.1	2.3	59913.62	2959.73	1479.87	0.27	23.0	0.0	59120.0	16479.2
25	0.88	14.5	0.9	23802.82	1175.86	587.93	0.27	23.0	0.0	23322.2	7089.6
26	1.58	15.6	1.6	43997.67	2173.49	1086.74	0.27	23.0	0.0	42851.1	13890.1
27	1.58	16.9	1.6	45873.83	2266.17	1133.08	0.27	23.0	0.0	44309.0	15528.6
28	1.58	18.3	1.7	47613.21	2352.09	1176.05	0.27	23.0	0.0	45575.8	17202.0
29	1.58	19.7	1.7	49216.45	2431.29	1215.65	0.27	23.0	0.0	46651.7	18901.1
30	1.58	21.1	1.7	50667.56	2502.98	1251.49	0.27	23.0	0.0	47522.4	20607.6
31	1.58	22.6	1.7	51981.76	2567.9	1283.95	0.27	22.6	0.0	48200.5	22322.6
32	1.58	24.0	1.7	53169.54	2626.58	1313.29	0.27	22.6	0.0	48698.9	24035.9
33	1.58	25.5	1.7	54208.58	2677.9	1338.95	0.27	22.6	0.0	48995.4	25732.8
34	1.36	26.8	1.5	47530.88	2348.03	1174.01	0.27	22.6	0.0	42394.3	23561.4
35	1.79	28.3	2.0	61890.25	3057.38	1528.69	0.27	22.6	0.0	54363.3	32075.8
36	1.58	30.0	1.8	52608.53	2598.86	1299.43	0.27	22.6	0.0	45402.3	28530.6
37	1.58	31.5	1.9	50690.99	2504.14	1252.07	0.27	22.6	0.0	42975.2	28628.4
38	1.58	33.1	1.9	48586.39	2400.17	1200.08	0.27	22.6	0.0	40407.1	28529.2
39	1.58	34.7	1.9	46288.79	2286.67	1143.33	0.27	22.6	0.0	37706.6	28215.6
40	1.58	36.3	2.0	43783.15	2162.89	1081.44	0.27	22.6	0.0	34874.8	27666.2
41	1.58	38.0	2.0	41059.8	2028.35	1014.18	0.27	22.6	0.0	31921.6	26859.6
42	1.58	39.7	2.0	38098.52	1882.07	941.03	0.27	22.6	0.0	28849.3	25768.8
43	1.58	41.4	2.1	34890.7	1723.6	861.8	0.14	24.6	0.0	25672.0	24373.1
44	1.58	43.2	2.2	31424.84	1552.39	776.19	0.14	24.6	0.0	22407.4	22646.7
45	1.58	45.1	2.2	27664.92	1366.65	683.32	0.14	24.6	0.0	19058.8	20546.2
46	1.58	47.0	2.3	23580.15	1164.86	582.43	0.14	24.6	0.0	15637.8	18030.9
47	1.58	48.9	2.4	19136.69	945.35	472.68	0.14	24.6	0.0	12166.1	15051.6

All.13 Sezione x-x: Stato futuro

48	1.58	51.0	2.514289.49	705.9	352.95	0.14	24.6	0.0	8664.2	11550.7
49	1.58	53.2	2.6 8983.73	443.8	221.9	0.14	24.6	0.0	5163.4	7456.5
50	1.58	55.4	2.8 3146.61	155.44	77.72	0.14	24.6	0.0	1700.9	2679.6



- All. 14 Stralcio PAI -  
scala 1:9000

Area Pozzo Eni  
Mastevito 1

	Piazzole di manovra
	Viabilità di cantiere
	ASV - Aree assoggettate a verifica idrogeologica
	P - Aree Pericolose
	R1 - Rischio Idrogeologico Moderato
	R2 - Rischio Idrogeologico Medio
	R3 - Rischio Idrogeologico Elevato
	R4 - Rischio Idrogeologico Molto Elevato
	Rb - Areale Bonificato

Timpa sant'Angelo

