

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCHI EOLICI "Volturara - Motta Montecorvino"

**ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING
DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI**



Edison Rinnovabili Spa
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano



RIA

Progettazione Coordinamento	 VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING <small>via dell'Industria n. 11/12 - 71018 Lucera (FG) - Tel. 0881 796251 - Fax 1784412324 email: info@vegasas.it, website: www.vegasas.it</small>	Studi Ambientali e Paesaggistici	Arch. Antonio Demaio Via N. dell'Carri, 48 - 71121 Foggia (FG) Tel. 0881.796251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com
Studio Geologico-terrazzico	dott. geol. Di Carlo Matteo Viale Virgilio, 30, 71036 Lucera (FG) Ordine dei Geologi di Puglia n.75 Tel./Fax 0881 Cell. 335 5340316 E-Mail: dcarlomatteo@hotmail.com	Studio Acustico	Arch. Denora Marianna Via Savona, 3 71022 Altamura (BA) Tel./Fax 086 9162455 Cell. 3315600322 E-Mail: info@studiodiprogettazioneacustica.it
Studi Naturalistici e Forestali	Dott. Forestale Luigi Lupo Via Mario Pagano 47 - 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	Studio Mittico	Studio di ingegneria Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia Tel./Fax 0881.070126 Cell. 333.22.22.22 E-Mail: lauragiordano@tin.it
Progettazione elettrica	 STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71018 Sani Severo (FG) Tel. 0882.228012 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiodimezzina.net	Studio astrofisico	 Dott. Francesco Rossi Tel. 340.8065188 E-Mail: danisuscoop@gmail.com

B

Progetto di Integrale Ricostruzione di n. 1 impianto eolico composto da 8 aerogeneratori da 6,6 MW per una potenza complessiva di 52,8 MW nei Comuni di Volturara Appula - Motta Montecorvino ed opere di connessione nel comune di Volturara alle località "Coppa S.Pietro - Toppo Crocella" con smantellamento di n. 19 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 11,4 MW.

Stema Elaborato: VIA_02_86VTAD7-RGEO_Relazione geologica	Foglio: VIA_02_Relazioni tecniche e di progetto
--	---

Descrizione Elaborato:
Relazione geologica

00	Ottobre 2023	Emissione per progetto definitivo	VEGA	Arch. A. Demaio	Edison Rinnovabili SpA
Riv.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

Scala: —

Formato: B) Integrale Ricostruzione Volturara - Motta Montecorvino
Codice progetto AtJ | **86VTAD7** |

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E COORDINATE	3
3	SCHEMA TETTONICO DELL'AREA MEDITERRANEA	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	7
5	GEOLOGIA PARTICOLAREGGIATA DELLA ZONA OGGETTO DI STUDIO	16
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	20
7	CARATTERI SISMICI DEL TERRITORIO	26
8	CLASSIFICAZIONE SISMICA	29
9	ZONIZZAZIONE SIMOGENETICA	31
1.1.	RISPOSTA SISMICA LOCALE	35
10	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	42
2.1.	CATEGORIE TOPOGRAFICHE	42
11	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	43
12	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO E IDROLOGICO GENERALE	49
2.2.	MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO	52
2.3.	VINCOLI PIANO DI ASSETTO IDROGEOMORFOLOGICO (PAI) - PERICOLOSITÀ IDRAULICA	53
2.4.	VINCOLI PIANO DI ASSETTO IDROGEOMORFOLOGICO (PAI) - PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	54
13	CONCLUSIONI	55
14	ELENCO ALLEGATI	57

1 PREMESSA

La Società EDISON RINNOVABILI S.p.A. ha commissionato al sottoscritto il presente studio di compatibilità geologica, idrogeomorfologica e sismica, inerente al Progetto di Integrale Ricostruzione dei Parc Eolico "Volturino-Volturara" di proprietà della proponente, con conseguente adeguamento tecnico dell'impianto eolico, mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- il progetto B costituito da 8 Aerogeneratori con potenza nominale di 6.6 MW per una capacità produttiva complessiva pari a 52.8 MW 6 nel comune di Volturara e 2 nel comune di Motta Montecorvino con Sottostazione Elettrica nel comune di Volturara, andranno a sostituire le attuali n. 19 WTG (modello Enercon E40, diametro 44m, hub 46 m e potenza unitaria 600 kW/WTG), di cui 14 nel comune di Volturara Appula e 5 nel comune di Motta Montecorvino, per una potenza totale di 11,4 MW.

Scopo dello studio, è quello di stabilire la natura litologica dei terreni affioranti nell'area in studio, per risalire al loro prevedibile comportamento in dipendenza dei fattori geomorfologici, stratigrafici, tettonici, idrogeologici e geomeccanici, A tale scopo è stato eseguito un rilevamento geologico dell'area oggetto di studio, che ha consentito di tracciare un quadro generale della variabilità litologica dei terreni e dei fenomeni macroscopici connessi con le modificazioni e le alterazioni del suolo, con finalità geomorfologiche e geomeccaniche applicative, come previsto dalla normativa vigente.

Il presente studio geologico è stato redatto in ottemperanza alle leggi vigenti ed in particolare a:

- **Legge 64/74**
- **DM 11/03/1988** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la **stabilità** dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno e delle opere di fondazione" e successive modifiche ed integrazioni
- **D.M LL.PP.** del 24/01/1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche"
- **D.M. LL.PP.** del 14/01/2008 (G.U n. 29 del 04/02/2008)
- **Circolare** del 02/02/2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- **D.M. 17/01/2018 pubblicato** sul S.O. - G.U 20 febbraio 2018 n. 42 "Norme tecniche per le costruzioni"
- **Raccomandazioni dell'AGI in merito alle indagini geognostiche in situ ed alle indagini geotecniche di laboratorio**
- **Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) emanato dall'Autorità di Bacino della Puglia.**

Stando alla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB Puglia, le aree di sedime delle fondazioni degli aerogeneratori non rientrano in aree soggette a vincolo sia dal punto di vista della pericolosità geomorfologica, che dal punto di vista della pericolosità idraulica. Come da cartografia allegata, scaricata dall'Autorità di Bacino della Puglia, nessuno dei 6 Aerogeneratori ricade in aree vincolate.

La Caratterizzazione e la Modellazione Geologica del Sito è stata eseguita con la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, della pericolosità geologica del territorio. In considerazione degli interventi da realizzare e della complessità del contesto geologico sono state eseguite specifiche indagini finalizzate alla documentata ricostruzione del "**modello geologico**". I metodi e i risultati delle indagini verranno esaurientemente esposti e commentati in questa Relazione Geologica. Sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nella zona interessata e si è portato a termine il seguente piano di lavoro:

- Ricerca bibliografica di pubblicazioni e studi di carattere geologico effettuati nell'area d'interesse.
- Rilevamento geologico e geomorfologico di un'area sufficientemente ampia e delle zone specificatamente interessate dalle opere di progetto;
- Raccolta di indagini geognostiche precedentemente eseguite ed altre informazioni e dati provenienti da precedenti studi di carattere geologico-geotecnico-sismico-idrogeologico e idraulico, in particolare sono state utilizzate le indagini geognostiche eseguite direttamente dal sottoscritto e precisamente le indagini in sito e di laboratorio relative alla realizzazione del parco eolico esistente

Sono state eseguite 5 tomografia sismica e 3 MASW

Obiettivo dello studio è stato quello di fornire un quadro di riferimento geologico e tecnico dei terreni affioranti nell'area esaminata al fine di una congrua valutazione delle caratteristiche geostrutturali per le conseguenti scelte progettuali.

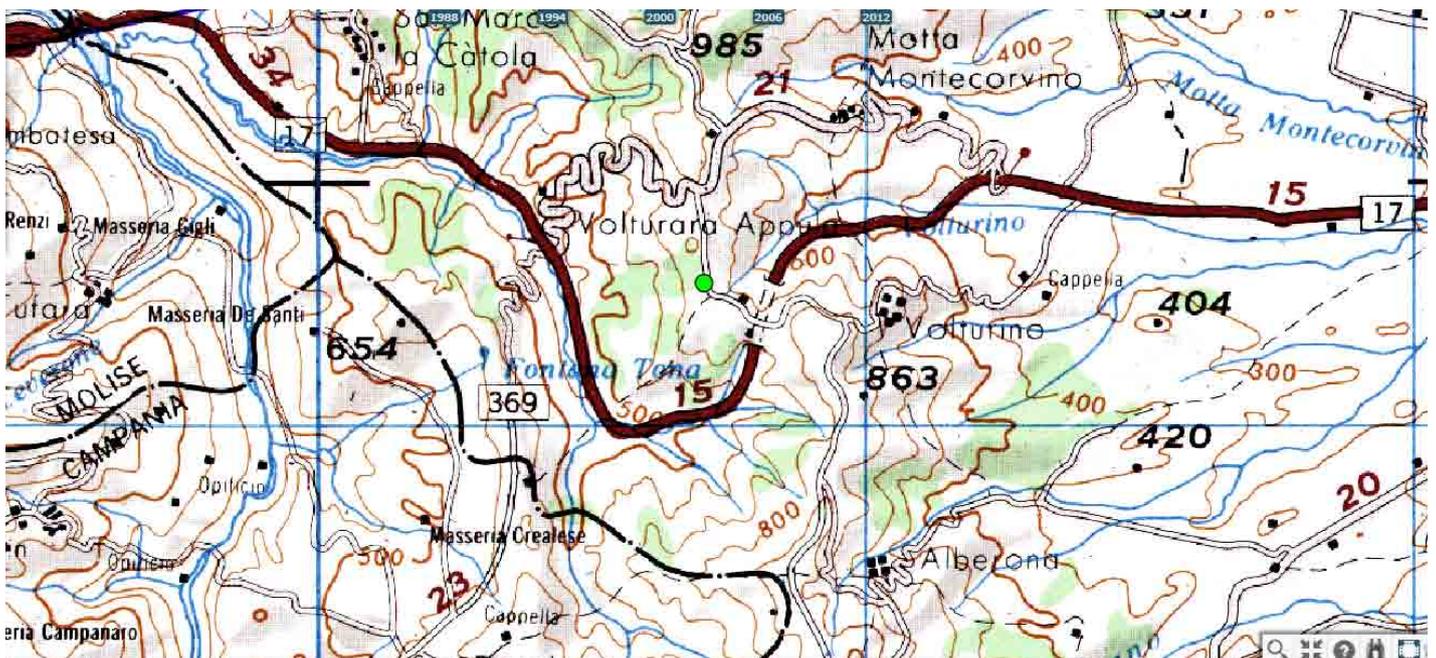
Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E COORDINATE

COORDINATE WGS84 FUSO 33N

IMPIANTO B

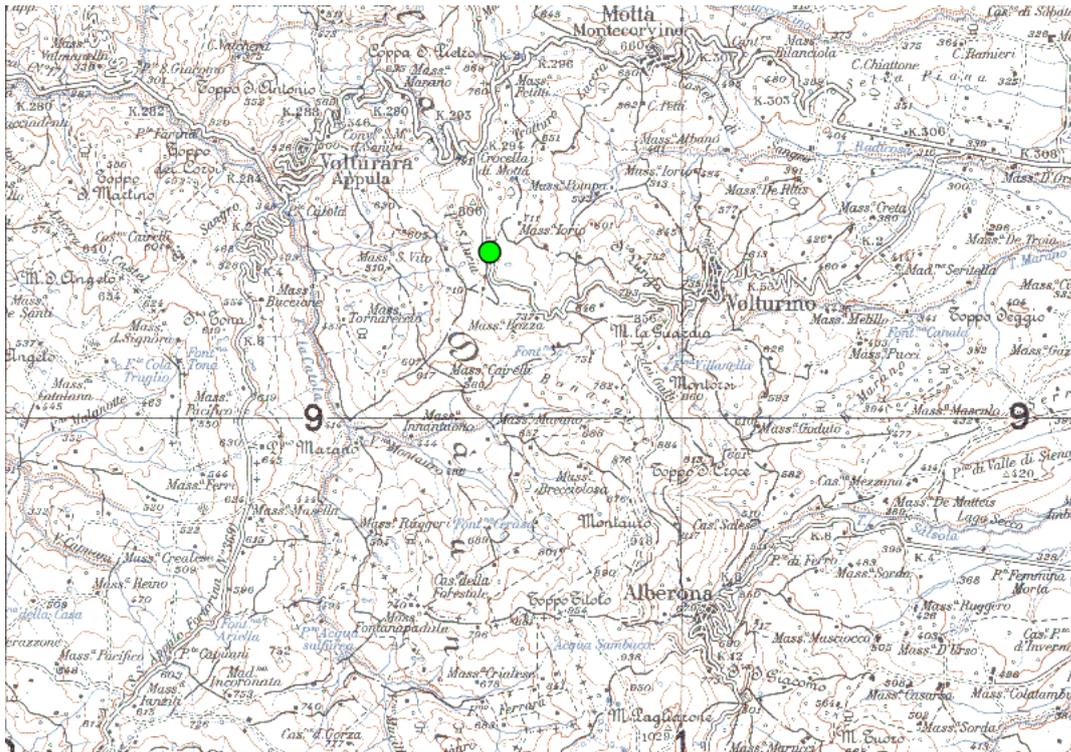
WTG	Longitudine (Est)	Latitudine (Nord)
1	506701.83	4595410.51
2	506639.95	4594881.09
3	506741.39	4594445.18
4	506728.54	4594031.40
5	506728.00	4594031.00
6	506894.91	4592854.51
7	507387.57	4592913.82
8	507214.24	4592423.69
SSE	505284.43	4594778.36



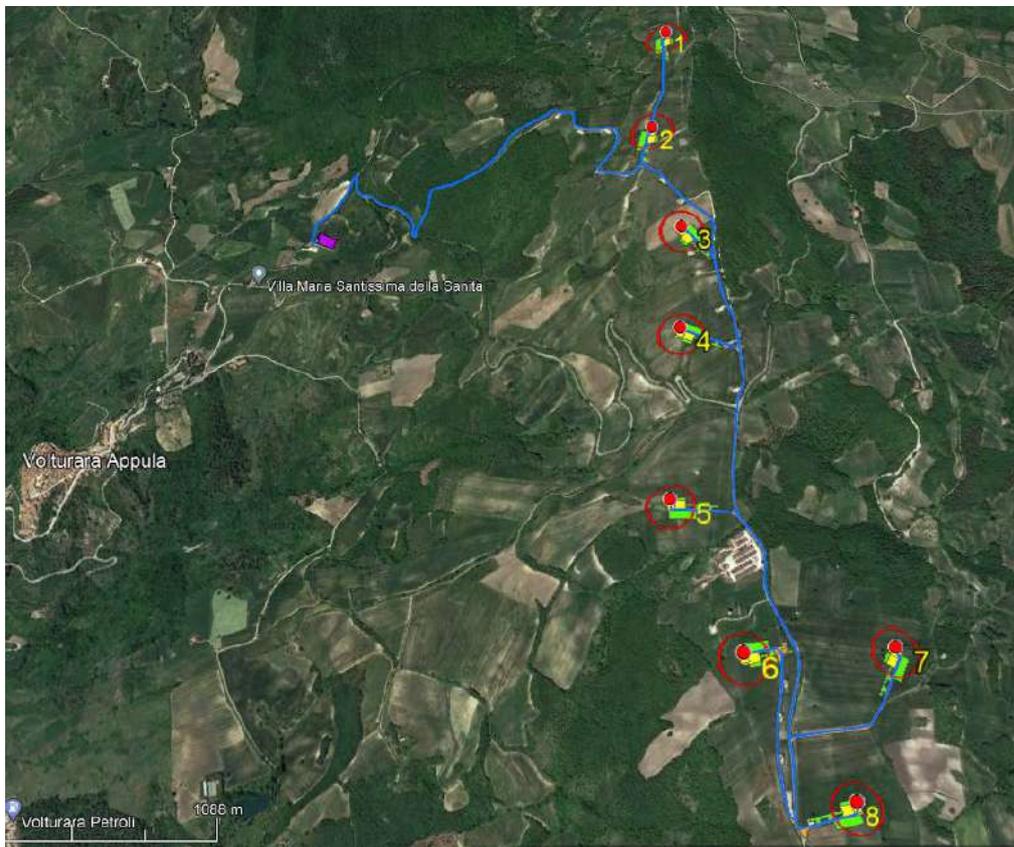
Localizzazione Area Impianto su base IGM 1:250.000

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".

Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.



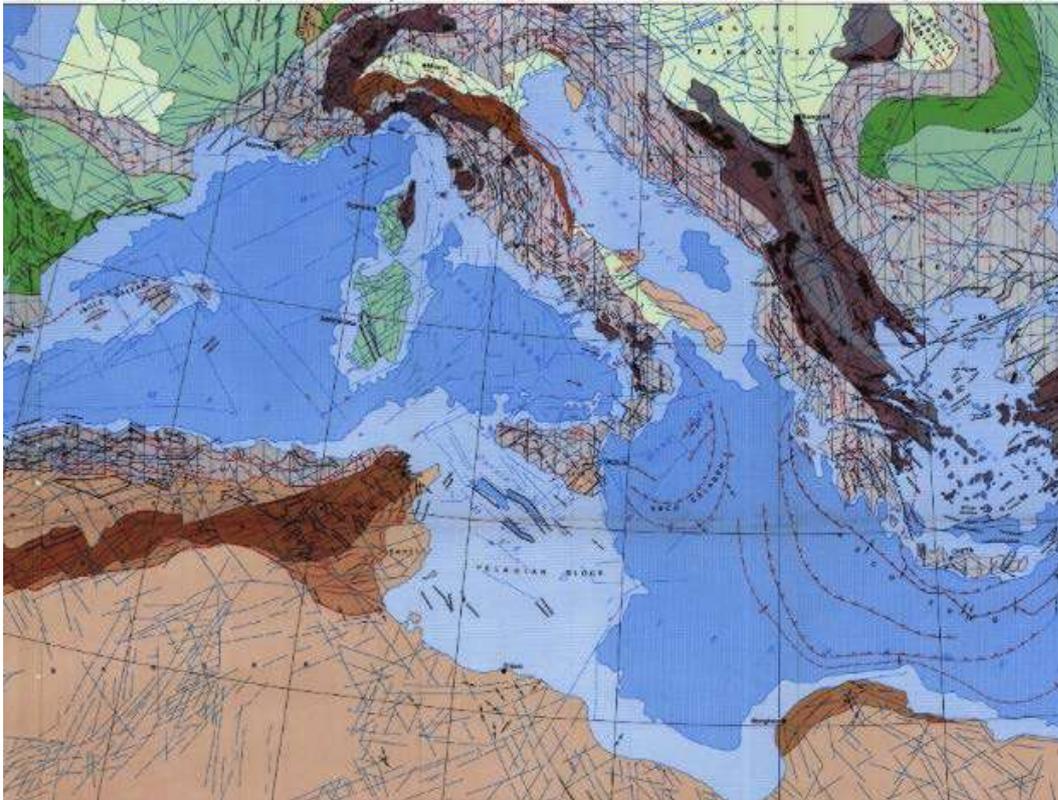
Localizzazione Area Impianto B su base IGM 1:25.000



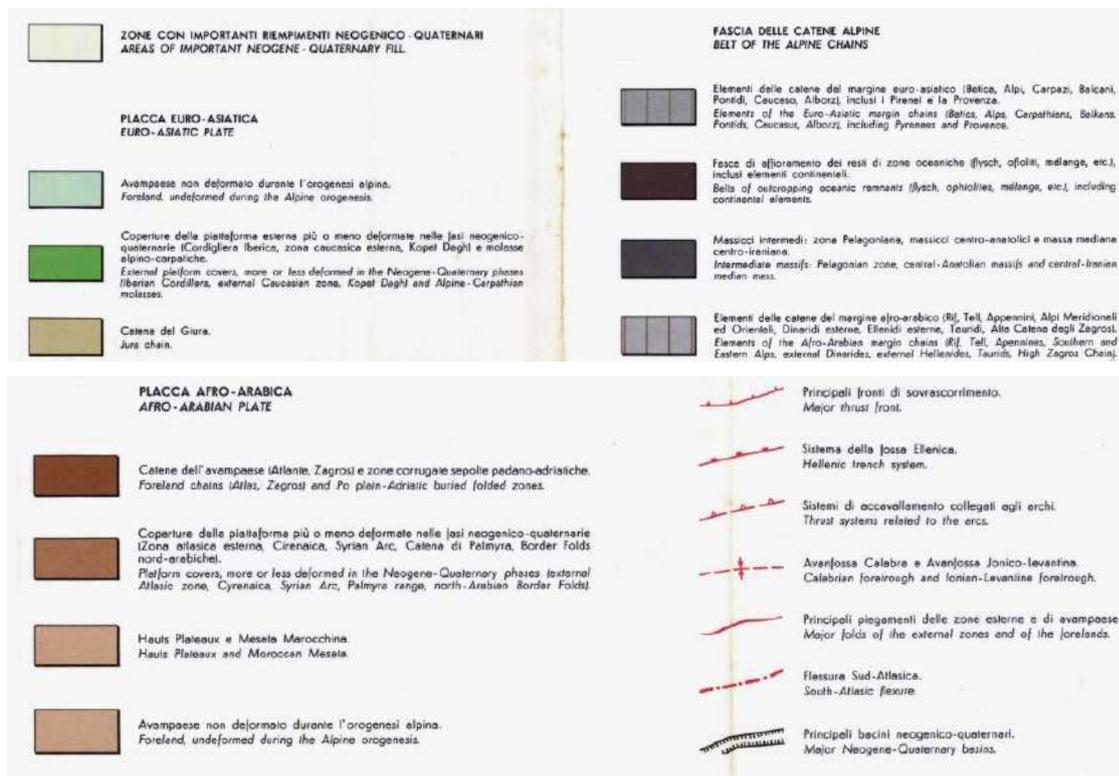
Localizzazione parco eolico di progetto IMPIANTO B, Aerogeneratori 7 e 8 nel comune di Motta M.no e Aerogeneratori 1-2-3-4-5 e 6 on annessa Sottostazione Elettrica nel comune di Volturara Appula

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

3 SCHEMA TETTONICO DELL'AREA MEDITERRANEA



Schema Tettonico area Mediterranea da Boccaletti M. & Danieli P. 1982



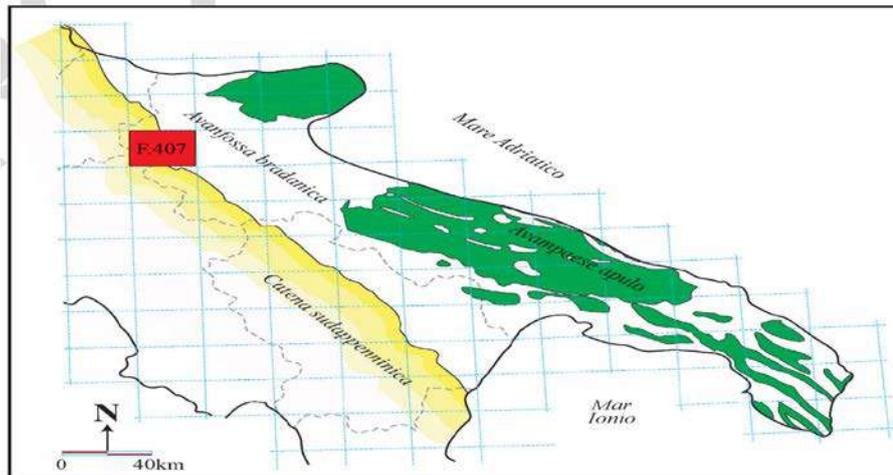
Legenda Schema Tettonico Area Mediterranea da Boccaletti M. & Danieli P. 1982

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

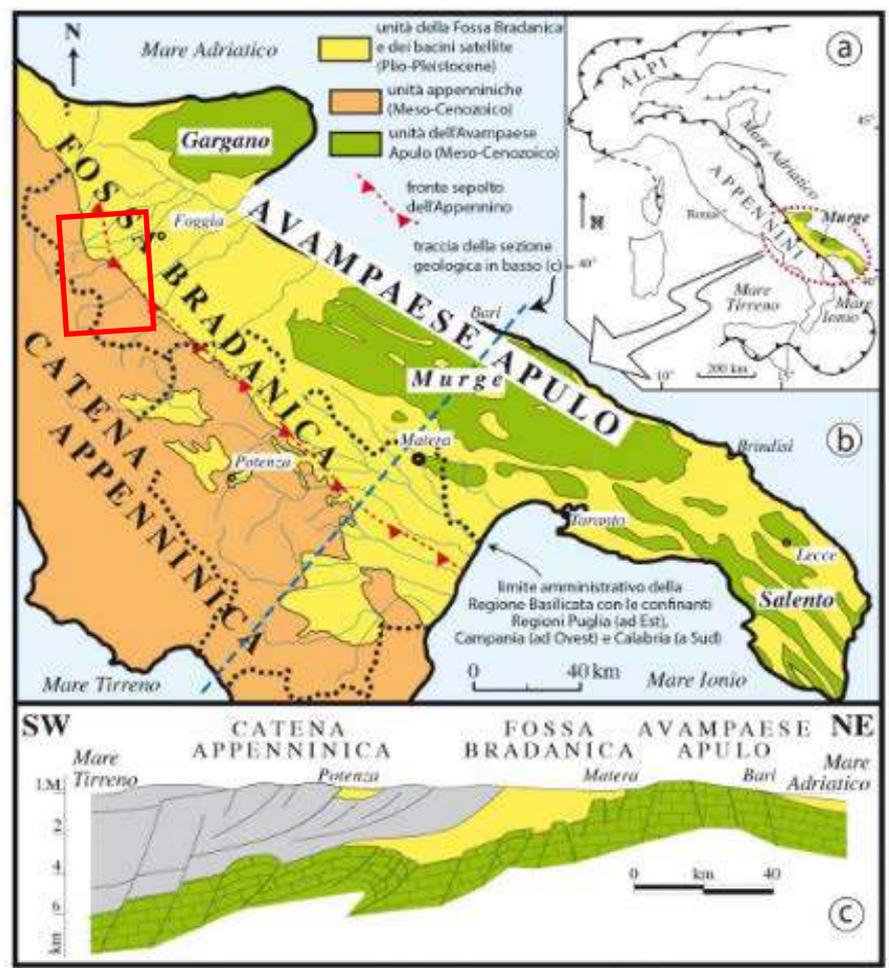
La genesi della Catena dell'Appennino Meridionale inizia nell'Oligocene Superiore-Miocene e deriva dall'evoluzione del margine continentale passivo mesozoico e dalla sua inversione in margine attivo durante la subduzione della placca Adriatica verso ovest. La tettonica compressiva è stata quindi la causa dell'impilamento delle diverse unità di derivazione differente e della geometria a pieghe e sovrascorrimenti (fold-and-thrust belt) est-vergente che la catena possiede attualmente. La struttura profonda dell'Appennino meridionale è definita, come ben noto, da un sistema duplex sepolto di carbonati mesozoico-terziari derivanti dal margine interno della Piattaforma Apula ricoperto da un sistema di falde di provenienza occidentale. Il sistema di falde comprende unità di piattaforma, scarpata e bacino la cui ricostruzione palinspastica è tuttora oggetto di discussione.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE



Ubicazione del Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo" nel quadro dell'Italia meridionale.



Inquadramento tettonico dell'Appennino campano lucano e dell'avanfossa-avampaese pugliese

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

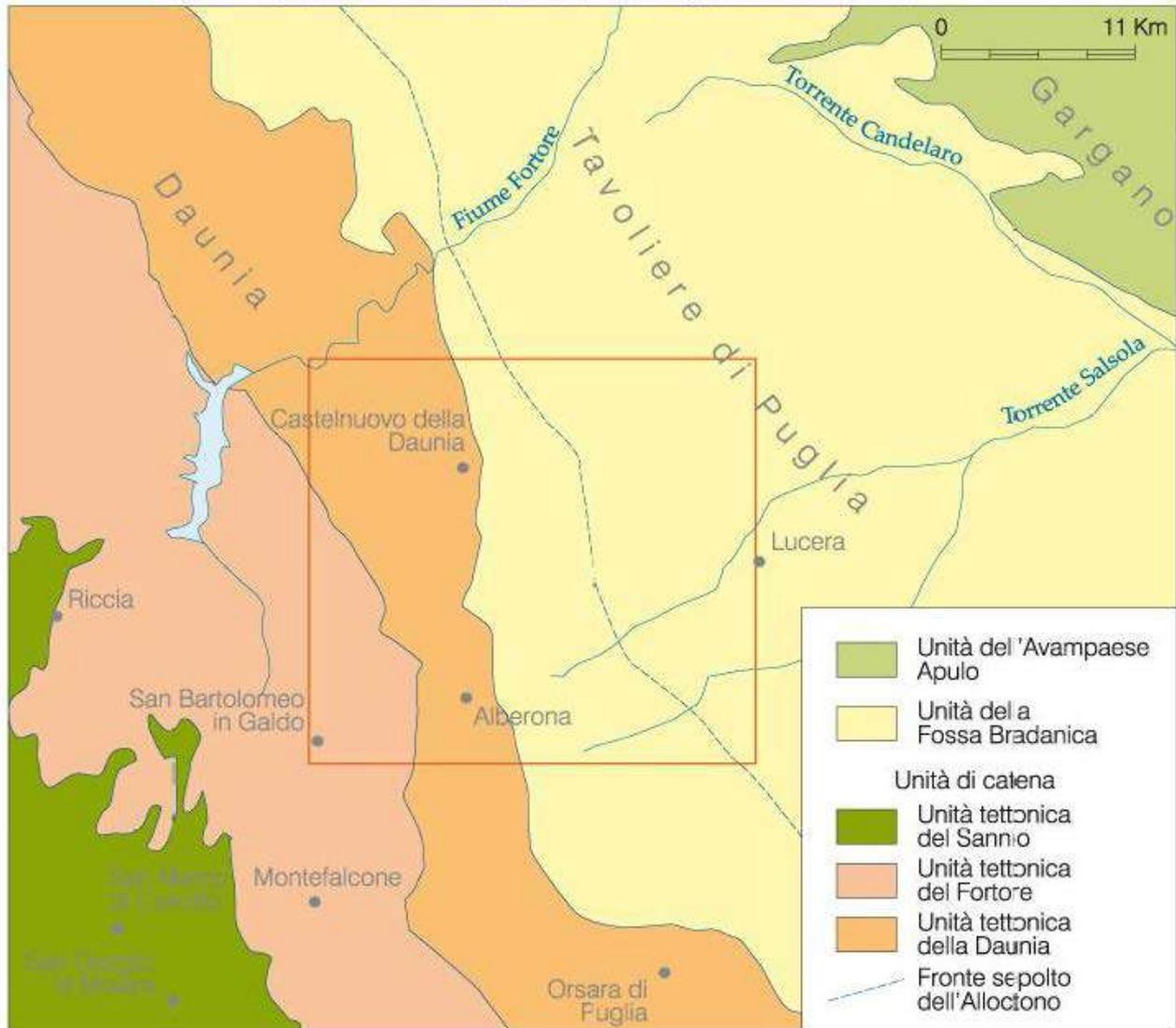
FOGLIO 407 S. BARTOLOMEO IN GALDO



394 Casacalenda	395 Tomnagglione	396 San Severo
406 Riccia	407 S. Bartolomeo in Galdo	408 Foggia
419 San Giorgio la Molara	420 Troia	421 Ascoli Satriano

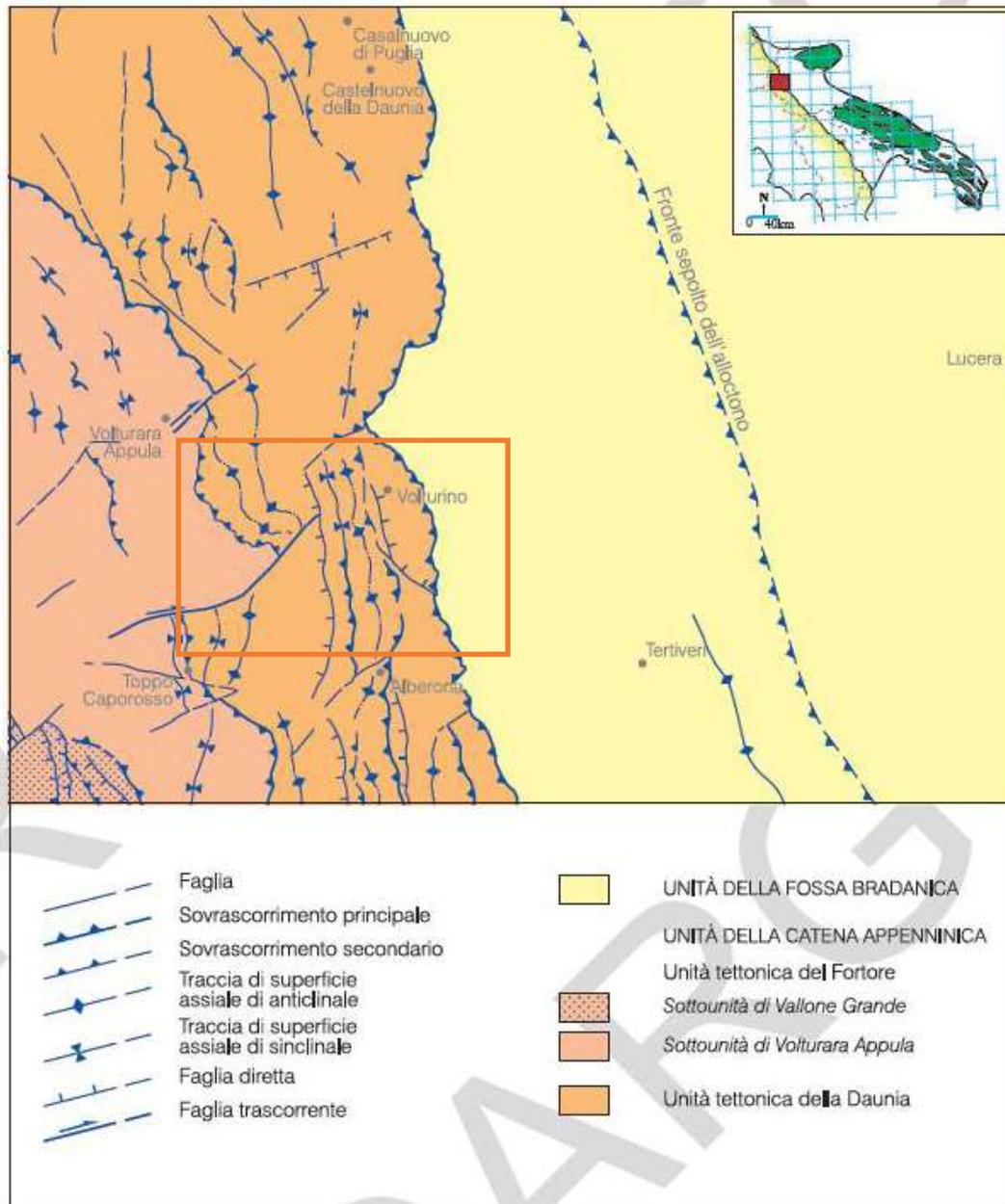
SCHEMA TETTONICO DI INQUADRAMENTO

Scala 1:550.000



Schema dell'inquadramento geologico regionale del Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo" modificato da BIGI et alii (1989)

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

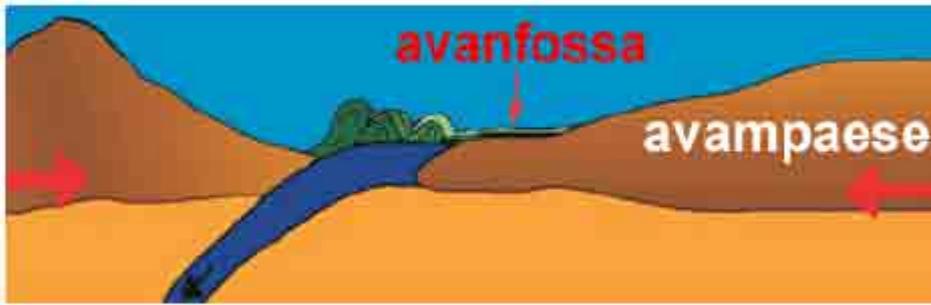


Schema tettonico del Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo".

L'area in studio, ricade nella parte settentrionale dei Monti Dauni, delimitati ad Est dal Tavoliere delle Puglie che a sua volta è delimitato a Nord dal torrente Candelaro, ad Est dall'Avampese Apulo (Promontorio del Gargano) a Sud dal Fiume Ofanto e, Il Tavoliere (Avanfossa Adriatica) è da ritenersi il naturale proseguimento verso Nord-Ovest della Fossa Bradanica.

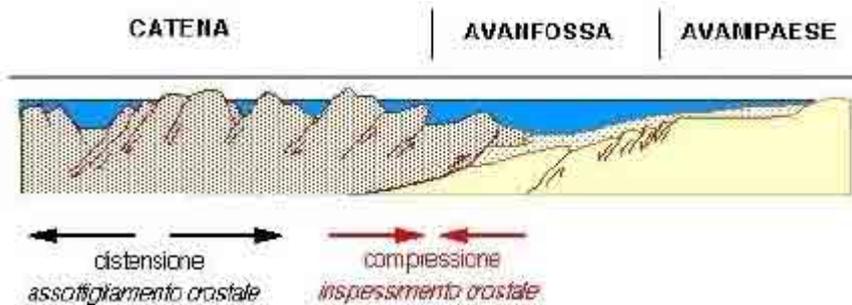
Al fine di considerare in un contesto regionale più ampio le unità presenti, è opportuno ricordare che la catena appenninica, strutturatasi sostanzialmente nel corso dell'Oligocene-Miocene, riflette le deformazioni subite dal margine occidentale della Placca Apula in subduzione verso Ovest, a seguito della convergenza Africa-Europa.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.



Subduzione placca africana-placca europea

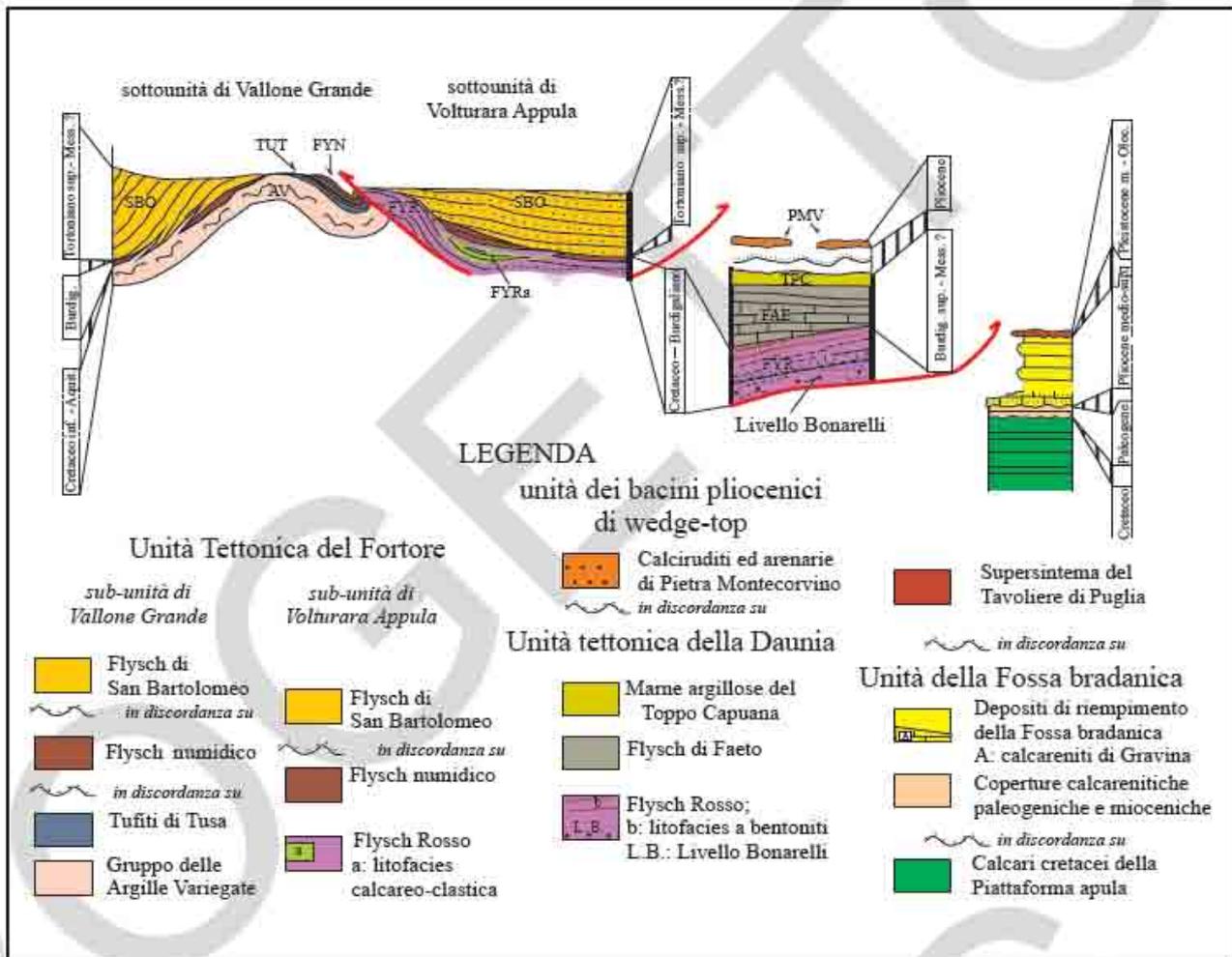
Tale edificio orogenico costituisce l'ossatura della penisola italiana di cui l'Appennino meridionale fa parte. Nel sistema sud-orogenico da Est verso Ovest si distinguono tre domini strutturali sovrapposti. L'avampaeese, rappresentato in affioramento dal blocco apulo-garganico, si estende dall'Adriatico fino all'avanfossa proseguendo verso Ovest sotto i thrust appenninici. È costituito da una successione autoctona formata prevalentemente da carbonati di età meso-cenozoica (Unità dell'Avampaeese) sui quali sovrascorrono le unità alloctone della catena appenninica, costituite essenzialmente da depositi mesozoici-terziari sia di bacino di margine passivo che di avanfossa. Infine, interposta tra l'area di catena e l'area di avampaeese è presente l'area di avanfossa plio-quadernaria (Unità della Fossa Bradanica).



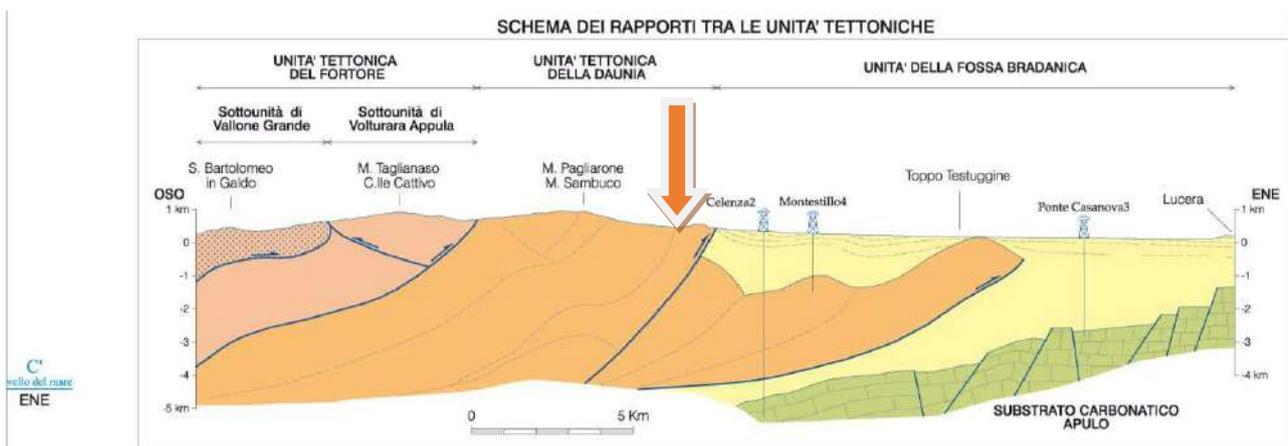
Schema semplificato dei rapporti tra Catena sudappenninica-avanfossa e avampaeese

La piattaforma apula, che in questo sistema costituisce l'Avampaeese, in un sistema orogenico è la regione più stabile. L'area in studio occupa la parte centrale dei monti dauni settentrionali. Ad Ovest, invece, il limite è costituito dai terreni appenninici appartenenti alla Formazione della Daunia, costituita da una serie di falde di ricoprimento con vergenza adriatica, relative a più fasi tettoniche compressive mioceniche e plioceniche. La Formazione della Daunia costituisce la porzione esterna della catena appenninica, al confine appulo-molisano, essa poggia con contatto tettonico sui terreni plio-pleistocenici dell'avanfossa, in altre zone la Formazione della Daunia viene ricoperta trasgressivamente dai terreni del ciclo pliocenico che sono caratteristici dei coevi flysch del bacino lagonegrese-molisano. Il bacino apulo risulta coinvolto dalla tettonica appenninica dopo il Pliocene inferiore; infatti, le coltri che provengono da questo bacino si accavallano in genere sul Pliocene inferiore, mentre al loro fronte sovrastano talvolta anche sedimenti più recenti. Il fronte sepolto dei terreni appenninici si rinviene intercalato tettonicamente nella parte occidentale della successione argillosa plio-pleistocenica. Quest'ultima poggia su un substrato carbonatico di età pre-pliocenica. La profondità del substrato carbonatico aumenta da Est verso Ovest, raggiungendo nella parte occidentale la profondità di circa 4000-5000 metri) mentre verso Nord-Est.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.



Schema stratigrafico e rapporti geometrici fra le unità tettoniche affioranti nel Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo"



Schema rapporti strutturali tra l'Unità Tettonica della Daunia con l'Unità Tettonica del Fortore e dell'Unità della Fossa Bradanica

L'area oggetto di studio ricade interamente nel Bacino Molisano ancora meglio ridefinito (**BACINO LAGONEGRESE-MOLISANO**)

Al Bacino Lagonegrese-Molisano sono ascrivibili tre principali unità tettono-stratigrafiche, che si riferiscono al margine occidentale (settori interni), alle zone assiali ed alle aree più esterne del bacino

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

stesso. Tali unità si presentano sovrapposte verso i quadranti orientali ed affiorano sia nell'Appennino lucano, in Basilicata, sia nei Monti del Sannio e dell'Irpinia.

I rapporti geometrici tra le diverse unità riflettono solo in parte quelli originari, in quanto notevolmente modificati durante il Pliocene dalle complesse vicissitudini che hanno accompagnato l'orogenesi appenninica

Settori interni

Al settore più interno del Bacino Lagonegrese-Molisano sono riferite, in Irpinia e nel Sannio, rispettivamente, l'Unità di Frigento e l'Unità del Sannio.

Queste unità, sia nel settore lucano che in quello sannitico-irpino, affiorano lungo la zona esterna della catena appenninica, ad est dei massicci carbonatici. Le successioni sedimentarie comprendono i prodotti della sedimentazione avvenuta lungo il margine occidentale del bacino lagonegrese. Essa si caratterizza con depositi calcareo-clastici provenienti dal disfacimento del margine della Piattaforma Sud-Appenninica e sono intercalati a sedimenti emipelagici silico-marnosi. L'Unità del Sannio, nell'area in esame, formata dal basso verso l'alto, dalle formazioni del Flysch Rosso, del Flysch Numidico e da una successione arenacea post-numidica, denominata Successione di Fragneto Monforte. L'Unità è interpretata come la porzione superiore dell'Unità di Frigento

Settori assiali

Ai settori assiali del Bacino Lagonegrese-Molisano sono riferite, l'Unità del Fortore affiorante in Irpinia e nel Sannio. Le successioni sono formate alla base dalla "Serie calcareo-silico- marnosa" (Triassico superiore - Cretacico inferiore), comprendente le formazioni dei Calcari a liste e noduli di selce, degli Scisti Silicei e del Flysch Galestrino, in continuità sul Flysch Galestrino poggia una successione formata da "Argille Varicolori", formazione di Corleto Perticara, "Tufiti di Tusa" e flysch numidico. L'Unità del Fortore è formata da unità litostratigrafiche di bacino pelagico meso-cenozoico, quali le Argille Varicolori del Fortore e La Formazione di Corleto Perticara, rappresentate da successioni multi stratificate calcareo-marnoso-pelitiche, nella porzione miocenica prevalgono associazioni di litofacies arenitico-marnoso-pelitiche, espressione di una sedimentazione silico-clastica pre-orogonica dapprima tufitica e poi quarzoarenitica di provenienza cratonica (Flysch Numidico) ed infine arcossica sin-orogonica (Arenarie di San Giorgio)

Settori esterni

Le successioni riferite ai settori esterni del Bacino Lagonegrese-Molisano affiorano lungo il margine orientale della catena appenninica e comprendono anche termini terrigeni del bacino di avana fossa del Miocene medio-superiore. Tali successioni sono caratterizzate da depositi argilloso-marnosi con intercalazioni calcareo-clastiche provenienti dal margine interno della Piattaforma Apula.

Flysch Rosso, dato da un'alternanza di calcareniti e marne rosse di età compresa tra il Cretacico superiore e il Miocene inferiore, indicato anche come "Flysch Rosso esterno" e come Argille Varicolori

Flysch numidico, costituito da quarzoareniti torbiditiche di età Burdigaliano superiore - Langhiano;

Flysch di Faeto, costituita da calcareniti bioclastiche e marne a foraminiferi di età Langhiano-Tortoniano; marne argillose di Toppo Capuana del Tortoniano medio-superiore.

L'Unità Tettonica della Daunia, costituita da una serie di falde di ricoprimento con vergenza adriatica, relative a più fasi tettoniche compressive mioceniche e plioceniche. La **Formazione della Daunia**

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

costituisce la porzione esterna della catena appenninica, al confine appulo-molisano, essa poggia con contatto tettonico sui terreni plio-pleistocenici dell'Avanfossa, in altre zone la Formazione della Daunia viene ricoperta trasgressivamente dai terreni del ciclo pliocenico che sono caratteristici dei coevi flysch del bacino lagonegrese-molisano. Il bacino apulo risulta coinvolto dalla tettonica appenninica dopo il **Pliocene inferiore**; infatti, le coltri che provengono da questo bacino si accavallano in genere sul **Pliocene inferiore**, mentre al loro fronte sovrastano talvolta anche sedimenti più recenti. Il fronte sepolto dei terreni appenninici si rinviene intercalato tettonicamente nella parte occidentale della successione argillosa plio-pleistocenica. Quest'ultima poggia su un substrato carbonatico di età pre-pliocenica. La profondità del substrato carbonatico aumenta da Est verso Ovest, raggiungendo nella parte occidentale la profondità di circa 4000-5000 metri) mentre verso Nord-Est il substrato miocenico si rinviene ad una profondità molto inferiore di circa 300.

Sottostante a questi sedimenti si rinviene il substrato argilloso delle argille grigio-azzurre plioceniche.

- **Il Flysch Rosso** (Cenomaniano - Miocene inferiore) Questa Unità è rappresentata da argilliti di colore variabile dal grigio-verde al rossastro, a cui si intercalano straterelli diasprigni nerastri. Nella successione sono intercalati anche livelli caratterizzati da brecciole, calcareniti e calcilutiti, alternati ad argilliti rossastre, a volte, la formazione è costituita da alternanze di calcari e marne rosse in strati e banchi fino ad un metro di spessore. Gli strati calcarei sono costituiti da calcareniti grigio-verdastre e calcilutiti grigiastre e biancastre, in strati e banchi massivi, con stratificazione irregolare e diffuse fratture verticali, nella parte alta della formazione si rinvencono intercalazioni di marne argillose ed argilliti rossastre.



Parte basale del Flysch Rosso affiorante nei pressi di Coppa Rinnegata ad Ovest di Castelnuovo della Daunia

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- **Il Flysch di Faeto**, questa formazione affiora nell'area oggetto, e costituisce la porzione esterna della catena appenninica, al confine appulo-molisano, esso è caratterizzato localmente da predominanza di affioramenti argillosi variamente costipati e fogliettati alternanti a strati calcarenitici e calcareo-marnosi e arenarie di varia natura, alle marne e argille marnose si intercalano calcareniti e brecciole calcaree dal caratteristico colore biancastro. Esso poggia con contatto tettonico sui terreni plio-pleistocenici dell'Avanfossa e sul Flysch Rosso ex complesso indifferenziato delle argille varicolori.

Il Flysch di Faeto, a volte, passa verso l'alto in alcune zone gradualmente alle marne di Toppo Capuana, costituite prevalentemente da argille e marne argillose grigio-bluastré, localmente le argille prevalgono sulle marne e le arenarie scompaiono del tutto, come si riscontra in alcune cave di Toppo Capuana, a Sud-Ovest di Celenza Valfortore, in altre zone il Flysch di Faeto viene ricoperto trasgressivamente dai terreni del ciclo pliocenico, in altre ancora passa al Flysch coevo di S. Bartolomeo, costituito essenzialmente da arenarie massicce e straterelli arenacei in facies pelitiche di età Serravalliana, i quali sedimenti rappresentano il riempimento della parte mediana del bacino Iripino, viene ricoperto tettonicamente dallo stesso e dal complesso indifferenziato delle argille varicolori. Alcuni autori mettono in evidenza che la mancanza di facies eteropiche tra il Flysch di S. Bartolomeo e quello di Faeto ciò può testimoniare la presenza di una soglia separante le aree di sedimentazione dei due flysch, infatti mentre il flysch di S. Bartolomeo è legato al Bacino Iripino (evoluzione di quello lagonegrese-molisano), il flysch di Faeto è legato a quello apulo ed i due bacini erano evidentemente separati dalla piattaforma apula interna. I flysch **medio miocenici** del bacino apulo sono essenzialmente carbonatici e marnosi, mancano gli apporti clastici grossolani che sono caratteristici dei coevi flysch del bacino lagonegrese-molisano. Il bacino apulo risulta coinvolto dalla tettonica appenninica dopo il **Pliocene inferiore**; infatti, le coltri che provengono da questo bacino si accavallano in genere sul **Pliocene inferiore**, mentre al loro fronte sovrastano talvolta anche sedimenti più recenti. Pertanto, gli strati del Flysch di Faeto si presentano in più punti fortemente tettonizzati e caoticizzati e variamente ripiegati.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

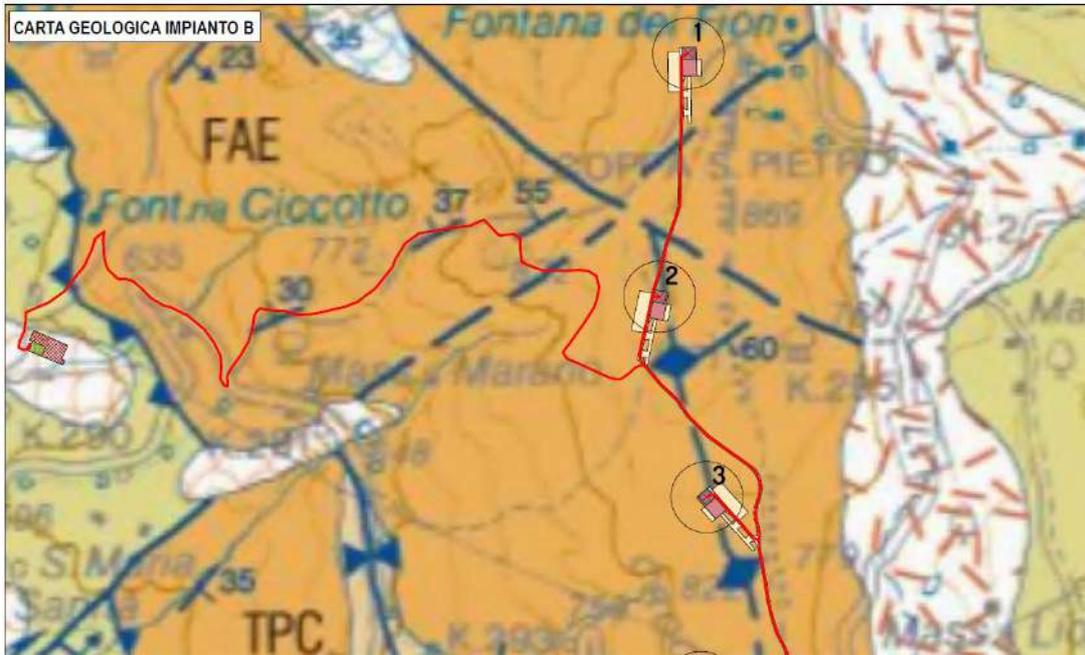


Affioramento tipico del Flysch di Faeto nei pressi di Volturino, la formazione si presenta fittamente stratificata ed interessata da pieghe tipo "chevron"

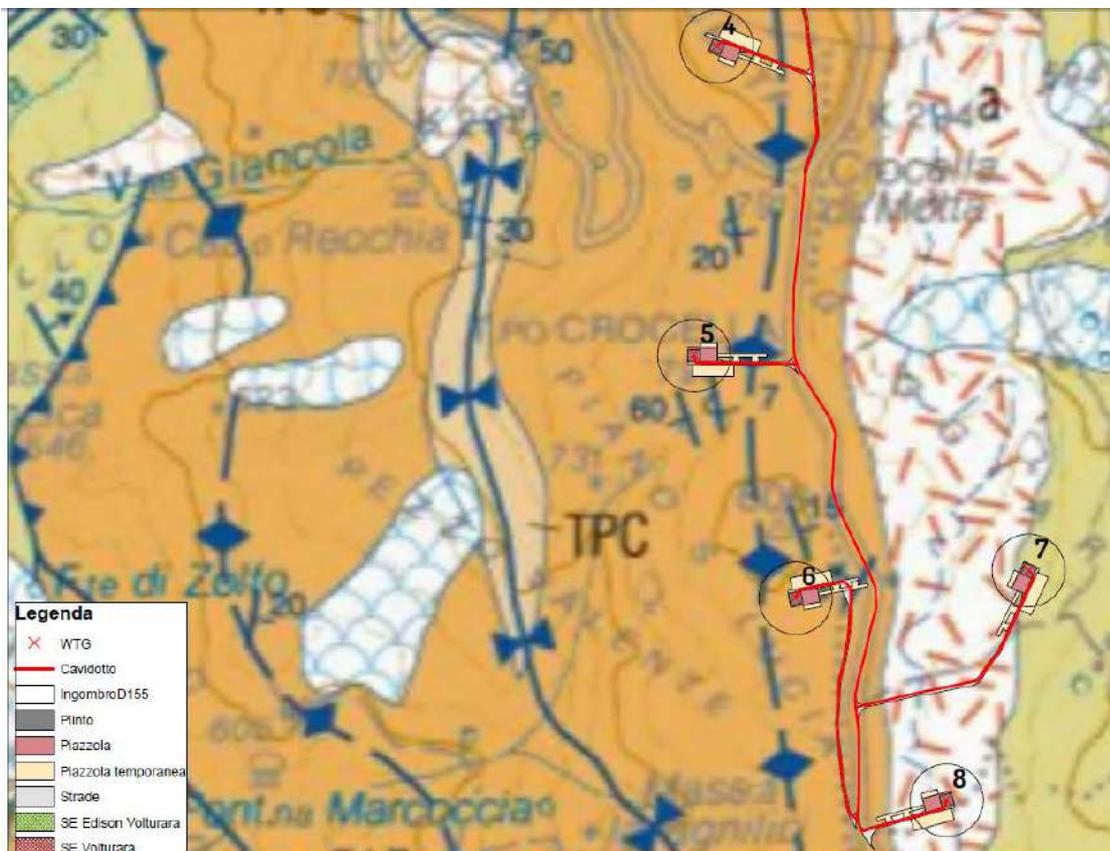
- **Le Marne Argillose Del Toppo Capuana**, alternanza di argille siltose e marne grigie in banchi con sottili strati di calcilutiti e di torbiditi a granulometria fine sia calciclastiche che silicoclastiche. Poggiano in contatto stratigrafico per alternanza sul flysch di Faeto; lo spessore è di circa 200 metri (TORTONIANO-MESSINIANO INFERIORE)

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

5 GEOLOGIA PARTICOLAREGGIATA DELLA ZONA OGGETTO DI STUDIO



Inquadramento carta geologica Area cavidotto e Sottostazione Elettrica **IMPIANTO B** ed Aerogeneratori **1-2 e 3**
Foglio 407 della Carta Geologica 1:25.000

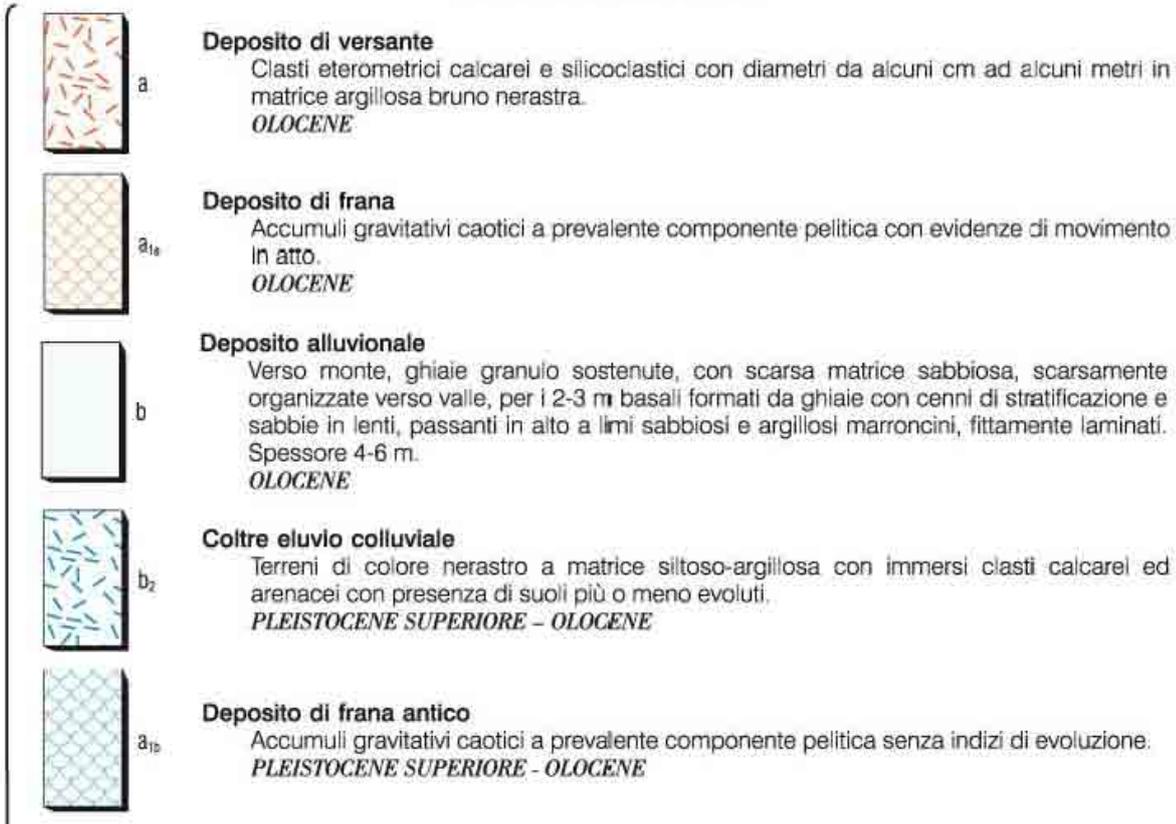


Inquadramento carta geologica Area cavidotto e **IMPIANTO B** Aerogeneratori **4-5-6-7 e 8** Foglio 407 della
Carta Geologica 1:50.000

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

LEGENDA (Carta geologica Foglio 407 San Bartolomeo – scala 1:50.000)

DEPOSITI CONTINENTALI

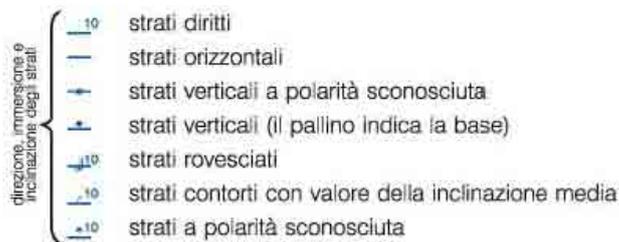


Sottounità di Volturara Appula



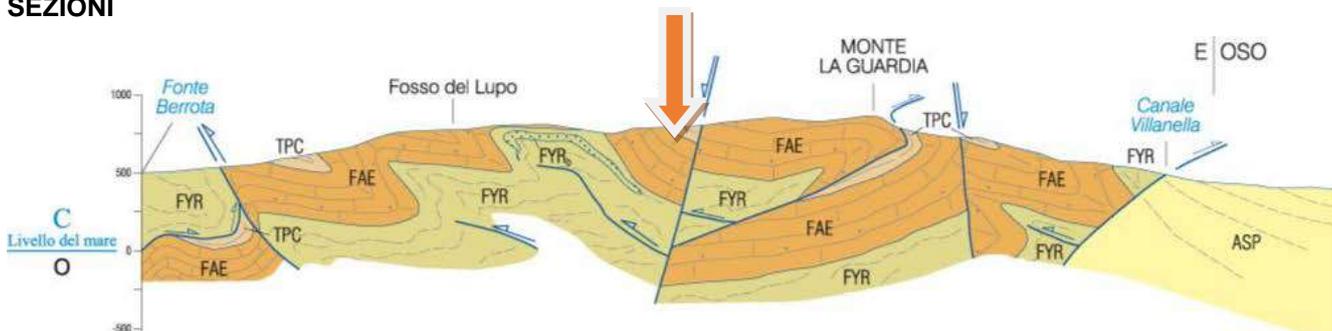
Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

UNITÀ TETTONICA DELLA DAUNIA



Legenda Carta Geologica 1:50.000 del Foglio 407 "San Bartolomeo" (ISPRA Progetto CARG)

SEZIONI



Sezione rappresentativa dei rapporti giacitureali passante poco più a Sud del centro abitato di Volturino nell'area dell'impianto e precisamente nei pressi degli Aerogeneratori 2-4 e 5 dell'IMPIANTO A

IMPIANTO B + Sottostazione Elettrica

Gli Aerogeneratori 1-2-3-4-5 e 6 ricadono sui terreni appartenenti al Flysch di Faeto (FAE) costituito da Alternanza di torbiditi calciclastiche e marne calcaree di colore biancastro con argille marnose di colore verdastro. Le torbiditi sono rappresentate da calcareniti a granulometria variabile da fine a grossolana di

colore prevalentemente biancastro. Lo spessore della formazione è dell'ordine dei 500 metri, poggia con contatto stratigrafico sul Flysch Rosso e passa per alternanza alle marne argillose di Toppo Capuana.

L'Aerogeneratore 7 ricade sui terreni appartenenti alla formazione del Flysch Rosso (FYR) costituito da Alternanza di argilliti policrome (grigio-verde e rosso) con calcareniti e calcilutiti in strati aventi spessori variabili da pochi centimetri ad alcuni decimetri, Lo spessore stimato è dell'ordine dei 300 metri.

L'Aerogeneratore 8 ricade sui terreni appartenenti a Depositi di Versante (a) costituiti da clasti eterometrici di natura calcarea e silicoclastici in matrice argillosa bruno nerastra. Lo spessore è variabile da 2-3 metri fino 7-8 metri, poggiano prevalentemente sul substrato del Flysch di Faeto, secondariamente sul Flysch Rosso.

La **Sottostazione Elettrica** esistente ricade su terreni appartenenti a Depositi di frana (a1a), accumuli gravitativi caotici a prevalente componente argillosa-limosa ed è stata già oggetto di un intervento di consolidamento.

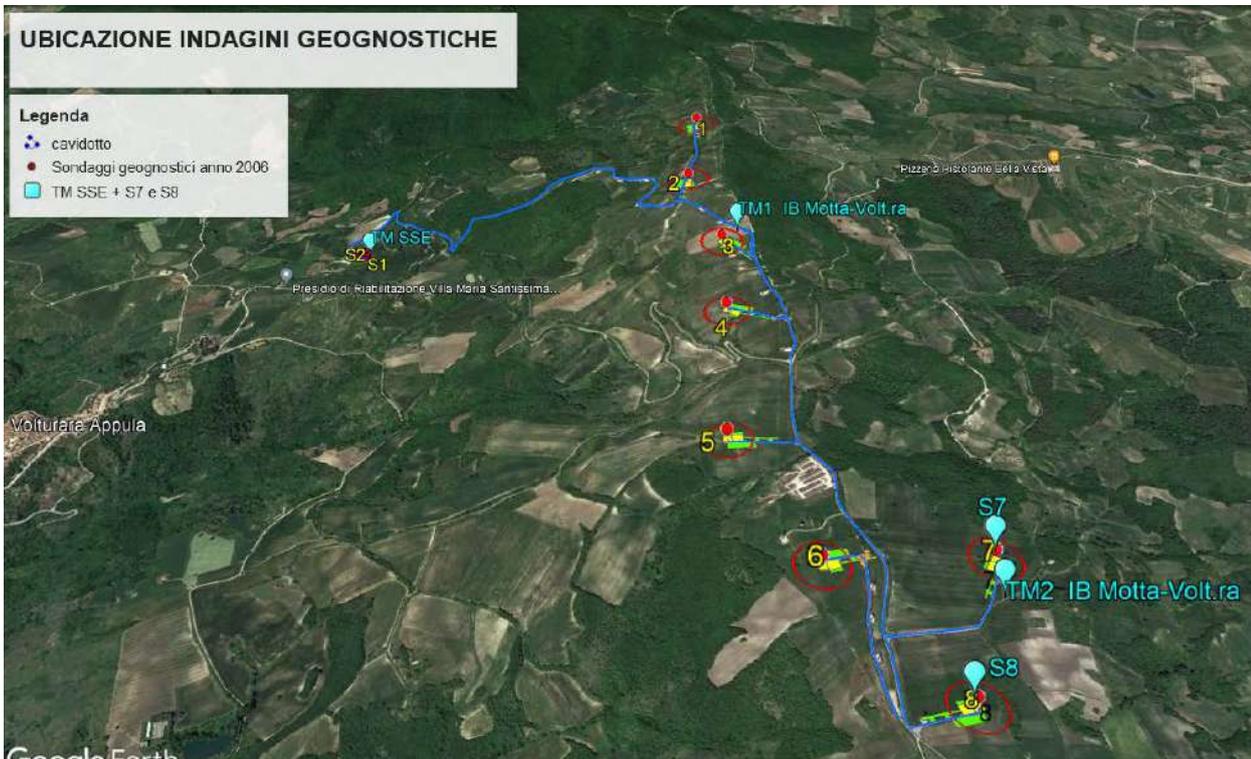
Il **cavidotto interno** al Parco attraversa tutt'e tre le formazioni precedentemente descritte anche se essenzialmente per un buon 95% per cento insiste su terreni appartenenti al Flysch di Faeto, come pure il **cavidotto esterno**, ovvero il cavidotto che parte dall'impianto per arrivare fino alla Sottostazione Elettrica in agro del comune di Volturara insiste essenzialmente sul Flysch di Faeto e una piccola parte sul Flysch Rosso, quella parte che si allaccia alla Sottostazione insiste sui depositi di frana.

Si precisa che tutt'e due le formazioni, Flysch di Faeto e Flysch Rosso, sono ricoperte da terre di alterazione superficiale di spessore variabile.

Si precisa che tutt'e tre le formazioni sono ricoperte da terreni di alterazione superficiale di spessore variabile.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE



Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Dott. Matteo Di Carlo Viale Virgilio n. 30 71036 Lucera (FG) 0881/545447		EDISON Energie Speciali S.p.A. Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)	
SCALA	1:100	Data	15/05/2006
Sondaggio n.			S1

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campione	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere Ø mm	Alveolin. Ø mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.F.T.	acqua	carotaggio
0,60	0,60				Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massicciata)										
2,60		2,5			Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)						3,00	2,5			
3,10		3,20			Argille grigio-giallastre e argille di colore beige con livelletti di calcareniti, consistente (Flysch di Faeto)						5,00	2,5			
6,30		7,2			Argille marnose prevalentemente grigiastre con venature bluastre e verdstre con livelli calcarenitici, consistente (Flysch di Faeto)										
8,70		11,0													
15,00															
						101						15,00			

Sondaggio S1 (Campagna geognostica 2006 Sottostazione Elettrica nel comune di Volturara

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".

Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

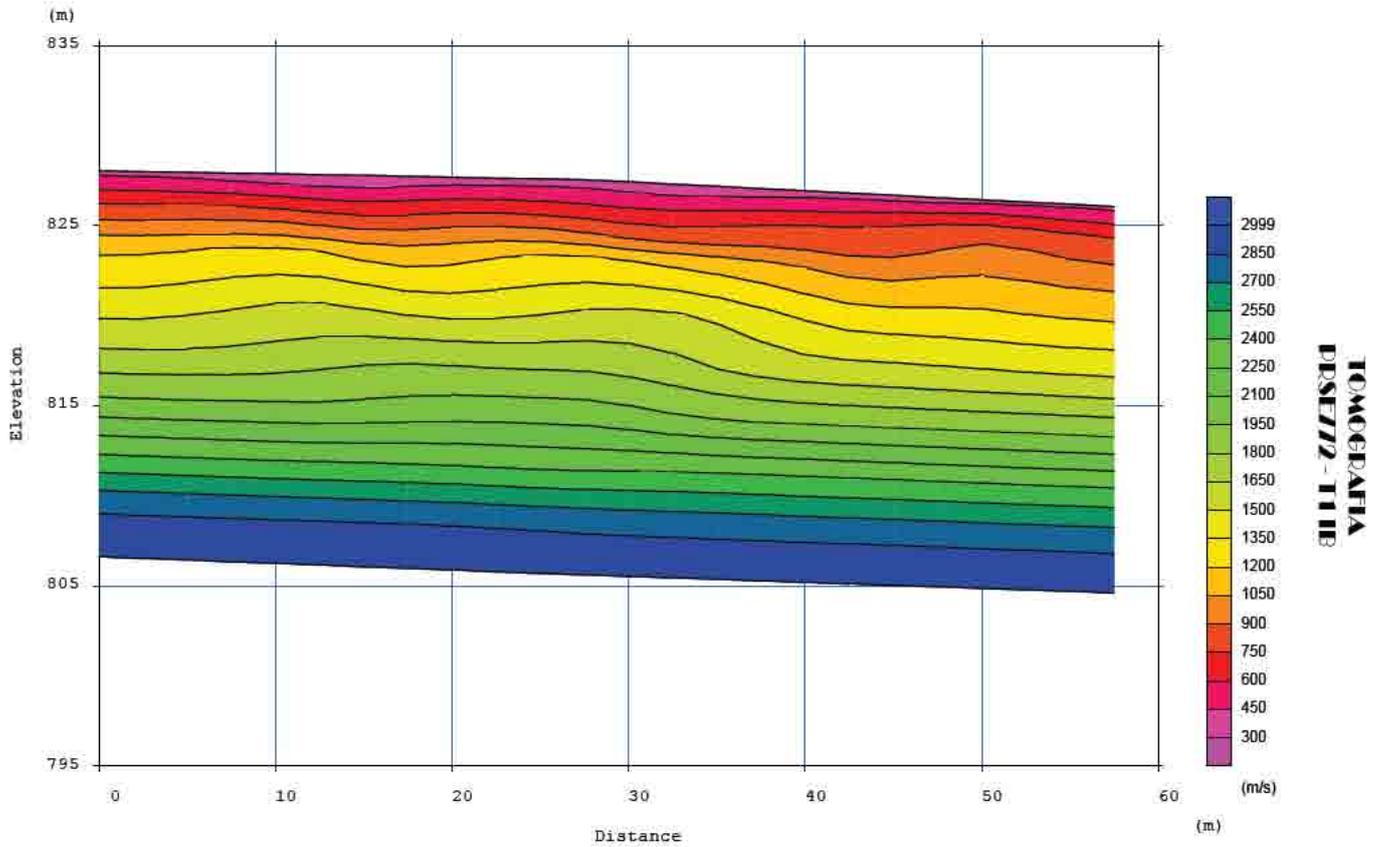
Dott. Matteo Di Carlo Viale Virgilio n. 30 71036 Lucera (FG) 0881/545447		EDISON Energie Speciali S.p.A.	
Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)		SCALA: 1:100	Data: 16/05/2006
		Sondaggio n. S2	

Quota di riferimento m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere Ø mm	Mueslin. Ø mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. N	VANZ TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	crotaggio
0,60	0,60				Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massicciata)										
				1,5											
4,90					Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)						3,00				2,00
5,50															
3,50				7,2	Argille grigio-giallastre a struttura caotica rimaneggiate con inclusioni di trovanti lapidei e noduli di sostanza organica, plastiche e compressibili (COLLUVIALE)										
9,00															
6,00				11,0	Argille marnose prevalentemente grigiastre con venature bluastre con livelletti di marna e strati calcarenifici, consistente (Flysch di Faeto)										
15,00												15,00			
						101									

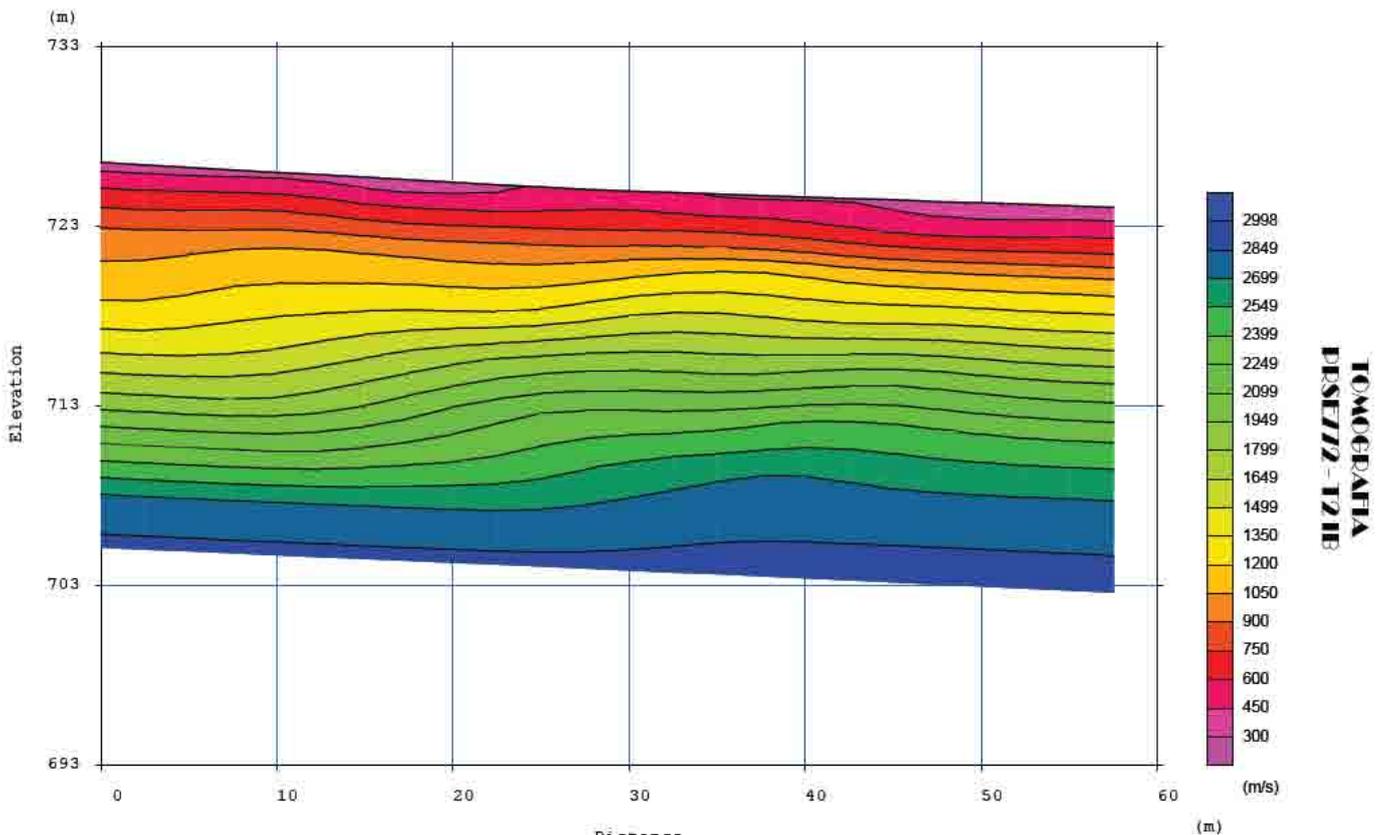
Sondaggio S2 (Campagna geognostica 2006 Sottostazione Elettrica nel comune di Volturara

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

TOMOGRAFIA N. TM1 IB

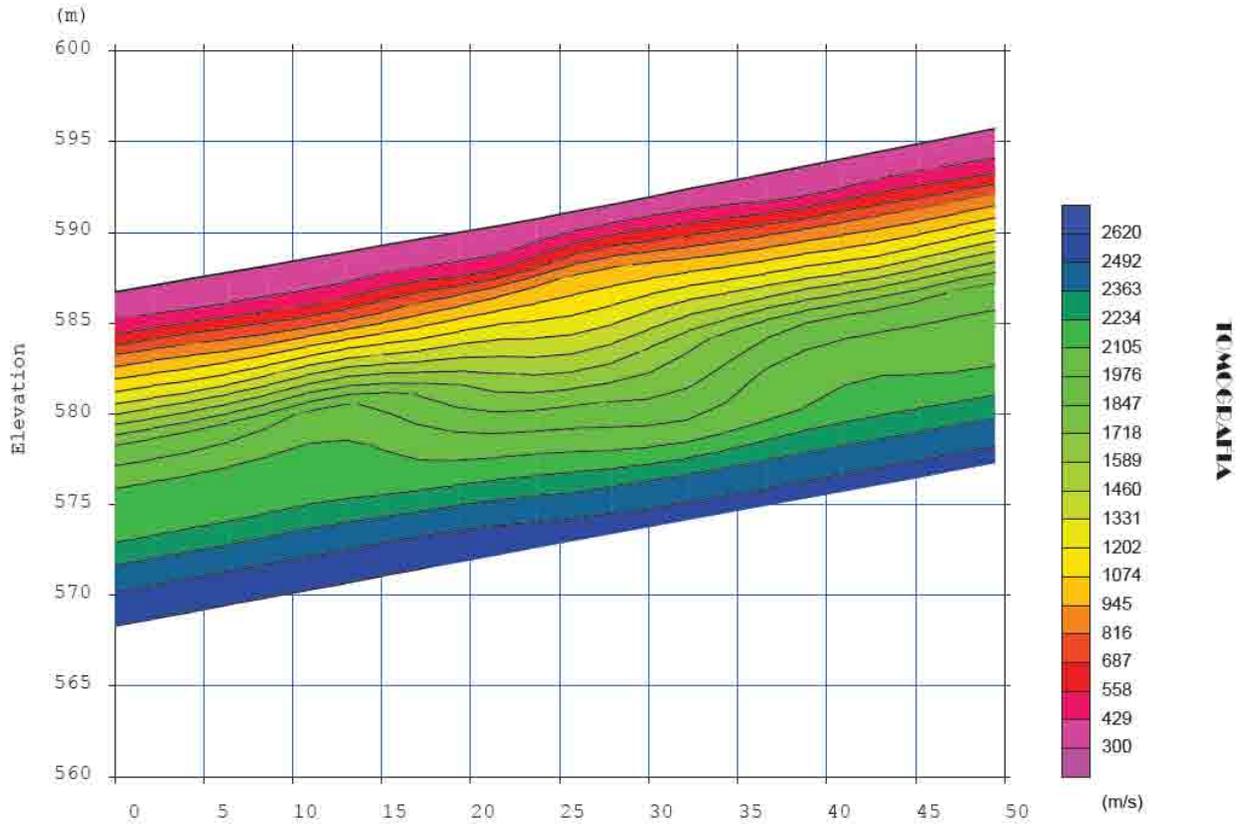


TOMOGRAFIA N. TM2 IB

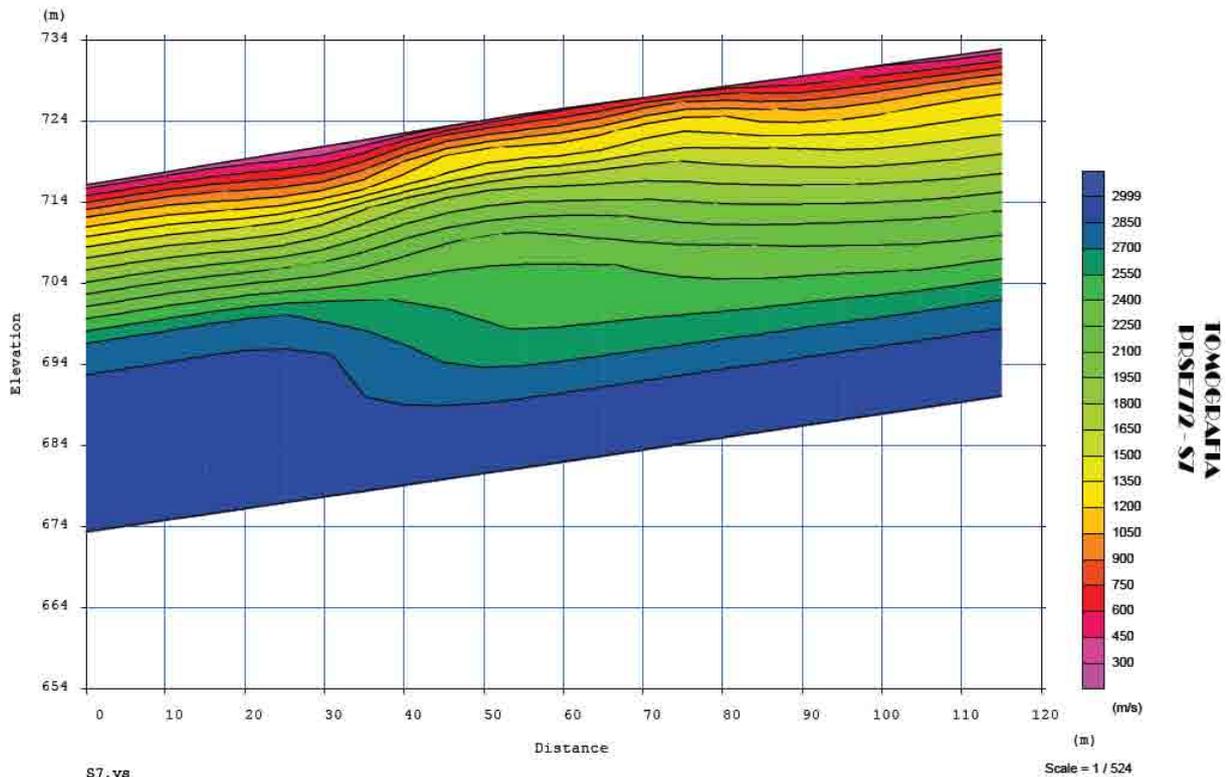


Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

TOMOGRAFIA N. TM SSE

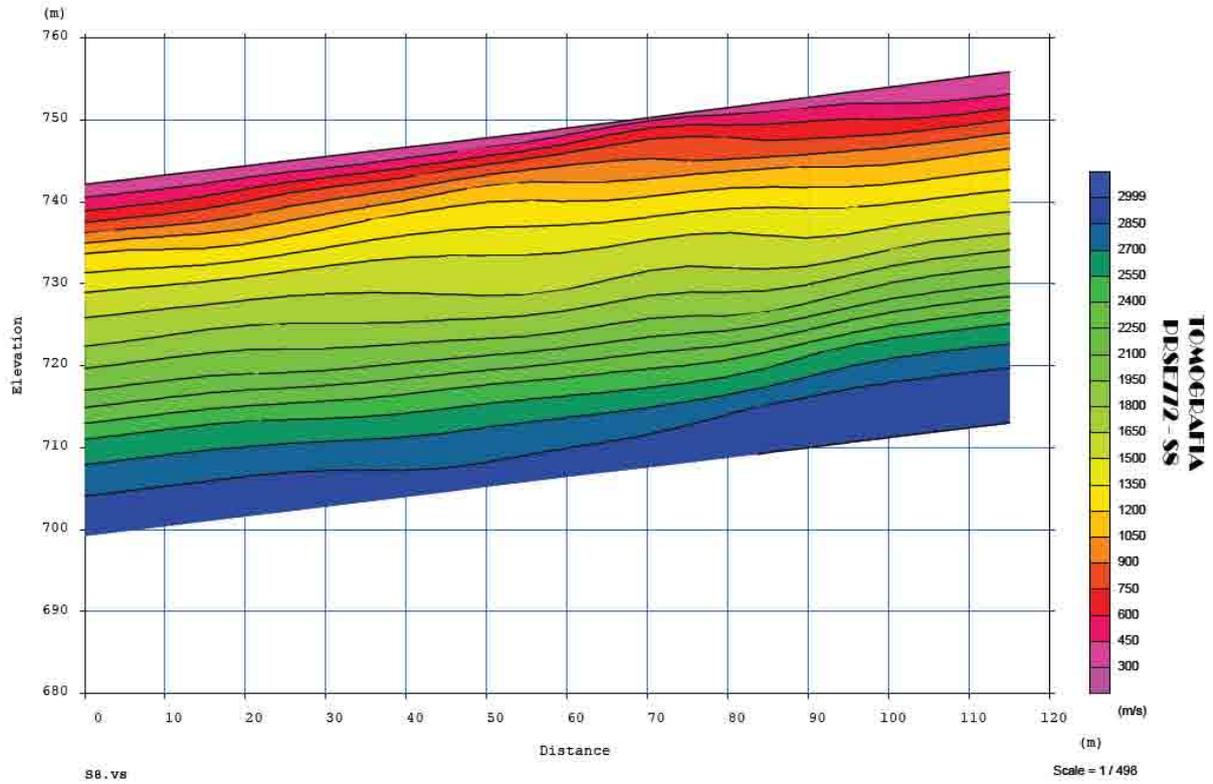


TOMOGRAFIA N. S7



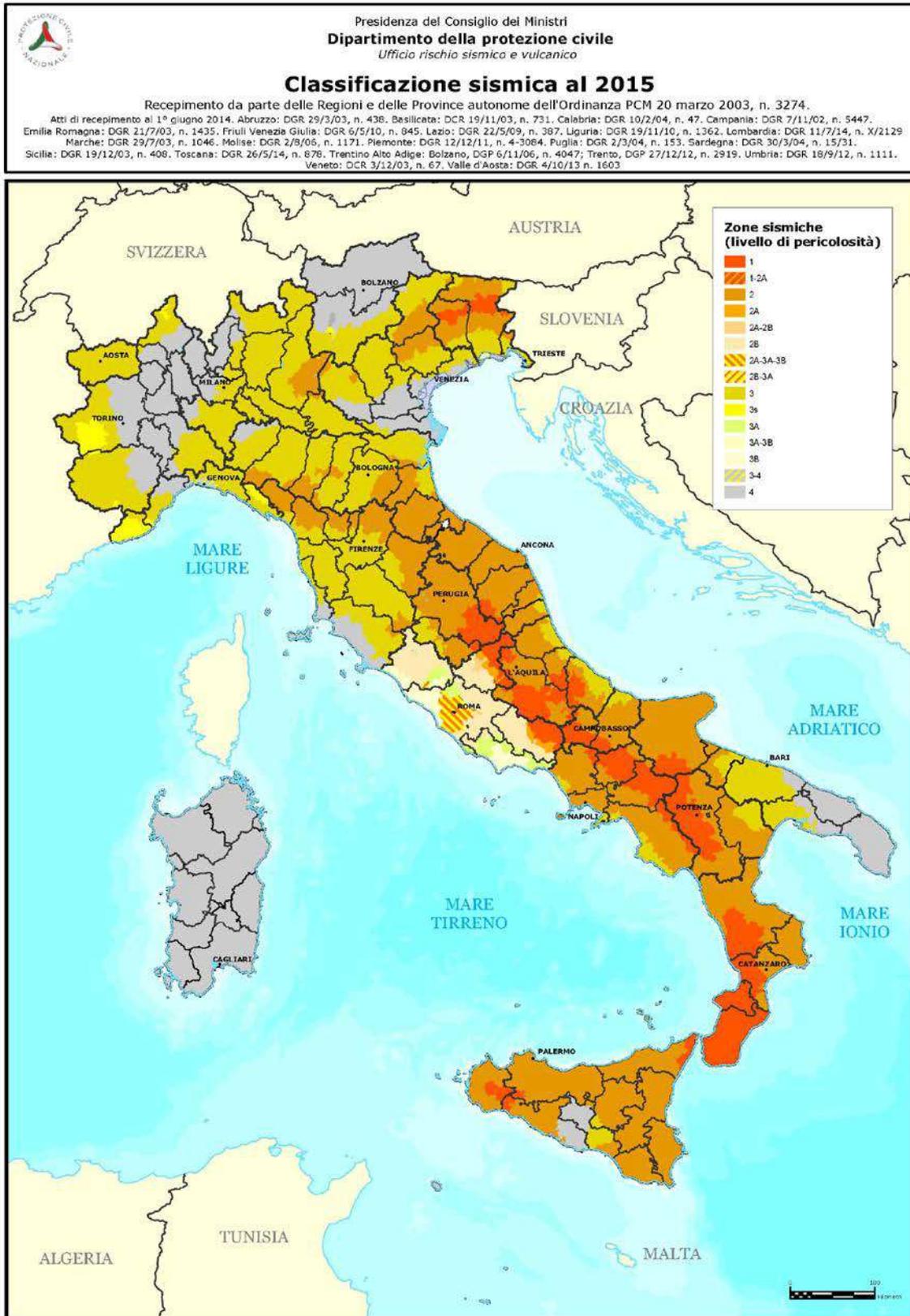
Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

TOMOGRAFIA N. S8



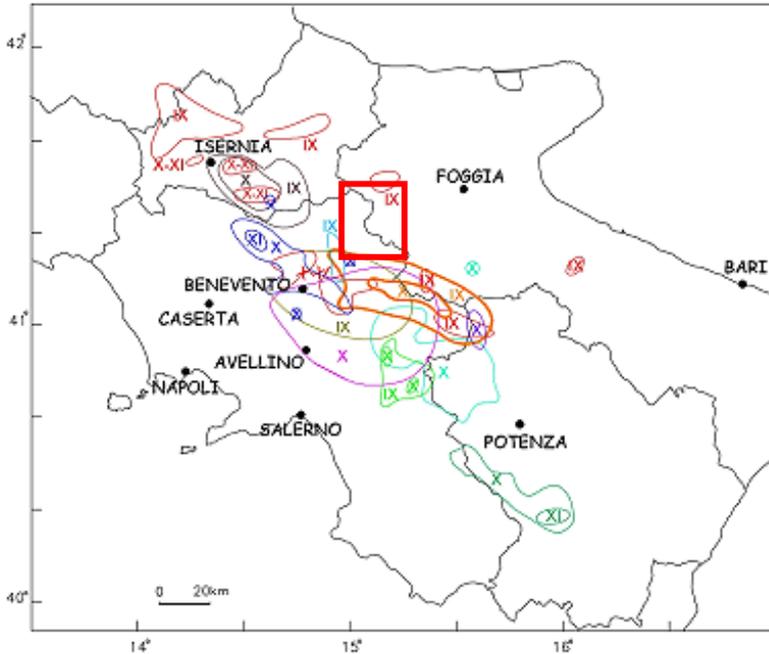
Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

7 CARATTERI SISMICI DEL TERRITORIO



Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

I territori comunali di Motta Montecorvino (FG) e Volturara Appula (FG) ricadono in un distretto geografico sicuramente sismico. Nel territorio in oggetto, infatti, si risentono i terremoti con epicentri garganici, molisani, sanniti ed irpini.

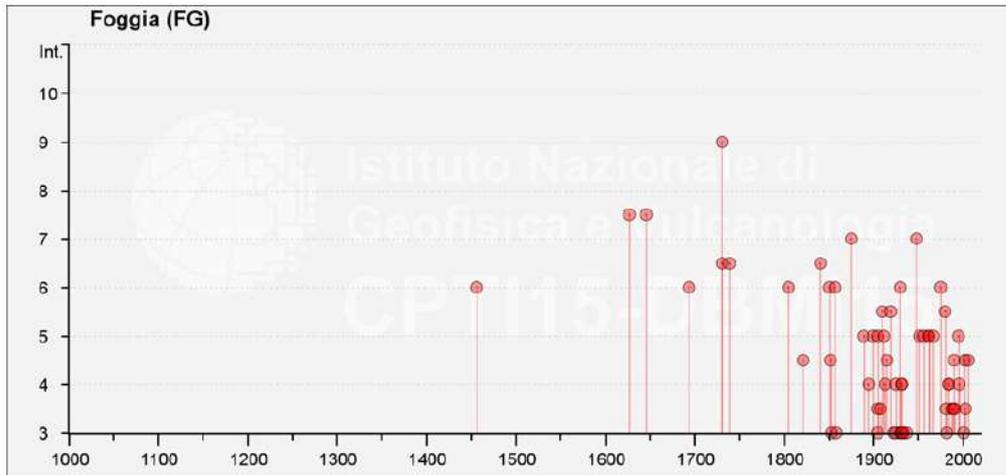


- 5 dicembre 1456 - Italia centro-meridionale
- 5 giugno 1688 - Sannio
- 8 settembre 1694 - Irpinia-Basilicata
- 14 marzo 1702 - Baronia (Benevento)
- 29 novembre 1732 - Irpinia
- 26 luglio 1805 - Molise
- 14 agosto 1851 - Basilicata
- 16 dicembre 1857 - Basilicata
- 23 luglio 1930 - Irpinia
- 21 agosto 1962 - Irpinia
- 23 novembre 1980 - Irpinia - Basilicata

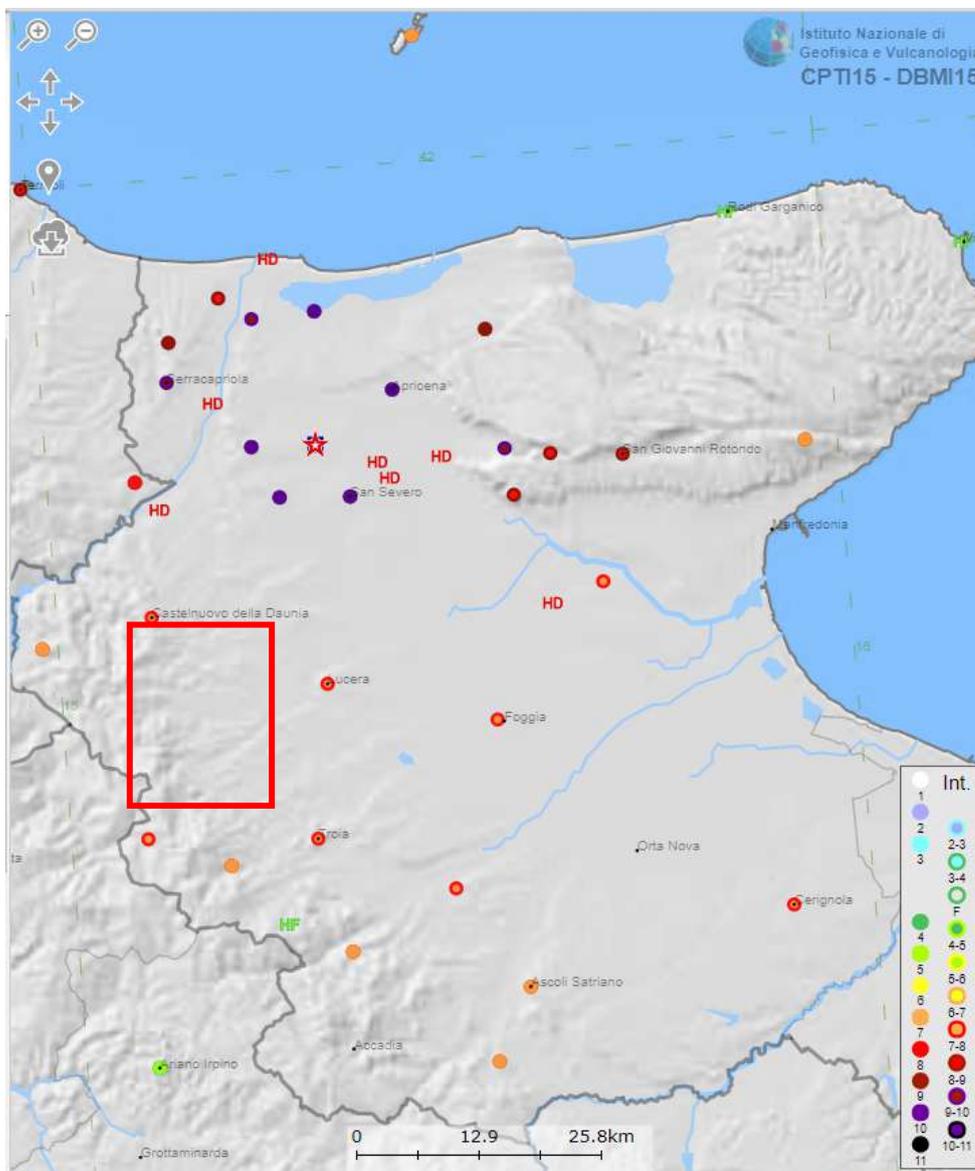
Rappresentazione delle isosiste di intensità superiore al IX grado della scala Mercalli rilevate per i terremoti distruttivi avvenuti in Appennino Meridionale negli ultimi 600 anni (GNGTS- Atti del 19° Convegno Nazionale/10.09 – A. EMOLO, A. ZOLLO – Dipartimento Scienze Fisiche Università degli Studi Federico II Napoli – A. GORINI Servizio Sismico Nazionale Roma - G. IANNACONE Osservatorio Vesuviano Napoli

Area oggetto di studio

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Vulturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.



Intensità dei principali terremoti distruttivi avvenuti in Appennino Meridionale negli ultimi 600 anni

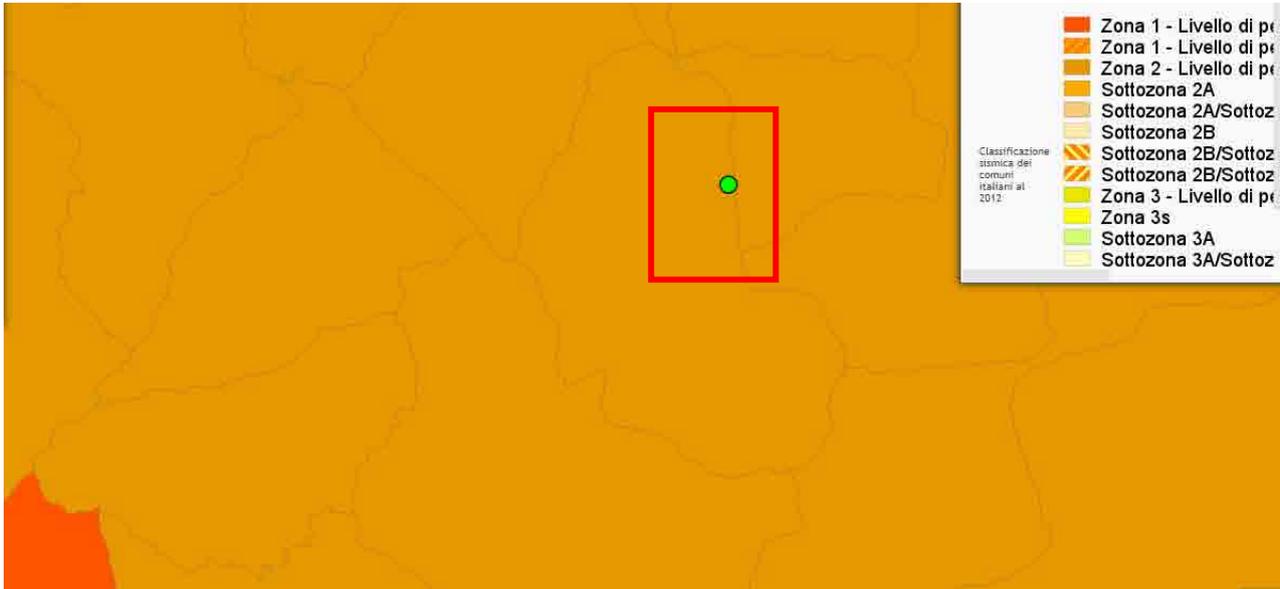


Dislocazione dei principali terremoti distruttivi avvenuti in Appennino Meridionale negli ultimi 600 anni Area oggetto di studio

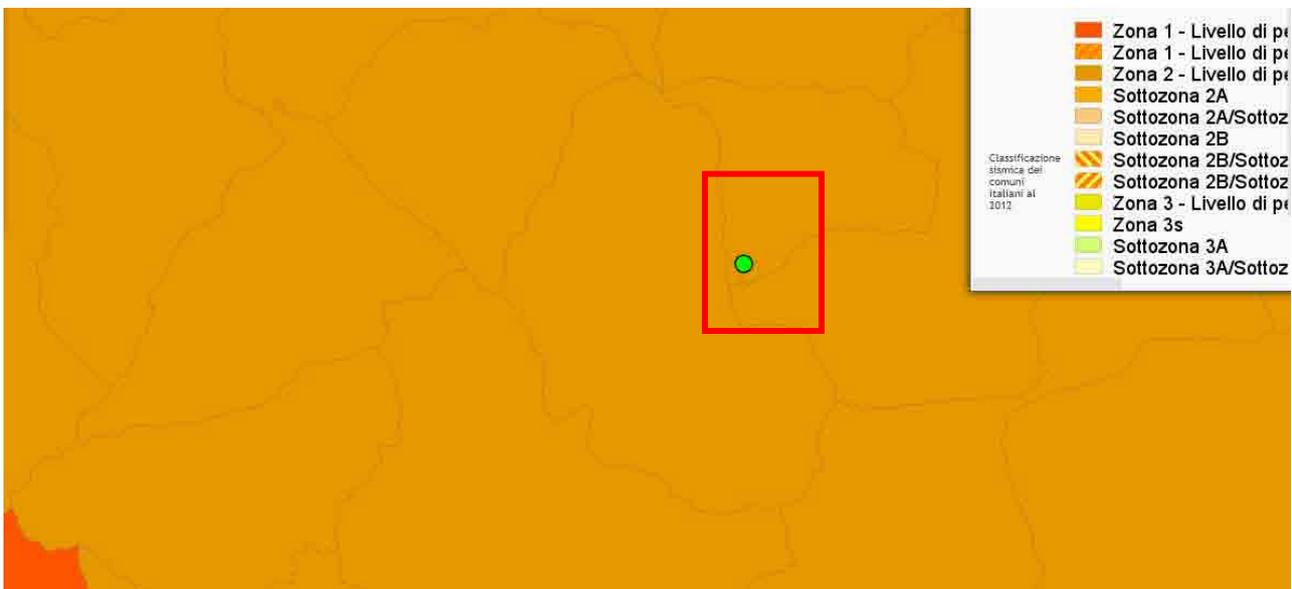
Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

8 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Si illustra di seguito la Classificazione sismica dei comuni di Volturara Appula, Volturino e Alberona secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 rilasciata il 20 marzo 2003 sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 aggiornata al 2006



Classificazione sismica dei comuni italiani al 2012 – wms.pcn.minambiente.it - Individuazione del Comune di Volturara
Area oggetto di studio



Classificazione sismica dei comuni italiani al 2012 – wms.pcn.minambiente.it - Individuazione del Comune di Motta M.
Area oggetto di studio

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

	Classificazione 2003	PGA (g)
Comune di Volturara Appula	Zona 2	0.15 g < PGA < 0.25 g
Comune di Motta Montecorvino	Zona 2	0.15 g < PGA < 0.25 g

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

9 ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA

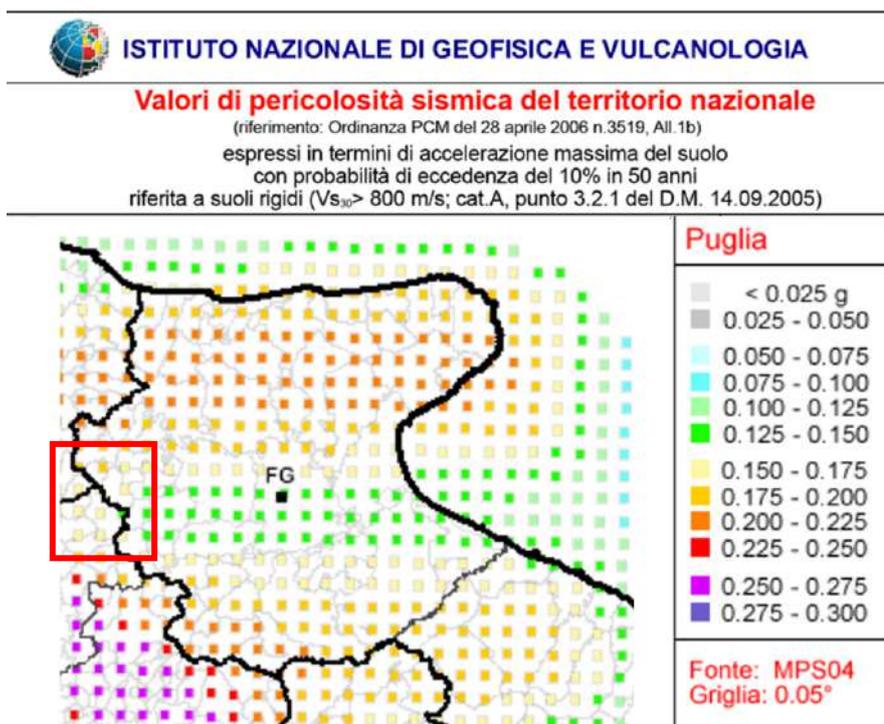
Negli ultimi anni e fino al 2002, il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica nell'area italiana è stata la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et altri 1996).

Gli sviluppi più recenti in materia di sismogenesi (Galadini et alii 2000, DISS Catalogo sorgenti sismogenetiche Valensise e Pantosti 2001) hanno però evidenziato alcune incoerenze con il catalogo CTPI. Per tale motivo, al fine di ottenere un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, è stata sviluppata una nuova zonazione denominata ZS9.



Zonizzazione sismogenetica dell'Italia

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

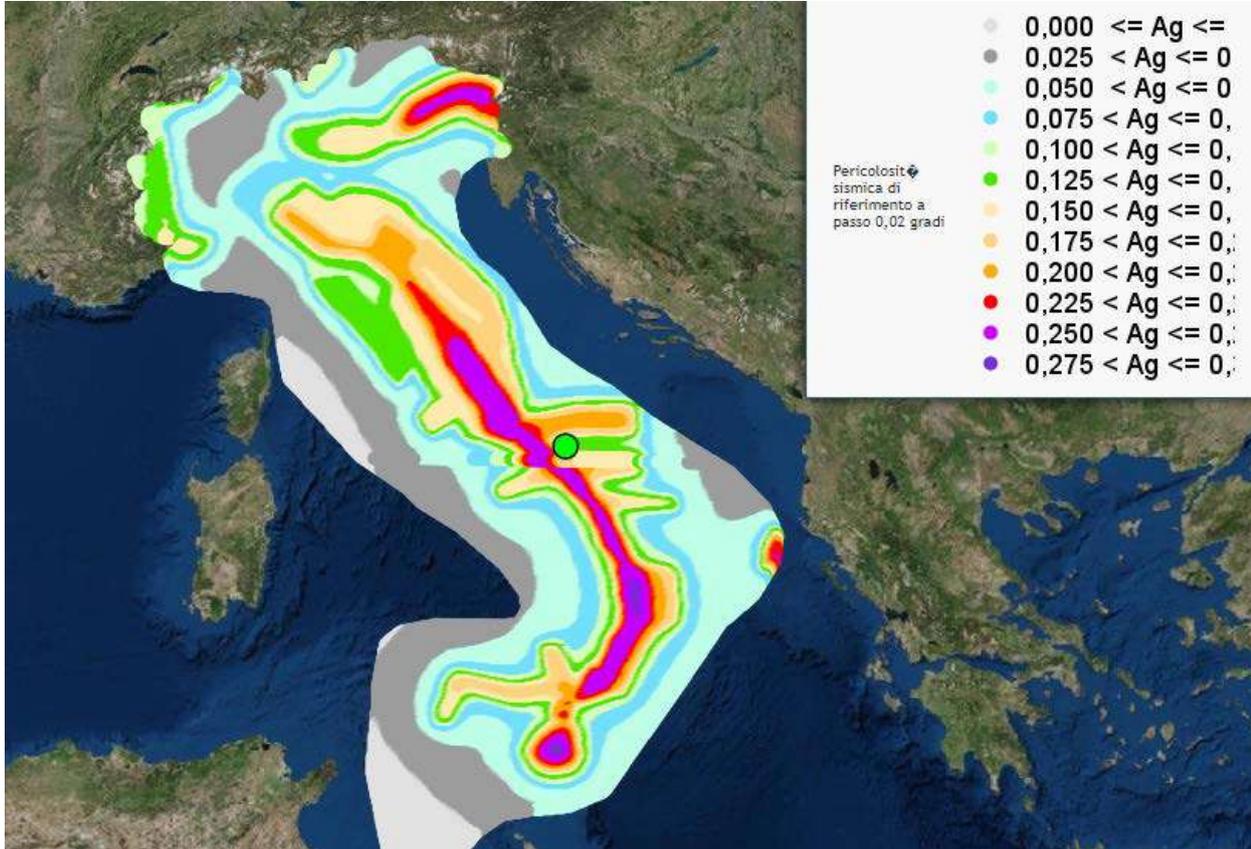


Carta delle accelerazioni massima al suolo – Area oggetto di studio

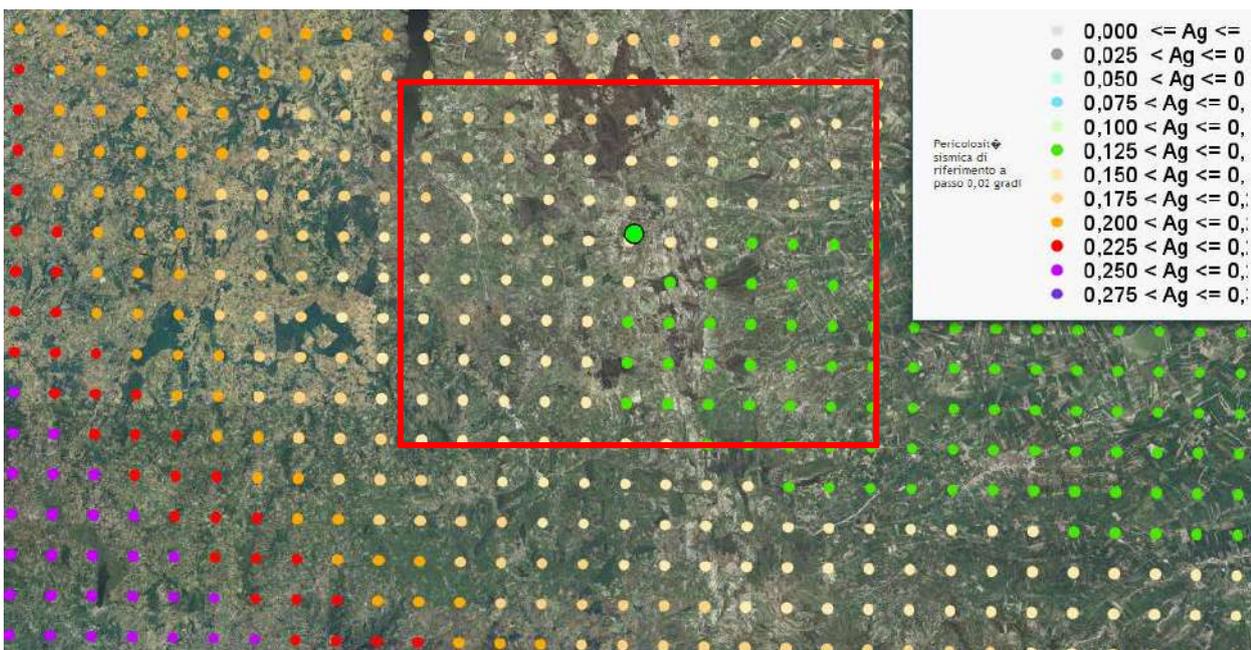
La ZS9 propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche. Una base essenziale per la zonazione del territorio è rappresentata dal modello sismotettonico dell'area italiana, e contributi rilevanti per la definizione delle singole zone sono forniti dai cataloghi sismici disponibili. In particolare, ZS9 è costruita facendo riferimento al modello sismotettonico di *Meletti et al. (2000)*, rivisto ed integrato negli anni successivi alla sua formulazione. Inoltre, ZS9 è definita sulla scorta delle informazioni disponibili dai cataloghi CPTI2 (catalogo parametrico dei terremoti italiani) e DISS (database delle sorgenti sismogenetiche). La ZS9 non introduce drastici elementi di novità rispetto alle precedenti zonazioni, in modo particolare rispetto a ZS4 che rappresenta una sorta di caposaldo nell'evoluzione del processo di zonazione. L'elemento di novità è rappresentato dall'impiego di un catalogo sismico più aggiornato (CPTI2) e dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (database DISS). Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che, per quanto attiene al loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. Tali conoscenze rappresentano uno degli elementi chiave per il tracciamento delle nuove zone. Un altro elemento di novità rispetto al passato è rappresentato dall'utilizzo del database delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti italiani (EMMA; *Vannucci e Gasperini, 2003*). Tale database contiene meccanismi tratti da cataloghi on-line (come il catalogo CMT dell'Università di Harvard, il catalogo dell'ETH di Zurigo e il catalogo RCMT dell'INGV) o dalla letteratura cartacea pubblicata. Tra tutti i meccanismi contenuti nel database sono stati selezionati quelli che ricadono all'interno delle zone sorgente di ZS9: si tratta di 1051 records relativi a terremoti

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

avvenuti tra il 1905 ed il 2003, con magnitudo Mw compresa tra 1.9 e 6.6. Utilizzando tutti i dati disponibili e avendo cura di scegliere il meccanismo più affidabile nel caso di soluzioni multiple per lo stesso evento.

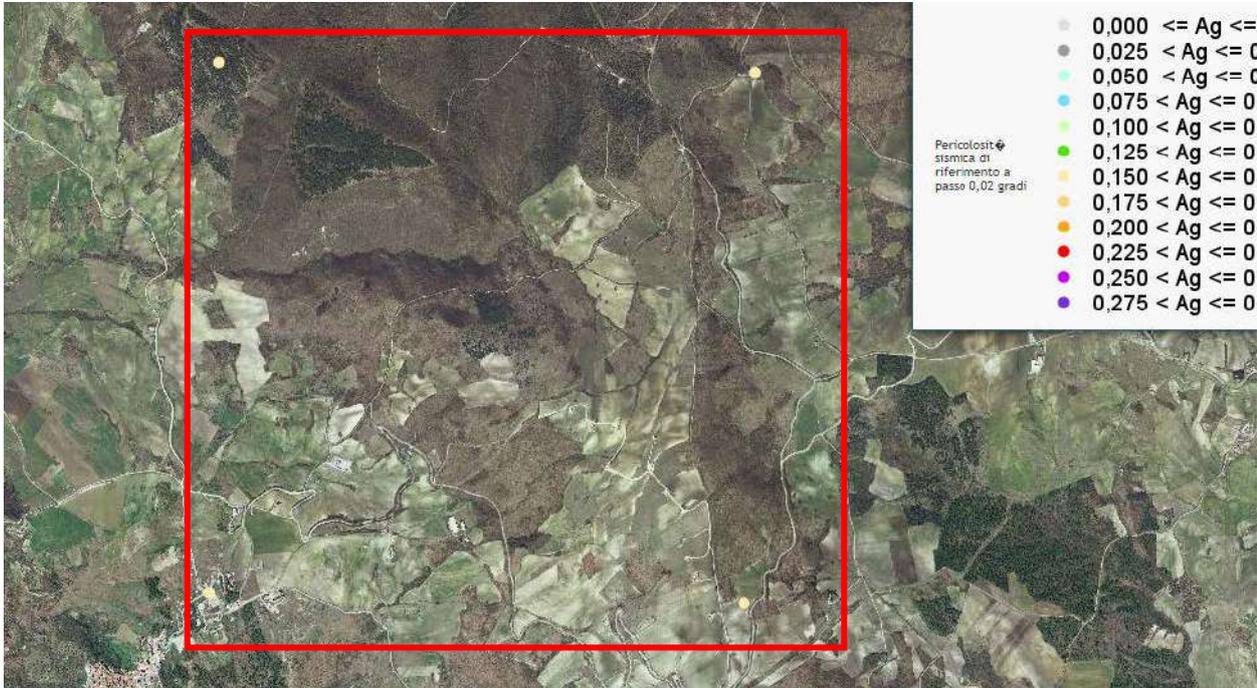


Pericolosità sismica di riferimento a passo 0.02 gradi – wms.pcn.minambiente.it - Pericolosità sismica dell'ITALIA

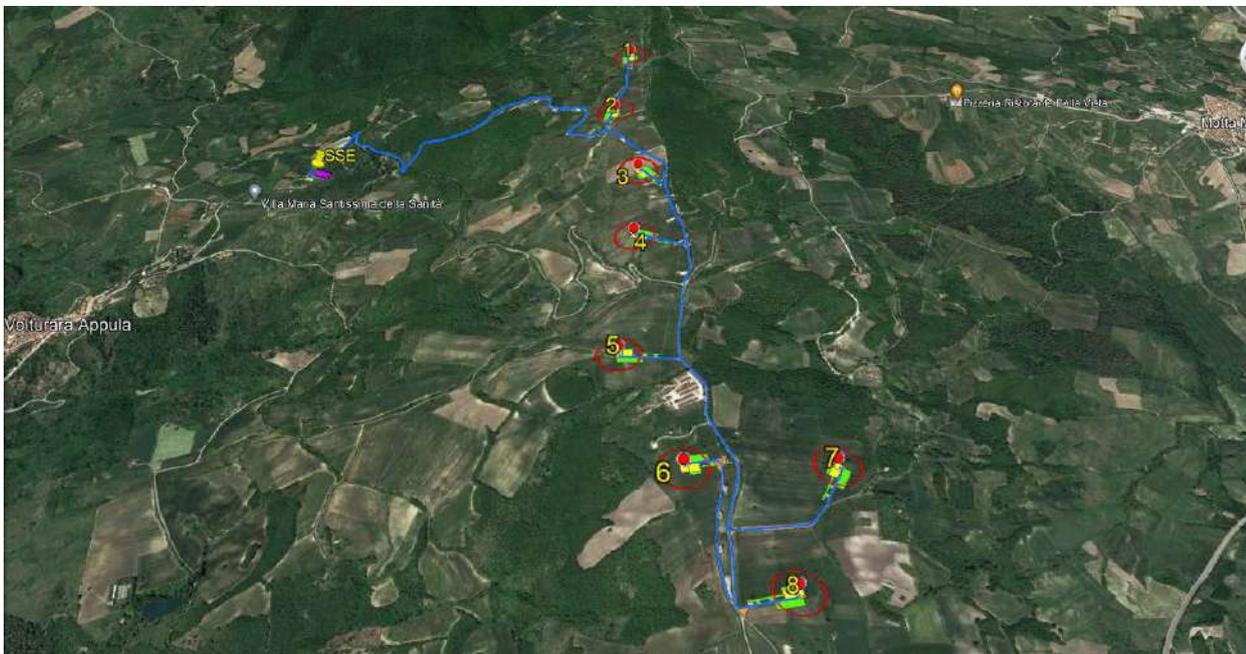


Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Pericolosità sismica di riferimento a passo 0.02 gradi – wms.pcn.minambiente.it -  area oggetto di studio



Pericolosità sismica di riferimento a passo 0.02 gradi – wms.pcn.minambiente.it -  Area Aerogeneratori



Impianto B Area Aerogeneratori + Area Sottostazione Elettrica

IMPIANTO B

- Tutti gli aerogeneratori ivi compresa la Sottostazione Elettrica ricadono in un'area avente tutti la massima accelerazione orizzontale del suolo compresa tra $0.150 < g < 0.175$

9.1. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Dopo il sisma irpino del 1980, risentito a Foggia con intensità del VI°-VII° Mercalli, tutto il territorio della Provincia di Foggia fu classificato come sismico. L'ultimo episodio importante in ordine cronologico è stato il sisma di S. Giuliano di Puglia (CB), del 30.10.2002 e con replica intensa il giorno successivo, la magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VIII della scala Mercalli. L'INGV ha assegnato a Foggia, per questo sisma un'intensità macrosismica pari a V°-VI° della scala Mercalli

Per quanto riguarda il passato è sufficiente sfogliare il "Catalogo dei terremoti italiani dal 1000 al 1980", edito nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del Centro Nazionale per le Ricerche o il "Catalogo dei forti terremoti italiani dal 461 a.c. al 1980, edito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma, per rendersi conto dei terremoti che hanno avuto come epicentro le zone nord-occidentali della Puglia, in particolare quello di Ascoli Satriano del 17 luglio 1361, di Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°-IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieber (MCS).

Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito a Foggia con intensità sismica del VII°- VIII° Mercalli circa.

Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è la prevenzione, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali

L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi. È ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità. Osservazioni ormai innumerevoli provano che la variabilità spaziale dei danni e degli effetti prodotti da un terremoto è sempre molto elevata, e che in molti casi una causa importante è l'esistenza di condizioni locali sfavorevoli dei siti e dei terreni che possono mettere in crisi anche strutture molto resistenti e progettate per resistere a forti terremoti. E' il caso dei pendii franosi, dei depositi argillosi soffici, dei terreni liquefacibili, dove possono aversi **effetti locali** di instabilità, consistenti in veri e propri collassi e talora in movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture. Alcuni scenari tipici: movimenti franosi nei pendii, scorrimenti e cedimenti differenziali in corrispondenza di contatti geologici o di faglie, scivolamenti e rotture nel terreno, fenomeni di liquefazione nei terreni granulari fini saturi, fenomeni di subsidenza in corrispondenza di cavità, ecc.

Ma vi sono anche altre condizioni, meno spettacolari e meno facilmente riconoscibili, che possono essere molto gravose per le sovrastanti strutture e infrastrutture. Sono quelle in cui, a causa di particolari

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

condizioni locali, le caratteristiche vibratorie dei movimenti sismici possono subire modificazioni ed esaltazioni locali. Tali effetti vengono indicati nella terminologia sismica come **effetti di sito**; con il termine 'condizioni locali' si intende, invece, l'insieme dei fattori geomorfologici e geotecnici che interagendo con le onde sismiche possono modificare, rispetto allo scuotimento che si avrebbe sulla roccia sottostante (bedrock), le caratteristiche vibratorie del moto sismico in superficie. Tali fattori comprendono principalmente: la morfologia superficiale e sepolta, le caratteristiche stratigrafiche, le proprietà geotecniche dei terreni in campo statico e dinamico. Gli effetti di sito sono spesso all'origine di molti fenomeni di instabilità delle strutture, sia per l'esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, sia perché possono aversi anche fenomeni di 'doppia risonanza' fra modi di vibrare del terreno e della struttura.

Per quanto riguarda l'aspetto sismotettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Le strutture sismogenetiche dell'Appennino Dauno e più in generale dell'Appennino Campano hanno infatti fatto registrare eventi sismici i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici.

Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieber (MCS). Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito a Foggia con intensità sismica del VII°VIII° Mercalli circa. Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è la prevenzione, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali. L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi. È ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità. La differenza nel danno è imputabile, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (circa i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato la considerazione che territori anche molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi.

La "pericolosità sismica di base" deve essere verificata in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) per diverse probabilità

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

di superamento in diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 475 anni.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri, a_g accelerazione orizzontale massima del terreno, F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

L'ultimo episodio importante in ordine cronologico è stato il sisma di S. Giuliano di Puglia (CB), del 31.10.2003 e con replica intensa il giorno successivo. L'INGV ha assegnato a Foggia, per questo sisma un'intensità macrosismica pari a V°-VI° Mercalli.

Per quanto riguarda il passato è sufficiente sfogliare il "Catalogo dei terremoti italiani".

Per quanto riguarda l'aspetto sismotettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Le strutture sismogenetiche appenniniche garganiche hanno infatti fatto registrare eventi sismici i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici. Di seguito si ricordano i più importanti.

- 5 febbraio 62 d.c. (Magnitudo 5.8 scala Richter)
Certamente danneggiata Pompei ed Ercolano, oltre a Nocera ed alcune zone di Napoli.
- 25 agosto 79 d.c. (Magnitudo 5.7 scala Richter)
Associato alla celebre eruzione distruttiva del Vesuvio
- Anno 99 d.c. (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Epicentro vicino Circello (BN)
- Anno 346 d.c. (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Castelpagano (BN), prossimo a quello del 99. Effetti importanti anche nel Matese, confermato da studi archeosismologici su lapidi ed epigrafi
- 21 luglio 369 d.c. (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Sisma a Benevento, dove andò distrutta la maggior parte degli edifici importanti dell'epoca. Morì la metà degli abitanti della città (migliaia).
- Anno 848 d.c. (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Epicentro a sud di Castelpizzuto (IS). Interessati Campania e Molise, diversi morti ad Isernia
- 25 ottobre 989 d.c. (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Epicentro tra Benevento e l'Irpinia, epicentro nei pressi di Carife. Distrutto il paese di Ronza, mai più ricostruito, ingenti danni a Benevento, Capua, Conza (dove muore il vescovo), Frigento il terremoto distrusse interi villaggi e provocò numerosi morti.
- Anno 1180 (Magnitudo // scala Richter)
Questo terremoto colpì l'Irpinia; secondo alcune fonti Ariano "fu inghiottito da una voragine" e Napoli restò in gran parte distrutta.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- Anno 1223 (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Vico del Gargano. Danni ingenti in tutto il Gargano e la Capitanata. Distrutta Siponto che, ricostruita per volere di re Manfredi, diverrà l'attuale Manfredonia, Colpite duramente anche Vieste, la Foresta Umbra e per l'appunto Vico.
- 4 settembre 1293 (Magnitudo 5.9 scala Richter)
Epicentro nel Sannio (Campania) di VIII-IX grado scala Mercalli. A Napoli venne gravemente danneggiata la Chiesa di Santa Maria Donnaregina.
- Anno 1349 (Magnitudo 6.6 scala Richter)
Terremoto sull'Appennino centro-meridionale (VIII-IX Mercalli) con epicentro nella zona di Venafro (IS) che risultò distrutta. Danneggiata gravemente tutta l'area; a Napoli crolla la facciata della cattedrale.
- Anno 1361 (Magnitudo 6 scala Richter)
Epicentro tra Bovino ed Ascoli Satriano, colpita anche la città di Canosa e Sant'Agata di Puglia
- Anno 1414 (Magnitudo 5.8 scala Richter)
Epicentro tra Bovino ed Ascoli Satriano, colpita anche la città di Canosa e Sant'Agata di Puglia
- 5 dicembre 1456 (Magnitudo 7.1 scala Richter)
Fortissimo terremoto, con epicentro nella zona di Benevento, magnitudo di 7.2 scala Richter. Il sisma interessò buona parte del Centro-Sud Italia. A Napoli crollò il campanile della chiesa di Santa Chiara, la chiesa di San Domenico Maggiore dovrà essere ricostruita, così come il Duomo e la cappella palatina di Santa Barbara in Castel Nuovo restaurati. A Teramo morirono più di 200 persone, Rivisondoli fu completamente rasa al suolo e l'insediamento di Roccapizzi (Abruzzo) dopo essere stato completamente raso al suolo venne abbandonato dagli abitanti, e mai più ricostruito. Le scosse si susseguirono distruttrici anche il 15 e 17 dicembre. In tutto si contarono circa 30mila morti.
- maggio 1560 (Magnitudo 5.6 scala Richter)
Epicentro prossimo alla costa, a nord-ovest di Bisceglie dove si verificano numerosi crolli come a Barletta. Circa 300 vittime segnalate
- 31 maggio 1627 (Magnitudo 7.1 scala Richter)
Forte terremoto (XI scala Mercalli) tra Puglia e Campania. Rase al suolo le cittadine di San Severo, Torremaggiore e diversi centri limitrofi del Foggiano. La scossa provocò un maremoto sulle coste del Gargano, soprattutto presso il Lago di Lesina. Persero la vita oltre 4500 persone.
- 30 luglio 1646 (Magnitudo 6.6 scala Richter)
Epicentro a sud di Vico. La più colpita è Vieste dove si registrano 132 vittime. Danni a anche a Peschici, Ischitella, Rodi, Vico, Carpino, San Giovanni Rotondo, Monte S. Angelo. Lesioni anche a Foggia. Tsunami nel lago di Varano.
- 29 gennaio 1657 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Sisma tra i più dimenticati della storia, recentemente rivalutato grazie a ricerche annalistiche. Scossa principale notturna. Distrutta Lesina, gravi danni per tutto il Gargano in particolare a Vico, S. Severo, Torremaggiore, Apricena e Monte S. Angelo. Ignoto il numero delle vittime.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- 5 giugno 1688 (Magnitudo 6.7 scala Richter)
Un immane terremoto (XI Mercalli) con epicentro nel Sannio a Cerreto Sannita (BN) rase quasi al suolo la città di Benevento. Gravissimi danni subì anche Napoli; qualcuno anche all'Aquila e nel Molise. Serie lesioni ad Ariano e Casalbore I morti ammontarono a 2115.
- 8 settembre 1694 (Magnitudo 6.8 scala Richter)
Forte terremoto tra Irpinia e Basilicata. Calitri fu il paese irpino più colpito (311 vittime). Danni anche a Cava de' Tirreni e Benevento. Circa 6000 i morti.
- 14 marzo 1702 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Epicentro nel Beneventano (IX-X Mercalli), il sisma provocò alcuni danni fino a Napoli ed in Irpinia, oltre che la morte di circa 400 persone.
- 20 marzo 1731 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Epicentro a sud-ovest di Canosa. Gravi danni a Cerignola, dove crolla parzialmente il castello, a Foggia e nella sua intera provincia. Crolli anche a Barletta, Molfetta, Ascoli Satriano e Canosa. Circa 2500 vittime. Leggero Tsunami a Manfredonia e Barletta...
- 29 novembre 1732 (Magnitudo 6.6 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Grottaminarda. Colpita in particolare l'Irpinia settentrionale. Tra i paesi semidistrutti Mirabella, Ariano, Castel Baronia e Flumeri. Ad Avellino crolla il 50% degli edifici. Circa 2000 morti
- 20 febbraio 1743 (Magnitudo 7.0 scala Richter)
Epicentro nel canale d'Otranto. Scossa serale, poco prima della mezzanotte. Semidistrutti Nardò (dove muoiono 100 persone) e Francavilla Fontana. Danni rilevanti a Lecce ed in tutto il Salento. A Brindisi crollano diversi edifici e la cattedrale rimane seriamente lesionata. Effetti anche sull'altra sponda dello Jonio, crolli pure a Corfù, circa 250 vittime.
- 26 luglio 1805 (Magnitudo 6.5 scala Richter)
Sisma alle ore 22 (6.5 gradi scala Richter), con epicentro tra Campania e Molise. A Napoli, grazie alla sopraelevazione dell'edificio del Real Museo Borbonico, il gran salone resse durante il terremoto. A Campobasso si ebbero gravi perdite umane e materiali, fra cui il duecentesco convento dei Celestini. Le vittime salirono a 5573.
- 1° gennaio 1826 (Magnitudo 5.7 scala Richter)
Epicentro tra Calvello e Tito, semidistrutta. Danni ingenti a Potenza e Melfi. Colpite anche Satriano di Lucania, avvertito anche a Napoli.
- 4 agosto 1851 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Barile. Colpita l'area circostante il massiccio del Vulture e la val d'Agri. Distrutta Melfi dove ci sono stati almeno 400 morti. Altri paesi semidistrutti: Rapolla, Barile, Atella, Lavello, Venosa, Rionero. Avvertito nelle regioni confinanti Campania e Puglia. Numero di vittime certamente superiore a 700, forse un migliaio. Il sisma ebbe vasta risonanza, anche per la visita del Re Ferdinando II a Melfi e nei luoghi colpiti.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- 16 dicembre 1857 (Magnitudo 6.9 scala Richter)
Evento distruttivo su ampia area geografica, interessata almeno 150 siti. Colpita la val d'Agri Epicentro tra Viggiano e Villa d'Agri. Tra i paesi più devastati Montemurro con 3000 morti, Sarconi, Saponara, Viggiano, Marsico, Tito. Gravi danni anche a Potenza, crolli e decessi anche in Irpinia e Salernitano, stimati in complessivo circa 11 mila morti, per alcuni 19 mila. Almeno 6000 gli edifici distrutti. Forti ripercussioni sociali, con ricostruzione lenta e scarsa. Per conto della Royal Society di Londra lo scienziato Robert Mallet, padre della moderna sismologia, compì un'ampia ricognizione della zona interessata e descrisse dettagliatamente gli effetti del sisma.
- 6 dicembre 1875 (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Sisma notturno. Epicentro tra S. Marco in Lamis e S. Giovanni Rotondo che risulta il paese più colpito con crollo di 300 case ed abitanti costretti a rifugiarsi in tende e baracche. Avvertito in tutto il Gargano e il Tavoliere.
- agosto 1893 (Magnitudo 5.4 scala Richter)
Il terremoto del Gargano del 1893 è stato un evento sismico che colpì la costa meridionale del Gargano con epicentro localizzato all'altezza del porto di Mattinata, all'epoca semplice frazione rurale di Monte Sant'Angelo. La scossa principale si verificò nella serata del 10 agosto, dopo una giornata caratterizzata da un continuo susseguirsi di altre scosse relativamente meno intense, all'interno di una sequenza sismica che perdurava fin dal 27 giugno ed esauritasi solo nel gennaio dell'anno successivo, dopo che a novembre si era registrata una tregua poi rivelatasi momentanea. Durante l'intera sequenza vennero registrate non meno di 400 scosse.
- 7 giugno 1910 (Magnitudo 5.8 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Calitri dove crolla il 30% degli edifici, con diverse vittime. Una sessantina i comuni interessati, la parte più occidentale della Basilicata e l'Irpinia orientale. Circa 50 i morti.
- 23 luglio 1930 (Magnitudo 6.7 scala Richter)
Sisma notturno, importante per lo sviluppo areale. Epicentro nei pressi di Lacedonia, il paese più devastato con il crollo del 70% delle abitazioni, forte terremoto nel Vulture colpì Campania, Basilicata e Puglia. I comuni più colpiti, dove crollò il 70% degli edifici, furono Aquilonia e Lacedonia. Le vittime furono 1404.
- 21 agosto 1962 (Magnitudo 6.2 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Apice, Ariano Irpino e Melito i paesi più colpiti. Sisma popolarmente definito "signore" perché ha danneggiato gli edifici e provocò pochi 17 morti. Crollo di un ponte sulla ferrovia Avellino-Foggia, 10 mila i senza tetto.
- 23 novembre 1980 (Magnitudo 6.9 scala Richter)
Il più terribile terremoto in Italia, dopo la Seconda Guerra Mondiale, con epicentro in Irpinia, furono devastate diverse zone tra la Campania e la Basilicata e Puglia, con danni ingentissimi, soprattutto nell'area del Vulture. Vennero distrutti numerosi paesi. A Napoli, nel quartiere di Poggioreale, crollò un palazzo di diversi piani, provocando 52 morti. Danni ingenti nelle province di Avellino, Salerno, Benevento, Matera e Potenza e Foggia. In totale vi furono circa 8000 feriti, 2914 morti, oltre 250 mila senza tetto.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- 5 maggio 1990 (Magnitudo 5.8 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Colliano, colpita l'area a cavallo tra la Campania e la Basilicata. Avvertito anche nelle province di Benevento e Matera. Danni e lesioni a Potenza e Melfi, 2 i morti.
- 31 ottobre 2002 (Magnitudo 5.7 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Bonefro (CB). Danni principali a S. Giuliano di Puglia dove nel crollo di una scuola morirono 27 bambini ed una maestra. Lesione anche in provincia di Foggia. 30 le vittime totali, 5000 senzatetto.

Dopo questa lunga carrellata di date di terremoti, solo per citare i più nefasti, possiamo asserire con certezza che nessuna zona dell'Italia viene risparmiata. Tutto ciò al solo scopo per non dimenticare che viviamo in un territorio altamente sismico, e, dal punto di vista geologico, molto fragile. Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è **la prevenzione**, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali. L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi. E' ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità.

10 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

L'ordinanza sismica n. 3274 del 20.03.2003 ha introdotto, tra l'altro, la necessità di considerare, per le costruzioni sui pendii o in loro prossimità, un coefficiente di amplificazione topografica St .

Tale coefficiente è direttamente proporzionale alla pendenza del versante,

$St = 1$ (assenza di amplificazione) per acclività minori di 15° (pendenze inferiori al 26.8%).

$St = 1,2$ per acclività comprese tra 15° e 30° (pendenze superiori al 26.8% ed inferiori al 57%)

$St = 1,4$ per acclività maggiori di 30° .

10.1. CATEGORIE TOPOGRAFICHE

Sono state contraddistinte quattro categorie Topografiche così come segue:

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

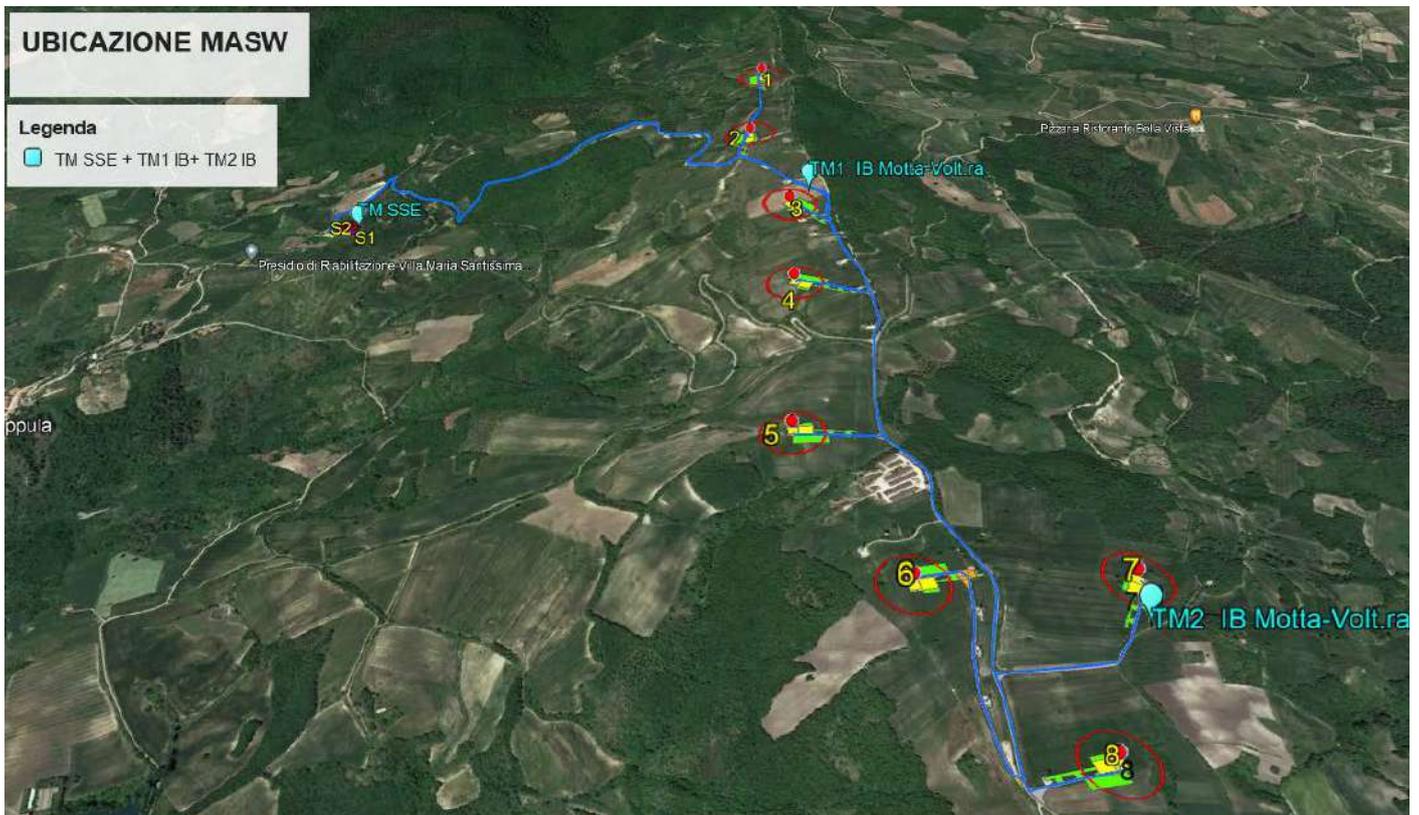
Nel nostro caso specifico, essendo l'acclività $< 15^\circ$, il coefficiente di amplificazione sismica topografica St risulta pari a 1.0 e categoria topografica T1 per tutti gli Aerogeneratori e la Sottostazione di Trasformazione Elettrica (SSE) sita nel comune di Volturara Appula.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

11 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi con $Vs_{30} > 800$ m/s
B	Ghiaie e sabbie molto addensate o argille molto consistenti con $360 < Vs_{30} < 800$ m/s
C	Ghiaie e sabbie mediamente addensate o argille mediamente consistenti con $180 < Vs_{30} < 360$ m/s
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con $Vs_{30} < 180$ m/s
E	Terreni con sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 metri, posti su substrato con $Vs > 800$ m/s
S1	Terreni caratterizzati da valori di $Vs_{30} < 100$ m/s
S2	Terreni suscettibili di liquefazione o di argille sensitive

Per caratterizzare la **Categoria dei suoli di Fondazione** è stata eseguita N. 1 MASW.



Ubicazione MASW

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

MASW TM1 IB

PRSE 772 - TM1 IB

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.0	381.44	1713.40	18.55	0.47	4.49	275	811
2	3.0	4.5	428.49	1765.62	18.71	0.47	4.12	350	1029
3	7.5	6.0	655.25	2017.33	19.47	0.44	3.08	852	2457
4	13.5	7.5	721.48	2090.85	19.69	0.43	2.90	1045	2994
5	21.0	9.0	1057.72	2464.07	20.73	0.39	2.33	2365	6562
6	30.0 -		1177.04	2596.52	21.09	0.37	2.21	2979	8167

H = 21 m

Vs,eq : 452.3 (m/s)

Categoria suolo : **B**

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

MASW TM2 IB

PRSE 772 - TM2 IB

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	1.9	530.80	1879.19	19.06	0.46	3.54	548	1595
2	1.9	2.4	525.25	1873.03	19.04	0.46	3.57	536	1561
3	4.3	2.9	467.65	1809.10	18.85	0.46	3.87	420	1231
4	7.2	3.5	426.62	1763.54	18.71	0.47	4.13	347	1020
5	10.7	4.0	548.21	1898.51	19.12	0.45	3.46	586	1704
6	14.7	4.6	719.47	2088.61	19.68	0.43	2.90	1039	2976
7	19.3	5.1	777.19	2152.69	19.86	0.43	2.77	1224	3487
8	24.4	5.6	952.86	2347.67	20.41	0.40	2.46	1890	5298
9	30.0 -		952.86	2347.67	20.41	0.40	2.46	1890	5298

H = 24.4 m

Vs,eq : 570.2 (m/s)

Categoria suolo : **B**

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

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

MASW TM SSE (Volturara)

PRSE 598 - 1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	n (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.8	180.00	350.00	17.88	0.32	1.94	59	156
2	3.8	6.3	340.00	700.00	18.43	0.35	2.06	217	585
3	10.0	8.8	389.00	1726.94	18.59	0.47	4.44	287	845
4	18.8	11.2	510.00	1907.54	19.14	0.46	3.74	508	1484
5	30.0 -		556.34	1907.54	19.14	0.45	3.43	604	1757

H = 30 m

Vs,eq : 358.1 (m/s)

Categoria 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.

In sintesi

IMPIANTO B

- L'area su cui insistono gli Aerogeneratori 1 – 2 – 3 – 4 - 5 – 6 e 7 è classificata come **Categoria "B"** Depositi di ghiaia e sabbia addensate o di argille consistenti con **Vs30** compreso tra **452.3 m/s** e **570.2 m/s**
- L'area su cui insiste l'Aerogeneratore 8 è classificata come **Categoria "C"** Depositi di ghiaia e sabbia mediamente addensate o di argille di media consistenza con **Vs30** uguale a **345.1 m/s**
- La Sottostazione di Trasformazione Elettrica (**SSE**) sita nel comune di Volturara è classificata come **Categoria "C"** Depositi di ghiaia e sabbia mediamente addensate o di argille di media consistenza con **Vs30** uguale a **358.1 m/s**

Si illustrano di seguito i modelli geologico-geotecnici.

Si precisa che i parametri geotecnici utilizzati fanno riferimento alle indagini geognostiche in sito e di laboratorio eseguite nell'anno 2006, con l'integrazione della tomografie sismica e Masw eseguite nell'anno 2023.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".

Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

IMPIANTO B

Modello geologico-geotecnico AEROGENERATORI

AEROGENERATORI 1- 2 - 3 - 4 - 5 e 6 IMPIANTO B																																																																								
CONDIZIONE DI STABILITA'	<p>Area con pendenza media del 10-18% verso Sudovest non vi sono segni manifesti di movimenti franosi superficiali.</p> <p>Unità tettoniche dalle più antiche alle più recenti</p> <p>L'area di intervento insiste essenzialmente sull'unità tettonica del FLYSCH di Faeto, alternanze di calcareniti e calciluti biancastre con argilliti dello stesso colore, argille marnose verdastre e passa per alternanza alle Marne Argillose di Toppo Capuano (TPC).</p>																																																																							
COEFFICIENTE D'INTENSITA' SISMICA	<p>ZONA 2 (Sismicità $0.15 < PGA \leq 0.25 g$)</p>																																																																							
definito nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006	<p>PERICOLOSITA' DEL SITO $0.150 < PGA \leq 0.175 g$</p>																																																																							
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	<p>CATEGORIA "B" Depositi di sabbie e ghiaia addensate o di argille consistenti</p> <p>$V_{s30} = 452,3 \text{ m/s}$;</p>																																																																							
CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE																																																																								
LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL I LIVELLO , al di sotto della copertura vegetale																																																																								
LITOLOGIA da 0,90 a 6,60 metri Fitta alternanza di livelli calcarei biancastri farnosi molto fratturati con livelli di argilla marnosa giallo-biancastra, consistente	<table border="1"> <tr><td rowspan="13" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>γ</td><td>=</td><td>19.000</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>γ_{sat}</td><td>=</td><td>19.600</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)</td><td>ϕ'</td><td>=</td><td>24.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coazione drenata (da prove di taglio diretto)</td><td>c'</td><td>=</td><td>10.00</td><td></td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto residuo)</td><td>ϕ''</td><td>=</td><td>20.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coazione drenata (da prove di taglio diretto residuo)</td><td>c''</td><td>=</td><td>0.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coazione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>100.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>8.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>428.00</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>350</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.47</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>29'575</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_T</td><td>=</td><td>26'020</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>28'415</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	γ	=	19.000	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	γ_{sat}	=	19.600	KN/m ³	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	24.00	°	Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	10.00		Angolo di attrito (da prove di taglio diretto residuo)	ϕ''	=	20.00	°	Coazione drenata (da prove di taglio diretto residuo)	c''	=	0.00	KPa	Coazione non drenata	C_u	=	100.00	KPa	Modulo Edometrico	E_{ed}	=	8.00	MPa	Velocità onde S	V	=	428.00	m/s	Modulo di Taglio	G	=	350	MPa	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.47	-	Coefficiente di Winkler	K	=	29'575	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K_T	=	26'020	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K_d	=	28'415	KN/m ³
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		γ	=	19.000	KN/m ³																																																																		
	Peso dell'unità di volume Saturo		γ_{sat}	=	19.600	KN/m ³																																																																		
	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)		ϕ'	=	24.00	°																																																																		
	Coazione drenata (da prove di taglio diretto)		c'	=	10.00																																																																			
	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto residuo)		ϕ''	=	20.00	°																																																																		
	Coazione drenata (da prove di taglio diretto residuo)		c''	=	0.00	KPa																																																																		
	Coazione non drenata		C_u	=	100.00	KPa																																																																		
	Modulo Edometrico		E_{ed}	=	8.00	MPa																																																																		
	Velocità onde S		V	=	428.00	m/s																																																																		
	Modulo di Taglio		G	=	350	MPa																																																																		
	Coefficiente di Poisson		ν	=	0.47	-																																																																		
	Coefficiente di Winkler		K	=	29'575	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente tangenziale	K_T	=	26'020	KN/m ³																																																																			
Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K_d	=	28'415	KN/m ³																																																																				
2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL SECONDO LIVELLO																																																																								
LITOLOGIA da 6,60 a 17,00 metri Argilliti e argilla marnosa bianco giallastra con livelletti di mame argillose dello stesso colore, alternate a livelli calcarenitici di colore grigio-biancastro e livelli di argilla marnosa verde-giallastra, consistente falda rivenuta a - 6.60 metri dal p.c.	<table border="1"> <tr><td rowspan="13" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>γ</td><td>=</td><td>19.00</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>γ_{sat}</td><td>=</td><td>19.60</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito</td><td>ϕ'</td><td>=</td><td>24.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coazione drenata</td><td>c'</td><td>=</td><td>20.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coazione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>150.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>12.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>721</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>1'045</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.43</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>45523</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_T</td><td>=</td><td>40028</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>42126</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	γ	=	19.00	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	γ_{sat}	=	19.60	KN/m ³	Angolo di attrito	ϕ'	=	24.00	°	Coazione drenata	c'	=	20.00	KPa	Coazione non drenata	C_u	=	150.00	KPa	Modulo Edometrico	E_{ed}	=	12.00	MPa	Velocità onde S	V	=	721	m/s	Modulo di Taglio	G	=	1'045	MPa	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.43	-	Coefficiente di Winkler	K	=	45523	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K_T	=	40028	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K_d	=	42126	KN/m ³										
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		γ	=	19.00	KN/m ³																																																																		
	Peso dell'unità di volume Saturo		γ_{sat}	=	19.60	KN/m ³																																																																		
	Angolo di attrito		ϕ'	=	24.00	°																																																																		
	Coazione drenata		c'	=	20.00	KPa																																																																		
	Coazione non drenata		C_u	=	150.00	KPa																																																																		
	Modulo Edometrico		E_{ed}	=	12.00	MPa																																																																		
	Velocità onde S		V	=	721	m/s																																																																		
	Modulo di Taglio		G	=	1'045	MPa																																																																		
	Coefficiente di Poisson		ν	=	0.43	-																																																																		
	Coefficiente di Winkler		K	=	45523	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente tangenziale		K_T	=	40028	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente di rigidità verticale dinamico		K_d	=	42126	KN/m ³																																																																		
	3° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO																																																																							
LITOLOGIA da 17,00 a 30,00 metri alcareniti fratturati molto consistenti con livelli di argilla marnosa	<table border="1"> <tr><td rowspan="13" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>γ_{med}</td><td>=</td><td>20.500</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>γ_{sat}</td><td>=</td><td>21.100</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito</td><td>ϕ'_{med}</td><td>=</td><td>26.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coazione drenata</td><td>c'_{med}</td><td>=</td><td>30.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coazione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>300.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>15.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>1'057</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>2'365</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.39</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>80007</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_T</td><td>=</td><td>55590</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>64006</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	γ_{med}	=	20.500	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	γ_{sat}	=	21.100	KN/m ³	Angolo di attrito	ϕ'_{med}	=	26.00	°	Coazione drenata	c'_{med}	=	30.00	KPa	Coazione non drenata	C_u	=	300.00	KPa	Modulo Edometrico	E_{ed}	=	15.00	MPa	Velocità onde S	V	=	1'057	m/s	Modulo di Taglio	G	=	2'365	MPa	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.39	-	Coefficiente di Winkler	K	=	80007	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K_T	=	55590	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K_d	=	64006	KN/m ³										
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		γ_{med}	=	20.500	KN/m ³																																																																		
	Peso dell'unità di volume Saturo		γ_{sat}	=	21.100	KN/m ³																																																																		
	Angolo di attrito		ϕ'_{med}	=	26.00	°																																																																		
	Coazione drenata		c'_{med}	=	30.00	KPa																																																																		
	Coazione non drenata		C_u	=	300.00	KPa																																																																		
	Modulo Edometrico		E_{ed}	=	15.00	MPa																																																																		
	Velocità onde S		V	=	1'057	m/s																																																																		
	Modulo di Taglio		G	=	2'365	MPa																																																																		
	Coefficiente di Poisson		ν	=	0.39	-																																																																		
	Coefficiente di Winkler		K	=	80007	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente tangenziale		K_T	=	55590	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente di rigidità verticale dinamico		K_d	=	64006	KN/m ³																																																																		
	TIPO di fondazioni consigliate	<p>Fondazioni su pali di lunghezza pari a 25 metri e diametro 1200 mm per ogni altre ulteriori valutazioni e considerazioni si rimanda al tecnico progettista</p>																																																																						

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

AEROGENERATORI 7 e 8 IMPIANTO B

CONDIZIONE DI STABILITA'	Area con pendenza media del 11% verso SUDEST segni manifesti di movimenti franosi superficiali Unità tettoniche dalle più antiche alle più recenti Unità tettonica Flysch Rosso (FYR) L'area di intervento insiste essenzialmente sull'unità tettonica del FLYSCH ROSSO alternanze di argille, argille siltose e argilliti con contatto con contatto eteropico delle argille variegata (AV) e sulle Argille marnose di Toppo Capuano (TPC), questi materiali son ricoperti da materiale detritico.
COEFFICIENTE D'INTENSITA' SISMICA definito nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006	ZONA 2 (Sismicità $0.15 < PGA \leq 0.25$ g) PERICOLOSITA' DEL SITO $0.150 < PGA \leq 0.175$ g
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA "B" Depositi di sabbie e ghiaia addensate o di argille consistenti Vs30 = 570,2 m/s ;

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE

LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL I LIVELLO, al di sotto della copertura vegetale																																																																								
LITOLOGIA da 0,00 a 5,00 metri Limo sabbioso argilloso grigio-giallastro, plastico, con venature rossastre, a struttura caotica.	<table border="1"> <tr><td rowspan="13" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>17.500</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>18.100</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)</td><td>φ'</td><td>=</td><td>16.00</td><td></td></tr> <tr><td>Coesione drenata (da prove di taglio diretto)</td><td>c'</td><td>=</td><td>5.00</td><td></td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto residuo)</td><td>φ'</td><td>=</td><td>12.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coesione drenata (da prove di taglio diretto residuo)</td><td>c'</td><td>=</td><td>0.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coesione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>40.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>4.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>525.00</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>536</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.46</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>25'456</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_τ</td><td>=</td><td>20'123</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>22'027</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y	=	17.500	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat}	=	18.100	KN/m ³	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	φ'	=	16.00		Coesione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	5.00		Angolo di attrito (da prove di taglio diretto residuo)	φ'	=	12.00	°	Coesione drenata (da prove di taglio diretto residuo)	c'	=	0.00	KPa	Coesione non drenata	C _u	=	40.00	KPa	Modulo Edometrico	E _{ed}	=	4.00	MPa	Velocità onde S	V	=	525.00	m/s	Modulo di Taglio	G	=	536	MPa	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.46	-	Coefficiente di Winkler	K	=	25'456	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	20'123	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	22'027	KN/m ³
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		Y	=	17.500	KN/m ³																																																																		
	Peso dell'unità di volume Saturo		Y _{sat}	=	18.100	KN/m ³																																																																		
	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)		φ'	=	16.00																																																																			
	Coesione drenata (da prove di taglio diretto)		c'	=	5.00																																																																			
	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto residuo)		φ'	=	12.00	°																																																																		
	Coesione drenata (da prove di taglio diretto residuo)		c'	=	0.00	KPa																																																																		
	Coesione non drenata		C _u	=	40.00	KPa																																																																		
	Modulo Edometrico		E _{ed}	=	4.00	MPa																																																																		
	Velocità onde S		V	=	525.00	m/s																																																																		
	Modulo di Taglio		G	=	536	MPa																																																																		
	Coefficiente di Poisson		ν	=	0.46	-																																																																		
	Coefficiente di Winkler		K	=	25'456	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	20'123	KN/m ³																																																																			
Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	22'027	KN/m ³																																																																				
LITOLOGIA da 5,00 a 15,00 metri Argilla marnosa scistosa di colore avana con venature bluastre, alternate a livelletti di mame dello stesso colore falda rivenuta a - 4.50 metri dal p.c	<table border="1"> <tr><td rowspan="13" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>18.50</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>18.90</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito</td><td>φ'</td><td>=</td><td>22.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coesione drenata</td><td>c'</td><td>=</td><td>10.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coesione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>80.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>8.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>548</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>586</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.45</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>30125</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_τ</td><td>=</td><td>27456</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>28984</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y	=	18.50	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat}	=	18.90	KN/m ³	Angolo di attrito	φ'	=	22.00	°	Coesione drenata	c'	=	10.00	KPa	Coesione non drenata	C _u	=	80.00	KPa	Modulo Edometrico	E _{ed}	=	8.00	MPa	Velocità onde S	V	=	548	m/s	Modulo di Taglio	G	=	586	MPa	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.45	-	Coefficiente di Winkler	K	=	30125	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	27456	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	28984	KN/m ³										
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		Y	=	18.50	KN/m ³																																																																		
	Peso dell'unità di volume Saturo		Y _{sat}	=	18.90	KN/m ³																																																																		
	Angolo di attrito		φ'	=	22.00	°																																																																		
	Coesione drenata		c'	=	10.00	KPa																																																																		
	Coesione non drenata		C _u	=	80.00	KPa																																																																		
	Modulo Edometrico		E _{ed}	=	8.00	MPa																																																																		
	Velocità onde S		V	=	548	m/s																																																																		
	Modulo di Taglio		G	=	586	MPa																																																																		
	Coefficiente di Poisson		ν	=	0.45	-																																																																		
	Coefficiente di Winkler		K	=	30125	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente tangenziale		K _τ	=	27456	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente di rigidità verticale dinamico		K _d	=	28984	KN/m ³																																																																		
	LITOLOGIA da 15,0 a 30,00 metri Argilla marnosa grigio bluastro con livelletti di mame dello stesso colore	<table border="1"> <tr><td rowspan="13" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y_{med}</td><td>=</td><td>20.000</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>2'045.000</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito</td><td>φ'_{med}</td><td>=</td><td>25.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coesione drenata</td><td>c'_{med}</td><td>=</td><td>30.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coesione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>300.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>15.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>952</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>1'890</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.40</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>60123</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_τ</td><td>=</td><td>55590</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>58425</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y _{med}	=	20.000	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat}	=	2'045.000	KN/m ³	Angolo di attrito	φ' _{med}	=	25.00	°	Coesione drenata	c' _{med}	=	30.00	KPa	Coesione non drenata	C _u	=	300.00	KPa	Modulo Edometrico	E _{ed}	=	15.00	MPa	Velocità onde S	V	=	952	m/s	Modulo di Taglio	G	=	1'890	MPa	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.40	-	Coefficiente di Winkler	K	=	60123	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	55590	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	58425	KN/m ³									
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y _{med}		=	20.000	KN/m ³																																																																		
	Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat}		=	2'045.000	KN/m ³																																																																		
	Angolo di attrito	φ' _{med}		=	25.00	°																																																																		
	Coesione drenata	c' _{med}		=	30.00	KPa																																																																		
	Coesione non drenata	C _u		=	300.00	KPa																																																																		
	Modulo Edometrico	E _{ed}		=	15.00	MPa																																																																		
	Velocità onde S	V		=	952	m/s																																																																		
	Modulo di Taglio	G		=	1'890	MPa																																																																		
	Coefficiente di Poisson	ν		=	0.40	-																																																																		
	Coefficiente di Winkler	K		=	60123	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente tangenziale	K _τ		=	55590	KN/m ³																																																																		
	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d		=	58425	KN/m ³																																																																		
	TIPO di fondazioni consigliate	Fondazioni su pali di lunghezza pari a 25 metri e diametro 1200 mm per ogni altre ulteriori valutazioni e considerazioni si rimanda al tecnico progettista																																																																						

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Modello geologico-geotecnico SSE (VOLTURARA)

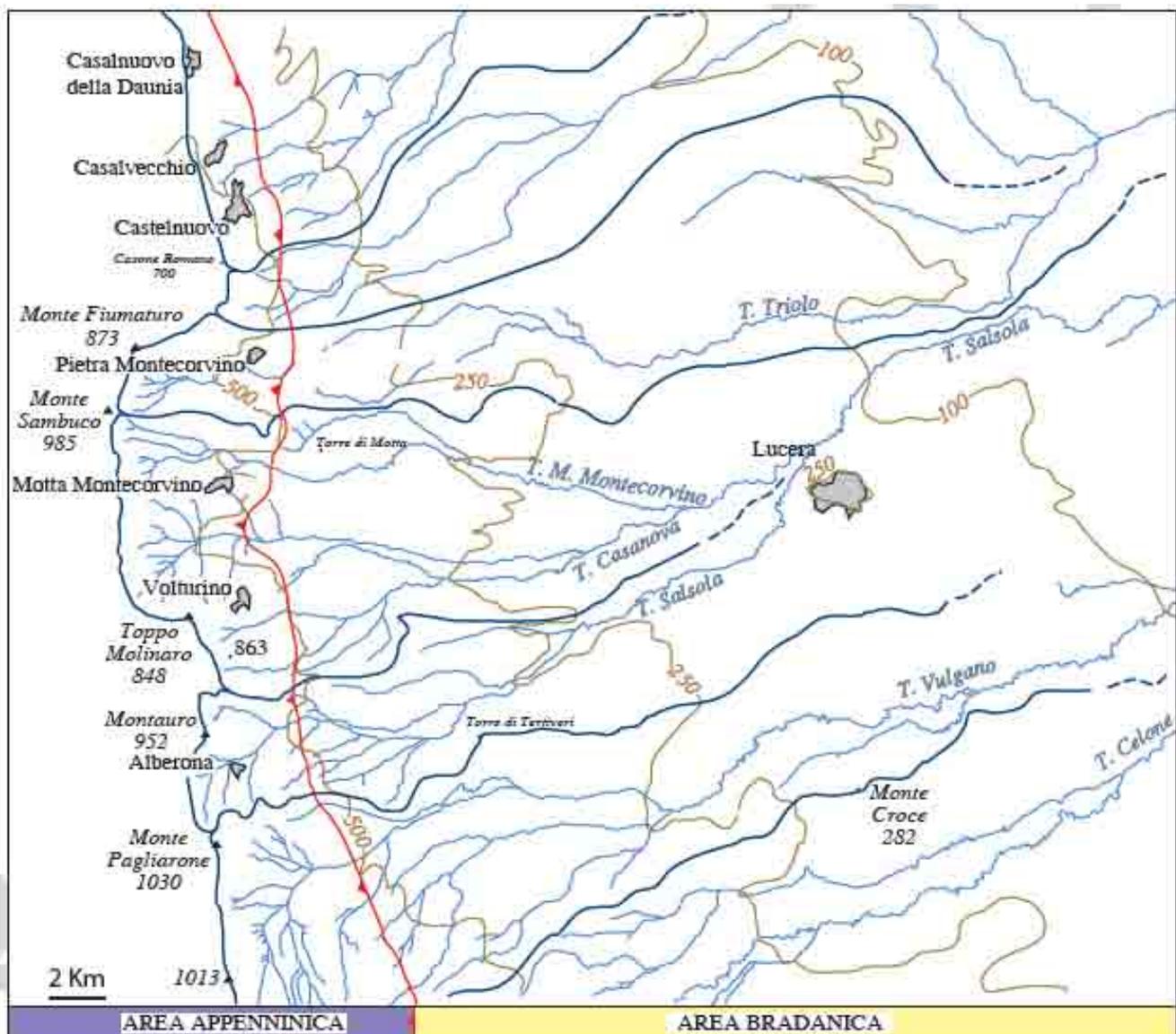
AREA SSE Edison VOLTURARA APPULA (FG)																																																																		
CONDIZIONE DI STABILITA'	Area con pendenza media del 21% verso Sudovest Unità tettoniche dalle più antiche alle più recenti Unità tettonica Flysch Rosso (FYR) L'area di intervento insiste essenzialmente sull'unità tettonica del FLYSCH ROSSO alternanze di argille, argille siltose e argilliti con contatto Tettonico con il Flysch di Faeto																																																																	
COEFFICIENTE D'INTENSITA' SISMICA definito nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006	ZONA 2 (Sismicità: $0,15 < PGA \leq 0,25$ g) PERICOLOSITA' DEL SITO: $0,150 < PGA \leq 0,175$ g																																																																	
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA "C" Depositi di sabbie e ghiaia mediamente addensate o di argille mediamente consistenti Vs30 = 358,1 m/s ;																																																																	
CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE																																																																		
LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL I LIVELLO																																																																		
LITOLOGIA da 0,00 a 3,20 metri Terreno argilloso di colore grigio nerastro, saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (colluviale) falda a 2,50 metri	<table border="1"> <tr><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>17,820</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Contenuto naturale d'acqua</td><td></td><td></td><td>41,580</td><td>%</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)</td><td>ϕ'</td><td>=</td><td>18,20</td><td></td></tr> <tr><td>Coazione drenata (da prove di taglio diretto)</td><td>c'</td><td>=</td><td>24,30</td><td></td></tr> <tr><td>Coazione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>40,00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>2,20</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>180,00</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>59</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>n</td><td>=</td><td>0,32</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>11,767</td><td>EN/m¹</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_r</td><td>=</td><td>7,627</td><td>EN/m¹</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidezza verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>8,782</td><td>EN/m¹</td></tr> </table>	Peso dell'unità di volume	Y	=	17,820	KN/m ³	Contenuto naturale d'acqua			41,580	%	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	18,20		Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	24,30		Coazione non drenata	C_u	=	40,00	KPa	Modulo Edometrico	E_{ed}	=	2,20	MPa	Velocità onde S	V	=	180,00	m/s	Modulo di Taglio	G	=	59	MPa	Coefficiente di Poisson	n	=	0,32	-	Coefficiente di Winkler	K	=	11,767	EN/m ¹	Coefficiente tangenziale	K_r	=	7,627	EN/m ¹	Coefficiente di rigidezza verticale dinamico	K_d	=	8,782	EN/m ¹					
Peso dell'unità di volume	Y	=	17,820	KN/m ³																																																														
Contenuto naturale d'acqua			41,580	%																																																														
Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	18,20																																																															
Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	24,30																																																															
Coazione non drenata	C_u	=	40,00	KPa																																																														
Modulo Edometrico	E_{ed}	=	2,20	MPa																																																														
Velocità onde S	V	=	180,00	m/s																																																														
Modulo di Taglio	G	=	59	MPa																																																														
Coefficiente di Poisson	n	=	0,32	-																																																														
Coefficiente di Winkler	K	=	11,767	EN/m ¹																																																														
Coefficiente tangenziale	K_r	=	7,627	EN/m ¹																																																														
Coefficiente di rigidezza verticale dinamico	K_d	=	8,782	EN/m ¹																																																														
2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL SECONDO LIVELLO																																																																		
LITOLOGIA da 3,20 a 6,30 metri Argille grigio-giallastre e beige con livelletti calcarenitici, consistente	<table border="1"> <tr><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>18,500</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Contenuto naturale d'acqua</td><td></td><td></td><td>29,000</td><td>%</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>18,950</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)</td><td>ϕ'</td><td>=</td><td>22,00</td><td></td></tr> <tr><td>Coazione drenata (da prove di taglio diretto)</td><td>c'</td><td>=</td><td>20,00</td><td></td></tr> <tr><td>Coazione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>100,00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>7,00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>340,00</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>217</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>n</td><td>=</td><td>0,35</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>34,323</td><td>EN/m¹</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_r</td><td>=</td><td>24,457</td><td>EN/m¹</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidezza verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>28,154</td><td>EN/m¹</td></tr> </table>	Peso dell'unità di volume	Y	=	18,500	KN/m ³	Contenuto naturale d'acqua			29,000	%	Peso dell'unità di volume Saturo	Y_{sat}	=	18,950	KN/m ³	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	22,00		Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	20,00		Coazione non drenata	C_u	=	100,00	KPa	Modulo Edometrico	E_{ed}	=	7,00	MPa	Velocità onde S	V	=	340,00	m/s	Modulo di Taglio	G	=	217	MPa	Coefficiente di Poisson	n	=	0,35	-	Coefficiente di Winkler	K	=	34,323	EN/m ¹	Coefficiente tangenziale	K_r	=	24,457	EN/m ¹	Coefficiente di rigidezza verticale dinamico	K_d	=	28,154	EN/m ¹
Peso dell'unità di volume	Y	=	18,500	KN/m ³																																																														
Contenuto naturale d'acqua			29,000	%																																																														
Peso dell'unità di volume Saturo	Y_{sat}	=	18,950	KN/m ³																																																														
Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	22,00																																																															
Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	20,00																																																															
Coazione non drenata	C_u	=	100,00	KPa																																																														
Modulo Edometrico	E_{ed}	=	7,00	MPa																																																														
Velocità onde S	V	=	340,00	m/s																																																														
Modulo di Taglio	G	=	217	MPa																																																														
Coefficiente di Poisson	n	=	0,35	-																																																														
Coefficiente di Winkler	K	=	34,323	EN/m ¹																																																														
Coefficiente tangenziale	K_r	=	24,457	EN/m ¹																																																														
Coefficiente di rigidezza verticale dinamico	K_d	=	28,154	EN/m ¹																																																														
3° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO																																																																		
LITOLOGIA oltre i 6,30 metri Argille mamose prevalentemente grigiastre con venature bluastre e verdastre con livelli calcarenitici consistente	<table border="1"> <tr><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>19,210</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Contenuto naturale d'acqua</td><td></td><td></td><td>28,930</td><td>%</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>19,410</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)</td><td>ϕ'</td><td>=</td><td>27,81</td><td></td></tr> <tr><td>Coazione drenata (da prove di taglio diretto)</td><td>c'</td><td>=</td><td>19,20</td><td></td></tr> <tr><td>Coazione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>150,00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>10,00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>389,00</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Modulo di Taglio</td><td>G</td><td>=</td><td>287</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>n</td><td>=</td><td>0,47</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>53,936</td><td>EN/m¹</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_r</td><td>=</td><td>39,324</td><td>EN/m¹</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidezza verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>45,306</td><td>EN/m¹</td></tr> </table>	Peso dell'unità di volume	Y	=	19,210	KN/m ³	Contenuto naturale d'acqua			28,930	%	Peso dell'unità di volume Saturo	Y_{sat}	=	19,410	KN/m ³	Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	27,81		Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	19,20		Coazione non drenata	C_u	=	150,00	KPa	Modulo Edometrico	E_{ed}	=	10,00	MPa	Velocità onde S	V	=	389,00	m/s	Modulo di Taglio	G	=	287	MPa	Coefficiente di Poisson	n	=	0,47	-	Coefficiente di Winkler	K	=	53,936	EN/m ¹	Coefficiente tangenziale	K_r	=	39,324	EN/m ¹	Coefficiente di rigidezza verticale dinamico	K_d	=	45,306	EN/m ¹
Peso dell'unità di volume	Y	=	19,210	KN/m ³																																																														
Contenuto naturale d'acqua			28,930	%																																																														
Peso dell'unità di volume Saturo	Y_{sat}	=	19,410	KN/m ³																																																														
Angolo di attrito (da prove di taglio diretto)	ϕ'	=	27,81																																																															
Coazione drenata (da prove di taglio diretto)	c'	=	19,20																																																															
Coazione non drenata	C_u	=	150,00	KPa																																																														
Modulo Edometrico	E_{ed}	=	10,00	MPa																																																														
Velocità onde S	V	=	389,00	m/s																																																														
Modulo di Taglio	G	=	287	MPa																																																														
Coefficiente di Poisson	n	=	0,47	-																																																														
Coefficiente di Winkler	K	=	53,936	EN/m ¹																																																														
Coefficiente tangenziale	K_r	=	39,324	EN/m ¹																																																														
Coefficiente di rigidezza verticale dinamico	K_d	=	45,306	EN/m ¹																																																														

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

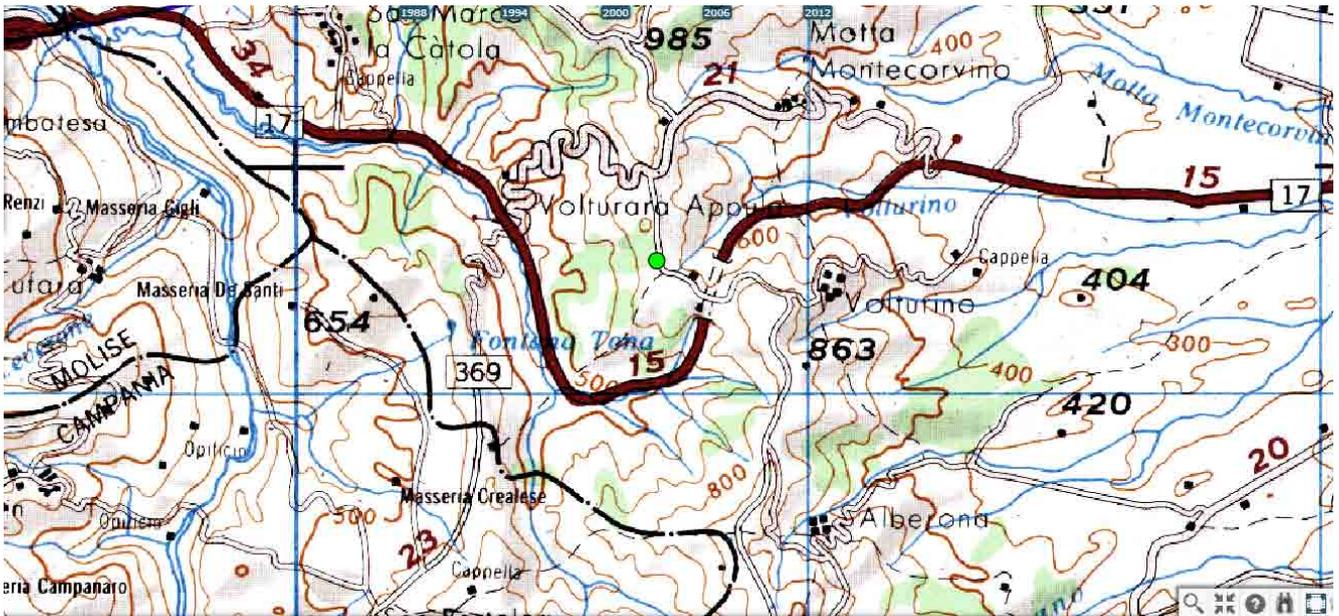
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO E IDROLOGICO GENERALE

MORFOLOGIA

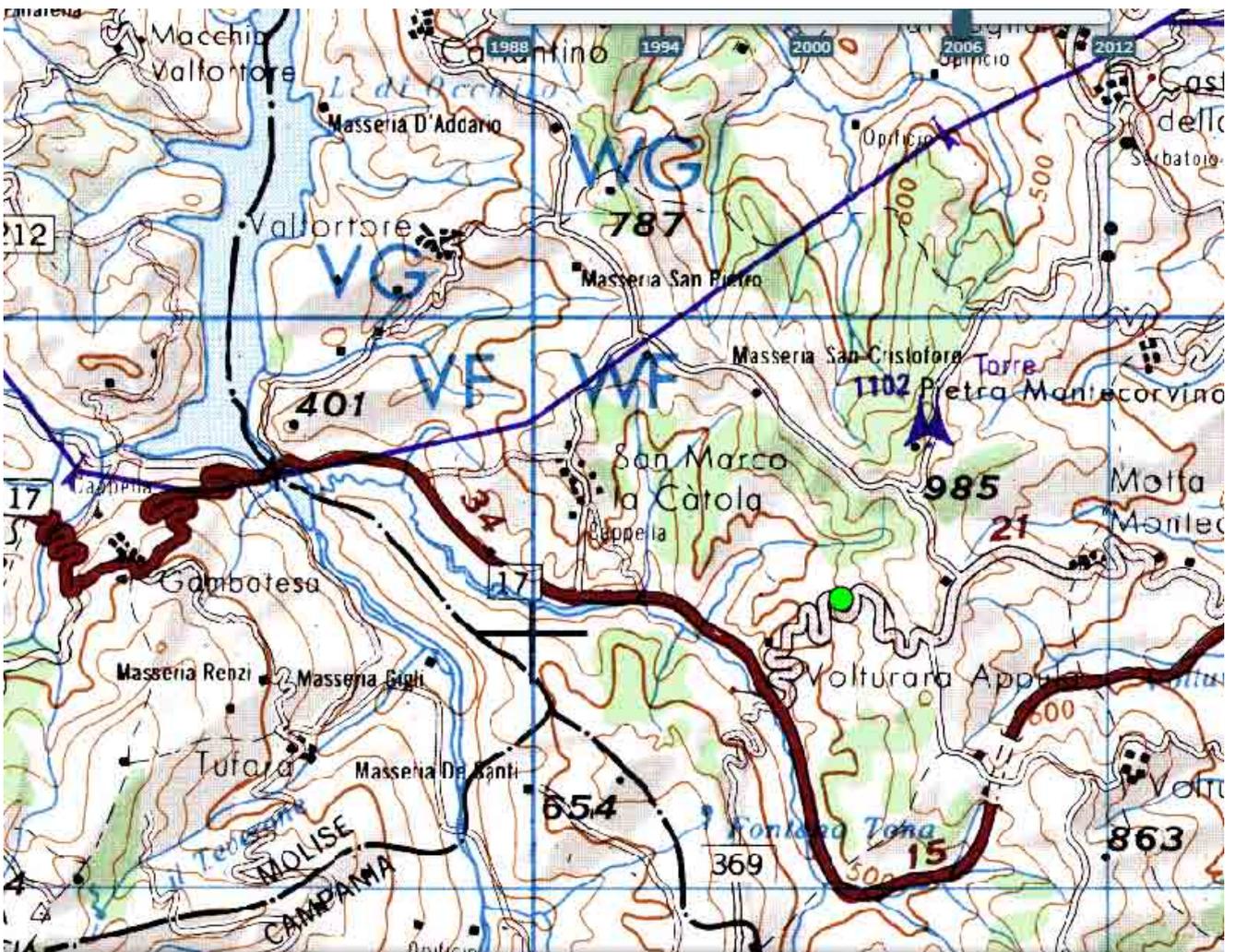
I territori comunali di Motta Montecorvino e Volturara si sviluppano sul versante nordorientale del Sub Appennino Dauno Settentrionale, in una successione di dossi collinari che, con pendenze medie dell'ordine del 10-20%. L'area appenninica da un punto di vista orografico è rappresentata da una serie di dorsali che si allungano parallelamente fra loro in direzione NNO-SSE, l'area appenninica è delimitata verso Est da una netta scarpata di origine tettonica-erosiva, che si innalza di oltre 250 metri rispetto alle colline del settore pedeappenninico del Tavoliere. L'idrografia locale è caratterizzata dalla presenza di torrenti e solchi vallivi più o meno accentuati, di cui il più importante è senza dubbio il torrente Casanova. Questi corsi d'acqua a carattere torrentizio sono legati alle precipitazioni stagionali e, alla pendenza degli alvei, operano fenomeni di erosione e scalzamento dei versanti.



Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

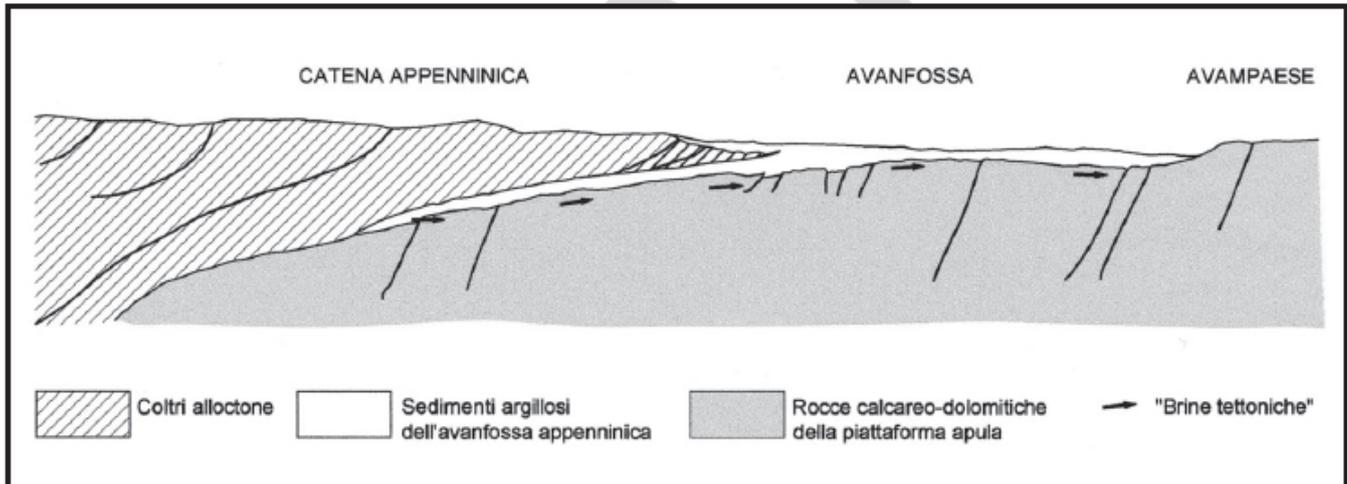


Idrografia superficiale versante orientale su IGM in scala 1:250.000



Idrografia superficiale versante occidentale su IGM in scala 1:250.000

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

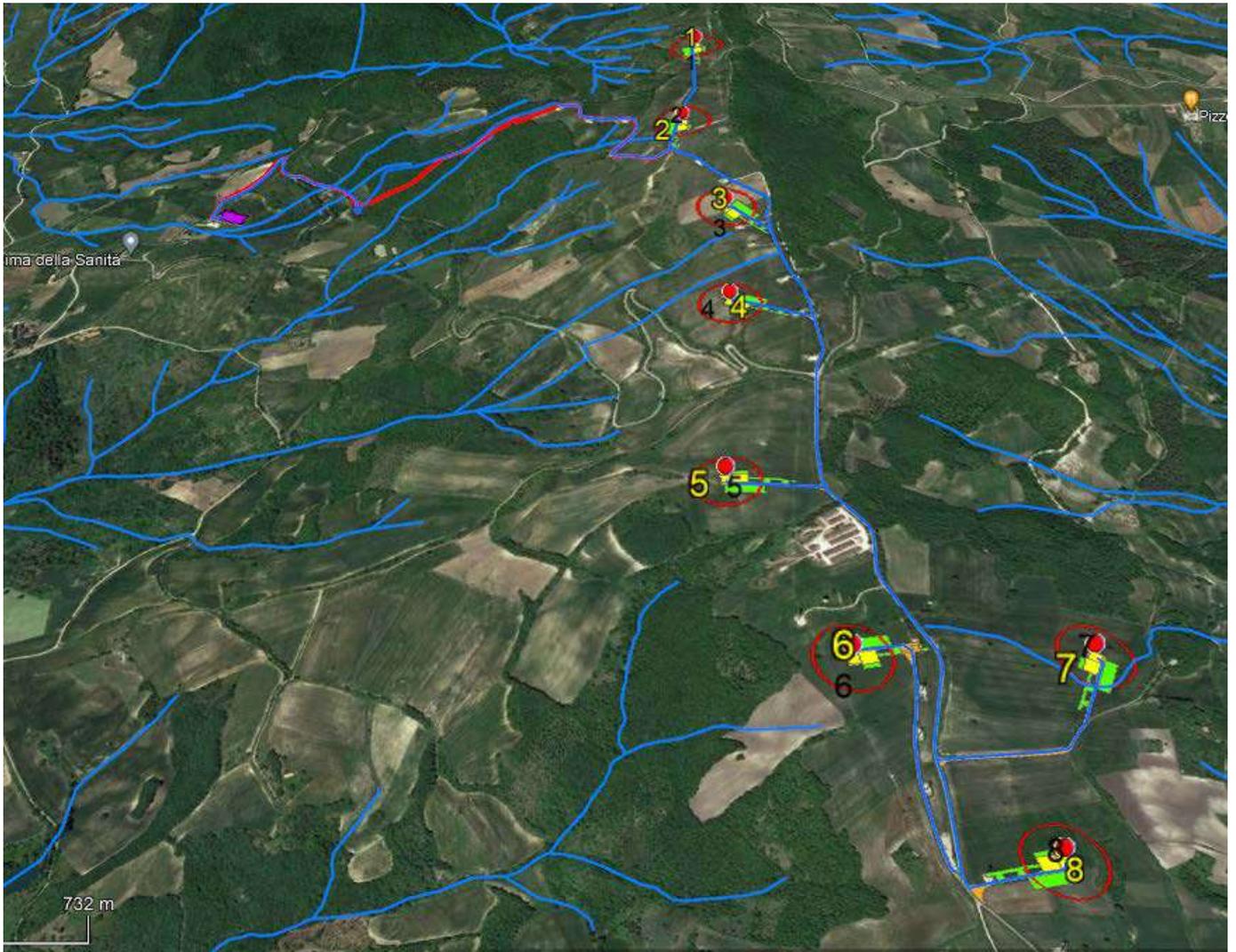


Sezione geologica del settore di catena marginale dell'area sannita e dauna dell'Appennino meridionale (da Pescatore et al., 2000, modificata). Legenda: a) Unità del Matese orientale; b) Unità lagonegrese inferiore; c, d, h) Unità Lagonegresi superiori (Unità del Sannio sensu Pescatore et al., 1994, 1996; Unità del Fortore; Unità Dauna); e) Unità Apula strutturata; f) Unità Apulo-garganica; g) Unità silico-clastiche mioceniche; i) Unità bradanica.

I territori comunali di Motta Montecorvino e Volturara Appula ricadono nella parte centroccidentale del Foglio San Bartolomeo nella fascia subappenninica che risulta costituita per oltre il 70% della sua estensione da terreni essenzialmente argillosi, praticamente impermeabili, le condizioni geologiche non sono favorevoli alla costituzione di risorse idriche sotterranee di una certa entità. Nell'area del parco eolico, dai sondaggi geognostici effettuati, (campagna geognostica del 2003), la **falda** è risultata variabile, compresa tra 4.00 m e 11.20 m di profondità rispetto al piano campagna. Il **reticolo idrografico superficiale** dell'area in studio è caratterizzato da numerosi corsi d'acqua a regime torrentizio. L'idrografia superficiale sul versante occidentale è caratterizzata dal torrente La Catola tributario del Fiume Fortore, mentre, sul versante orientale è caratterizzata dalla presenza di tre torrenti di una certa importanza e sono, il Torrente Triolo, il Torrente Salsola, la Fiumara di Motta Montecorvino tributaria del Torrente Casanova e quest'ultimo, a sua volta, tributario del Torrente Salsola più o meno a nordovest del centro abitato di Lucera. I dati pluviometrici tra gli anni 1977 e 2001 mostrano la frequenza di anni caratterizzati da un clima "sub-umido" e il frequente ripetersi di anni con clima di tipo "arido"

INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

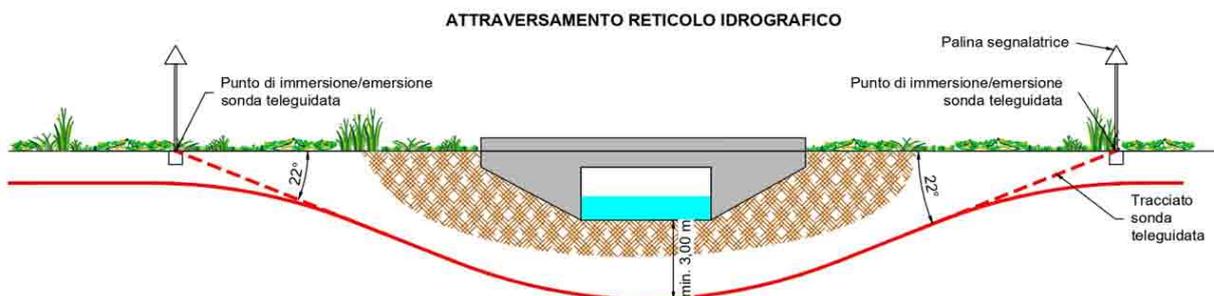
Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.



Opere in progetto Area Aerogeneratori e Sottostazione Elettrica (SSE) IMPIANTO B ed eventuali interferenze con il reticolo idrografico

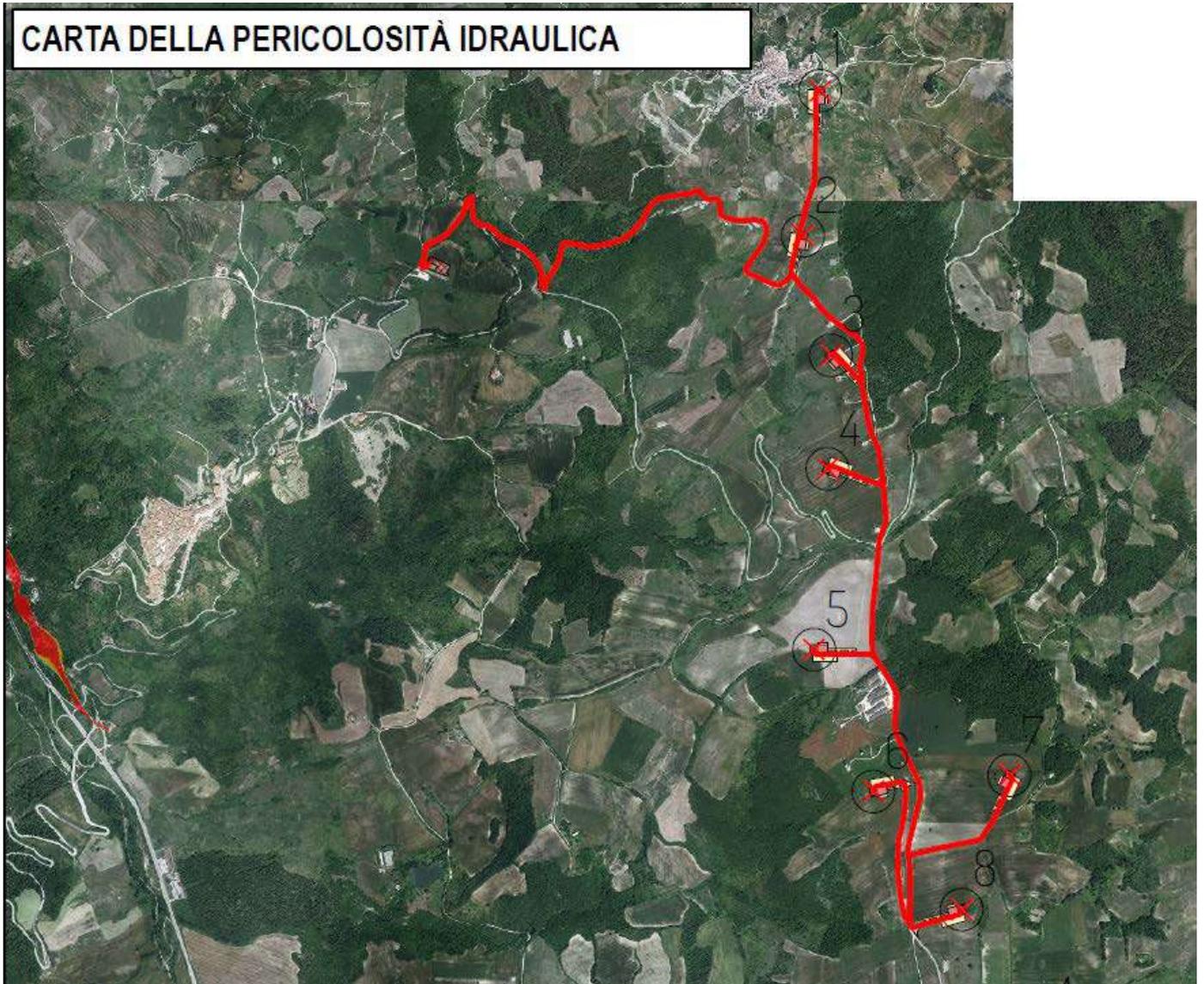
11.2. MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Per quanto riguarda le interferenze dei cavidotti di progetto con il reticolo idrografico, queste saranno risolte mediante la posa in opera dei cavidotti utilizzando la tecnologia no-dig (senza scavo) ovvero mediante TOC – Trivellazione orizzontale controllata.



Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

11.3. VINCOLI PIANO DI ASSETTO IDROGEOMORFOLOGICO (PAI) – PERICOLOSITÀ IDRAULICA

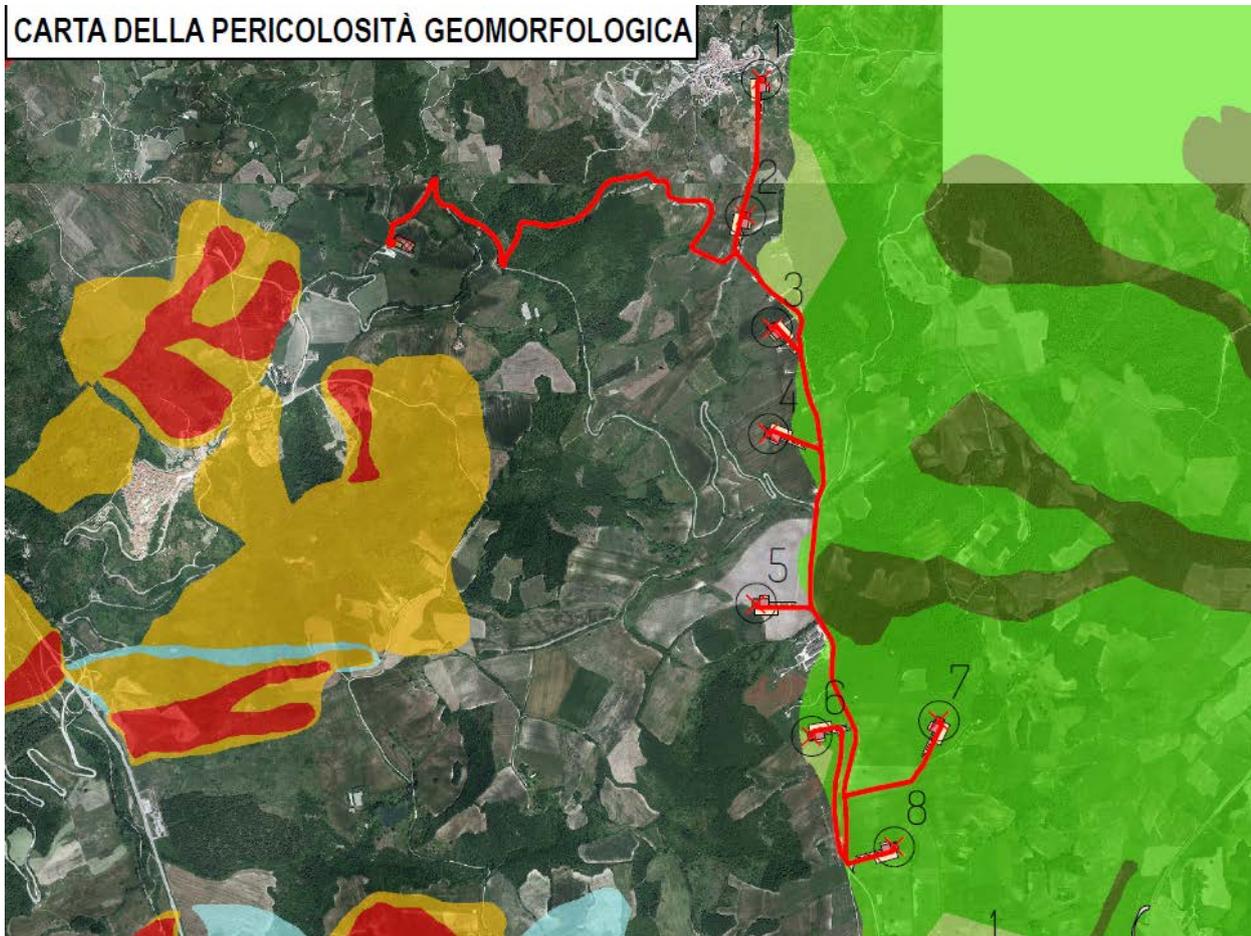


Inquadramento impianto B con classificazione PAI (pericolosità Idraulica)

Come si evince dall'allegato stralcio planimetrico le fondazioni di tutti gli Aerogeneratori dell'**IMPIANTO B**, come pure l'area della **Sottostazione Elettrica** sono tutte fuori dalle aeree vincolate dal punto di vista della pericolosità idraulica.

Si attesta la **PIENA COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA** delle opere in progetto con il reticolo idrografico e con il sistema idrogeologico locale e con l'intero bacino idrogeologico.

11.4. VINCOLI PIANO DI ASSETTO IDROGEOMORFOLOGICO (PAI) – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA



Inquadramento PAI Impianto A (Pericolosità Geomorfológica)

IMPIANTO B

Come si evince dall'allegato stralcio planimetrico le fondazioni degli **Aerogeneratori 1 – 2 - 3 - 4 e 5**, come pure l'area della **Sottostazione Elettrica** insistono su aree non vincolate dal punto di vista della pericolosità geomorfologica (AdB Fortore).

L'**Aerogeneratore 6** insiste su area vincolata come **PG1** (AdB Puglia), dal punto di vista della pericolosità geomorfologica

Gli Aerogeneratori 7 e 8 insistono su area vincolate come **PG2** (AdB Puglia), dal punto di vista della pericolosità geomorfologica

Parte del cavidotto insiste su aree vincolate come **PG1 e PG2** (AdB Puglia), dal punto di vista della pericolosità geomorfologica

Tutti gli aerogeneratori ivi compresa l'area della sottostazione di trasformazione elettrica (SSE) insistono su aree soggette a **vincolo idrogeologico**.

12 CONCLUSIONI

Nel seguito vengono illustrate nel dettaglio le opere progettuali

FONDAZIONI AEROGENERATORI

Fondazioni del tipo Plinto su pali della lunghezza di metri 25 e diametro 1200 mm come dai modelli geologico-geotecnici allegati.

CAVIDOTTO

Il tracciato in progetto impegna terreni che presentano problematiche diverse dal punto di vista geologico. Esso si sviluppa in terreni dove è possibile la presenza di una falda superficiale anche al disopra dei 2 metri dal piano campagna. Durante le operazioni di scavo per la posa in opera dei cavi elettrici, gli addetti ai lavori dovranno procedere sempre con cautela in quanto trattasi di terreni incoerenti che potrebbero dar luogo a smottamenti e rifluimenti e mettere in pericolo l'incolumità degli stessi.

La posa in opera dei cavi sarà effettuata sul fondo dello scavo, ad una profondità di -1.50 metri p.c., spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare cavi e rivestimenti.

Per il letto di posa del primo rinterro si dovrà utilizzare materiale diverso da quello proveniente dallo scavo. Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temono assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti quali impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole.

Il rinterro parziale verrà effettuato con materiale proveniente dagli scavi previa accurata selezione o diversamente da cave di prestito con opportuna pezzatura al fine di non danneggiare sia i cavi che gli eventuali rivestimenti.

Il materiale di riempimento dovrà essere disposto nella trincea in modo uniforme, in strati di spessore opportuno, accuratamente costipato sotto e lateralmente al tubo, per ottenere un buon appoggio esente da vuoti e per impedire i cedimenti e gli spostamenti laterali.

Il rinterro definitivo avverrà impiegando materiali idonei disposti per strati successivi, spianati e accuratamente compattati dopo aver eliminato le pietre di maggiori dimensioni.

A rinterro ultimato si avrà cura di effettuare gli opportuni ricarichi laddove si dovessero manifestare assestamenti.

La **conducibilità elettrica** di questi terreni nei loro primi metri di spessore è dell'ordine di circa 150-220 $\Omega m \dot{A}$

La Sottostazione Elettrica dell'**IMPIANTO B**, sita nel comune di **Volturara Appula**, come innanzi detto, è stata già oggetto di consolidamento, per cui, eventuali allargamenti delle fondazioni saranno del tipo platea armata su micropali della lunghezza minima di 12 metri.

Da quanto innanzi esposto si possono trarre le seguenti considerazioni e le verifiche ai singoli aspetti esaminati.

LITOLOGIA

Sotto il profilo litologico, la zona non appare interessata da anomalie che possano interrompere il quadro statico globale.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Per quanto riguarda le prescrizioni relativi ai terreni di fondazione si fa esplicito riferimento alle "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno" e dalle disposizioni vigenti, in particolare dal D.M. 11.3.1988 ed eventuali sue successive modifiche e integrazioni. **e D.M. 17/01/2018.**

MORFOLOGIA e RISCHIO IDROGEOLOGICO

Non si rilevano fenomeni suscettibili di modificare in tempi brevi la situazione attuale, l'area in studio, ricade in zona stabile; non esistono movimenti franosi in atto e/o potenziali, né pericoli di alluvioni e/o impaludamenti

In relazione agli aspetti geomorfologici relativi a possibili dissesti superficiali e profondi, non si evidenziano situazioni che possano modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi ed è possibile affermare che l'area si presenta **globalmente stabile**;

Dal punto di vista idrogeologico non sussistono fenomeni e processi morfoevolutivi di tipo erosivo in atto né potenziali.

- che le opere di che trattasi non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo
- Le opere previste in progetto non interferiscono in modo sostanziale con il regime delle acque superficiali, di infiltrazione o di falda, e quindi non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo;
- Tutti i lavori di cui sopra, dovranno svolgersi nel rispetto delle indicazioni della presente relazione, ed in tale ottica si esprime parere favorevole alla fattibilità degli interventi progettati, attestando la coerenza e compatibilità geologica, idrogeomorfologica, geotecnica e sismica.

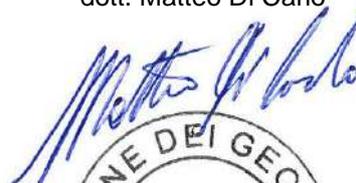
Nella fase di **Studio Geologico esecutivo** si eseguiranno dettagliate indagini geognostiche con la esecuzione di indagini sismiche (tomografie e Masw) una per ogni aerogeneratore e sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo spinti fino a 35 metri, con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio per tutti gli aerogeneratori, mentre per la SSE sarà sufficiente n. 1 sondaggio meccanico a rotazione spinto fino alla profondità di metri 20 con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio, una tomografia simica ed una MASW.

Si può pertanto concludere che non esistono **preclusioni di ordine geologico-tecnico-idrogeologico e sismico** alla realizzazione del Parco Eolico costituito da n. 8 aerogeneratori ed opere connesse.

Tanto dovevasi per l'espletamento dell'incarico ricevuto

Lucera agosto 2023

Il geologo
dott. Matteo Di Carlo




13 ELENCO ALLEGATI

- MODELLAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO
- INQUARAMENTO PAI – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA
- INQUARAMENTO PAI – PERICOLOSITÀ IDRAULICA
- INQUARAMENTO PAI – RETICOLO IDROGRAFICO

BIBLIOGRAFIA

Note Illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, F.407 SAN BARTOLOMEO IN GALDO

Archivio delle pubblicazioni del GNDCI – Guericchio 1996 Geologia Applicata e Idrogeologia

BASSO C., CIAMPO G., CIARCIA S., DI NOCERA S., MATANO F., & TORRE M. (2002) "Geologia del settore irpino-dauno dell'Appennino meridionale: implicazioni sui domini paleogeografici delle unità bacinali meso-cenozoiche e nuovi vincoli stratigrafici nell'evoluzione tettonica mio-pliocenica del settore esterno della catena. St Geol. Camerti, s.,1 (2) : 7-26, Camerino

Boccaletti M. & Danieli P. Schema tettonico area Mediterranea (1982)

MOSTARDINI F. & MERLINI S. ((1986) – Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposte di modello strutturale. Mem Soc. Geol.It. 35: 177-202

CIARCIA S. DI NOCERA S., MATANO F. & TORRE M. (2003) "Evoluzione tettono-sedimentaria e paleo geografica depocentri 'wedge-top' nell'ambito di 'foreland-basin system' pliocenico dell'Appennino meridionale (settoro irpino-dauno). Boll.Soc. Geol. It. 122-117-138

MELIDORO G. (1971) "Movimenti franosi e zonizzazione del bacino del F. Fortore". Geol. Applicata e Idrogeol.2 75-9

DI NOCERA S., MATANO F., PESCATORE T.S., PINTO F. QUARANTIELLO R., SENATORE M. R. & TORRE M. (2006): "Schema geologico del transetto Monti Picentini orientali-Monti della Daunia meridionale: unità stratigrafiche ed evoluzione tettonica del settore esterno dell'Appennino meridionale. Boll. Soc. Geol. It.125:1-20

PESCATORE T., PINTO F., RENDA P. SENATORE M.R. TRAMUTOLI M. & VALENTE A. (1996a) "Avanfosses mioceniche dell'Appennino meridionale (Italia)" Rend.Acc. Sc Fis Mat., 63:85-121

PATACCA E. & SCANDONE P. (1998) Struttura tettonica ed evoluzione cinematica dell'Appennino meridionale – Strutt Tett-Palermo SGI.doc Dipartimento di Scienze della Terra. Via S. Maria, 53 - Pisa.

Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 15/05/2006

Sondaggio n. S1

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA					
PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere ∅ mm	Rivestim. ∅ mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	0,60	0,60			Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massicciata)										
	2,60	3,20		2,5	Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)							3,00	50		2,50
	3,10	6,30			Argille grigio-giallastre e argille di colore beige con livelletti di calcareniti, consistente (Flysck di Faeto)							5,00	25		
	8,70	15,00		7,2 11,0	Argille marnose prevalentemente grigiastre con venature bluastre e verdstre con livelli calcarenitici, consistente (Flysck di Faeto)										
						101						15,00			

Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 16/05/2006

Sondaggio n. S2

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA					
PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere ∅ mm	Rivestim. ∅ mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	0,60	0,60			Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massiciata)										
		1,50													
	4,90				Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)							3,00			2,00
		5,50													
	3,50				Argille grigio-giallastre a struttura caotica rimaneggiate con inclusioni di trovanti lapidei e noduli di sostanza organica, plastiche e compressibili (COLLUVIALE)										
		9,00													
	6,00				Argille marnose prevalentemente grigiastre con venature bluastre con livelletti di marne e strati calcarenitici, consistente (Flysch di Faeto)										
		15,00													
						101						15,00			

REV	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	30/05/06		
1				
2				
3				

COMUNE DI VOLTURARA

(PROVINCIA DI FOGGIA)

INDAGINI GEOGNOSTICHE

dot. Matteo Di CARLO



SONDAGGI MECCANICI A ROTAZIONE

STANDARD PENETRATION TEST

INSTALLAZIONE PIEZOMETRI

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

INDAGINI ESPERITE

Per l'espletamento di detto incarico sono stati eseguiti:

- a) N. 5 sondaggi meccanici a rotazione, spinti sino ad una profondità di metri 16 dal piano campagna eseguiti così come richiestomi, contrassegnati con la sigla S1, S2, S3, S4, S5. I sondaggi meccanici sono stati realizzati con sonda a rotazione MK 1200 CMV con carotiere del diametro di mm 101, la posizione con la relativa numerazione è indicata nella planimetria allegata alla presente. Le stratigrafie sono state elaborate durante i sondaggi in base all'esame della campionatura di volta in volta prelevata e successivamente perfezionate in seguito alle analisi di laboratorio.
- b) N 7 Prove S.P.T. nei fori di sondaggio
- c) N. 10 Prelievo di campioni indisturbati, prelevati a pressione con campioni metallici a pareti sottili di diametro pari a 90 mm.
- d) Installazione di n. 4 piezometri a tubo aperto con relativo chiusino di protezione, in particolare i piezometri sono stati collocati tutti all'interno della sottostazione ne sondaggi S1, S2, S3, S4.
- e) Prove di laboratorio sui campioni prelevati, al fine di conoscere i parametri geotecnici utili al progettista calcolatore



IMPIANTO / OPERA
SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT VOLTURARA

Rev.0 del 30/05/06

REV	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	30/05/06		
1				
2				
3				

COMUNE DI VOLTURARA

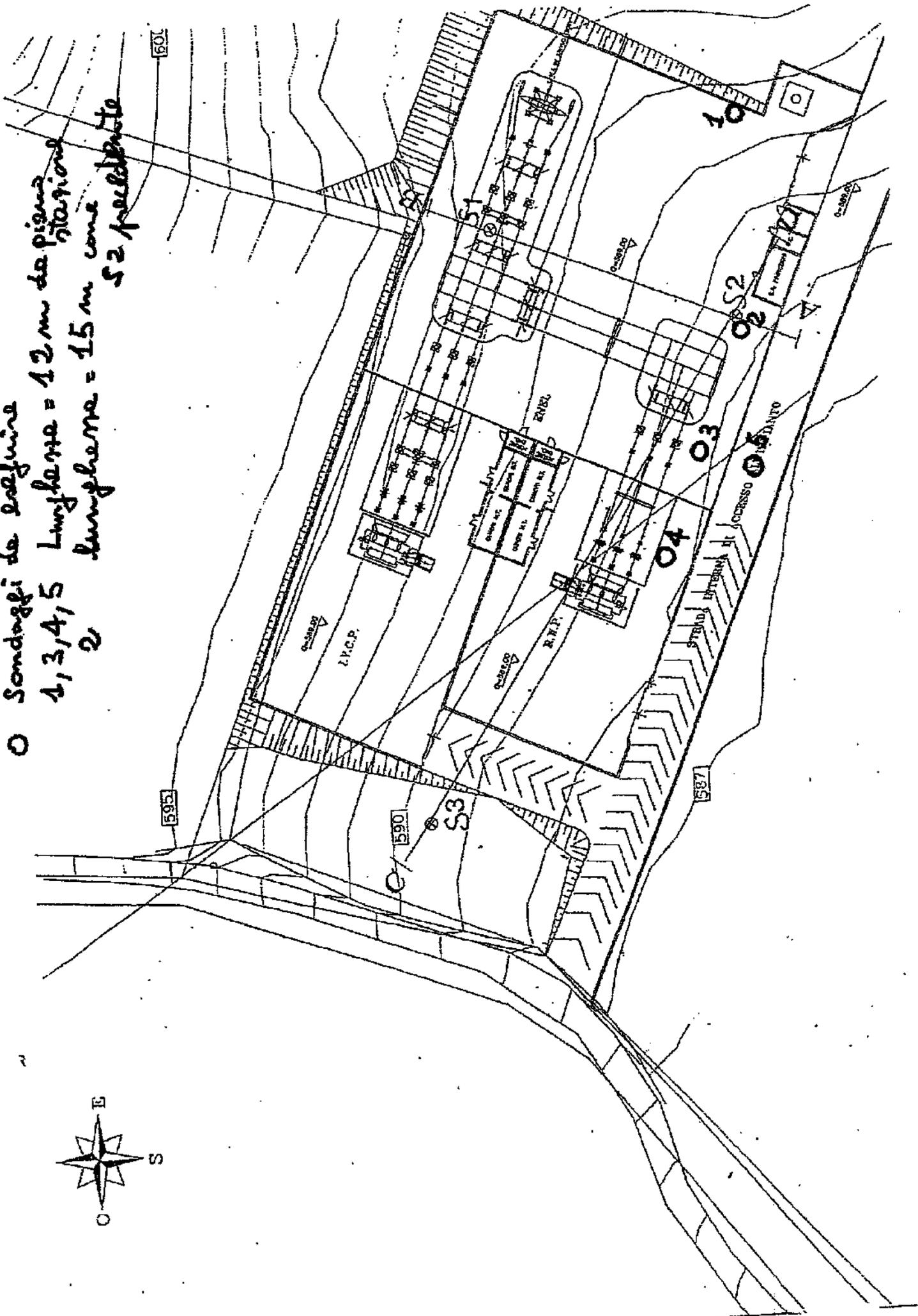
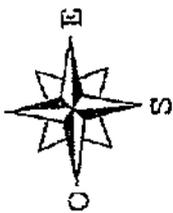
(PROVINCIA DI FOGGIA)

STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE DEI SONDAGGI

dott. Matteo DI CARLO



O Sondaggi de saequine
 1, 3, 4, 5 Lungheza = 12 m de pizna
 2 Lungheza = 15 m cone
 S2 precedente





IMPIANTO / OPERA
SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT VOLTURARA

Rev.0 del 30/05/06

REV	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	30/05/06		
1				
2				
3				

COMUNE DI VOLTURARA

(PROVINCIA DI FOGGIA)

SONDAGGI MECCANICI A ROTAZIONE

dott. Matteo DI CARLO



Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 15/05/2006

Sondaggio n. S1

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA					
PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere ∅ mm	Rivestim. ∅ mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	0,60	0,60			Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massicciata)										
	2,60	3,20		2,5	Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)							3,00	50		2,50
	3,10	6,30			Argille grigio-giallastre e argille di colore beige con livelletti di calcareniti, consistente (Flysck di Faeto)							5,00	25		
	8,70	15,00		7,2 11,0	Argille marnose prevalentemente grigiastre con venature bluastre e verdstre con livelli calcarenitici, consistente (Flysck di Faeto)										
						101						15,00			

Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 16/05/2006

Sondaggio n. S2

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA					
PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere ∅ mm	Rivestim. ∅ mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	0,60	0,60			Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massiciata)										
				1,5											
	4,90				Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)							3,00			2,00
		5,50													
	3,50			7,2	Argille grigio-giallastre a struttura caotica rimaneggiate con inclusioni di trovanti lapidei e noduli di sostanza organica, plastiche e compressibili (COLLUVIALE)										
		9,00													
	6,00			11,0	Argille marnose prevalentemente grigiastre con venature bluastre con livelletti di marne e strati calcarenitici, consistente (Flysch di Faeto)										
		15,00													
						101						15,00			

Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 16/05/2006

Sondaggio n. S3

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere Ø mm	Rivestim. Ø mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	0,40	0,40			Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massiciata)										
	4,70				Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)							2,00	CON	1,80	
	5,10			4,5											
	1,40				Limi argillosi giallastri a struttura caotica, compressibili (COLLUVIALE)										
	6,50														
	5,50				Argille marnose prevalentemente grigiastre con livelli calcarenitici soprattutto tra gli 11 e 12 metri, consistente (Flysch di Faeto)										
	12,00			10,0											
						101						12,00			

Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 16/05/2006

Sondaggio n. S4

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA					
PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere Ø mm	Rivestim. Ø mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	0,60	0,60			Pietrisco di piccole e medie dimensioni (massiciata)										
	2,90	3,50		2,5	Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)									1,15	
	3,70	7,20			Argille grigio giallastre a struttura caotica, rimaneggiate con inclusioni di trovanti lapidei e noduli di sostanza organica plastiche e compressibili							4,00			
	4,80	11,00		8,0	Argille marnose prevalentemente grigiastre con livelli calcarenitici soprattutto tra gli 11 e 12 metri, consistente (Flysch di Faeto)										
	12,00					101						12,00			

Dott. Matteo Di Carlo
 Viale Virgilio n. 30
 71036 Lucera (FG)
 0881/545447

EDISON Energie Speciali S.p.A.

Località: Volturara Appula (FG) - Cantiere S.S.E (Sottostazione Elettrica)

SCALA 1:100

Data 15/05/2006

Sondaggio n. S5

Attrezzatura e metodo di perforazione: SONDA C.M.V. K1200

- Campione rimaneggiato
 Campione S.P.T.
 Campione da Vana Test

- Campione a percussione
 Campione ind. a pressione
 Campione ind. rotativo

- LEFRANC
 Prova di permeabilità
 LUGEON

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
Rivest.	Foro	Data	H	Data	H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere Ø mm	Rivestim. Ø mm	Pocket Pen. Kg/cmq	R. Q. D. %	VANE TEST Kg/cmq		Profondità m	S.P.T.	acqua	carotaggio
	1,80	1,80			Pietrisco di piccole e medie dimensioni massiccata stradale										
	3,70	5,50		3,4	Terreno argilloso di colore grigio-nersastro saturo, ricco di sostanze organiche, molto plastico e molto compressibile (COLLUVIALE)							4,00	6 19		3,20
	2,50	8,00			Argille grigio giallastre a struttura caotica, rimaneggiate con inclusioni di trovanti lapidei e noduli di sostanza organica plastiche e compressibili										
	7,00	15,00		9,2 12,0	Argille marnose prevalentemente grigiastre con livelli calcarenitici soprattutto tra gli 11 e 12 metri, consistente (Flysch di Faeto)							8,70	22 30		
						101						15,00			



IMPIANTO / OPERA
SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT VOLTURARA

Rev.0 del 30/05/06

REV	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	30/05/06		
1				
2				
3				

COMUNE DI VOLTURARA

(PROVINCIA DI FOGGIA)

STANDARD PENETRATION TEST

dott. Matteo Di CARLO



dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL. & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

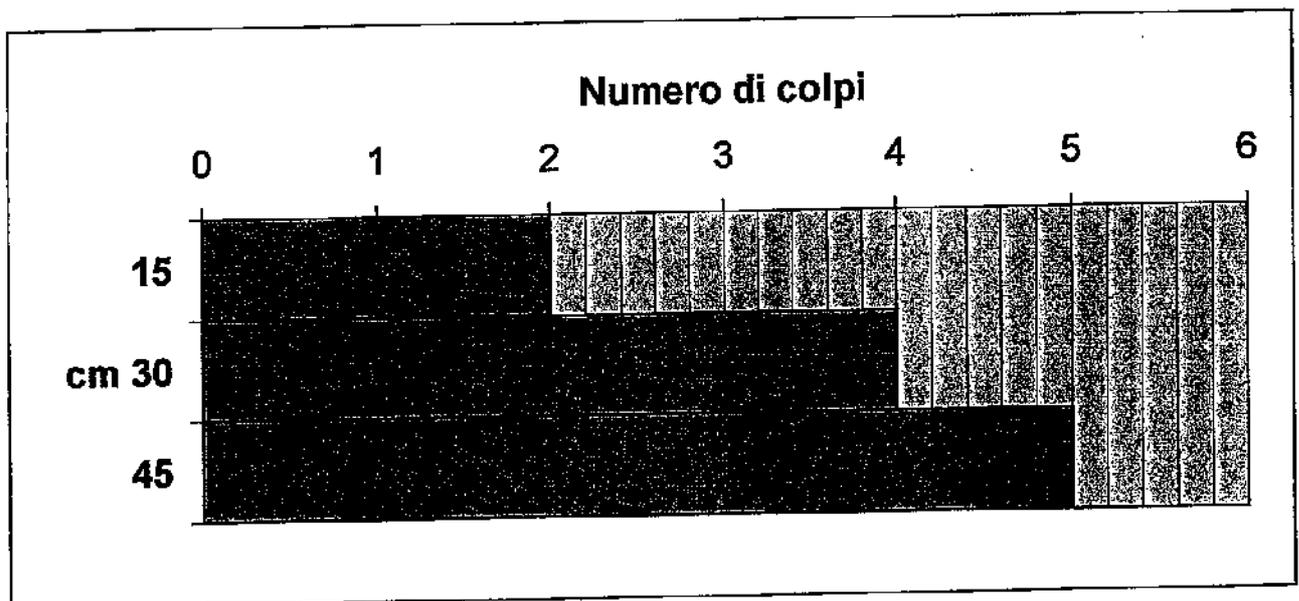
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :15/05/2006

SONDAGGIO N.1

PROVA N. 1

da m. 3,00 a m. 3,45



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	2	9
30	4	
45	5	

dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

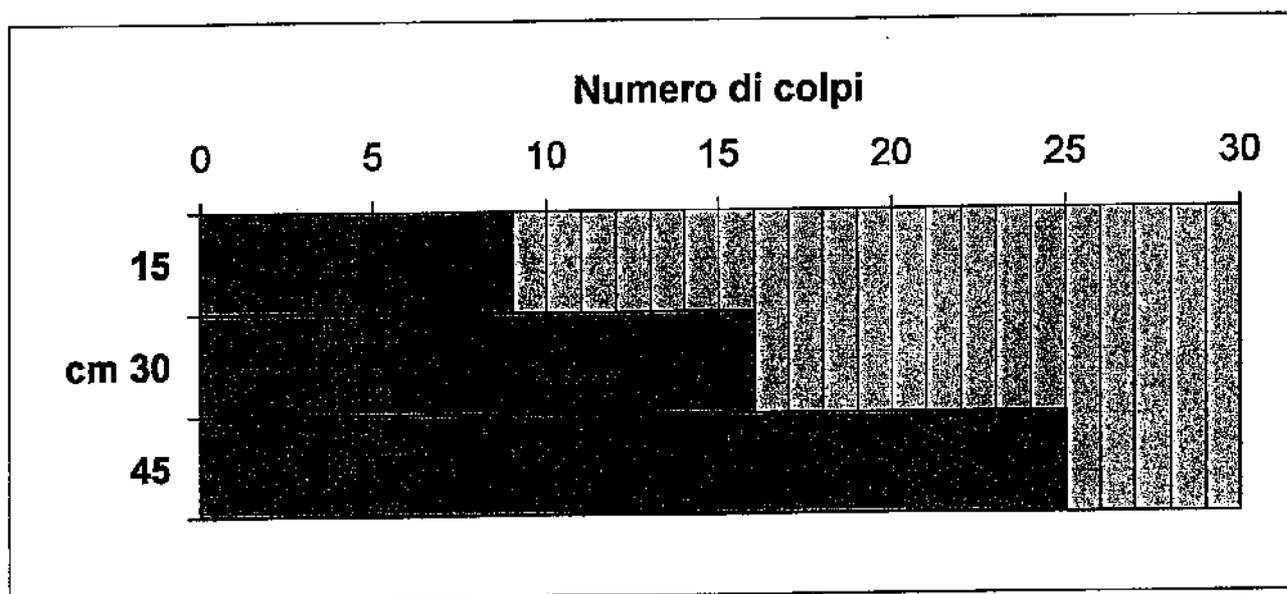
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :15/05/2006

SONDAGGIO N.1

PROVA N. 2

da m. 5,00 a m. 5,45



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	9	41
30	16	
45	25	

dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

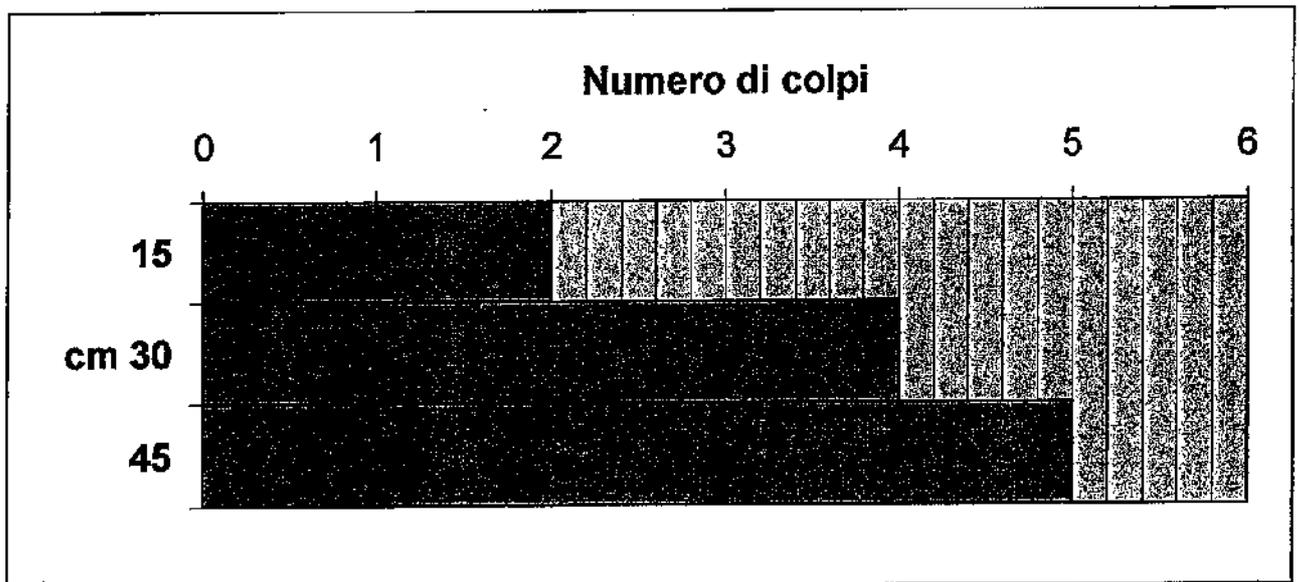
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :16/05/2006

SONDAGGIO N. 2

PROVA N. 1

da m. 3,00 a m. 3,45



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	2	9
30	4	
45	5	

dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL. & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

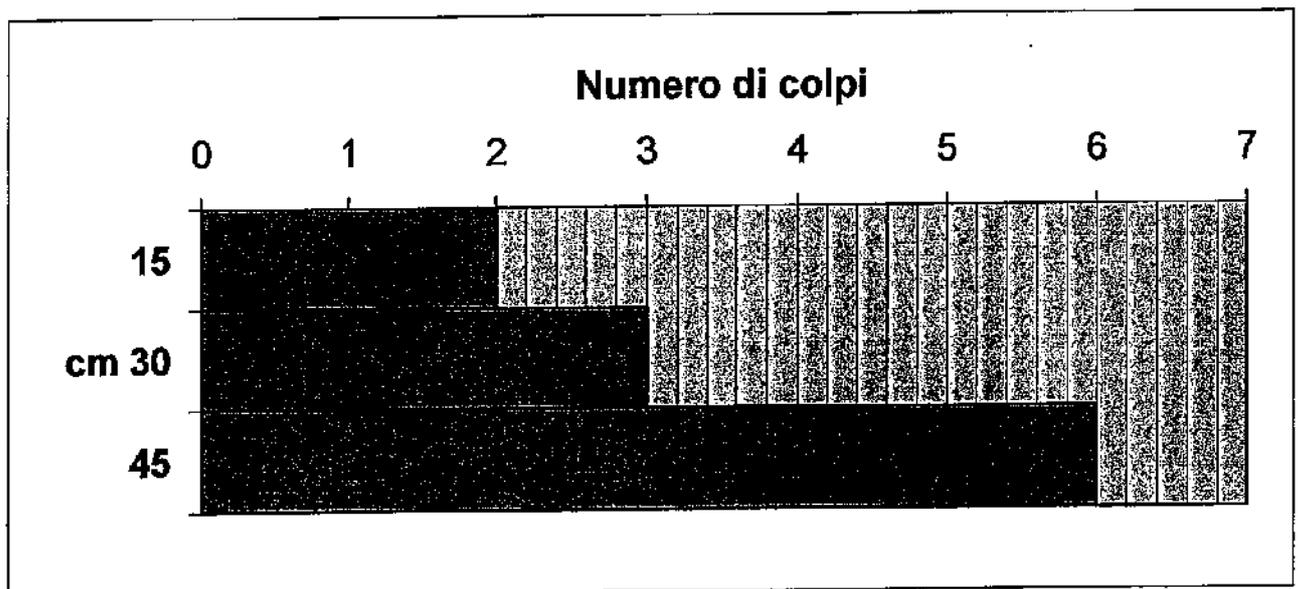
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :16/05/2006

SONDAGGIO N. 3

PROVA N. 1

da m. 2,00 a m. 2,45



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	2	9
30	3	
45	6	

dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL. & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

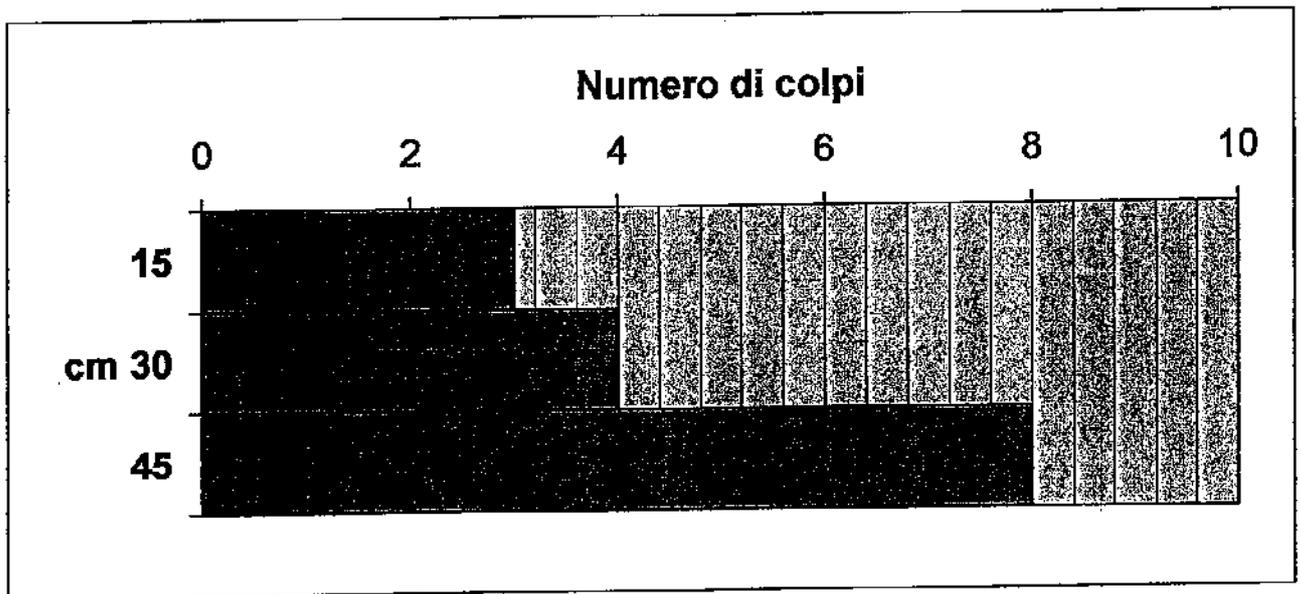
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :16/05/2006

SONDAGGIO N. 4

PROVA N. 1

da m. 4,00 a m. 4,45



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	3	12
30	4	
45	8	

dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL. & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

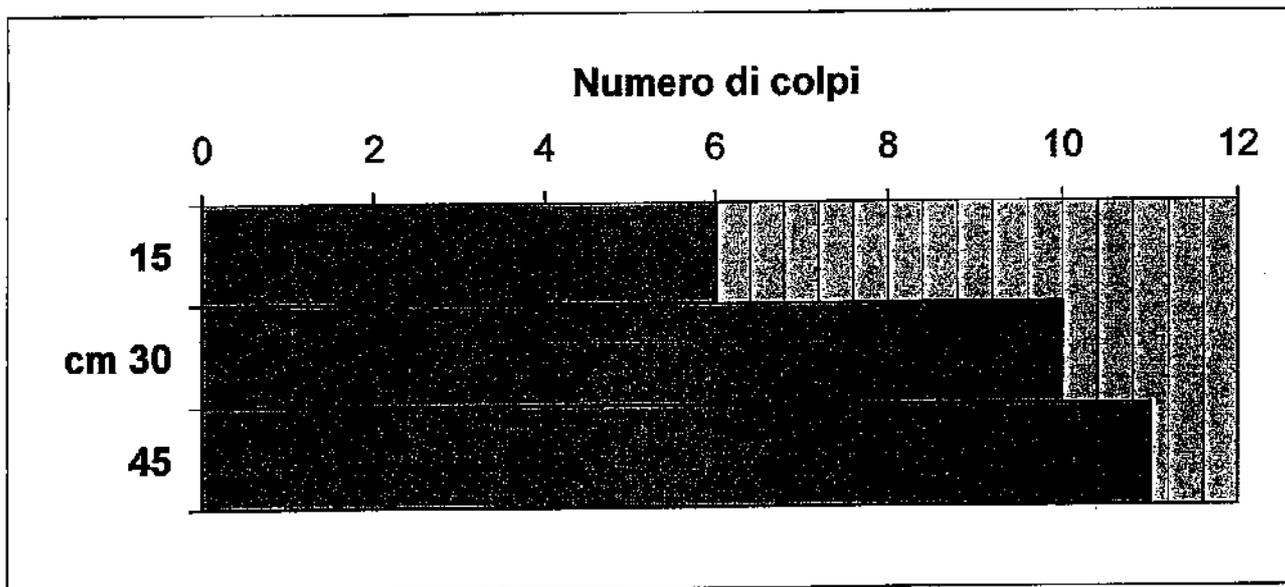
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :15/05/2006

SONDAGGIO N. 5

PROVA N. 1

da m. 4,00 a m. 4,45



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	6	21
30	10	
45	11	

dott. MATTEO DI CARLO
Viale Virgilio n. 30
71036 LUCERA (FG)
TEL & FAX 0881/545447

Prova "Standard Penetretion Test"

PESO MASSA BATTENTE Kg 63,5
ALTEZZA DI CADUTA cm 75

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.A. Milano

LOCALITA' : Volturara (FG)

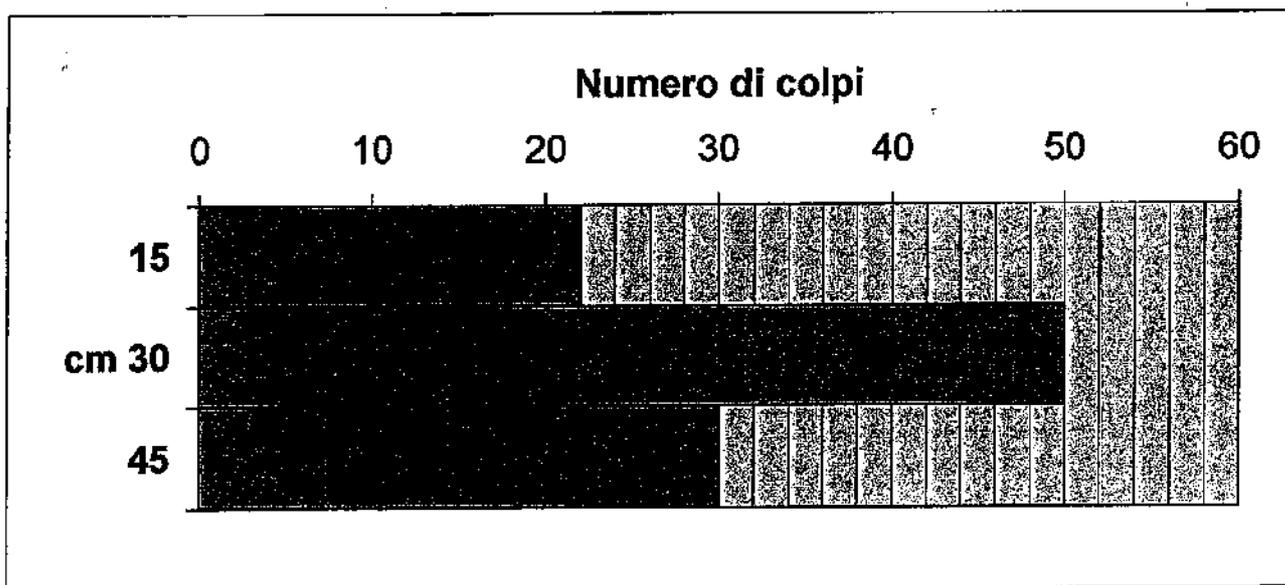
CANTIERE : Sottostazione Elettrica

DATA :15/05/2006

SONDAGGIO N. 5

PROVA N. 2

da m. 8,70 a m. 9,15



AFFONDAMENTO cm	NUMERO DI COLPI	N.S.P.T.
15	22	80
30	50	
45	30	



IMPIANTO / OPERA
SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT VOLTURARA

Rev.0 del 30/05/06

REV	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	30/05/06		
1				
2				
3				

COMUNE DI VOLTURARA

(PROVINCIA DI FOGGIA)

LETTURE PIEZOMETRICHE

dott. Matteo DI CARLO



LETTURE PIEZOMETRICHE

Cantiere: S.S.E (SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT) VOLTURARA (FG)

Committente : Edison Energie Speciali S.p.A. – Milano

PIEZOMETRO N.	Data	Profondità della falda (m)	Data	Profondità della falda (m)
S1	16/05/2006	2.60	29/05/2006	1.20
S2	16/05/2006	6.40	29/05/2006	2.00
S3	16/05/2006	1.10	29/05/2006	1.80
S4	16/05/2006	2.30	29/05/2006	1.15



IMPIANTO / OPERA
SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT VOLTURARA

Rev.0 del 30/05/06

REV	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	30/05/06		
1				
2				
3				

COMUNE DI VOLTURARA

(PROVINCIA DI FOGGIA)

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO



dott. Matteo DI CARLO

Sottostazione Elettrica MT/AT – VOLTURARA (FG)
Committente : Edison Energie Speciali S.p.A. - Milano

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

I campioni indisturbati, dopo averli opportunamente catalogati, sono stati estrusi dal contenitore metallico mediante estrusore idraulico verticale con spinta di circa 5000 Kg, tale estrusore lo si preferisce a quello orizzontale per un minore rimaneggiamento del materiale, immediatamente dopo è stata effettuata la misura del suo contenuto naturale d'acqua e peso di volume utilizzando bilance analitiche elettroniche con sensibilità sino ad un millesimo di grammo. Per quanto concerne la preparazione dei provini per prove edometriche, prove triassiali e taglio diretto per terreni di media consistenza, sono stati realizzati con apposite fustellette a pareti sottili in acciaio inox, di dimensioni interne a quelle del provino, dotate di scarpa a bordo tagliente. Esse sono state spinte a pressione all'interno del materiale in maniera perfettamente verticale, allo stesso modo di piccoli campionatori. Per materiali altamente consistenti, i provini venivano preparati mediante operazione di trimming, che consiste nello scontornare verticalmente un campione di terreno indisturbato lungo generatrici verticali, in modo di portarlo per successivi passaggi alle dimensioni prossime a quelle delle fustelle campionatrici dei provini e per agevolare l'entrata di quest'ultimi nella stessa.

Proprietà indici

La determinazione degli indici fisici peso specifico dei grani "Ys", peso dell'unità di volume "Y", contenuto naturale d'acqua "W", non richiede particolari delucidazioni, noti questi valori sono stati calcolati i rimanenti parametri "Yd" peso di volume secco, "n" porosità, "e" indice dei vuoti ed "Sr" grado di saturazione.

Analisi granulometrica

La preparazione dei campioni per l'analisi granulometrica è stata effettuata secondo le norme dell'AMERICAN SOCIETY MATERIALS (A.S.T.M.).

Per i campioni che hanno presentato una frazione di materiale > 0.075 mm è stata eseguita una vagliatura meccanica per via secca, utilizzando vagli della serie A.S.T.M. 1", 3/4", 3/8", 1/4" e i N. 4, 10, 18, 30, 40, 70 e 200. Mentre per la frazione passante al setaccio 200 (0.075mm) è stata effettuata con il metodo della sedimentazione. I risultati sono stati riportati in diagramma, ponendo sulle ascisse, in scala logaritmica, i valori "d" dei diametri dei granelli in mm, e sulle ordinate, in scala naturale i valori dei pesi espressi in percentuale (%) del passante a sinistra e del trattenuto a destra. Congiungendo i vari punti sia quelli derivanti dalla vagliatura a secco che quelli derivanti dalla sedimentazione si è ottenuta la "curva rappresentativa" dei costituenti granulometrici del campione. Si ritiene necessario puntualizzare che la classificazione dei terreni è stata effettuata in funzione della composizione granulometrica, secondo il sistema A.S.T.M. Il termine LIMO - ARGILLA, quindi non tiene conto della composizione mineralogica.

Limiti di Atterberg

Il limite liquido è stato determinato mediante l'apparecchio di Casagrande su materiale passante al setaccio n. 40 (0.425mm) della serie A.S.T.M. essiccato in stufa e quindi uniformemente impastato con tre diverse quantità di acqua distillata. Gli impasti, plasmati nel cucchiaio di Casagrande fino al suo bordo superiore, sono stati incisi con un solco longitudinale a forma di " V " per tutto il loro spessore e quindi sottoposti ad una serie di colpi fino ad ottenere la chiusura dei loro labbri per una lunghezza di 13 mm. Si è proceduto poi, alla determinazione delle quantità d'acqua dei tre impasti segnando i loro relativi numeri di colpi che hanno portato alla chiusura dei solchi. Riportando in ordinate le quantità d'acqua espresse in (%) e in ascisse i corrispondenti valori dei numeri di colpi, l'intercetta di tale retta con la parallela all'asse delle ordinate corrispondente a $n = 25$ colpi ha fornito il valore del limite liquido, con la parte del materiale eccedente il limite liquido è stata ridotto a forma di fusi e fatti ruotare su carta assorbente fino a ridurre il diametro a mm 3.0. continuando la manipolazione, i fusi hanno perso progressivamente acqua, suddividendosi in tronchi, quindi, a questo punto è stata determinata la loro quantità d'acqua che espressa in %, ha fornito il valore del limite plastico.

Prova di compressione semplice (ELL)

La prova è stata eseguita per la determinazione della coesione non drenata "Cu" in terreni argillosi e argilloso-limosi. Per l'esecuzione di tale prova sono stati utilizzati provini cilindrici, con diametro uguale alla fustella del campione indisturbato per un minore disturbo del campione e con rapporto altezza/diametro compreso tra 1.5 e 2. Per ogni prova è stato utilizzato un provino, riportato in grafico da dove si evince sia le curva sforzi/deformazioni che i carichi di rottura. La velocità di esecuzione della prova è stata pari a 1.27 mm/min.

Prova di taglio diretto e residuo

Le prove sono state eseguite con apparecchi di Casagrande utilizzando provini sia di forma cilindrica che quadrata entrambe di diametro-lato uguale a 60 mm. I provini sono stati prima sottoposti ad una pressione di consolidamento costante ed uniformemente distribuita, mantenendo i provini a contatto con acqua, in modo da evitare che i provini possano perdere parte del loro contenuto naturale d'acqua. La consolidazione dei tre provini ha avuto una durata di 24 ore per il primo, di 48 ore per il secondo provino e di 72 ore per il terzo. Al termine di essa e con possibilità di drenaggio in tutti i sensi e con le medesime pressioni verticali, i provini sono stati sottoposti ad una pressione tangenziale "tau" crescente fino al raggiungimento della rottura. Nel corso della prova sono stati registrati i valori degli sforzi/deformazioni mantenendo una velocità di prova al di sotto di 0.005 - 0.008 mm/min. per il taglio consolidato drenato. La prova è stata riportata mediante due grafici, il primo carico verticale/sforzi di taglio da cui si ricava la coesione e l'angolo di attrito, il secondo, sforzi di taglio/deformazioni.

Prova di compressibilità Edometrica

Quest'ultima prova risulta molto importante per il calcolo dei cedimenti differenziali della struttura fondazionale.

Essa consiste nel ricavare provini del diametro di 50 mm e altezza 20 mm per poi sottoporli a dei carichi uniassiali crescenti e misurarne i relativi accorciamenti del provino.

Dal grafico e dalle tabelle si evincono i moduli di compressibilità edometrica, che serviranno poi per il calcolo dei cedimenti sia assoluti che differenziali.

Il Direttore del Laboratorio
Dot. Matteo Di Carlo



TABELLA RIASSUNTIVA ANALISI E PROVE DI LABORATORIO
LOCALITA' : VOLTURARA (FG)
CANTIERE : SSE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

SONDAGGIO		Caratteristiche Volumetriche										Taglio Diretto C.D.		Taglio Residuo		E.L.L.	Edom.	Limiti di Atterberg		
		CAMPIONE	PROFONDITA'	PESO SPECIFICO	PESO VOLUME	CONTEN. T. ACQUA	PESO SATURO	INDICE PORI	POROSITA'	GRADO SATTURAZ.	Definizione granulometrica	C' Kg/cmq	Φ' (°)	C'r Kg/cmq	Φ'r (°)			Cu Kg/cmq	Ed Kg/cmq	LIMITE LIQUIDO %
1	1		2.50	2.701	1.782	41.58	1.793	1.146	53.42	98.01	Argilla limosa dob. sabbiosa					20.26	56.15	29.46	0.545	
1	3		11.50	2.716	1.921	28.98	1.941	0.823	45.14	95.49	Argilla con Limo				1.50	79.69	41.01	1.313		
2	1		1.50	2.709	1.817	37.61	1.833	1.052	51.26	96.88	Argilla limosa-sabbiosa	0.243	18.02	0.211	15.06		40.72	25.48	0.204	
2	2		10.30	2.711	1.933	25.37	1.973	0.758	43.12	90.70	Argilla con Limo					131	55.97	36.78	1.595	
3	1		4.50									0.212	16.00	0.203	13.62					
3	2		10.00									0.492	26.74	0.191	24.24					
4	1		2.50	2.706	1.821	37.27	1.836	1.04	50.97	95.99						29.1				
4	2		8.00	2.701	2.132	12.98	2.188	0.431	30.13	81.28					4.17	263				
4	3		11.50	2.707	2.146	12.63	2.201	0.421	29.61	81.28					4.7		61.642	30.64	1.581	
5	1		3.50	2.702	1.805	38.96	1.818	1.08	51.92	97.46		0.281	17.28	0.171	15.71		59.92	31.39	0.726	
5	2		9.20	2.702	2.011	24.87	2.014	0.678	40.39	99.15		0.527	27.5	0.249	23.15					
5	3		12.50	2.704	2.148	15.69	2.17	0.456	31.36	92.96		0.649	27.81	0.192	23.54					

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)
tel. 0881 545447

Certificato N. 2307/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S 1 CAMPIONE : C 1 PROFONDITA' : m. 2.50-3.10

Peso specifico dei grani	$\gamma_s =$	2.701	gr/cmc
Peso di volume	$\gamma =$	1.782	gr/cmc
Contenuto naturale in acqua	$w =$	41.586	%
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} =$	1.793	gr/cmc
Peso secco	$\gamma_d =$	1.259	gr/cmc
Indice dei pori	$e =$	1.146	
Porosità	$n =$	53.402	%
Grado di saturazione	$S_r =$	98.011	%

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA GRANULOMETRICA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

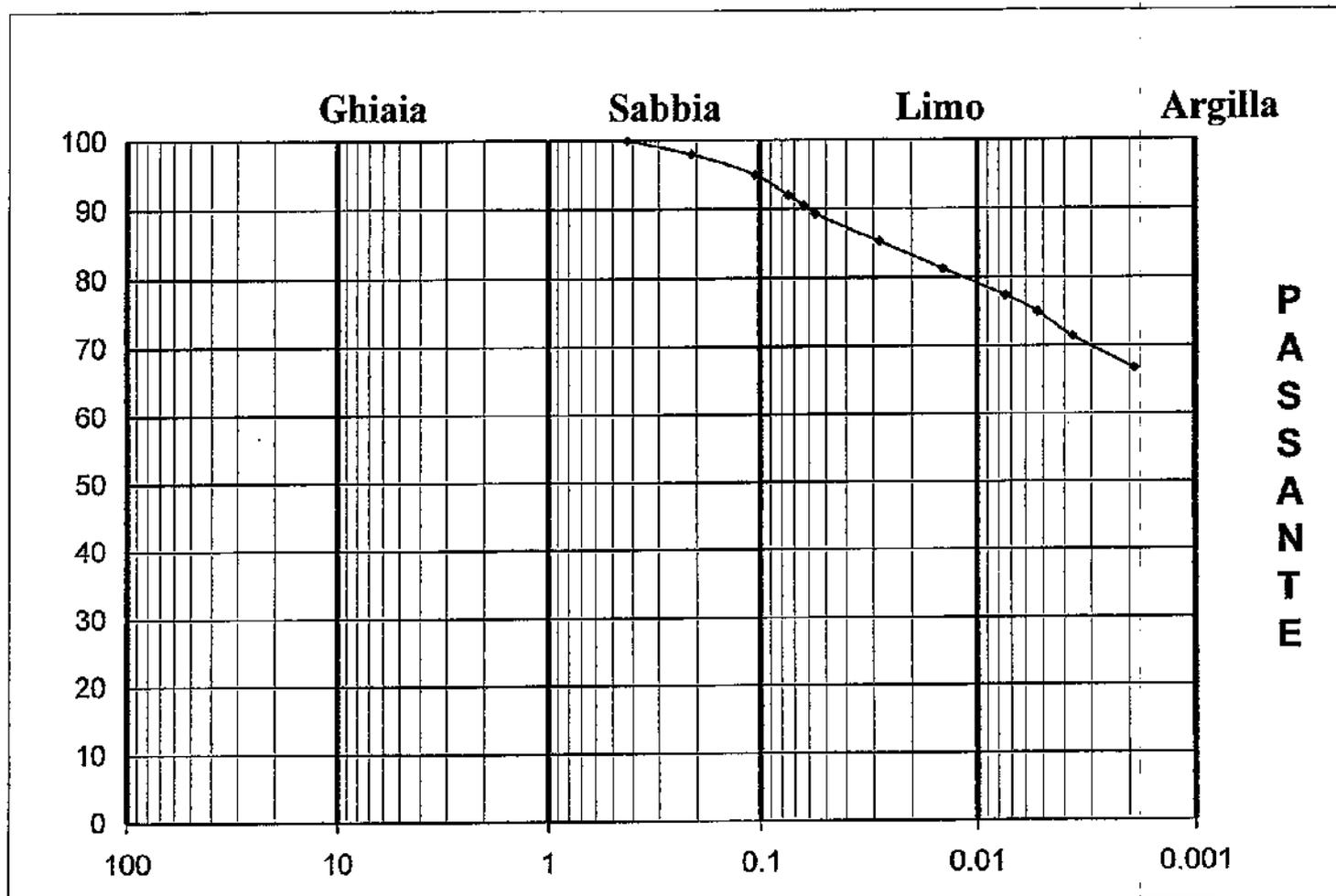
Sondaggio N.

1

Campione N.

1

Profondità m. 2.50-3.10



P
A
S
S
A
N
T
E

PERCENTUALI			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
\\	10%	23%	67%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (A.G.I.)		
Passante al setaccio n. 10	(2,00 mm)	100%
Passante al setaccio n. 40	(0,42 mm)	100%
Passante al setaccio n. 200	(0,074 mm)	92%

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

Argilla Limosa deb. Sabbiosa

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA': Volturara (FG)
CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 1 Campione: 1 Profondità: 2.50-3.10 m.

γ_s g/cm ³	γ g/cm ³	W %	e	H mm	D mm
2.701	1.782	41.59	1.146	20	50

Pressione σv Kg/cm ²	Cediment ε mm	Cedimenti %	Ind. Pori e	Mod Edom Ed Kg/cm ²	Ind. Rigon. Cs	-	-	-
0.125	0.1199	0.5995	1.133	20.85	-	//	//	//
0.25	0.209	1.045	1.124	27.89	0.0318	//	//	//
0.5	0.429	2.145	1.1	22.49	0.0784	//	//	//
1	0.912	4.56	1.048	20.26	0.1722	//	//	//
2	1.761	8.805	0.957	22.48	0.3026	//	//	//
4	2.803	14.015	0.845	35.01	0.3714	//	//	//
8	3.87	19.35	0.731	64.47	0.3803	//	//	//
16	4.89	24.45	0.621	126.51	0.3636	//	//	//
4	4.499	22.495	0.663	//	0.0697	//	//	//
1	4.05	20.25	0.711	//	0.0800	//	//	//
0.125	3.291	16.455	0.793	//	0.0902	//	//	//
//	//	//	//	//	//	//	//	//

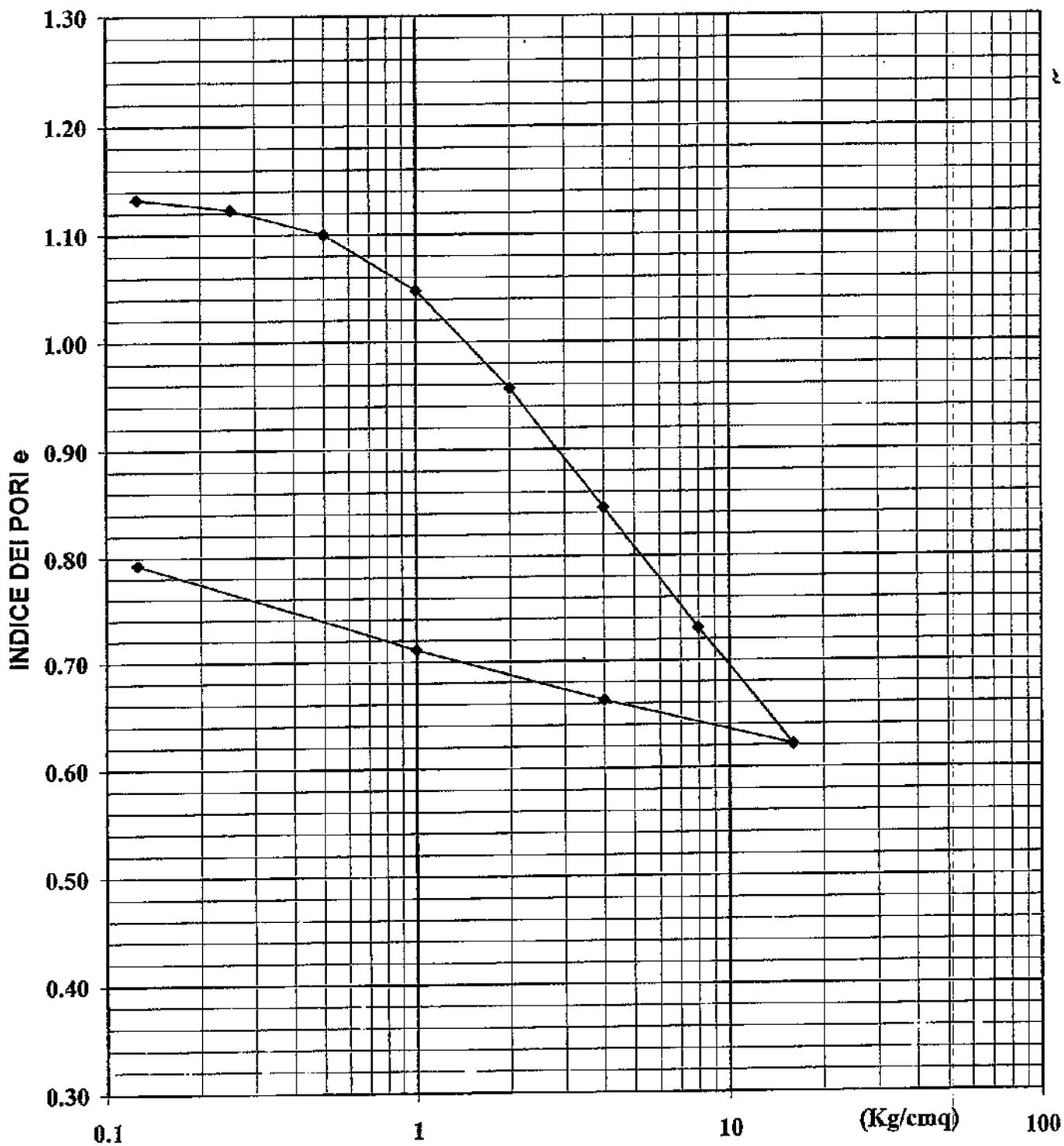
Indice di Compressibilità $C_c = 0.372$

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 1 Campione : 1 Profondità: 2.50-3.10 m.

CURVA INDICE DEI PORI - LOGARITMO DEI CARICHI



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

LIMITI DI ATTERBERG

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 1 Campione: 1 Profondità: 2.50-3.10 m.

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 41.59 %

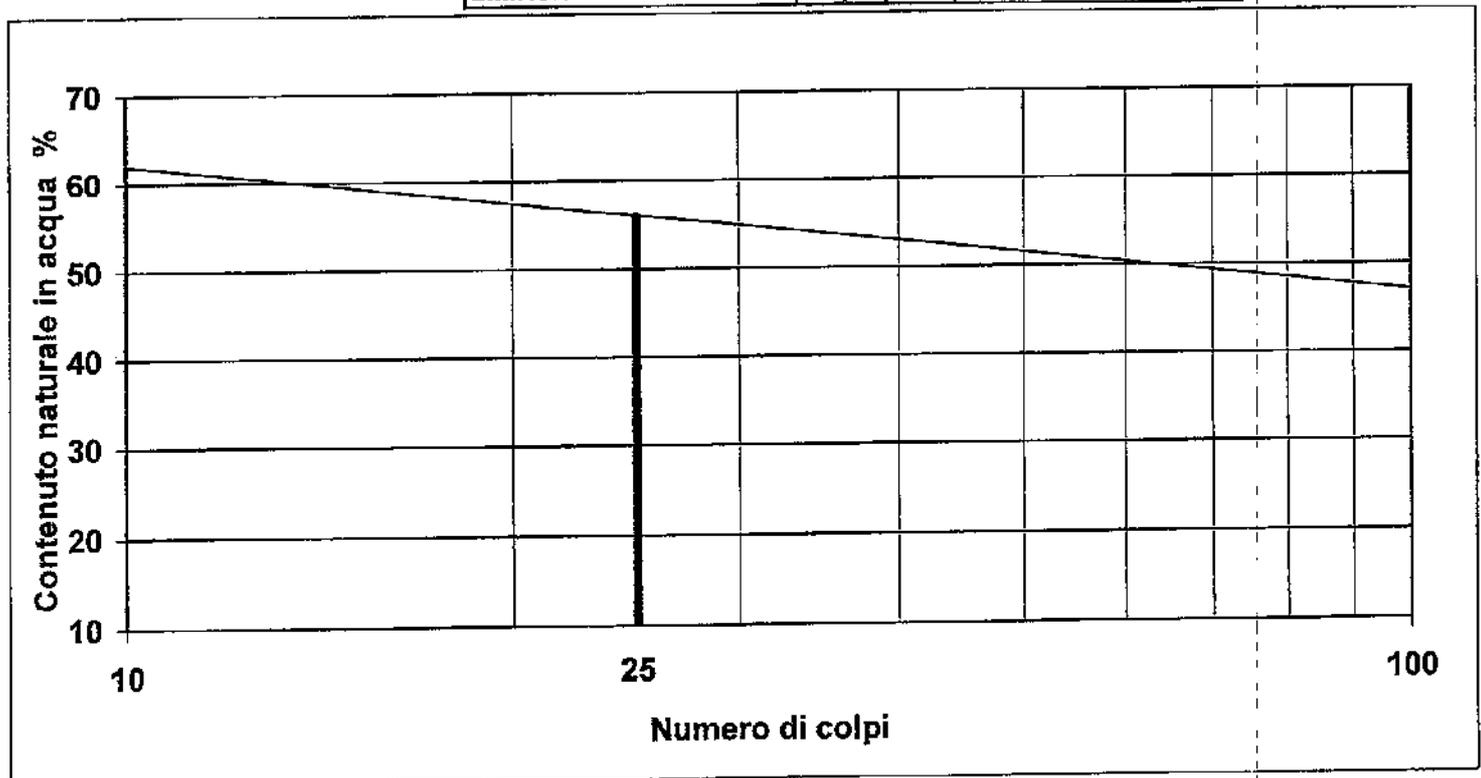
NUMERO CONTENITORE
 NUMERO DI COLPI
 PESO UMIDO + TARA (gr)
 PESO SECCO + TARA (gr)
 TARA (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (gr)
 PESO SECCO (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (%)

LIMITE LIQUIDO	
PROVINO n. 1	PROVINO n. 2
1	6
23	29
26.226	26.824
24.262	24.853
20.791	21.281
1.964	1.971
3.471	3.572
56.583	55.179

LIMITE PLASTICO
71
//
25.961
24.746
20.622
1.215
4.124
29.462

RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	56.115 %
LIMITE PLASTICO	(LP) =	29.462 %
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	26.653
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	0.545
LIMITE DI RITIRO	(LR) =	// %



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)
tel. 0881 545447

Certificato N. 2308/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S

1

CAMPIONE : C

3

PROFONDITA' : m.

11.50-12.10

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 2.716$ gr/cm³

Peso di volume $\gamma = 1.921$ gr/cm³

Contenuto naturale in acqua $w = 28.932$ %

Peso di volume saturo $\gamma_{sat} = 1.941$ gr/cm³

Peso secco $\gamma_d = 1.49$ gr/cm³

Indice dei pori $e = 0.823$

Porosità $n = 45.142$ %

Grado di saturazione $S_r = 95.491$ %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA GRANULOMETRICA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

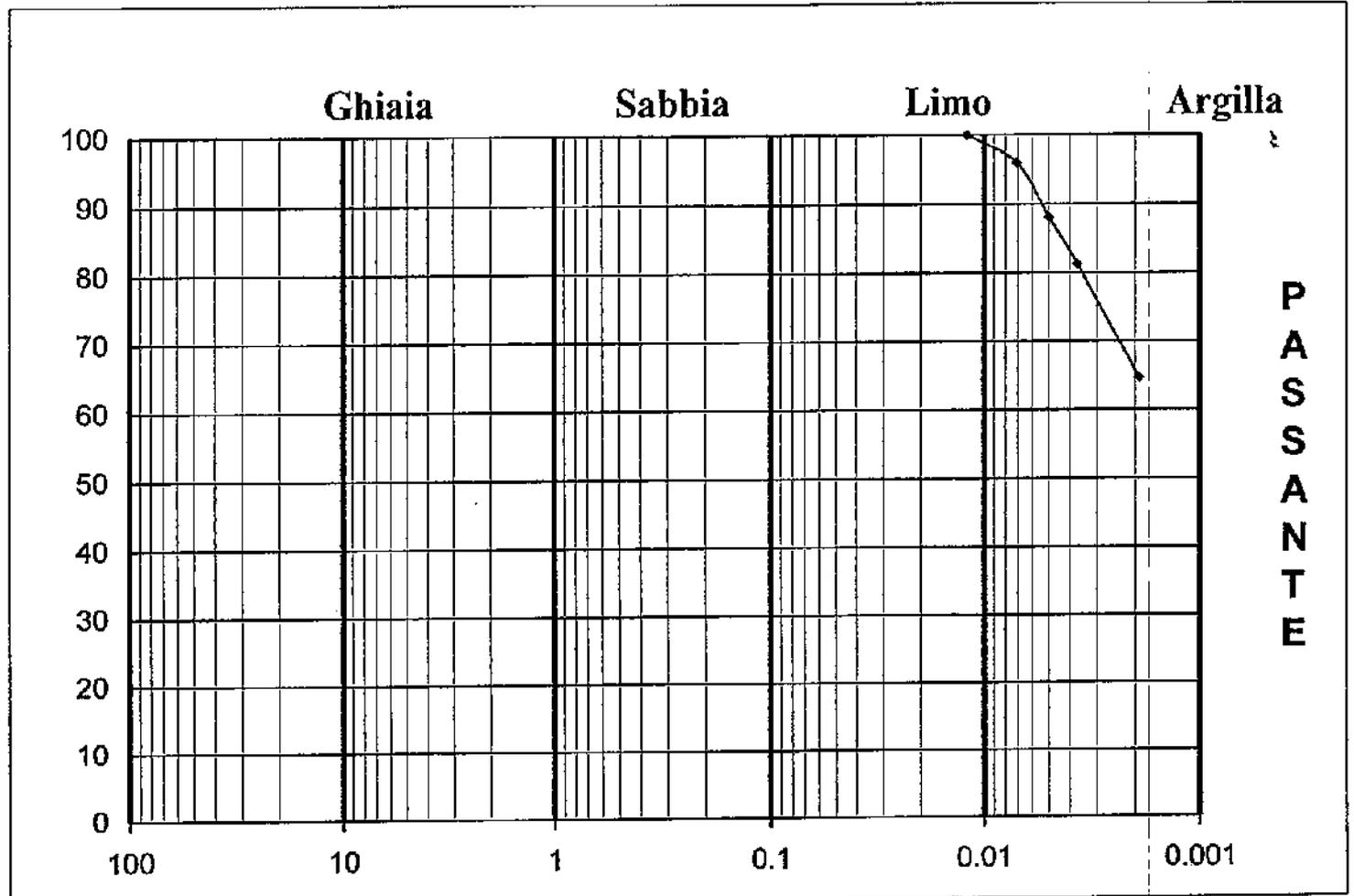
LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 1

Campione N. 3

Profondità m. 11.50-12.10



PERCENTUALI			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
\\	\\	35%	65%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (A.G.I.)		
Passante al setaccio n. 10	(2,00 mm)	100%
Passante al setaccio n. 40	(0,42 mm)	100%
Passante al setaccio n. 200	(0,074 mm)	100%

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

Argilla con Limo

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano FinamoreIL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA ESPANSIONE LATERALE LIBERA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA' : Volturara (FG)
 CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

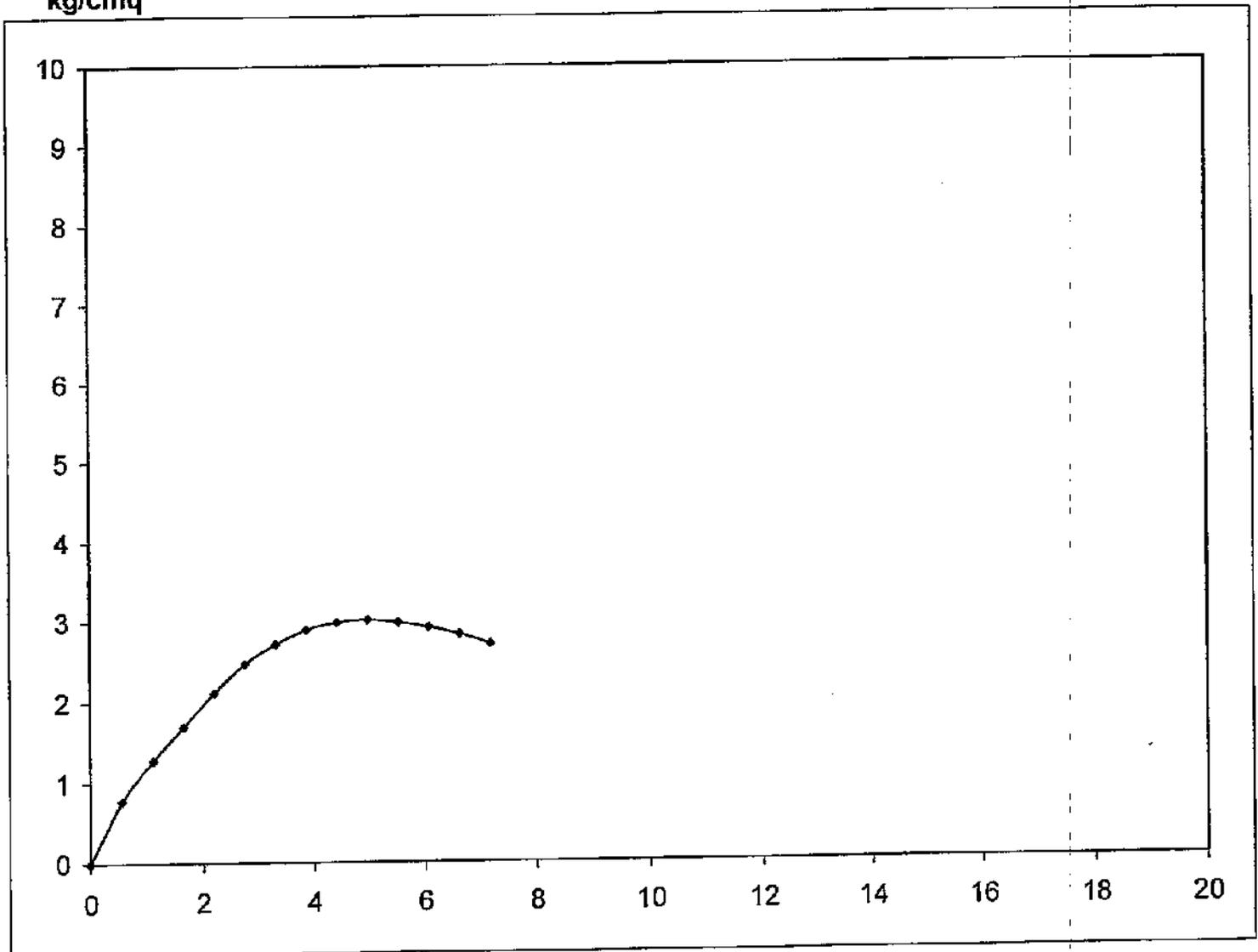
Sondaggio N. 1 Campione N. 3 Profondità m. 11.50-12.10

Velocità della pressa = 1,270 mm/min.

Ef = Modulo di Young non drenato (secante a rottura)

Provino	Dimensioni		Fase di rottura			
	D cm	H cm	Ef kg/cmq	σ kg/cmq	δf %	Cu kg/cmq
1	8.5	18.1	60.48	3.007	4.97	1.5

kg/cmq



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

LIMITI DI ATTERBERG

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 1 Campione : 3 Profondità : 11.50-12.10 m.

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 28.93 %

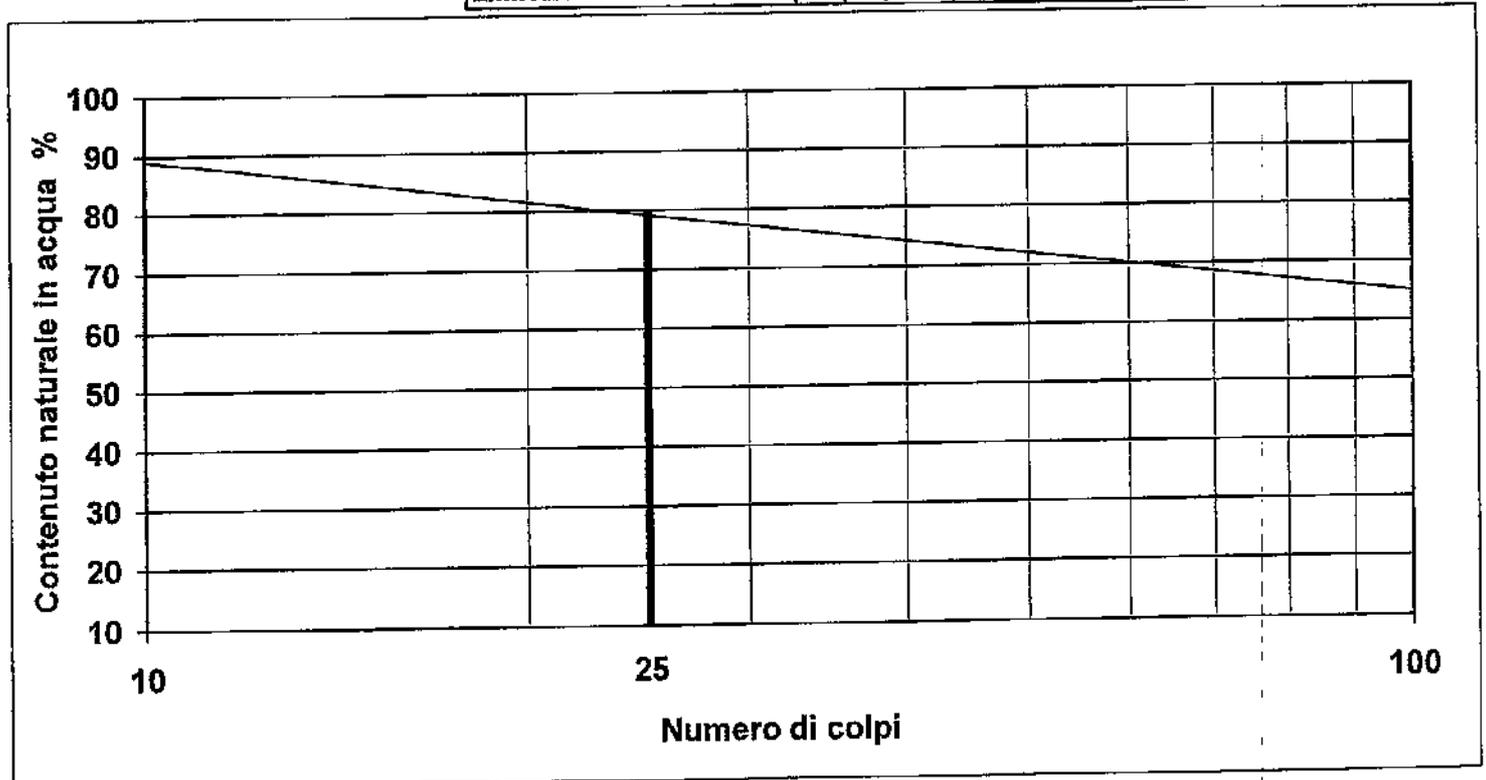
NUMERO CONTENITORE
 NUMERO DI COLPI
 PESO UMIDO + TARA (gr)
 PESO SECCO + TARA (gr)
 TARA (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (gr)
 PESO SECCO (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (%)

LIMITE LIQUIDO	
PROVINO n. 1	PROVINO n. 2
7	2
12	28
25.585	26.496
23.444	23.931
20.988	20.641
2.141	2.565
2.456	3.29
87.174	77.964

LIMITE PLASTICO
31
//
25.294
23.844
20.309
1.45
3.535
41.018

RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	79.691 %
LIMITE PLASTICO	(LP) =	41.018 %
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	38.672
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.313
LIMITE DI RITIRO	(LR) =	// %



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)

tel. 0881 545447

Certificato N. 2309/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S

2

CAMPIONE : C

1

PROFONDITA' : m.

1.50-2.10

Peso specifico dei grani

$\gamma_s = 2.709$ gr/cm³

Peso di volume

$\gamma = 1.817$ gr/cm³

Contenuto naturale in acqua

$w = 37.615$ %

Peso di volume saturo

$\gamma_{sat} = 1.833$ gr/cm³

Peso secco

$\gamma_d = 1.32$ gr/cm³

Indice dei pori

$e = 1.052$

Porosità

$n = 51.261$ %

Grado di saturazione

$S_r = 96.887$ %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA GRANULOMETRICA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

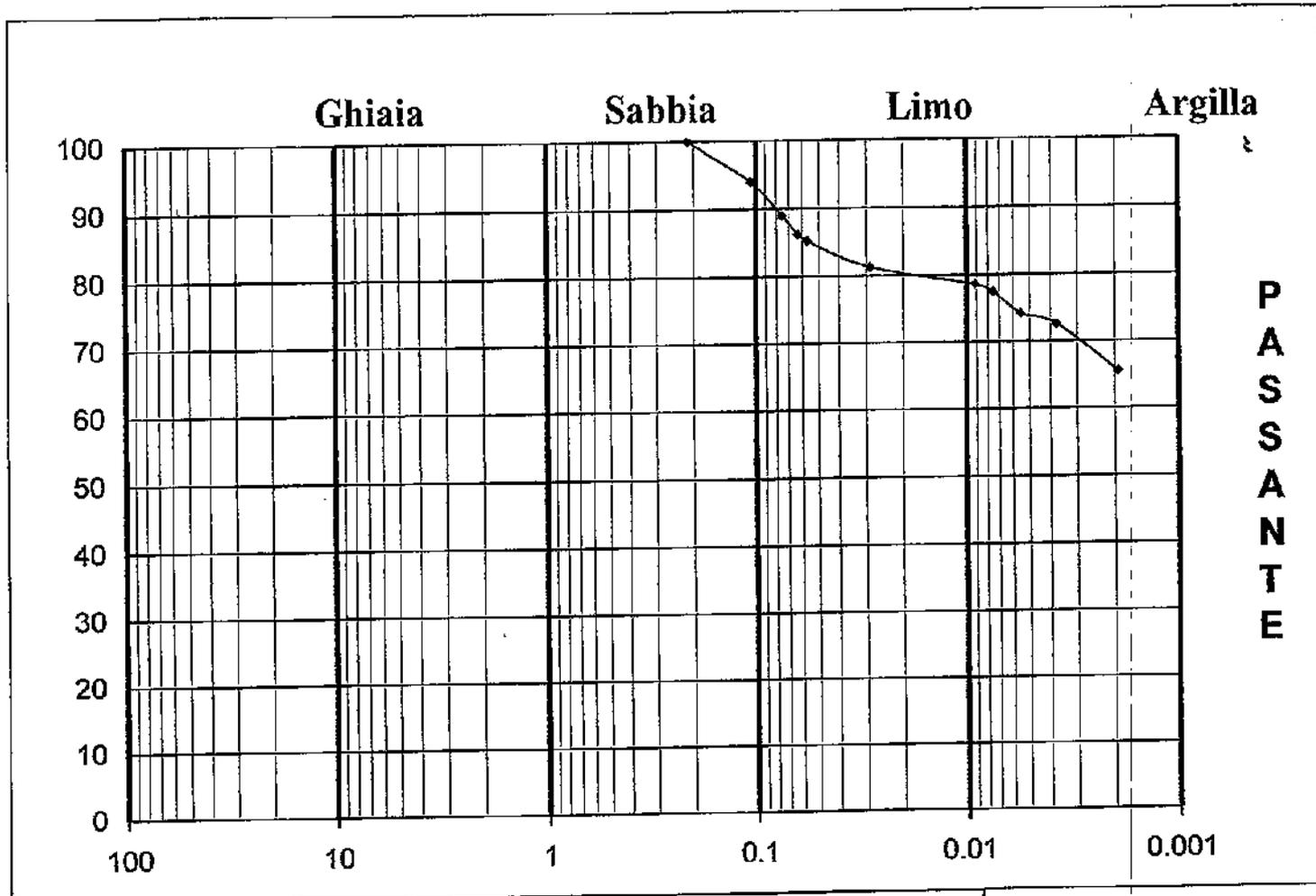
LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 2

Campione N. 1

Profondità m. 1.50-2.10



PERCENTUALI			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
\\	14%	20%	66%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (A.G.I.)		
Passante al setaccio n. 10	(2,00 mm)	100%
Passante al setaccio n. 40	(0,42 mm)	100%
Passante al setaccio n. 200	(0,074 mm)	89%

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

Argilla Limoso-Sabbiosa

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

LIMITI DI ATTERBERG

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA': Volturara (FG)
CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 2 Campione : 1 Profondità : 1.50-2.10 m

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 37.62 %

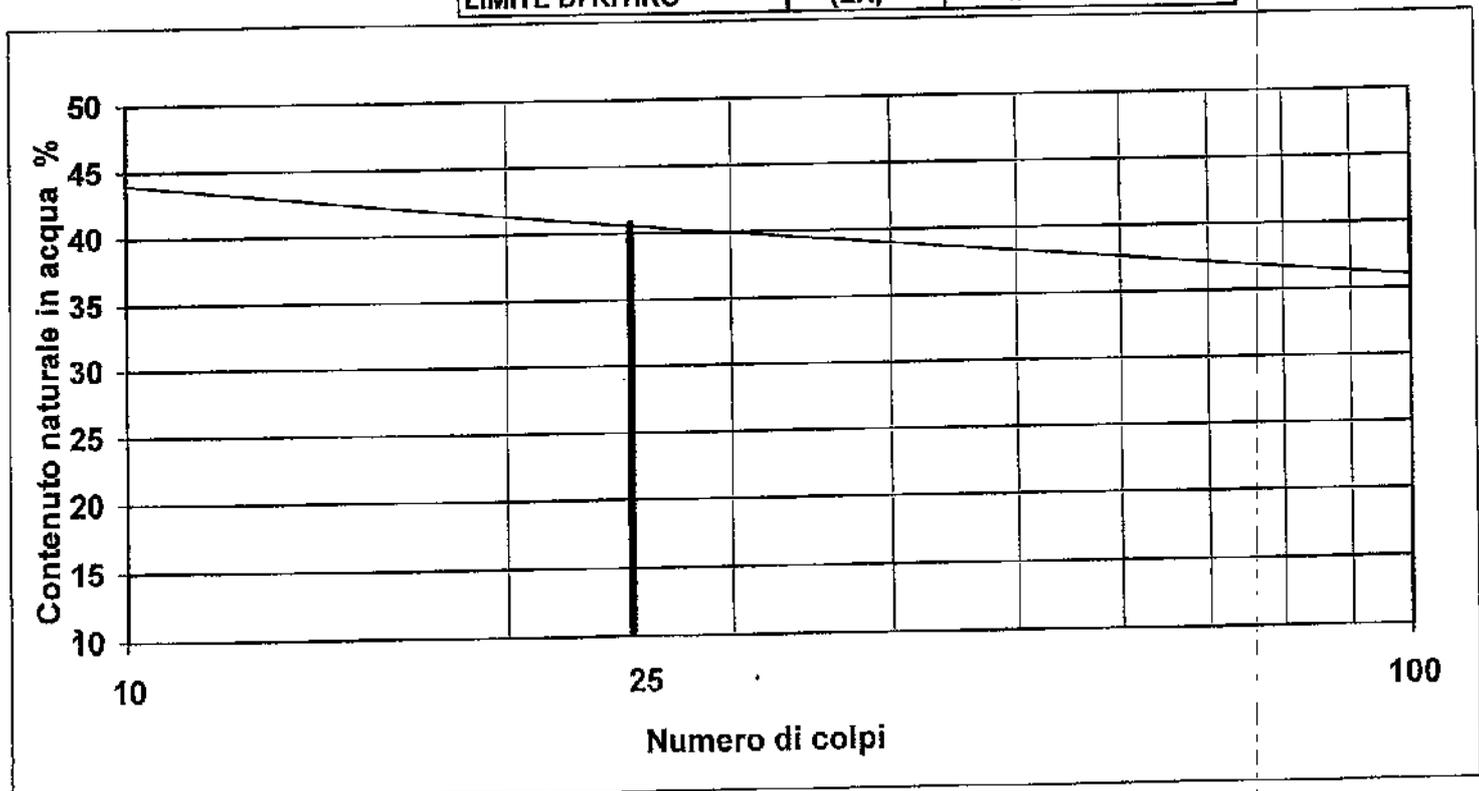
NUMERO CONTENITORE
 NUMERO DI COLPI
 PESO UMIDO + TARA (gr)
 PESO SECCO + TARA (gr)
 TARA (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (gr)
 PESO SECCO (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (%)

LIMITE LIQUIDO	
PROVINO n. 1	PROVINO n. 2
8	5
16	30
25.941	25.801
24.289	24.346
20.371	20.702
1.652	1.455
3.918	3.644
42.164	39.929

LIMITE PLASTICO
10
//
26.923
25.729
21.044
1.194
4.685
25.486

RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	40.727 %
LIMITE PLASTICO	(LP) =	25.486 %
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	15.242
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	0.204
LIMITE DI RITIRO	(LR) =	// %



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2309/ 4

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 2

Campione N. 1

Profondità m. 1.50-2.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

CONSOLIDATA DRENATA

Velocità della prova

mm/min. 0.005

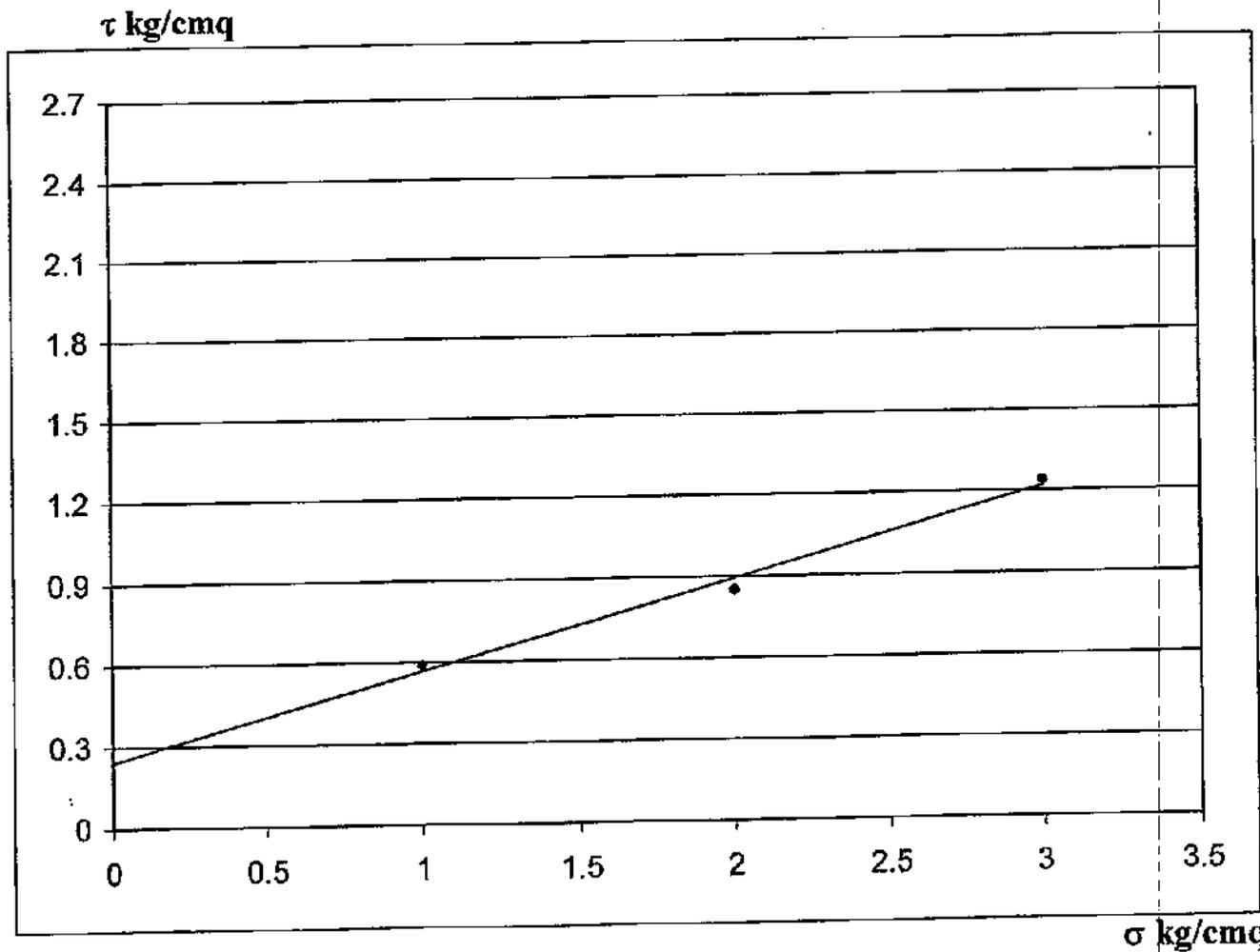
Costante micr. Cedimenti

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Consolidamento			Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	ΔH mm	T ore	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	30	60	1	2.08	24	1	5.5	0.5897
2	30	60	2	2.91	48	2	4.18	0.8505
3	30	60	3	4.54	72	3	5.5	1.2401

$\Phi = 18.02^\circ$

$C = 0.243 \text{ kg/cmq}$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2309/ 5

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

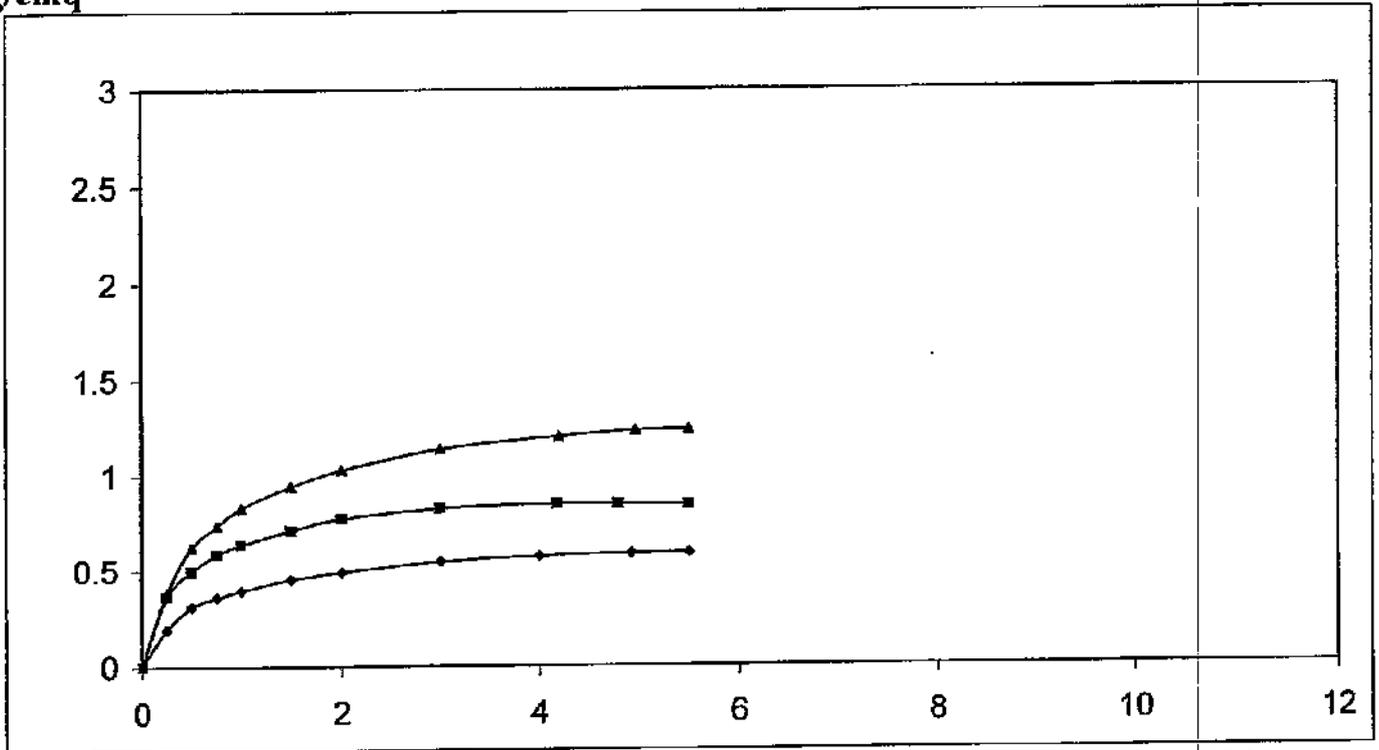
Sondaggio N. 2

Campione N. 1

Profondità m. 1.50-2.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cm²



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. **2309/ 6**

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. **2**

Campione N. **1**

Profondità m. **1.50-2.10**

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

TAGLIO RESIDUO

Velocità della prova

mm/min. 0.005

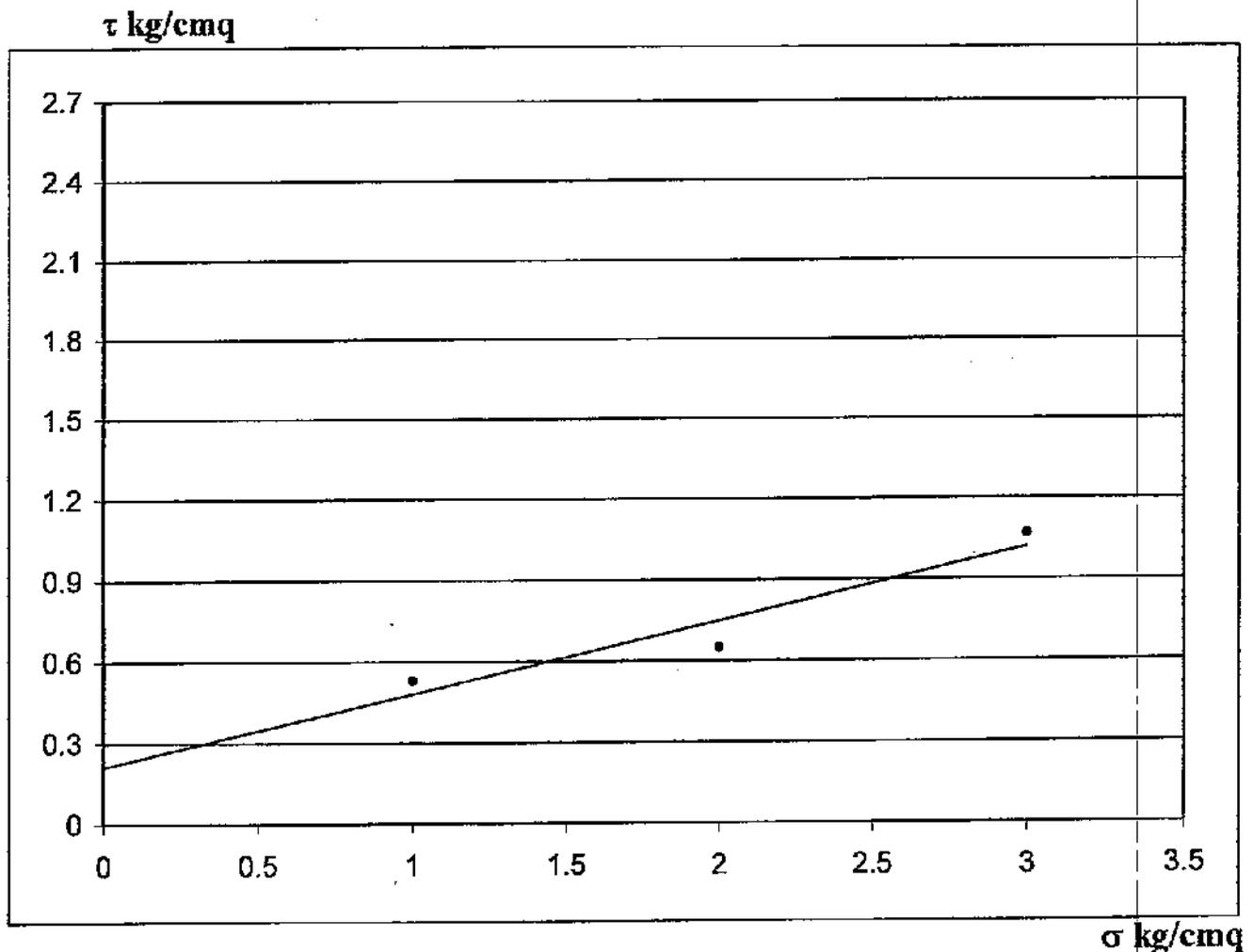
Costante micr. Cedimenti

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cm ²	δf mm	τ kg/cm ²
1	27.92	60	1	5.7	0.53055
2	27.09	60	2	6	0.64881
3	25.46	60	3	6	1.06839

$$\Phi = 15.06^\circ$$

$$C = 0.211 \text{ kg/cm}^2$$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2309/ 7

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

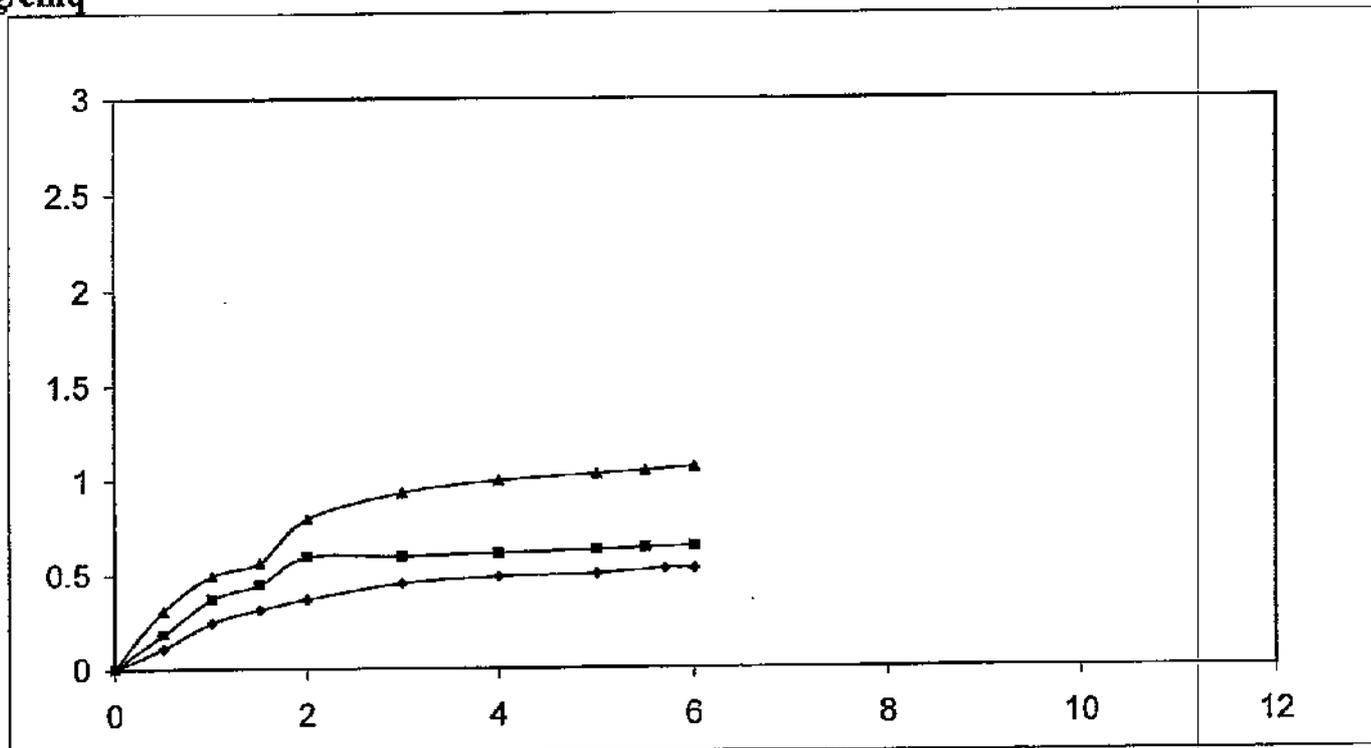
Sondaggio N. 2

Campione N. 1

Profondità m. 1.50-2.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cm²



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)
tel. 0881 545447

Certificato N. 2310/ 1

Lucera, 29/05/06

ε

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S 2

CAMPIONE : C 2

PROFONDITA' : m.

10.30-10.90

Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 2.711$	gr/cmc
Peso di volume	$\gamma = 1.933$	gr/cmc
Contenuto naturale in acqua	$w = 25.372$	%
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 1.973$	gr/cmc
Peso secco	$\gamma_d = 1.542$	gr/cmc
Indice dei pori	$e = 0.758$	
Porosità	$n = 43.128$	%
Grado di saturazione	$S_r = 90.705$	%

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA GRANULOMETRICA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

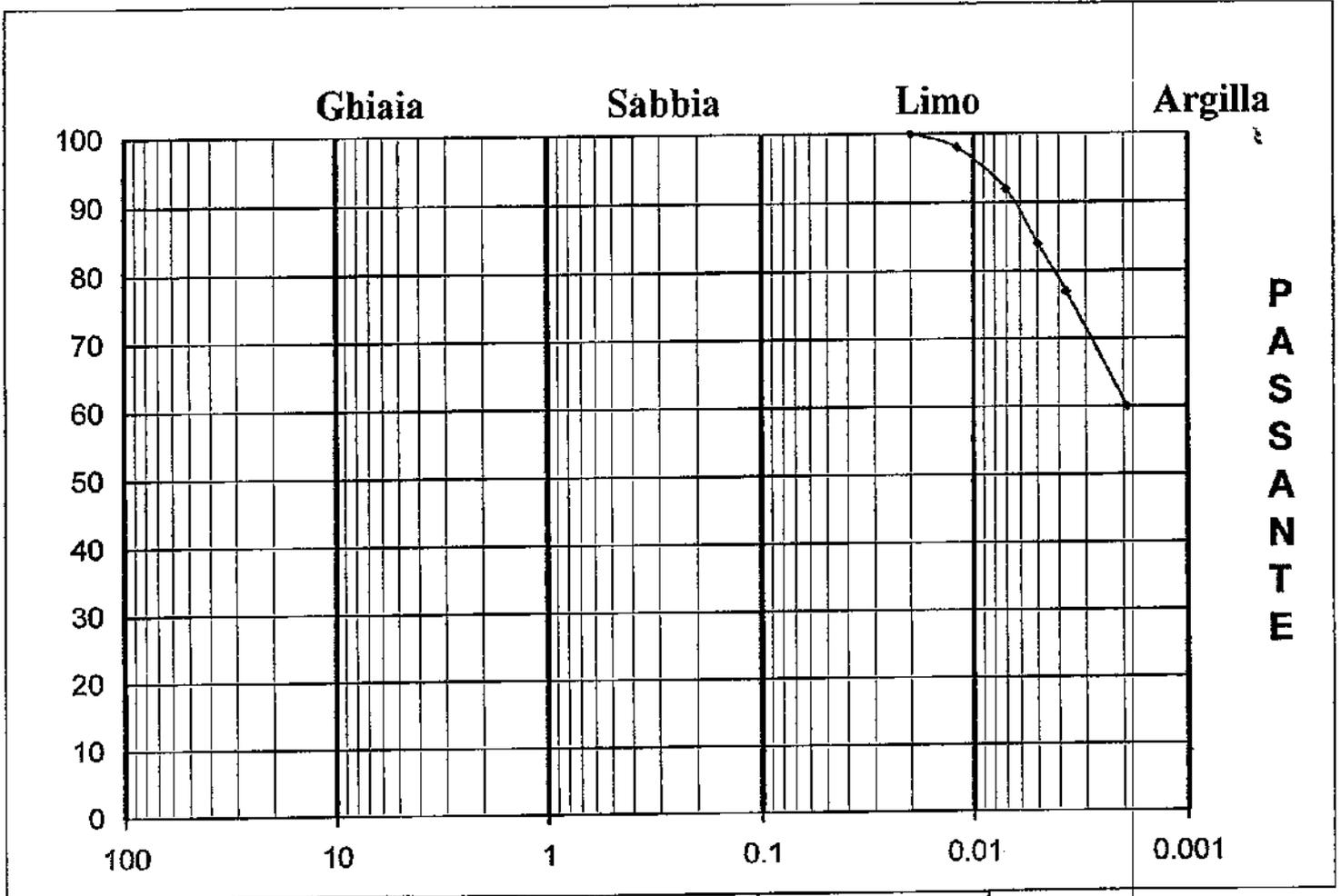
LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 2

Campione N. 2

Profondità m. 10.30-10.90



PERCENTUALI			
GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
\\	\\	40%	60%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (A.G.I.)		
Passante al setaccio n. 10	(2,00 mm)	100%
Passante al setaccio n. 40	(0,42 mm)	100%
Passante al setaccio n. 200	(0,074 mm)	100%

DEFINIZIONE GRANULOMETRICA:

Argilla con Limo

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA': Volturara (FG)
CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 2 Campione: 2 Profondità: 10.30-10.90 m.

γ_s g./cmc	γ g./cmc	W %	e	H mm	D mm
2.711	1.933	25.37	0.758	20	50

Pressione σ_v Kg/cmq	Cediment ϵ mm	Cedimenti %	Ind. Pori e	Mod Edom Ed Kg/cmq	Ind. Rigon. Cs	-	-	-
0.125	0	0	0	//	-	//	//	//
0.25	0	0	0	//	-	//	//	//
0.5	0	0	0.758	//	-	//	//	//
1	0.076	0.38	0.751	131.58	0.022191808	//	//	//
2	0.246	1.23	0.736	117.2	0.049639572	//	//	//
4	0.542	2.71	0.71	133.47	0.086431254	//	//	//
8	0.95	4.75	0.674	190.76	0.119134972	//	//	//
16	1.42	7.1	0.633	324.26	0.137238815	//	//	//
4	1.34	6.7	0.64	//	0.011679899	//	//	//
1	0.95	4.75	0.674	//	0.056939509	//	//	//
0.5	0.65	3.25	0.701	//	0.029199748	//	//	//
//	//	//	//	//	//	//	//	//

Indice di Compressibilità $C_c = 0.136$

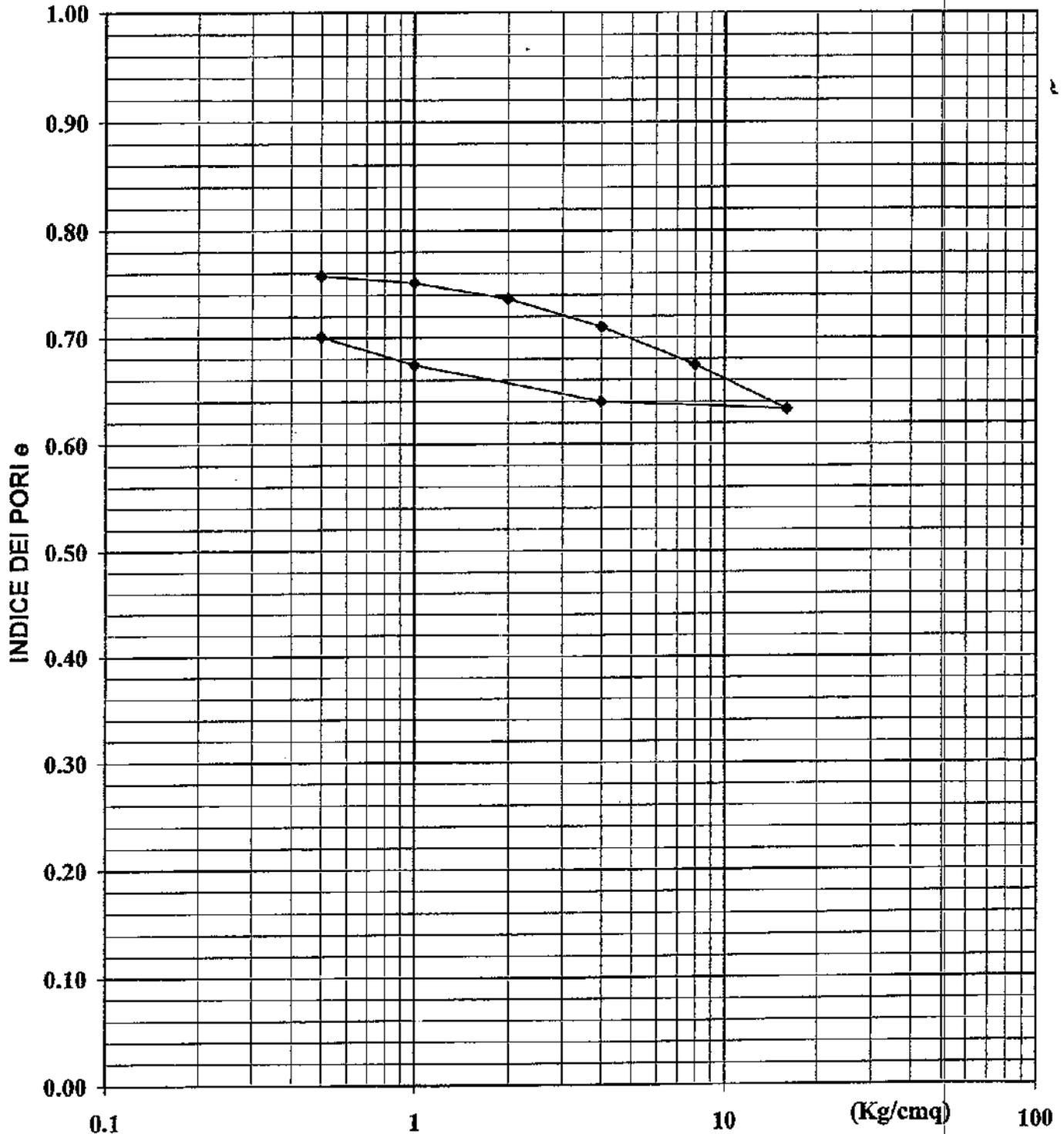
IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA': Vulturara (FG)
CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 2 Campione: 2 Profondità: 10.30-10.90 m.

CURVA INDICE DEI PORI - LOGARITMO DEI CARICHI

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

LIMITI DI ATTERBERG

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 2 Campione: 2 Profondità: 10.30-10.90 m.

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 25.37 %

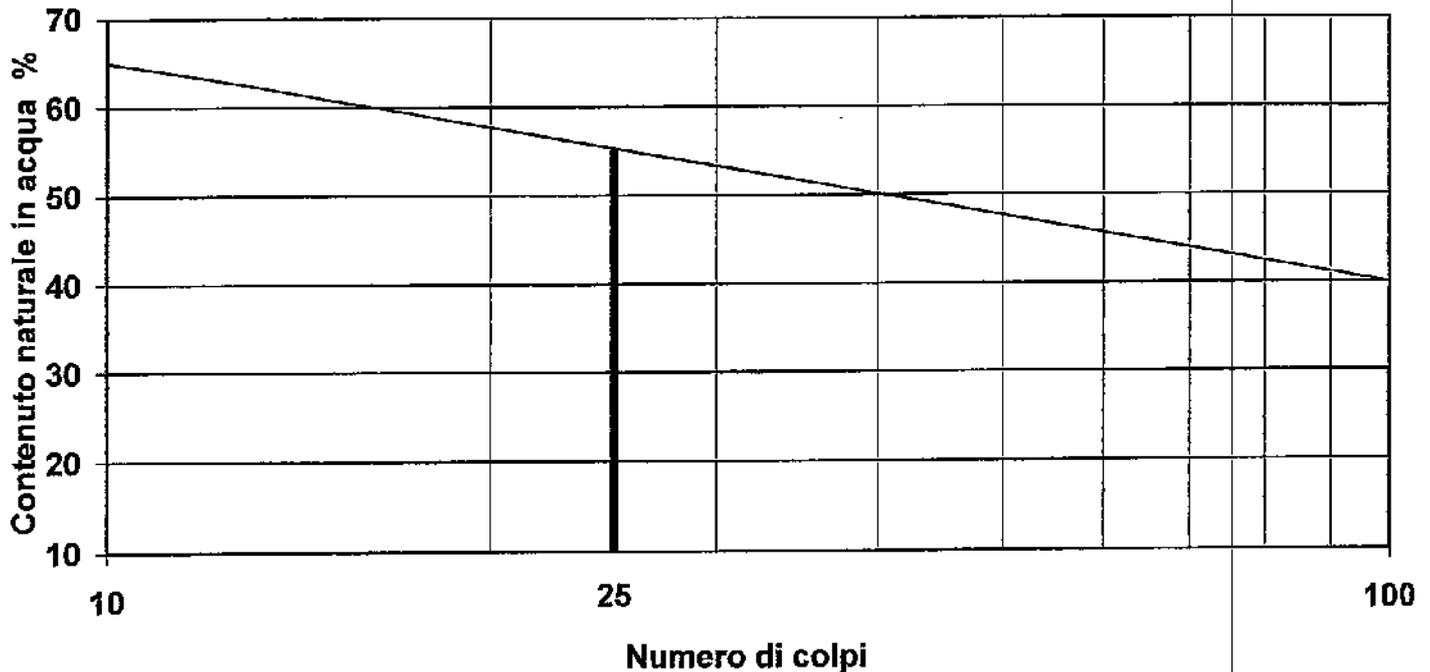
NUMERO CONTENITORE
 NUMERO DI COLPI
 PESO UMIDO + TARA (gr)
 PESO SECCO + TARA (gr)
 TARA (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (gr)
 PESO SECCO (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (%)

LIMITE LIQUIDO	
PROVINO n. 1	PROVINO n. 2
5	9
13	30
25.236	26.451
23.612	24.396
21.008	20.541
1.624	2.055
2.604	3.855
62.366	53.307

LIMITE PLASTICO
71
//
25.362
24.001
20.301
1.361
3.7
36.784

RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	55.972 %
LIMITE PLASTICO	(LP) =	36.784 %
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	19.188
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.595
LIMITE DI RITIRO	(LR) =	// %



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2311/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 3

Campione N. 1

Profondità m. 4.50-5.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

CONSOLIDATA DRENATA

Velocità della prova

mm/min. 0.005

Costante micr. Cedimenti

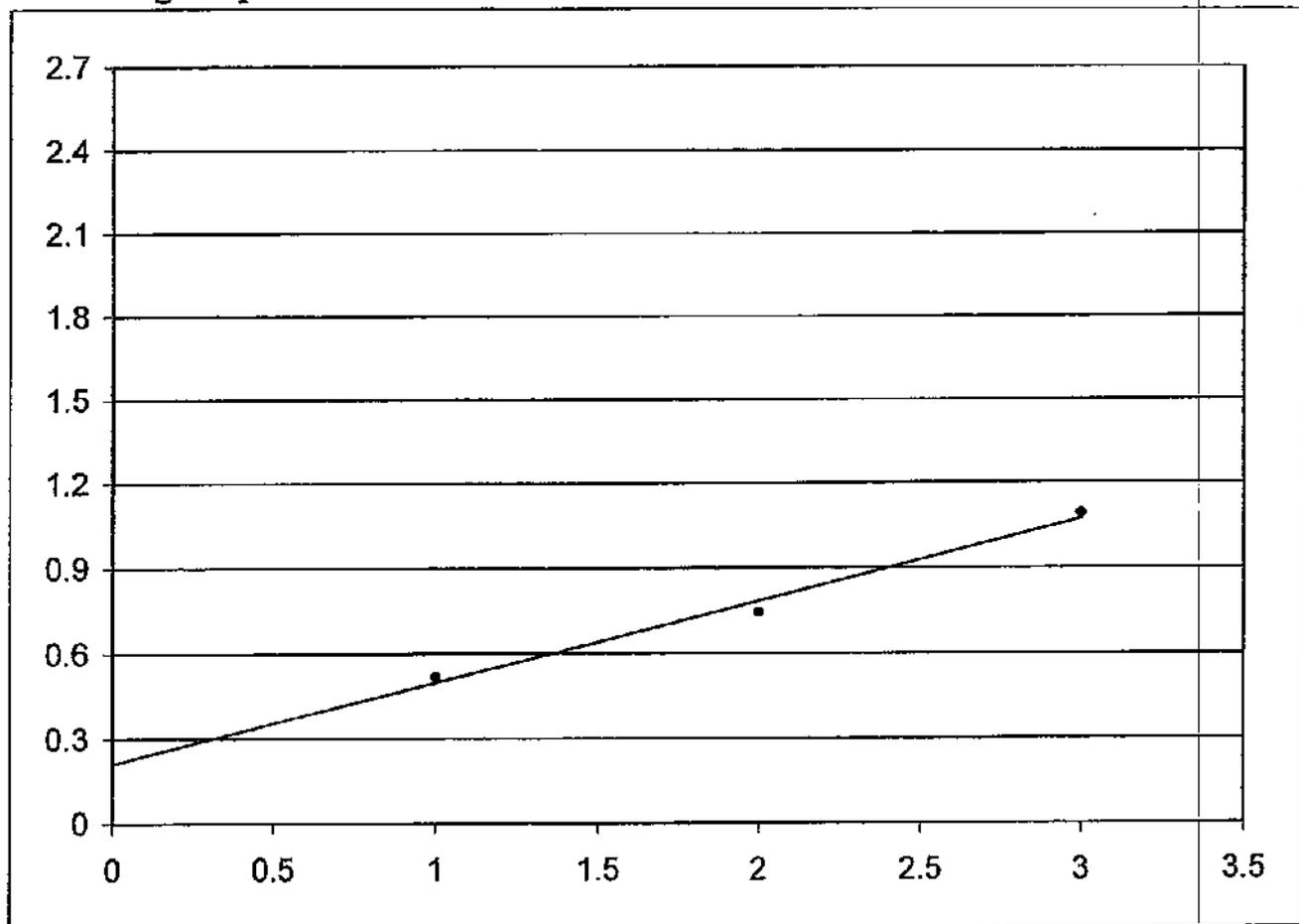
mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Consolidamento			Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	ΔH mm	T ore	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	30	60	1	2.08	24	1	6	0.5184
2	30	60	2	2.91	48	2	4.5	0.7461
3	30	60	3	4.54	72	3	6	1.0917

$$\Phi = 16.^\circ$$

$$C = 0.212 \text{ kg/cmq}$$

τ kg/cmq



σ kg/cmq

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2311/ 2

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

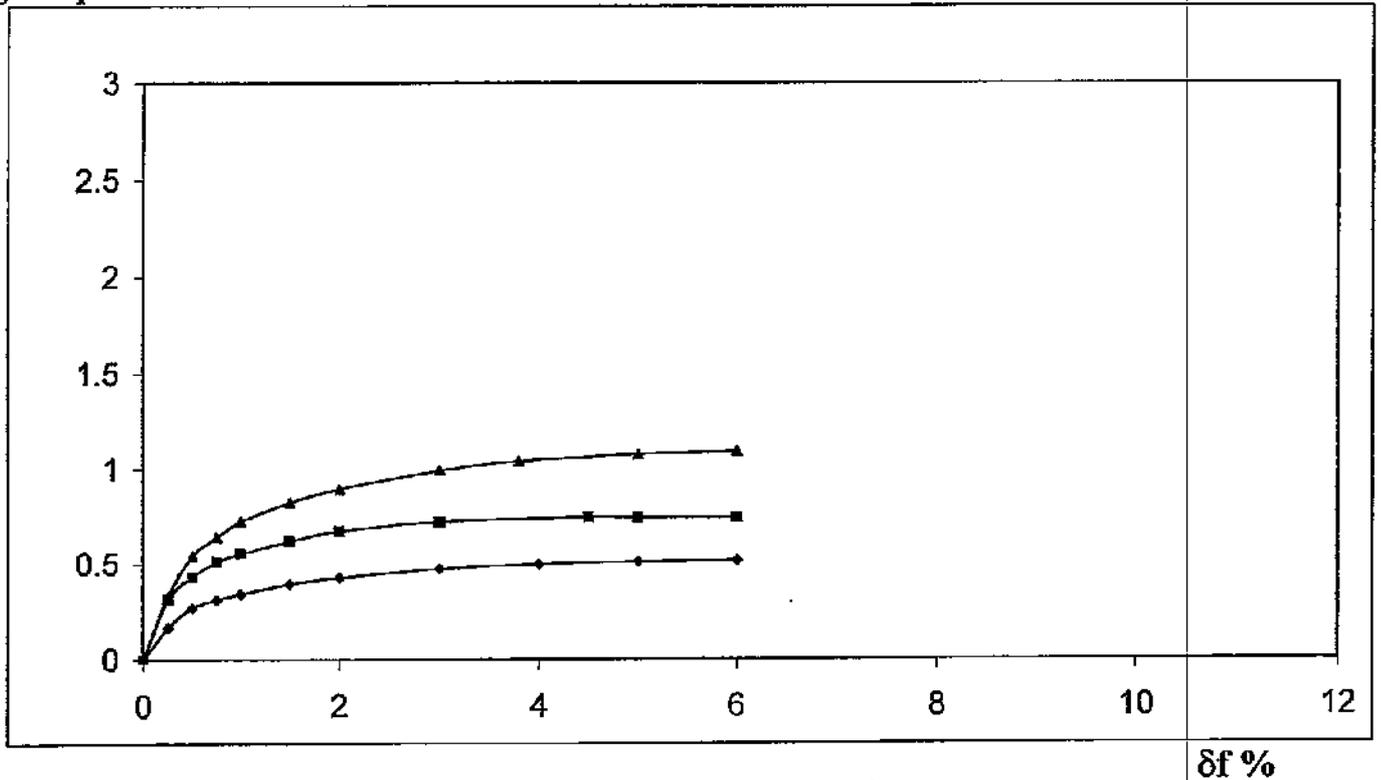
Sondaggio N. 3

Campione N. 1

Profondità m. 4.50-5.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cmq



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2311/ 3

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 3

Campione N. 1

Profondità m. 4.50-5.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

Velocità della prova

Costante micr. Cedimenti

TAGLIO RESIDUO

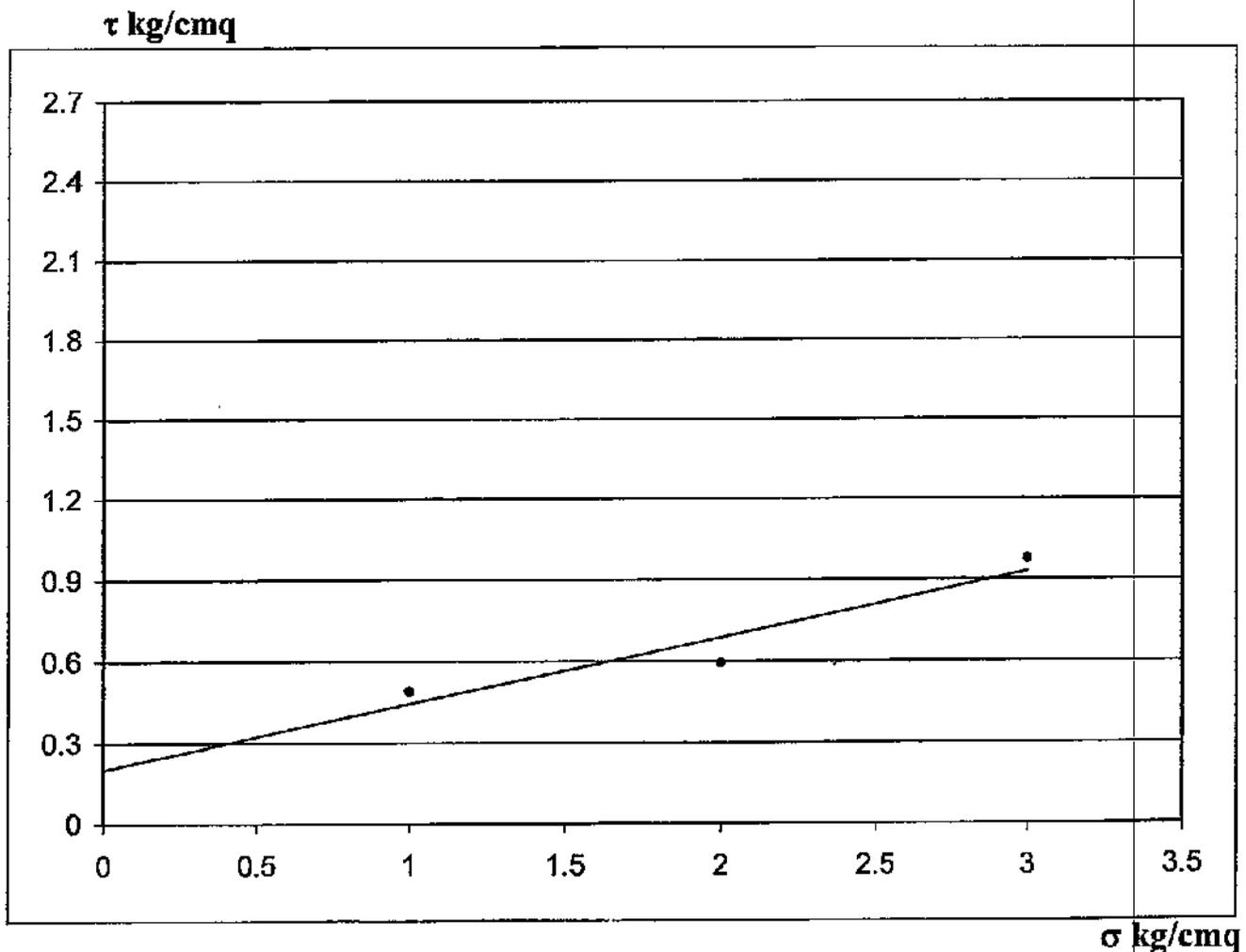
mm/min. 0.005

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	27.92	60	1	6	0.49115
2	27.09	60	2	6	0.5947
3	25.46	60	3	6	0.97565

$$\Phi = 13.62^\circ$$

$$C = 0.203 \text{ kg/cmq}$$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2311/ 4

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

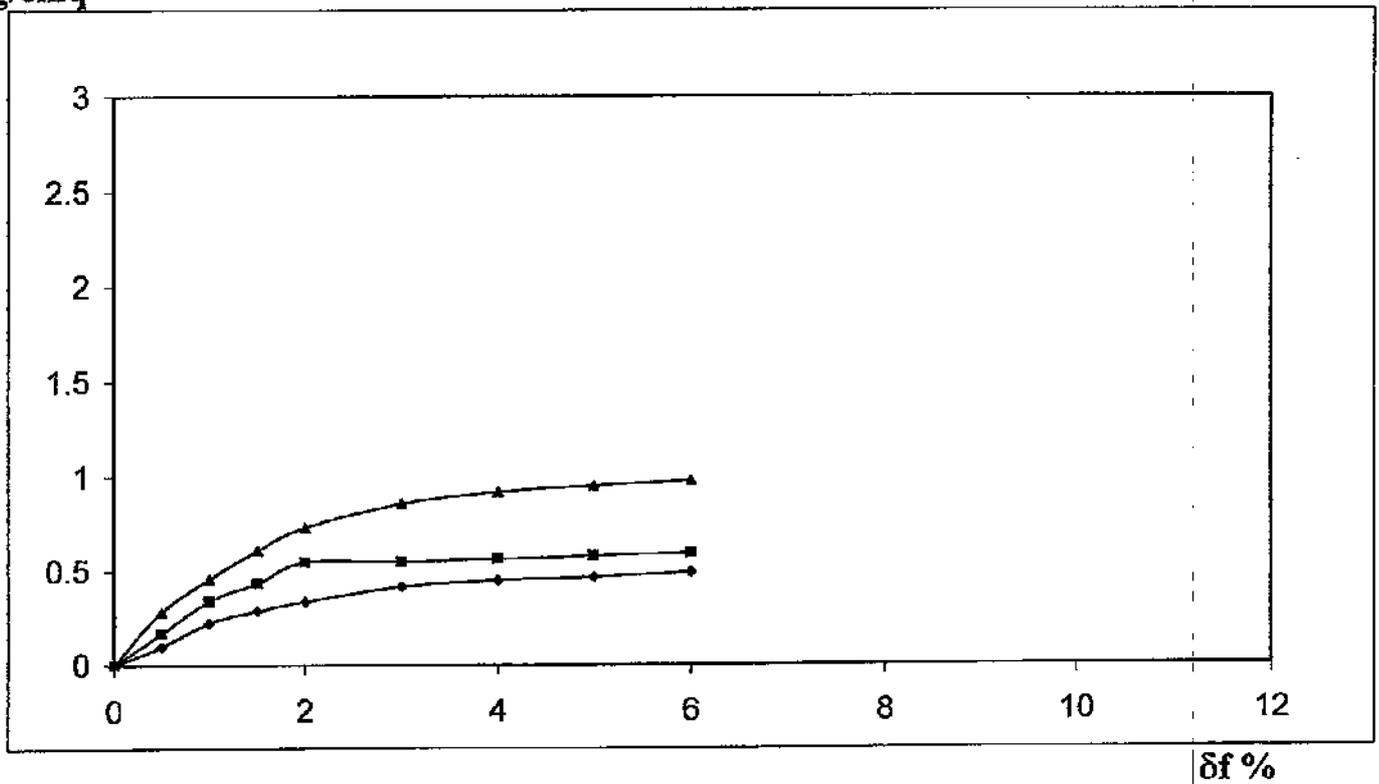
Sondaggio N. 3

Campione N. 1

Profondità m. 4.50-5.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cmq



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2312/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 3

Campione N. 2

Profondità m. 10.00-10.60

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

CONSOLIDATA DRENATA

Velocità della prova

mm/min. 0.005

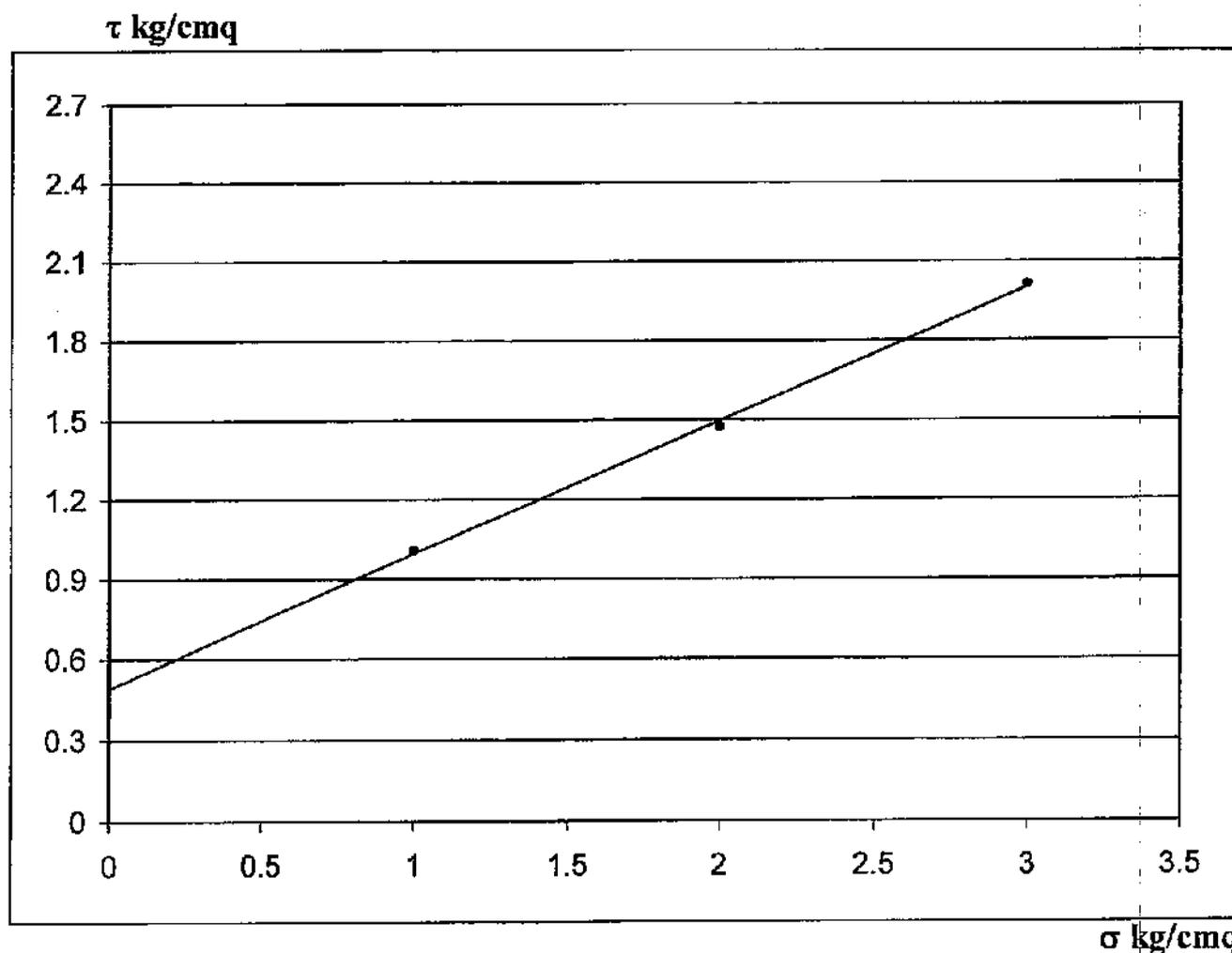
Costante micr. Cedimenti

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Consolidamento			Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cm ²	ΔH mm	T ore	σ kg/cm ²	δf mm	τ kg/cm ²
1	30	60	1	0.78	24	1	1.5	1.007
2	30	60	2	1.46	48	2	2.5	1.476
3	30	60	3	2.01	72	3	2.15	2.014

$$\Phi = 26.74^\circ$$

$$C = 0.492 \text{ kg/cm}^2$$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2312/ 2

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

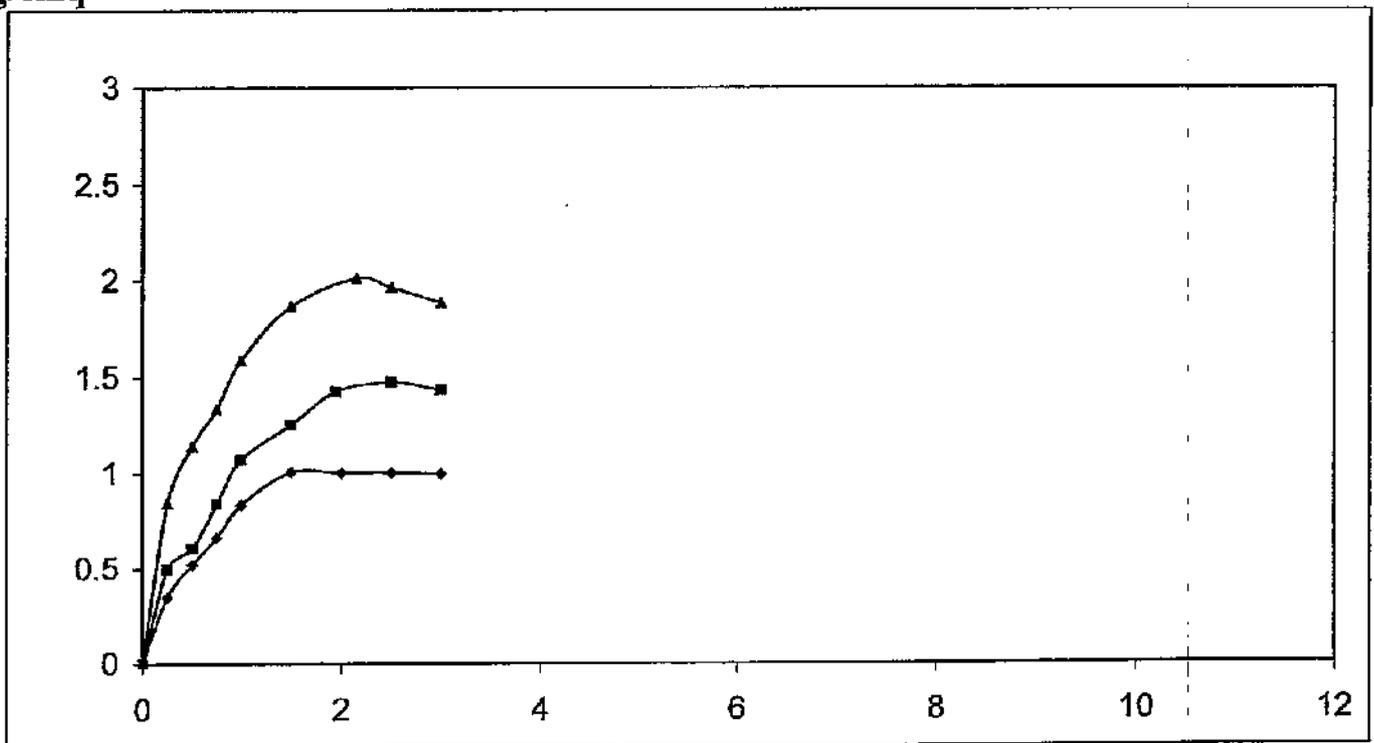
Sondaggio N. 3

Campione N. 2

Profondità m. 10.00-10.60

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cmq



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2312/ 3

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 3

Campione N. 2

Profondità m. 10.00-10.60

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

TAGLIO RESIDUO

Velocità della prova

mm/min. 0.005

Costante micr. Cedimenti

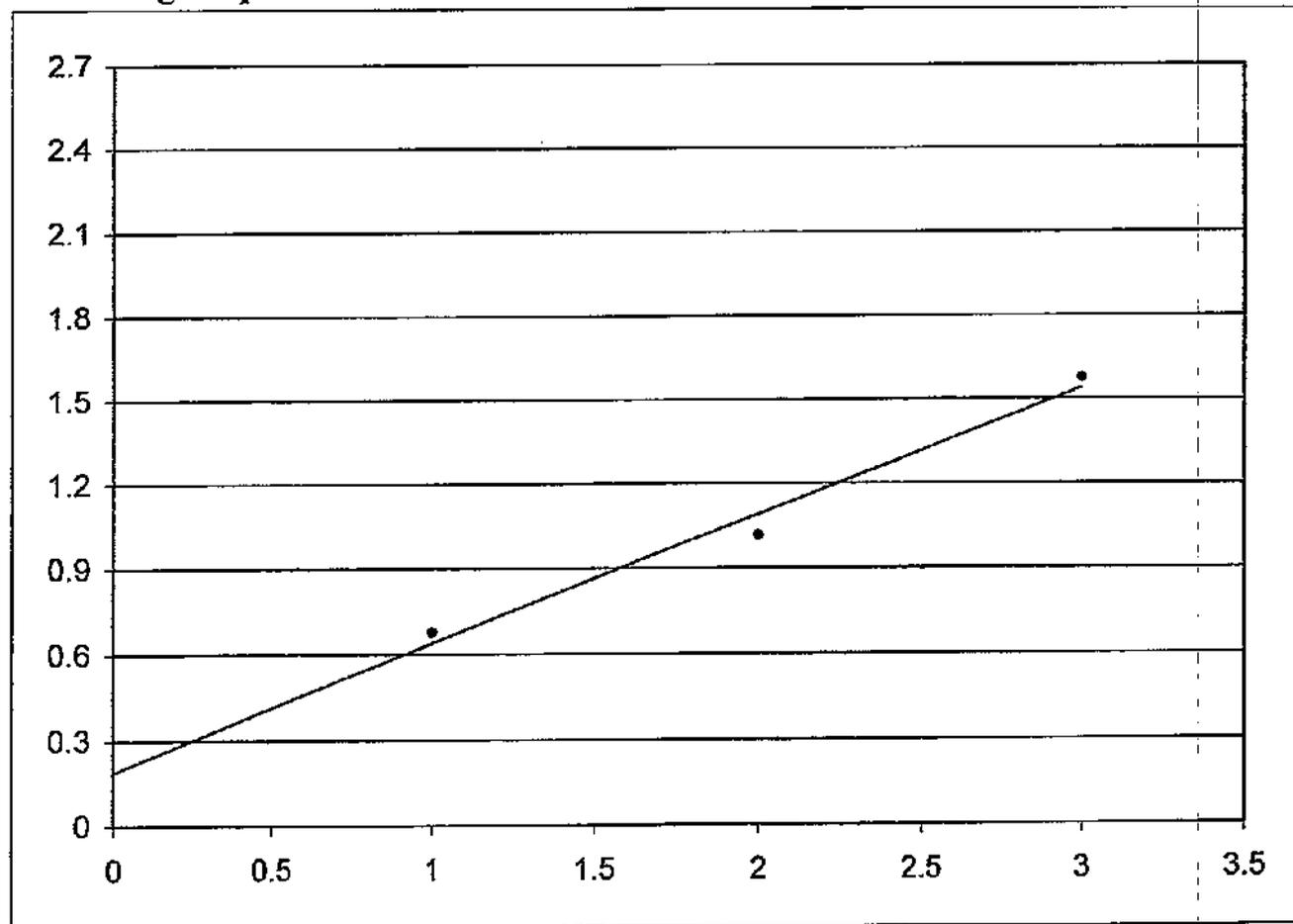
mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	29.22	60	1	4	0.678
2	28.54	60	2	3	1.016
3	27.99	60	3	6	1.578

$$\Phi = 24.24^\circ$$

$$C = 0.191 \text{ kg/cmq}$$

τ kg/cmq



σ kg/cmq

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2312/ 4

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

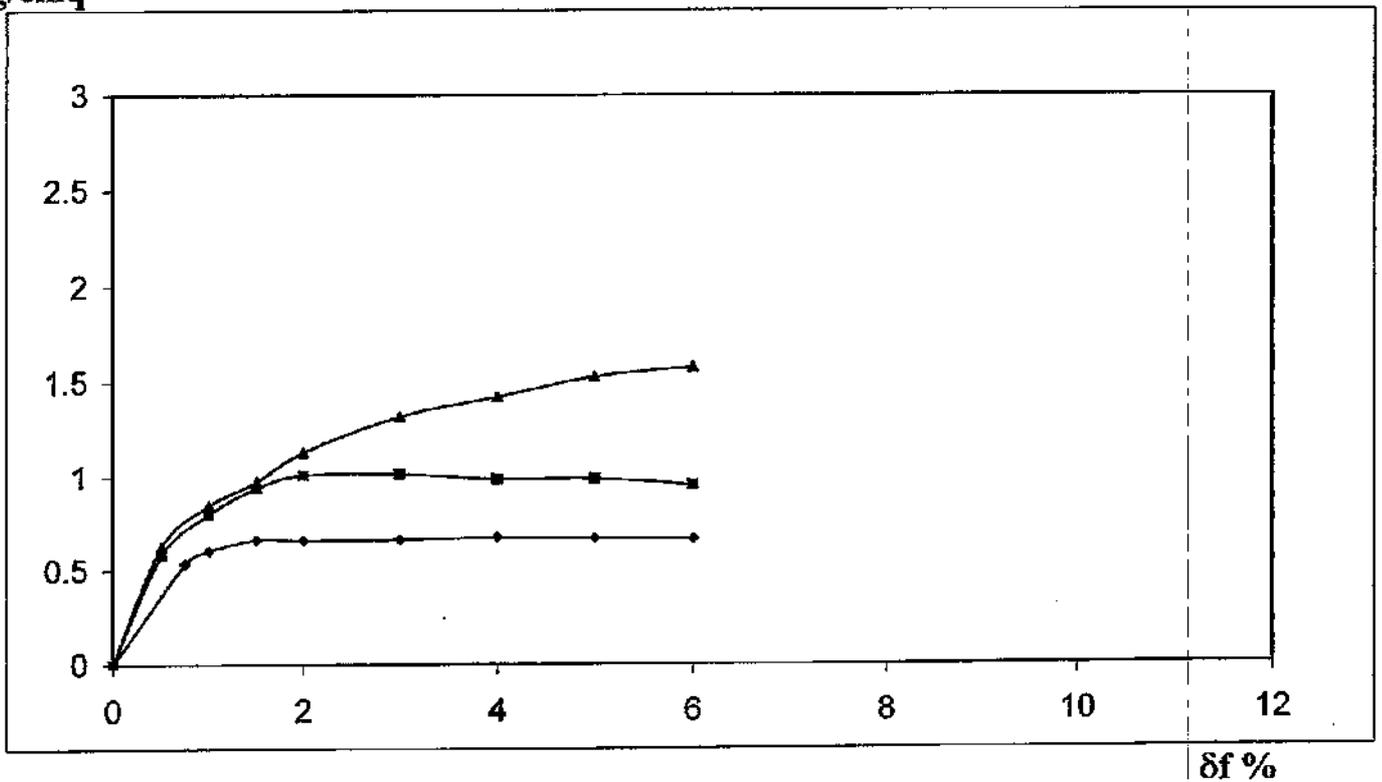
Sondaggio N. 3

Campione N. 2

Profondità m. 10.00-10.60

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cm²



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)
tel. 0881 545447

Certificato N. 2313/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S 4 CAMPIONE : C 1 PROFONDITA' : m. 2.50-3.10

Peso specifico dei grani	$\gamma_s =$	2.706	gr/cm ³
Peso di volume	$\gamma =$	1.821	gr/cm ³
Contenuto naturale in acqua	$w =$	37.275	%
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} =$	1.836	gr/cm ³
Peso secco	$\gamma_d =$	1.327	gr/cm ³
Indice dei pori	$e =$	1.04	
Porosità	$n =$	50.978	%
Grado di saturazione	$S_r =$	96.996	%

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 4 Campione: I Profondità: 2.50-3.10 m.

γ_s g./cmc	γ g./cmc	W %	e	H mm	D mm
2.706	1.821	37.27	1.04	20	50

Pressione σ_v Kg/cmq	Cedimenti ε mm	Cedimenti %	Ind. Pori e	Mod Edom Ed Kg/cmq	Ind. Rigon. Cs	-	-	-
0.125	0	0	1.04	//	-	//	//	//
0.25	0.1	0.5	1.03	25	0.0339	//	//	//
0.5	0.27	1.35	1.012	29.26	0.0576	//	//	//
1	0.609	3.045	0.978	29.1	0.1149	//	//	//
2	1.211	6.055	0.916	32.21	0.2040	//	//	//
4	2.1	10.5	0.826	42.27	0.3012	//	//	//
8	3.089	15.445	0.725	72.4	0.3351	//	//	//
16	4.097	20.485	0.622	134.21	0.3415	//	//	//
4	3.559	17.795	0.677	//	0.0911	//	//	//
1	2.882	14.41	0.746	//	0.1147	//	//	//
0.125	2.209	11.045	0.815	//	0.0760	//	//	//
//	//	//	//	//	//	//	//	//

Indice di Compressibilità $C_c = 0.339$

IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

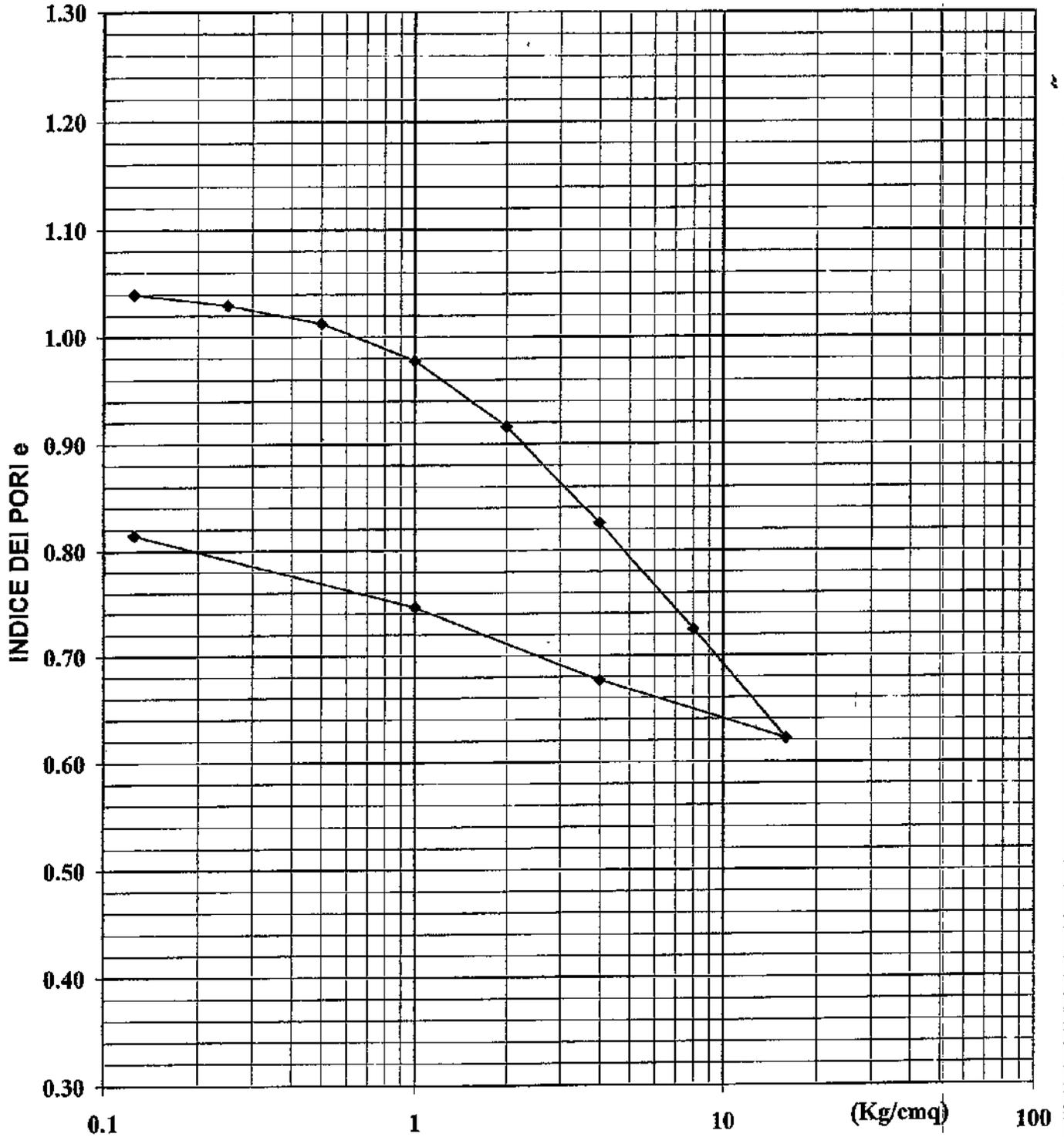
IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 4 Campione : 1 Profondità : 2.50-3.10 m.

CURVA INDICE DEI PORI - LOGARITMO DEI CARICHI



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)

tel. 0881 545447

Certificato N. 2314/ 1 Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S 4 CAMPIONE : C 2 PROFONDITA' : m. 8.00-8.60

Peso specifico dei grani	$\gamma_s =$	2.701	gr/cm ³
Peso di volume	$\gamma =$	2.132	gr/cm ³
Contenuto naturale in acqua	$w =$	12.981	%
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} =$	2.188	gr/cm ³
Peso secco	$\gamma_d =$	1.887	gr/cm ³
Indice dei pori	$e =$	0.431	
Porosità	$n =$	30.135	%
Grado di saturazione	$S_r =$	81.285	%

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA ESPANSIONE LATERALE LIBERA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA' : Volturara (FG)
 CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

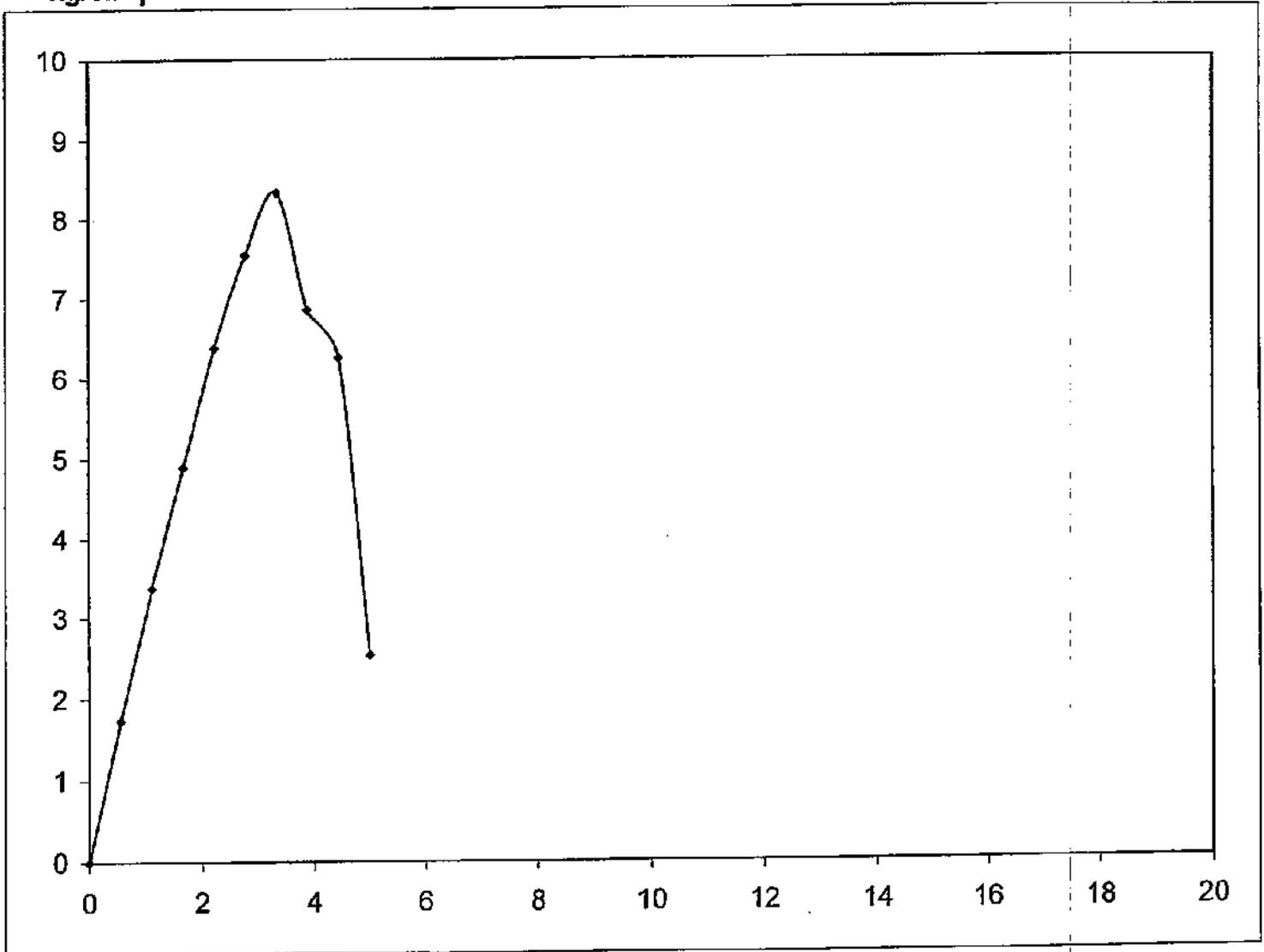
Sondaggio N. 4 Campione N. 2 Profondità m. 8.00-8.60

Velocità della pressa = 1,270 mm/min.

Ef = Modulo di Young non drenato (secante a rottura)

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura			Cu kg/cmq
	D cm	H cm	Ef kg/cmq	σ kg/cmq	δf %	
1	8.5	18	249.96	8.332	3.33	4.17

kg/cmq



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 4 Campione: 2 Profondità: 8.00-8.60 m.

γ_s g./cmc	γ g./cmc	W %	e	H mm	D mm
2.701	2.132	12.98	0.431	20	50

Pressione σ_v Kg/cmq	Cediment ϵ mm	Cedimenti %	Ind. Pori e	Mod Edom Ed Kg/cmq	Ind. Rigon. Cs	-	-	-
0.125	0	0	0	//	-	//	//	//
0.25	0	0	0	//	-	//	//	//
0.5	0	0	0	//	-	//	//	//
1	0	0	0.431	//	-	//	//	//
2	0.076	0.38	0.426	263.16	0.018063981	//	//	//
4	0.246	1.23	0.413	234.4	0.040406272	//	//	//
8	0.542	2.71	0.392	266.95	0.070354451	//	//	//
16	0.95	4.75	0.363	381.53	0.096975054	//	//	//
4	0.674	3.37	0.383	//	0.032800386	//	//	//
1	0.346	1.73	0.406	//	0.038980169	//	//	//
//	//	//	//	//	//	//	//	//
//	//	//	//	//	//	//	//	//

Indice di Compressibilità $C_c = 0.096$

IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

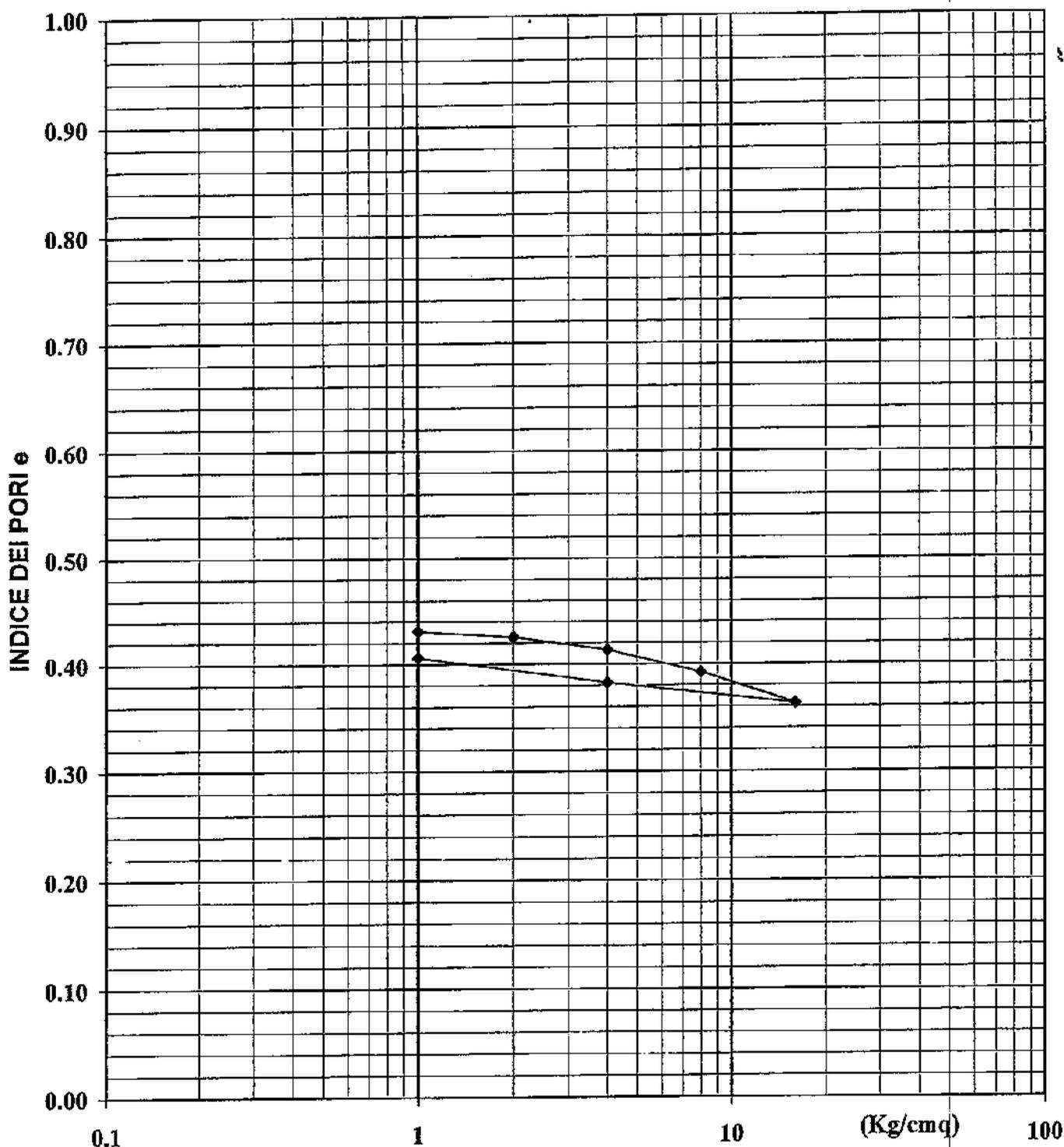
IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 4 Campione : 2 Profondità : 8.00-8.60 m.

CURVA INDICE DEI PORI - LOGARITMO DEI CARICHI



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)

tel. 0881 545447

Certificato N.

2315/ 1

Lucera, 29/05/06

2

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S

4

CAMPIONE : C

3

PROFONDITA' : m.

11.50-12.10

Peso specifico dei grani

$\gamma_s = 2.707$ gr/cm³

Peso di volume

$\gamma = 2.146$ gr/cm³

Contenuto naturale in acqua

$w = 12.637$ %

Peso di volume saturo

$\gamma_{sat} = 2.201$ gr/cm³

Peso secco

$\gamma_d = 1.905$ gr/cm³

Indice dei pori

$e = 0.421$

Porosità

$n = 29.618$ %

Grado di saturazione

$S_r = 81.289$ %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA ESPANSIONE LATERALE LIBERA

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA' : Volturara (FG)
 CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

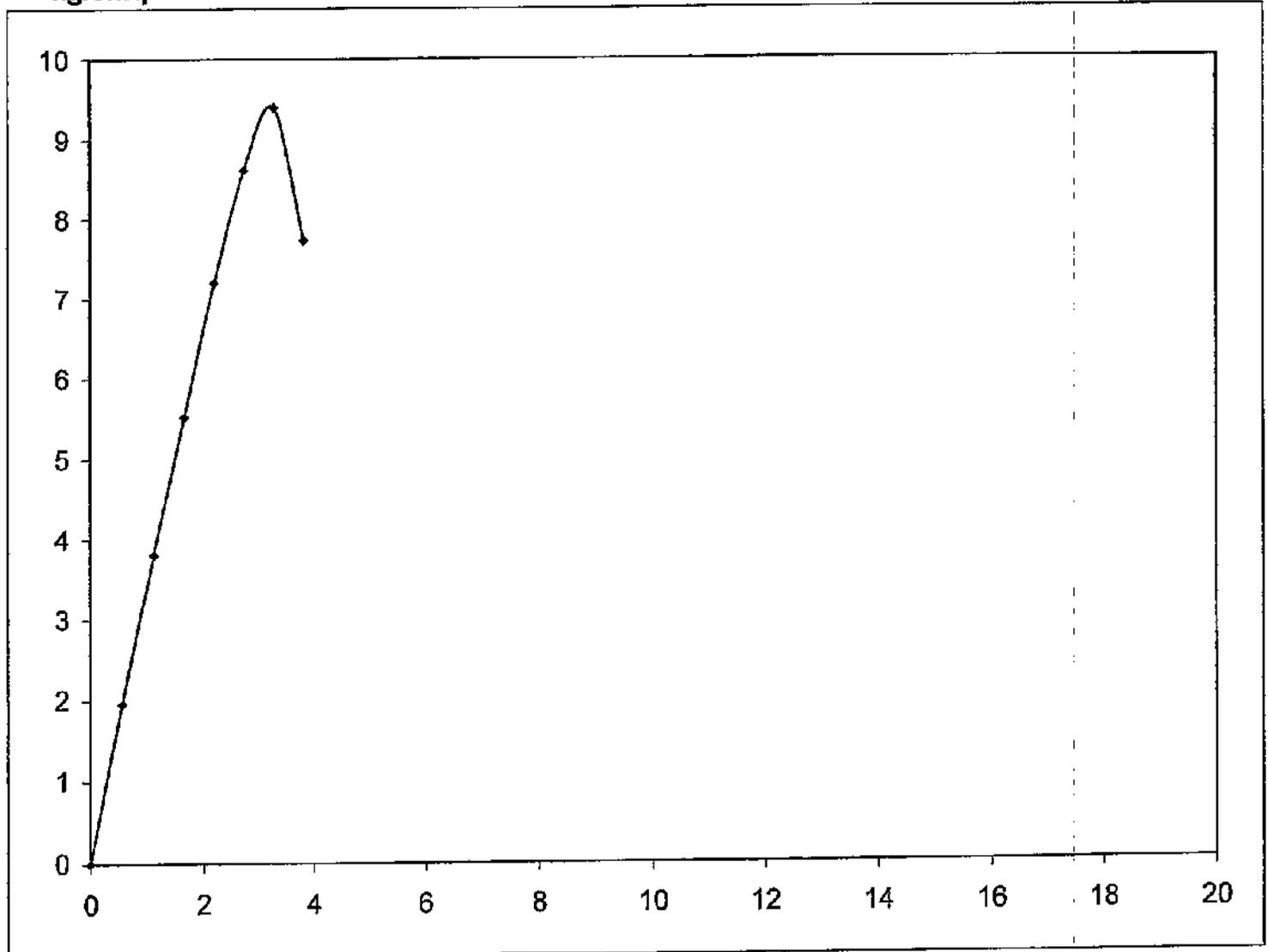
Sondaggio N. 4 Campione N. 3 Profondità m. 11.50-12.10

Velocità della pressa = 1,270 mm/min.

Ef = Modulo di Young non drenato (secante a rottura)

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura			
	D cm	H cm	Ef kg/cmq	σ kg/cmq	δf %	Cu kg/cmq
1	8.2	18.3	286.71	9.4	3.28	4.7

kg/cmq



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

LIMITI DI ATTERBERG

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA': Volturara (FG)
 CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 4 Campione: 3 Profondità: 11.50-12.10 m.

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 12.64 %

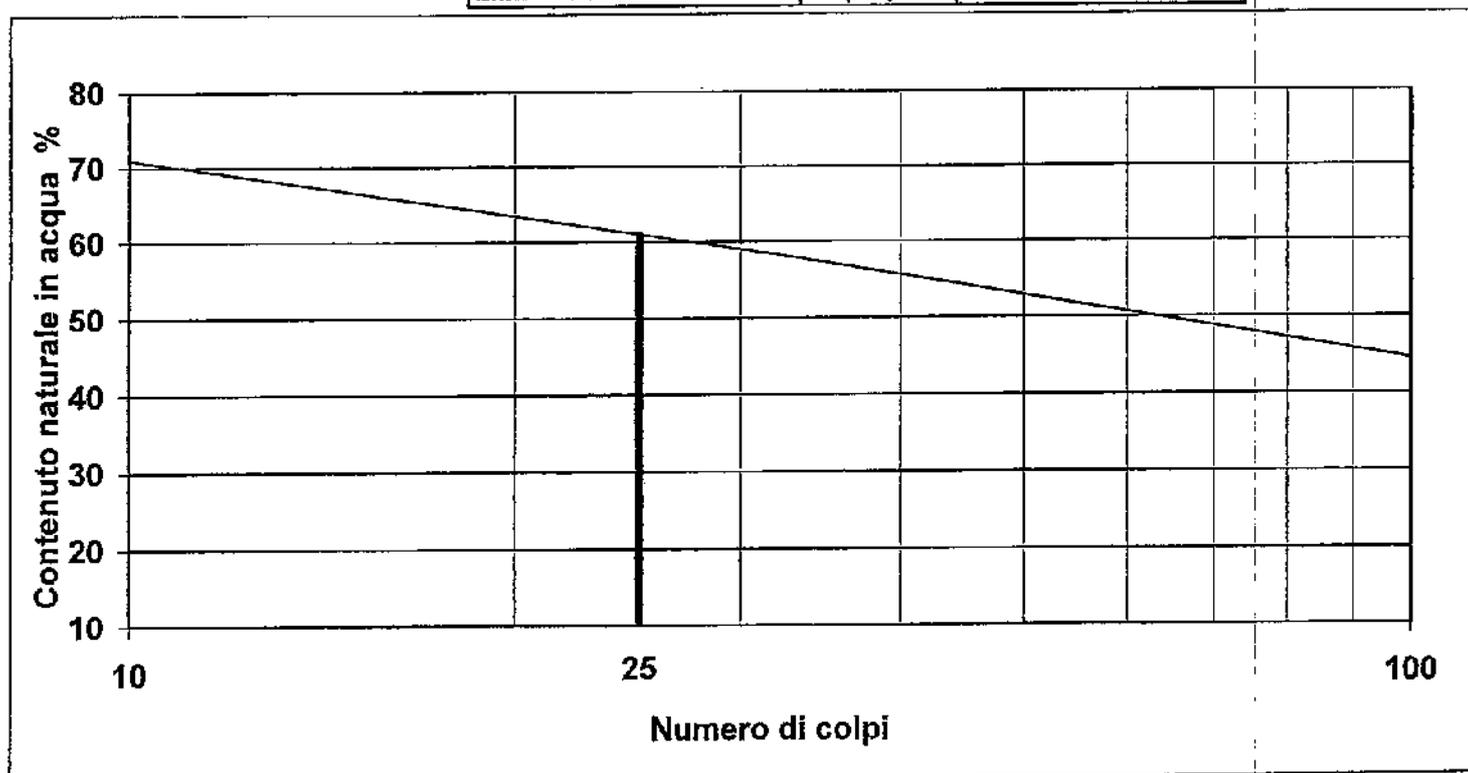
NUMERO CONTENITORE
 NUMERO DI COLPI
 PESO UMIDO + TARA (gr)
 PESO SECCO + TARA (gr)
 TARA (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (gr)
 PESO SECCO (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (%)

LIMITE LIQUIDO	
PROVINO n. 1	PROVINO n. 2
7	9
16	32
25.614	26.121
23.456	24.236
20.183	21.003
2.158	1.885
3.273	3.233
65.933	58.305

LIMITE PLASTICO
32
//
24.986
23.851
20.147
1.135
3.704
30.643

RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	61.642 %
LIMITE PLASTICO	(LP) =	30.643 %
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	31
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	1.581
LIMITE DI RITIRO	(LR) =	// %



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)
tel. 0881 545447

Certificato N. 2316/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S

5

CAMPIONE : C

1

PROFONDITA' : m.

3.50-4.10

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 2.702$ gr/cm³

Peso di volume $\gamma = 1.805$ gr/cm³

Contenuto naturale in acqua $w = 38.963$ %

Peso di volume saturo $\gamma_{sat} = 1.818$ gr/cm³

Peso secco $\gamma_d = 1.299$ gr/cm³

Indice dei pori $e = 1.08$

Porosità $n = 51.928$ %

Grado di saturazione $S_r = 97.461$ %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

LIMITI DI ATTERBERG

COMMITTENTE: Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA': Volturara (FG)
CANTIERE: SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio: 5 **Campione :** 1 **Profondità :** 3.50-4.10 m.

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA = 38.96 %

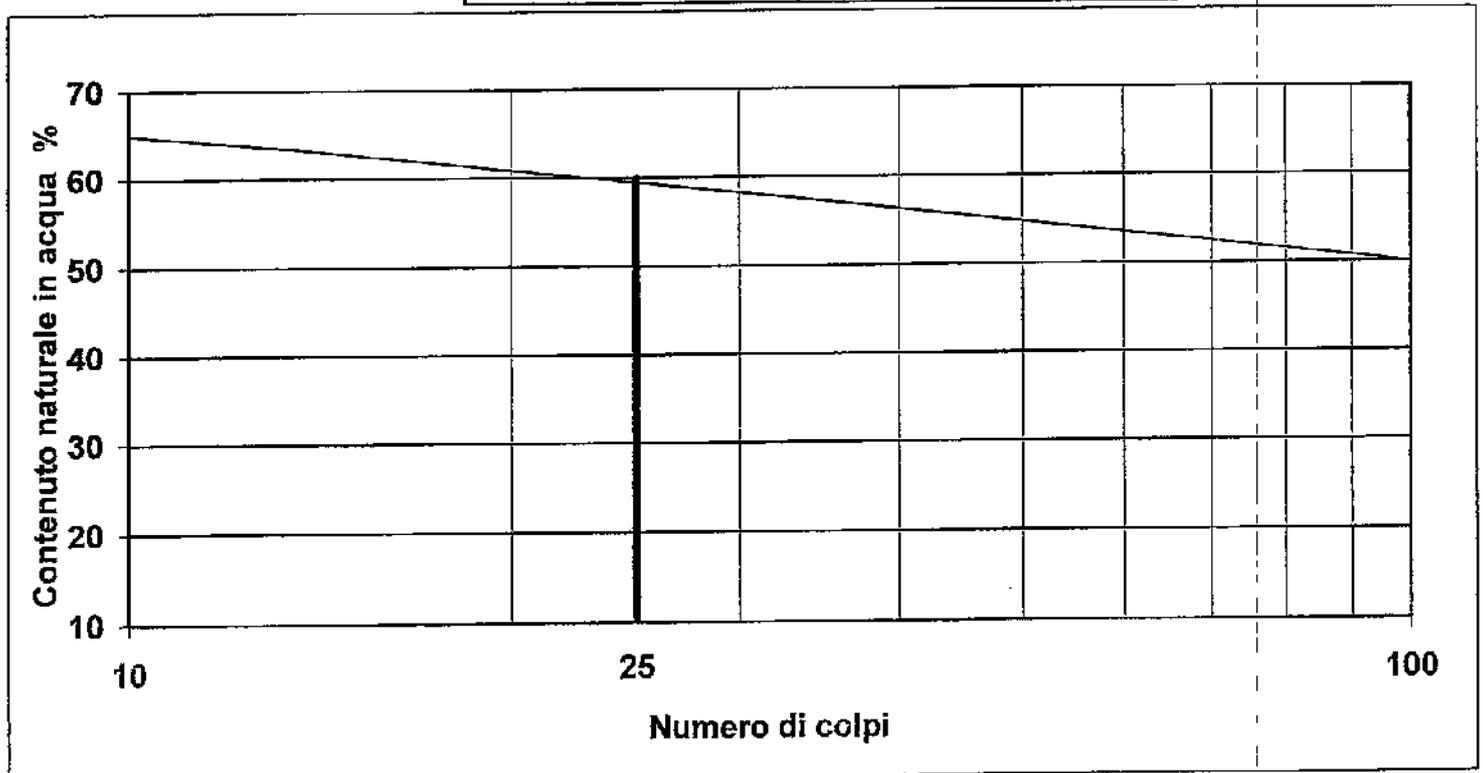
NUMERO CONTENITORE
 NUMERO DI COLPI
 PESO UMIDO + TARA (gr)
 PESO SECCO + TARA (gr)
 TARA (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (gr)
 PESO SECCO (gr)
 CONTENUTO IN ACQUA (%)

LIMITE LIQUIDO	
PROVINO n. 1	PROVINO n. 2
4	9
14	32
24.964	25.494
23.523	24.032
21.242	21.505
1.441	1.462
2.281	2.527
63.174	57.855

LIMITE PLASTICO
70
//
25.128
24.032
20.501
1.096
3.531
31.039

RISULTATI

LIMITE LIQUIDO	(LL) =	59.924 %
LIMITE PLASTICO	(LP) =	31.039 %
INDICE DI PLASTICITA'	(IP) =	28.884
INDICE DI CONSISTENZA	(IC) =	0.726
LIMITE DI RITIRO	(LR) =	// %



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2316/ 3

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5

Campione N. 1

Profondità m. 3.50-4.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

CONSOLIDATA DRENATA

Velocità della prova

mm/min. 0.005

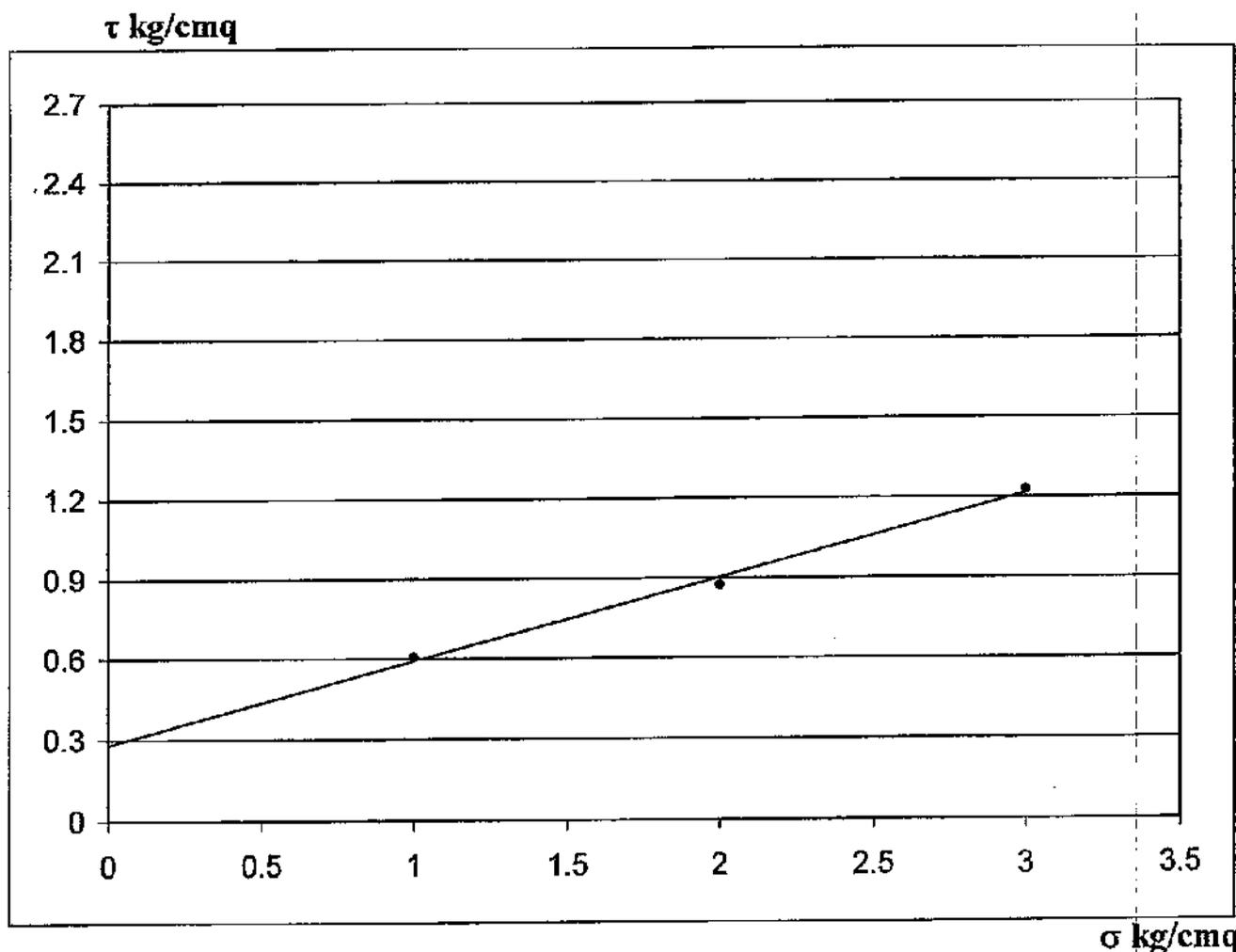
Costante micr. Cedimenti

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Consolidamento			Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	ΔH mm	T ore	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	30	60	1	1.84	24	1	5	0.6066
2	30	60	2	3.17	48	2	5	0.8748
3	30	60	3	3.18	72	3	5	1.2285

$\Phi = 17.28^\circ$

$C = 0.281 \text{ kg/cmq}$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2316/ 4

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

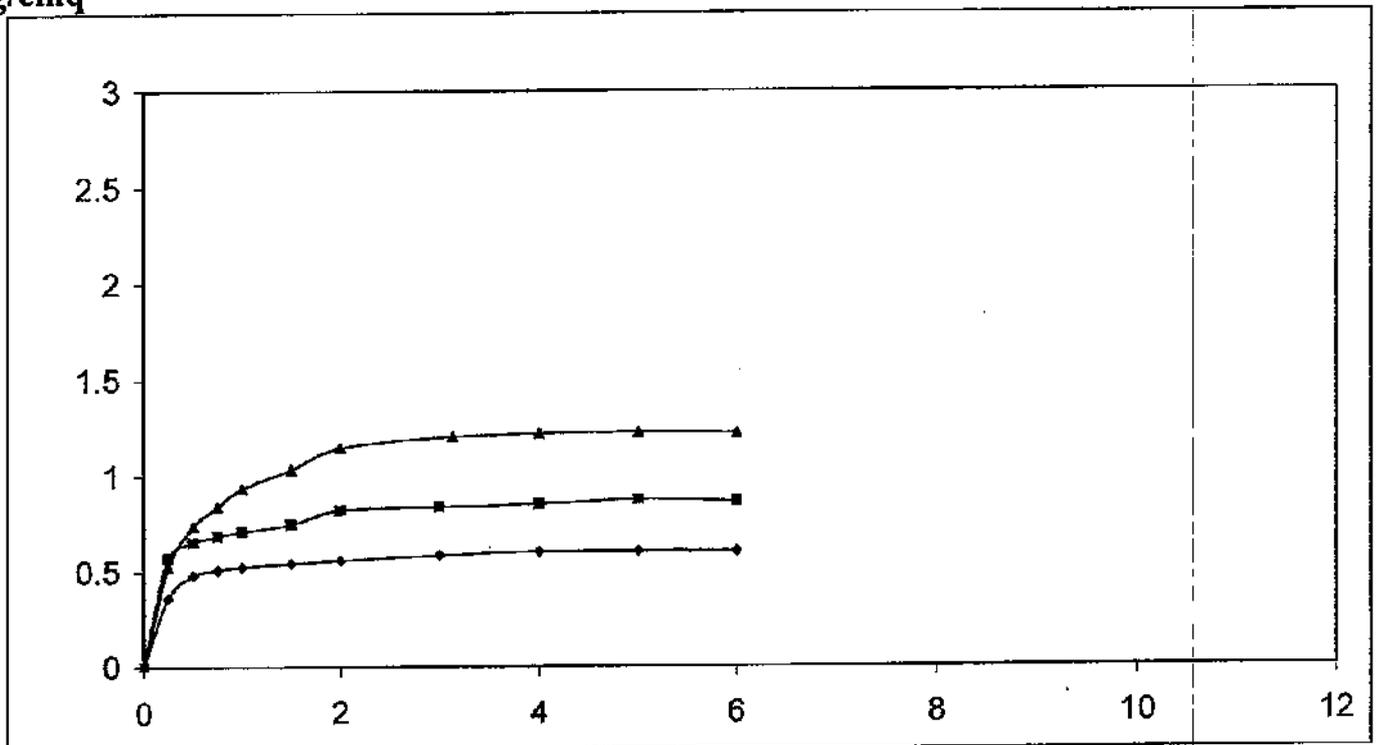
Sondaggio N. 5

Campione N. 1

Profondità m. 3.50-4.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cm²



δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2316/ 5

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA' : Volturara (FG)
CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5 Campione N. 1 Profondità m. 3.50-4.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

Velocità della prova

Costante micr. Cedimenti

TAGLIO RESIDUO

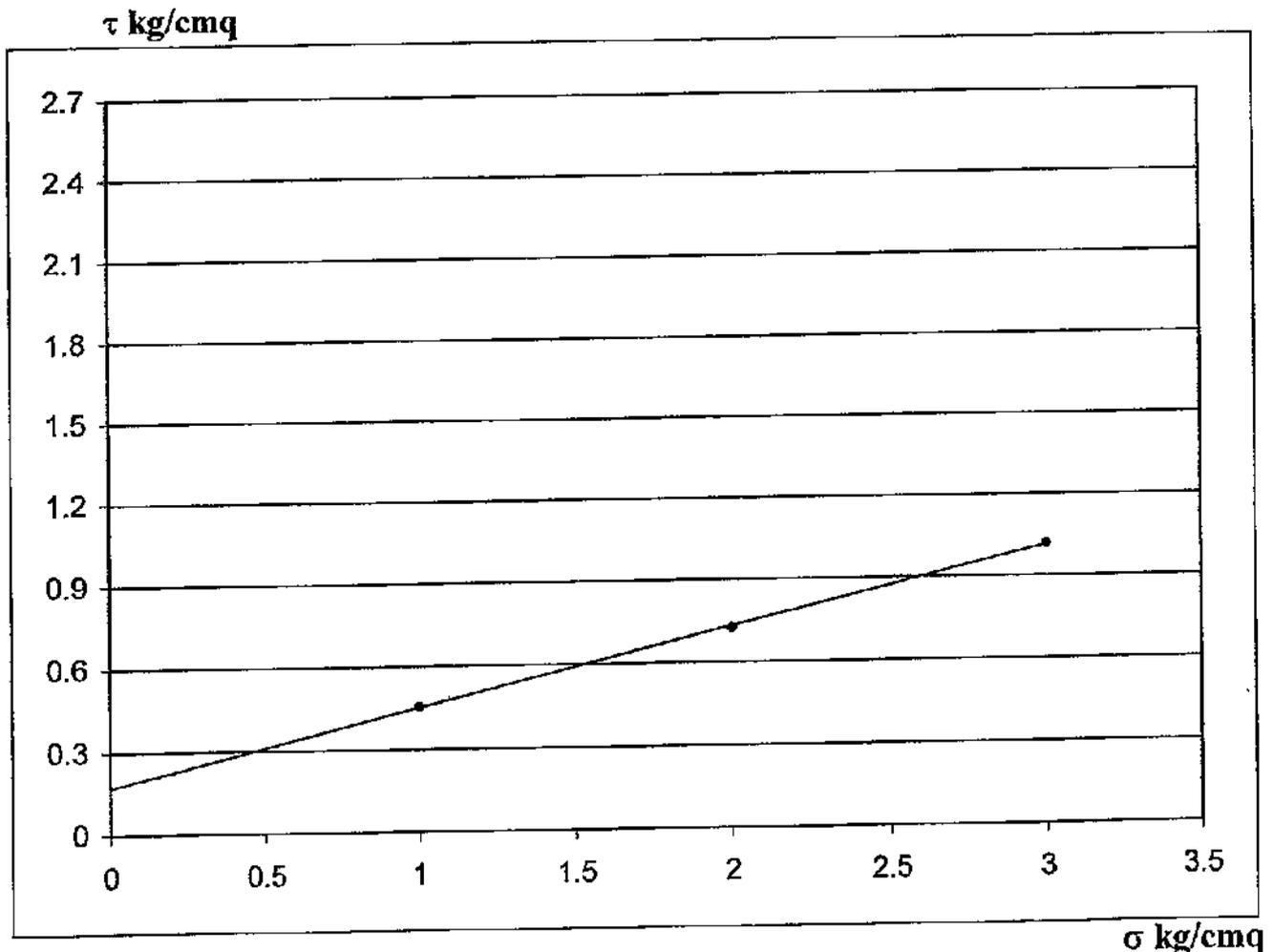
mm/min. 0.005

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	28.16	60	1	5	0.456
2	26.83	60	2	5	0.72485
3	26.82	60	3	5	1.0184

$$\Phi = 15.71^\circ$$

$$C = 0.171 \text{ kg/cmq}$$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2316/ 6

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

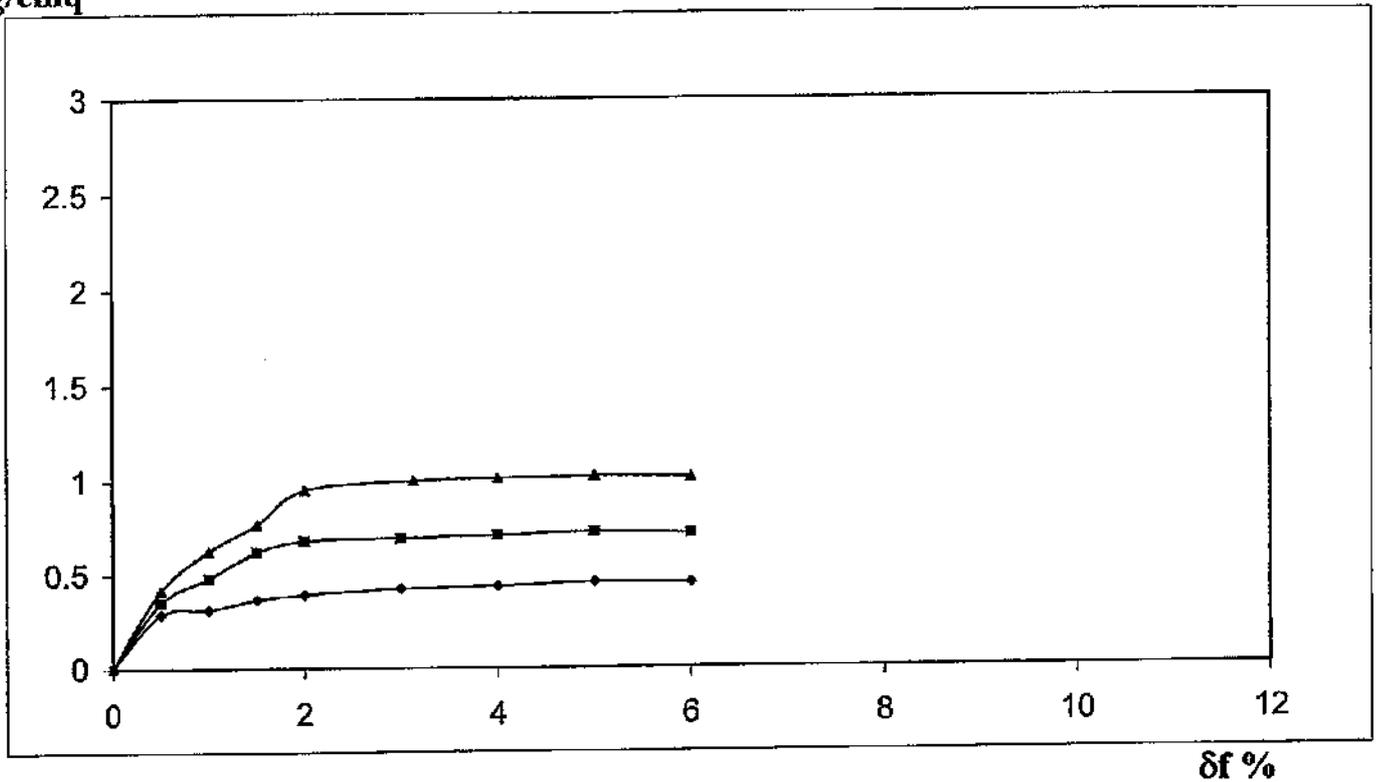
Sondaggio N. 5

Campione N. 1

Profondità m. 3.50-4.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cmq



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)

tel. 0881 545447

Certificato N. 2317/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S 5 CAMPIONE : C 2 PROFONDITA' : m. 9.20-9.80

Peso specifico dei grani	$\gamma_s =$	2.702	gr/cm ³
Peso di volume	$\gamma =$	2.011	gr/cm ³
Contenuto naturale in acqua	$w =$	24.875	%
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} =$	2.014	gr/cm ³
Peso secco	$\gamma_d =$	1.61	gr/cm ³
Indice dei pori	$e =$	0.678	
Porosità	$n =$	40.399	%
Grado di saturazione	$S_r =$	99.158	%

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2317/ 2

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.
LOCALITA' : Volturara (FG)
CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5 Campione N. 2 Profondità m. 9.20-9.80

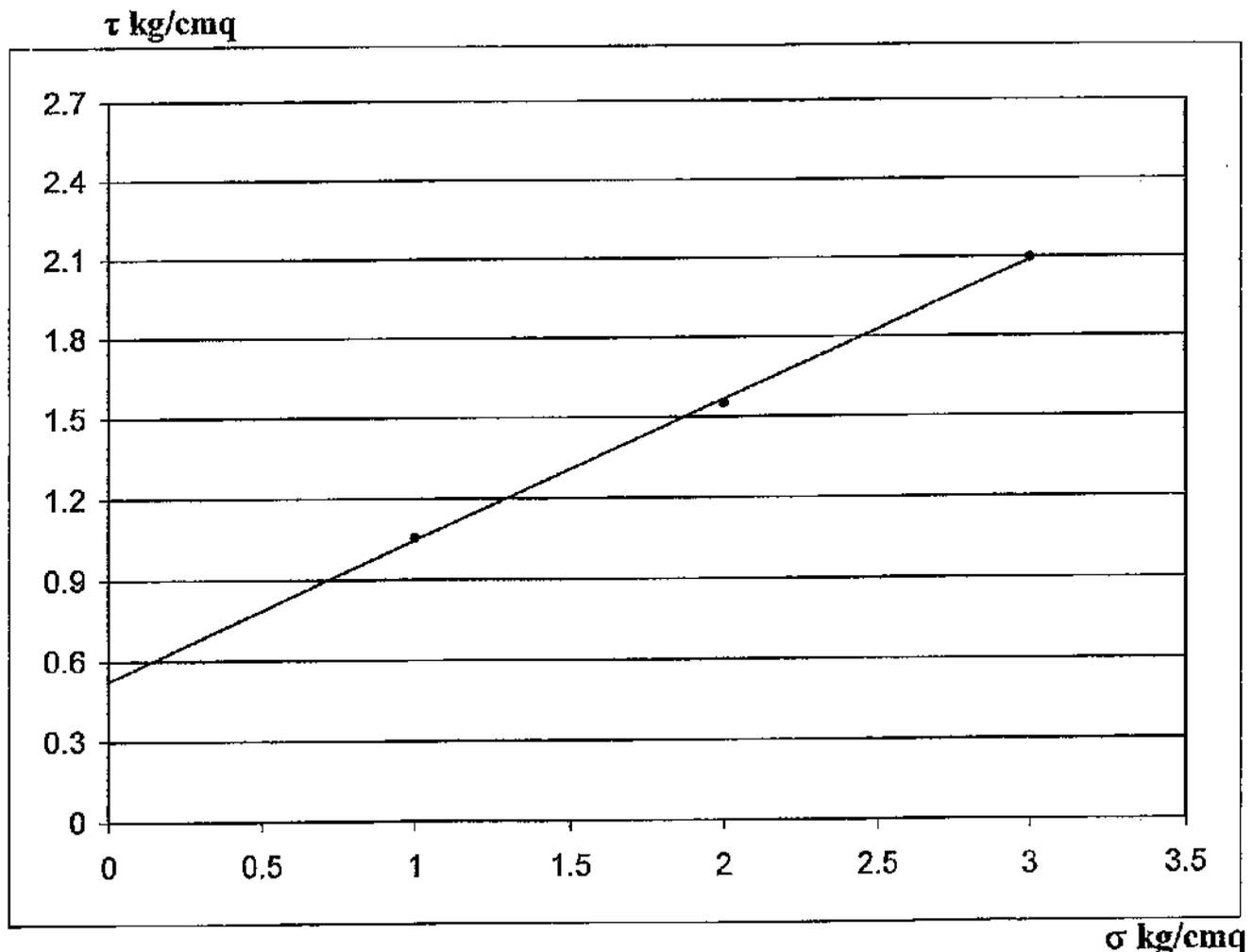
CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova	CONSOLIDATA DRENATA
Velocità della prova	mm/min. 0.005
Costante micr. Cedimenti	mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Consolidamento			Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	ΔH mm	T ore	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	30	60	1	1.08	24	1	1.75	1.0562
2	30	60	2	1.91	48	2	2.8	1.5506
3	30	60	3	2.54	72	3	1.95	2.0967

$\Phi = 27.5^\circ$

$C = 0.527 \text{ kg/cmq}$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2317/ 3

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

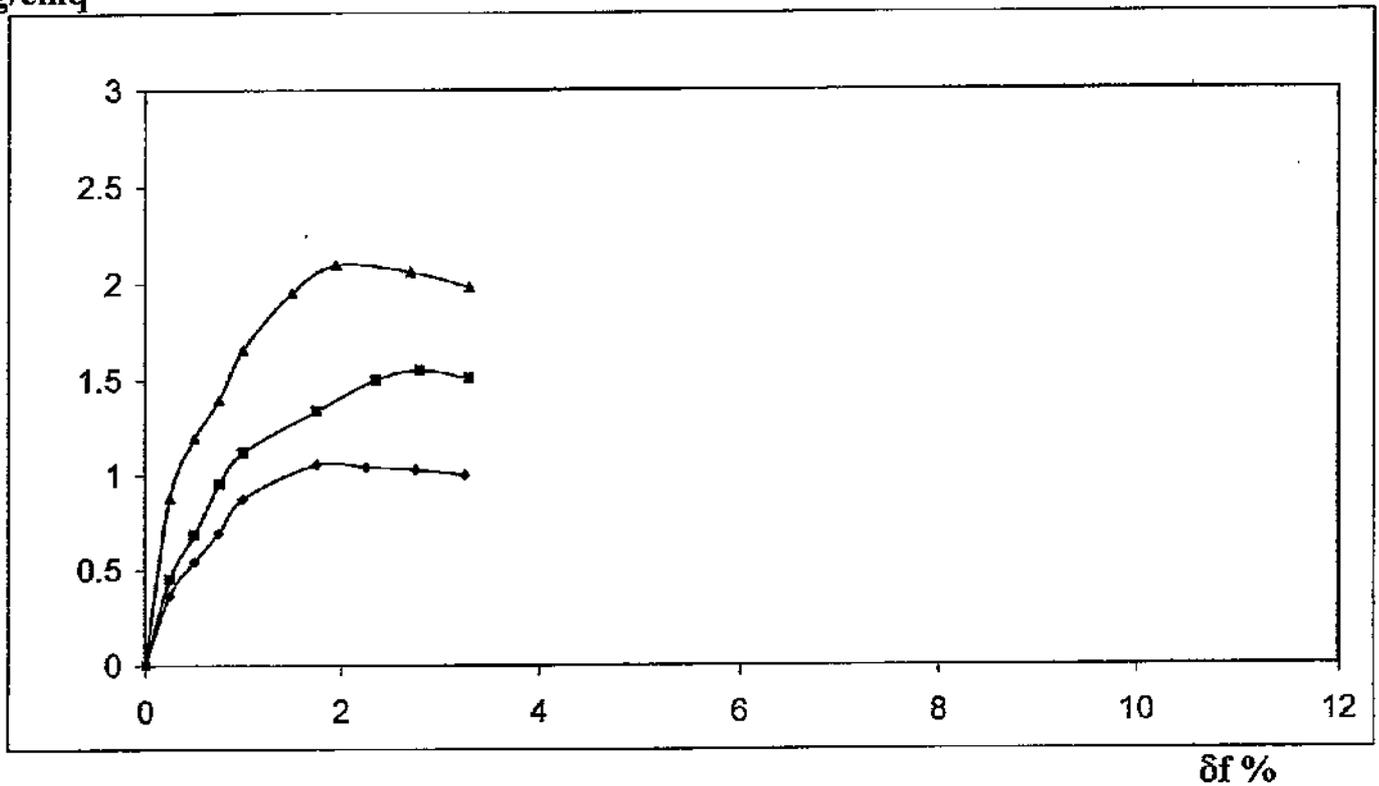
Sondaggio N. 5

Campione N. 2

Profondità m. 9.20-9.80

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cmq



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2317/ 4

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5

Campione N. 2

Profondità m. 9.20-9.80

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

Velocità della prova

Costante micr. Cedimenti

TAGLIO RESIDUO

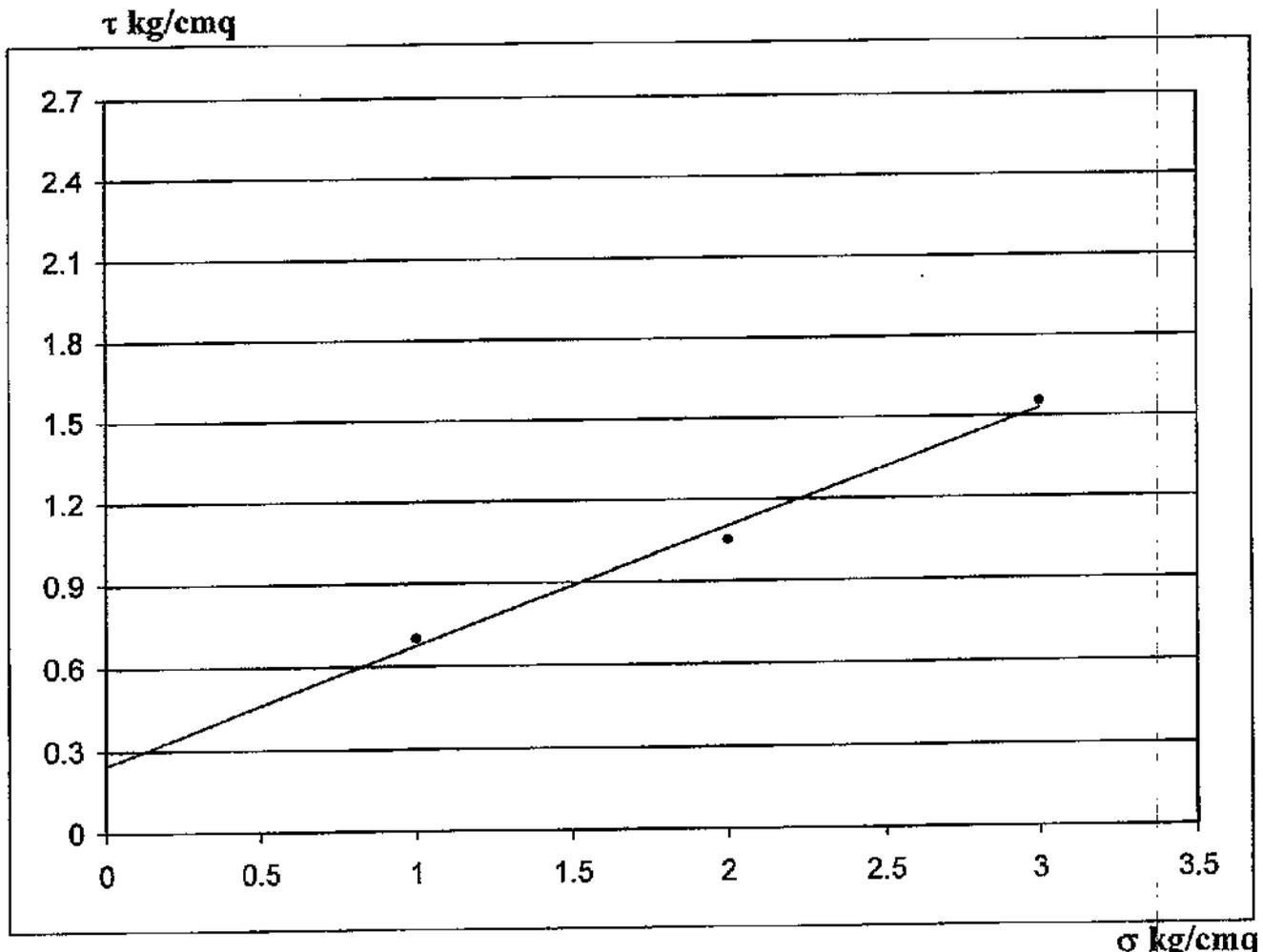
mm/min. 0.005

mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	28.92	60	1	4	0.701784
2	28.09	60	2	3	1.0510515
3	27.46	60	3	6	1.556271

$$\Phi = 23.15^\circ$$

$$C = 0.249 \text{ kg/cmq}$$



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2317/ 5

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

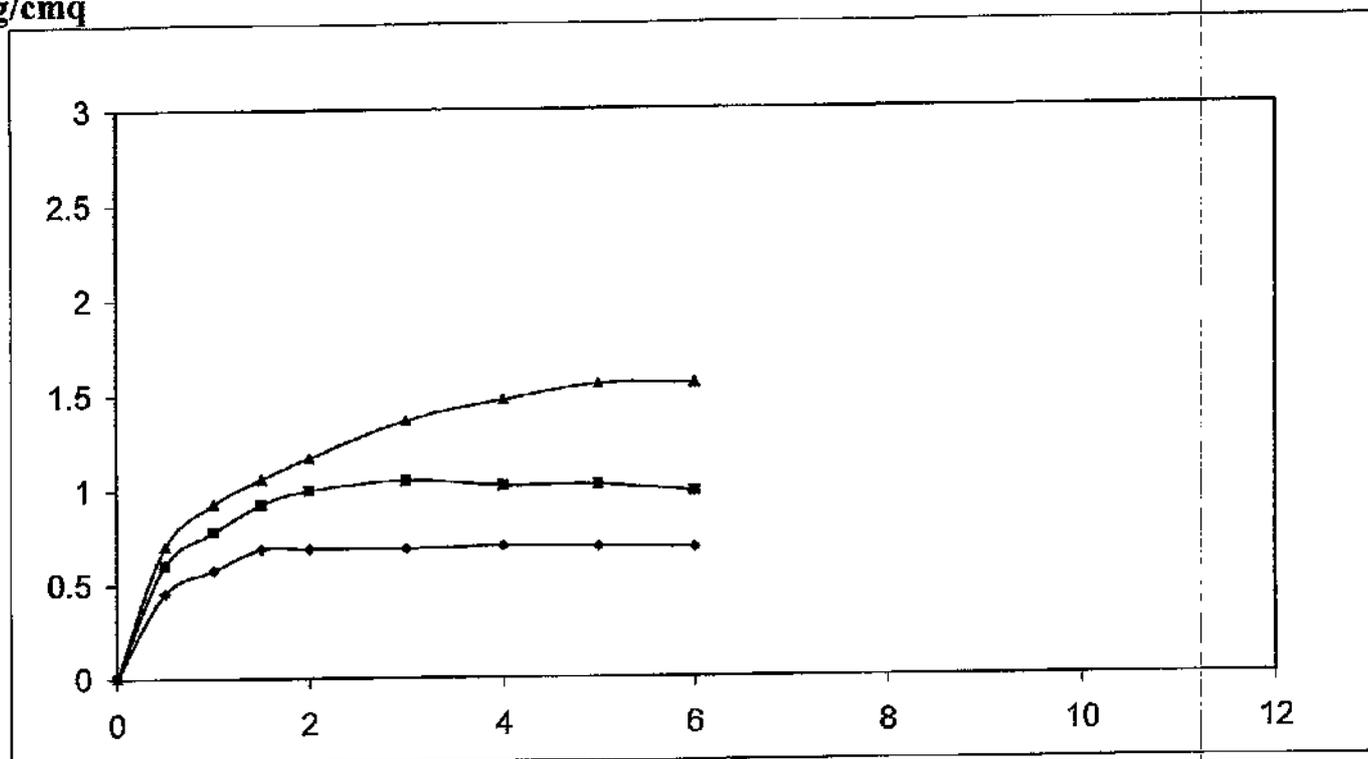
Sondaggio N. 5

Campione N. 2

Profondità m. 9.20-9.80

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cm²



sf %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

GeoSveva

Laboratorio Analisi Geotecniche

Luigi Di Carlo

viale Virgilio n.30
71036 LUCERA (FG)

tel. 0881 545447

Certificato N. 2318/ 1

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

SONDAGGIO : S 5 CAMPIONE : C 3 PROFONDITA' : m. 12.50-13.10

Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 2.704$	gr/cm ³
Peso di volume	$\gamma = 2.148$	gr/cm ³
Contenuto naturale in acqua	$w = 15.691$	%
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2.17$	gr/cm ³
Peso secco	$\gamma_d = 1.857$	gr/cm ³
Indice dei pori	$e = 0.456$	
Porosità	$n = 31.336$	%
Grado di saturazione	$S_r = 92.969$	%

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA ESPANSIONE LATERALE LIBERA

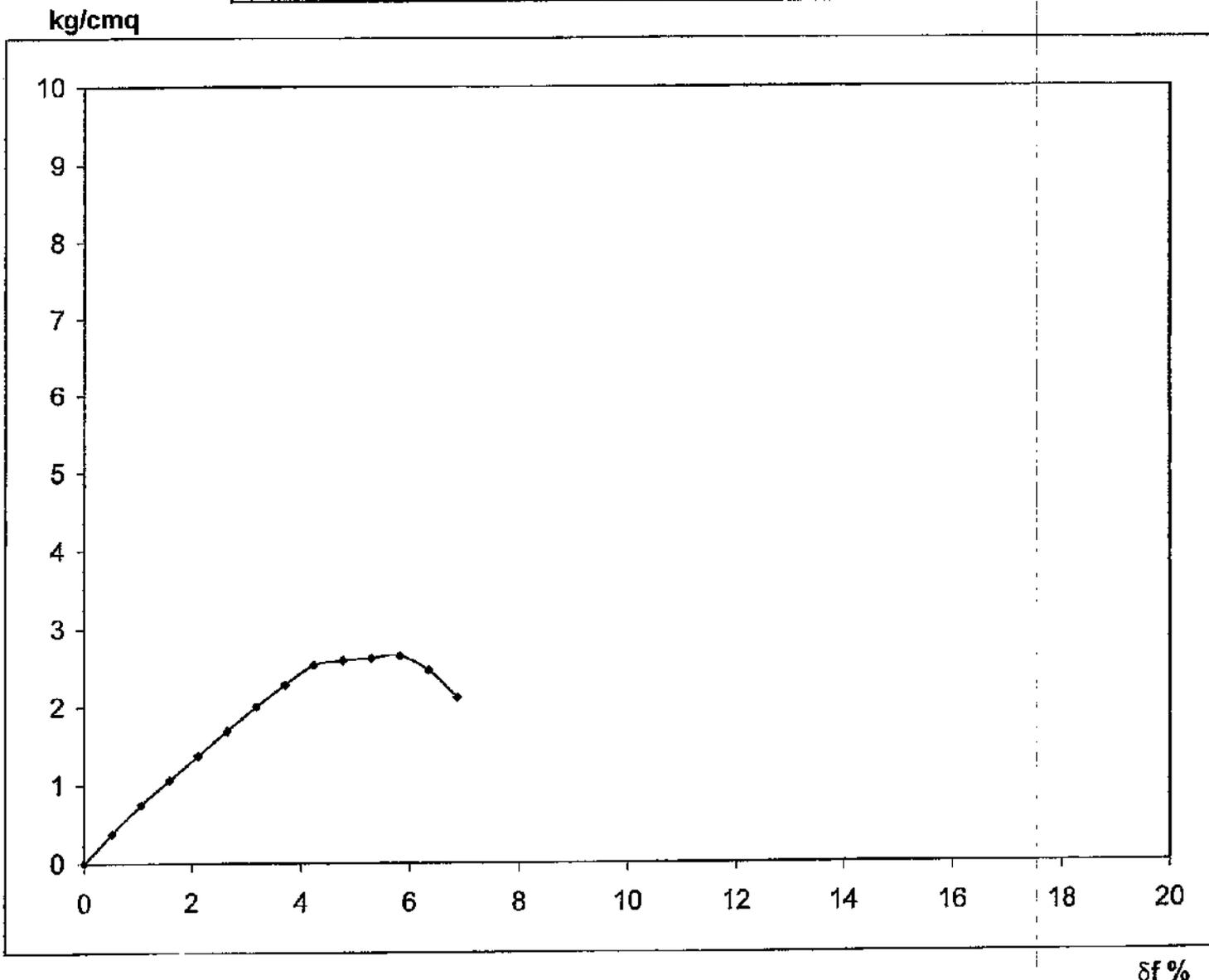
COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.
 LOCALITA' : Volturara (FG)
 CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5 Campione N. 3 Profondità m. 12.50-13.10

Velocità della pressa = 1,270 mm/min.

Ef = Modulo di Young non drenato (secante a rottura)

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura			
	D cm	H cm	Ef kg/cmq	σ kg/cmq	δf %	Cu kg/cmq
1	8.3	18.9	45.58	2.653	5.82	1.33



IL TECNICO del LABORATORIO
 Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
 Dott. Geol. Matteo Di Carlo

delta f %

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2318/ 3

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5 Campione N. 3 Profondità m. 12.50-13.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

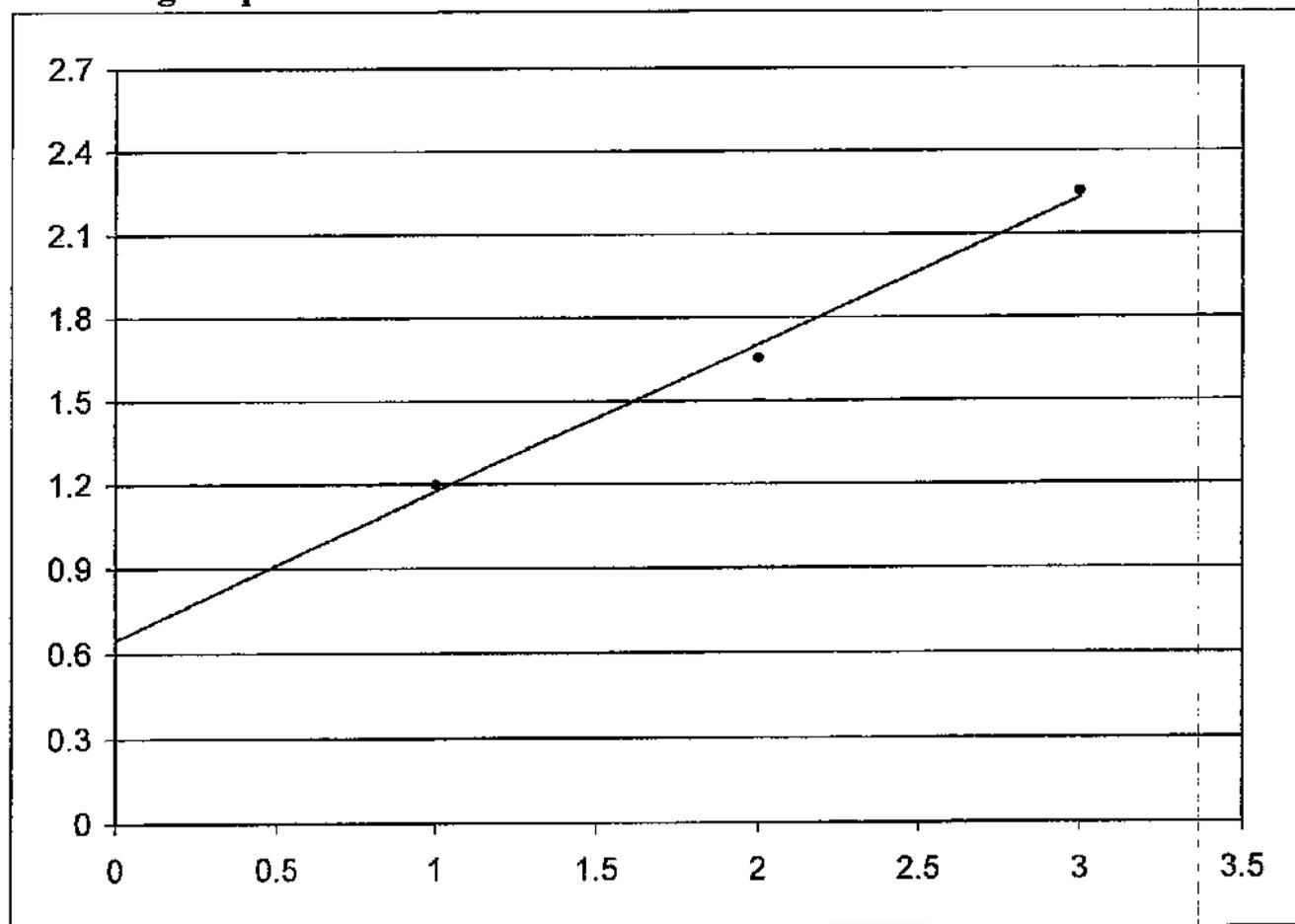
Tipo di prova	CONSOLIDATA DRENATA
Velocità della prova	mm/min. 0.0055
Costante micr. Cedimenti	mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Consolidamento			Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	ΔH mm	T ore	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	30	60	1	0.76	24	1	0.75	1.1994
2	30	60	2	1.15	48	2	2.5	1.6553
3	30	60	3	1.93	72	3	2.05	2.2537

$\Phi = 27.81^\circ$

$C = 0.649 \text{ kg/cmq}$

τ kg/cmq



σ kg/cmq

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Certificato N. 2318/ 4

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

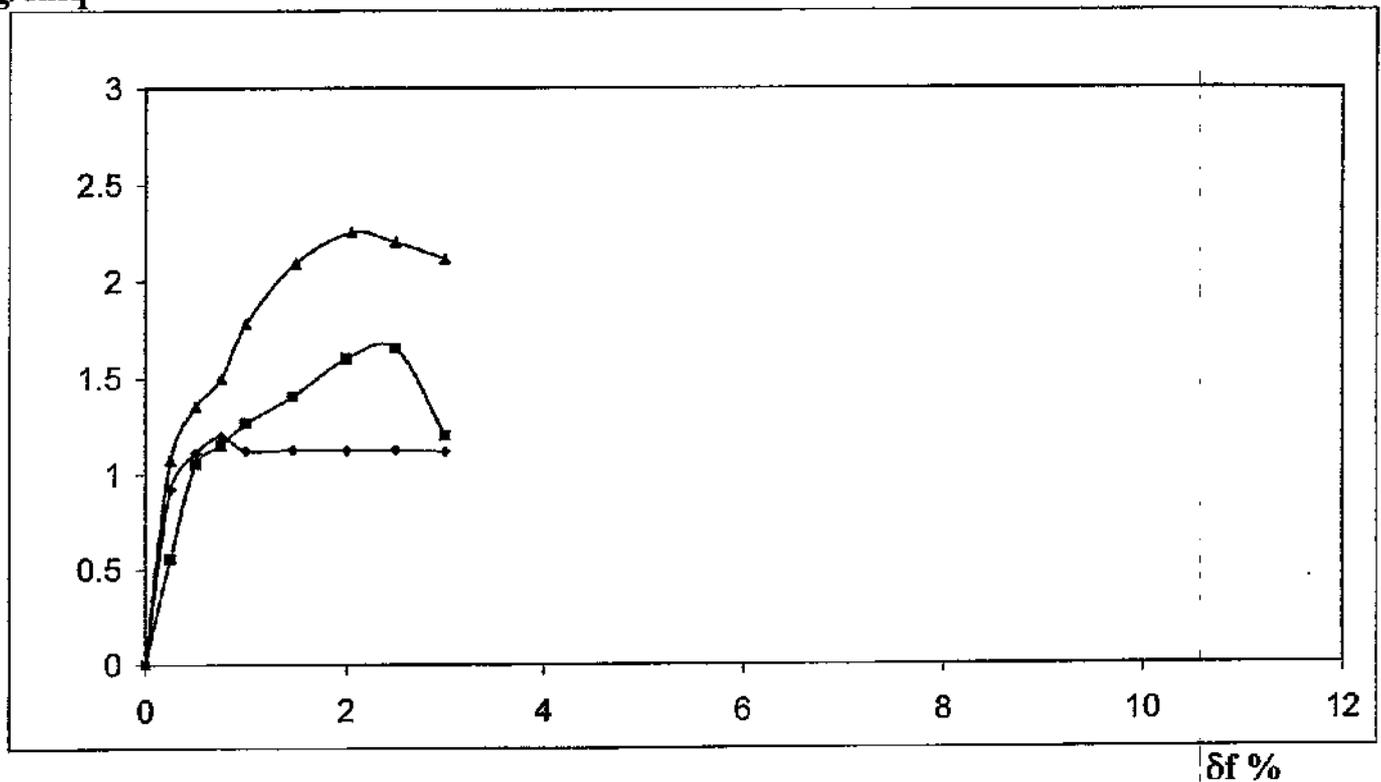
Sondaggio N. 5

Campione N. 3

Profondità m. 12.50-13.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cm²



IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2318/ 5

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

Sondaggio N. 5

Campione N. 3

Profondità m. 12.50-13.10

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Tipo di prova

Velocità della prova

Costante micr. Cedimenti

TAGLIO RESIDUO

mm/min. 0.0055

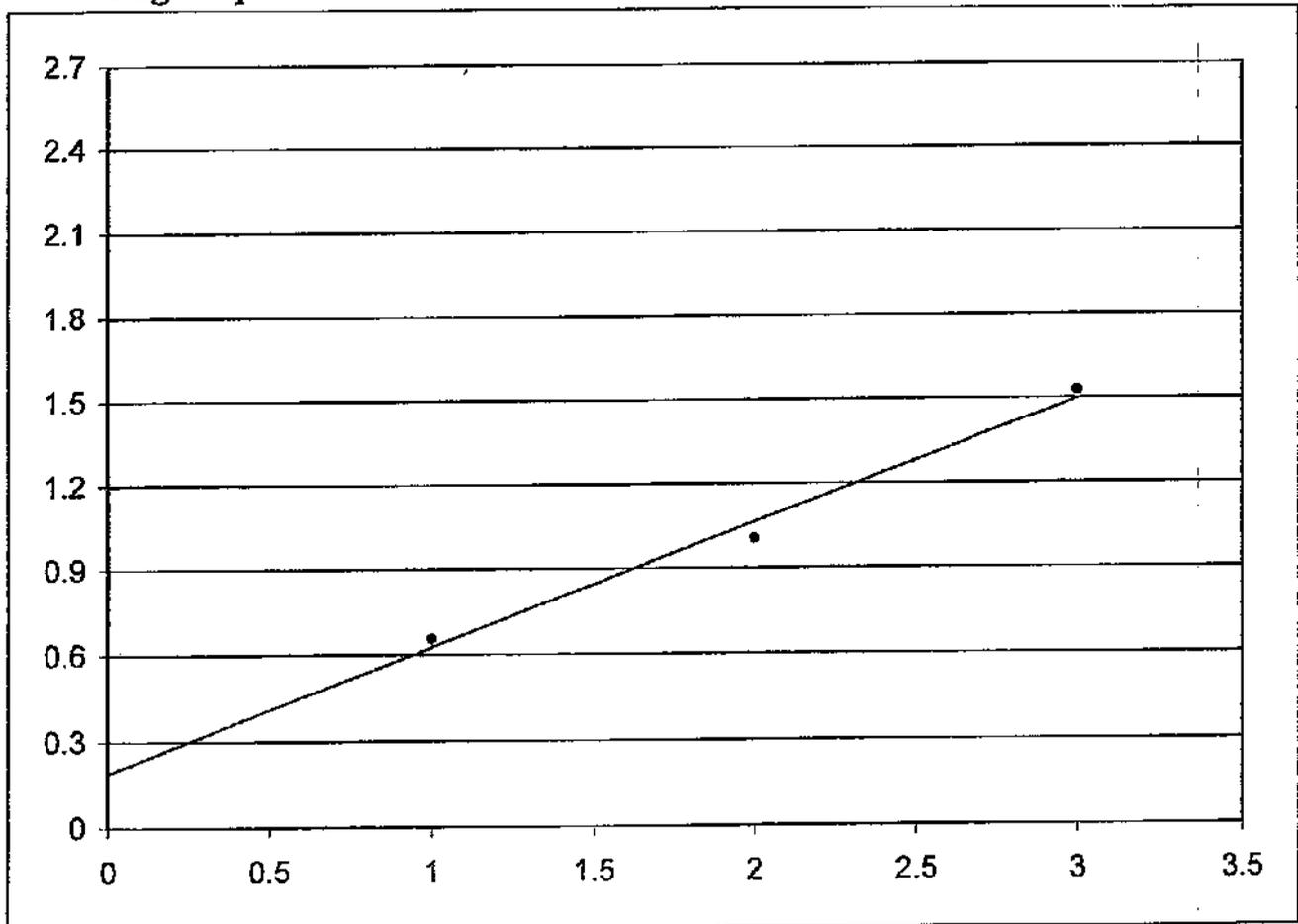
mm/segno 0.01

Provino N	Dimensioni		Fase di rottura		
	H mm	D - L mm	σ kg/cmq	δf mm	τ kg/cmq
1	29.24	60	1	4	0.65664
2	28.85	60	2	2	1.00396
3	28.07	60	3	6	1.5276

$$\Phi = 23.54^\circ$$

$$C = 0.192 \text{ kg/cmq}$$

τ kg/cmq



σ kg/cmq

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

PROVA DI TAGLIO RESIDUO

Certificato N. 2318/ 6

Lucera, 29/05/06

COMMITTENTE : Edison Energie Speciali S.p.a.

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE Sottostazione Elettrica

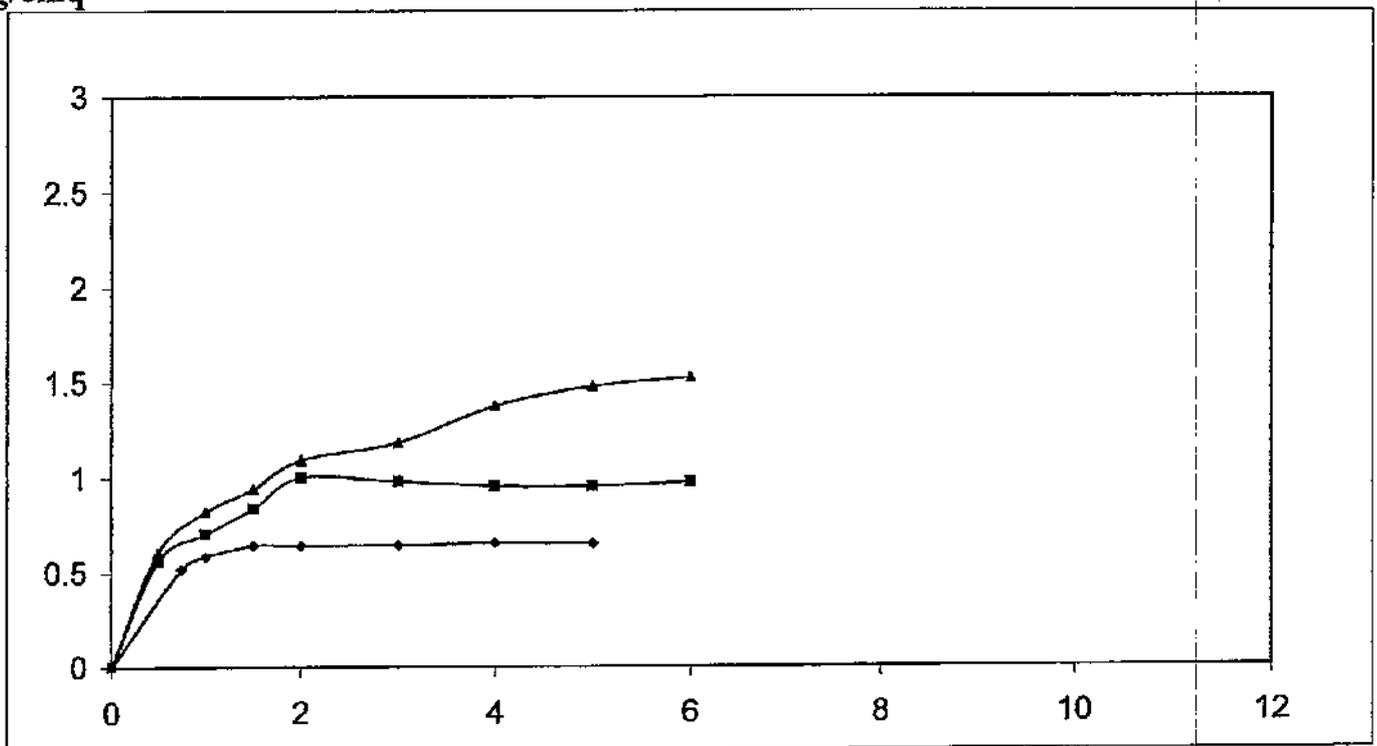
Sondaggio N. 5

Campione N. 3

Profondità m. 12.50-13.10

CURVE SFORZI/DEFORMAZIONI

kg/cmq



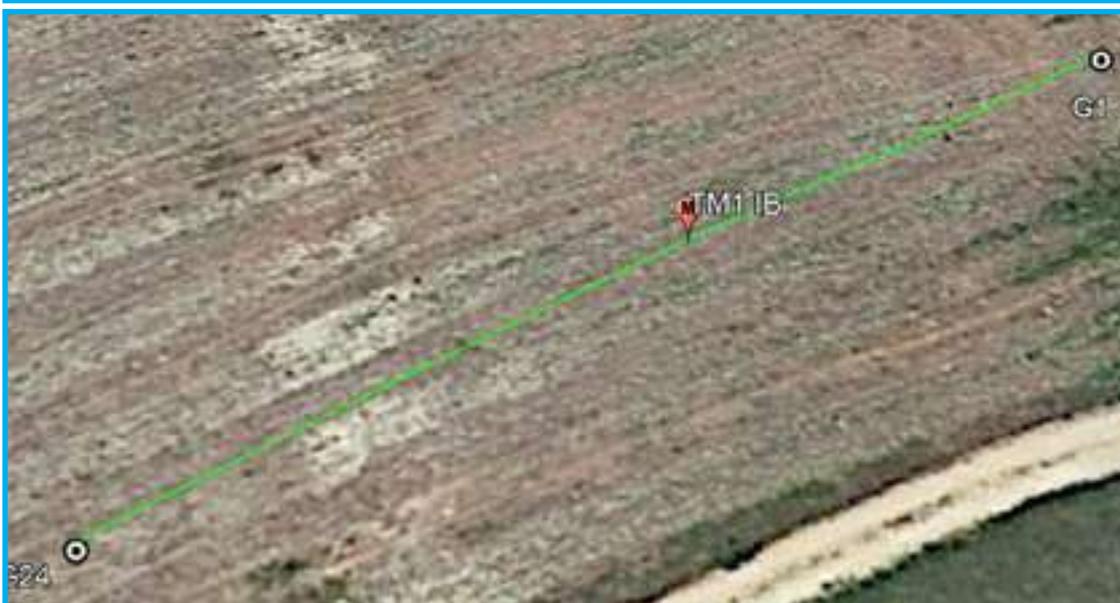
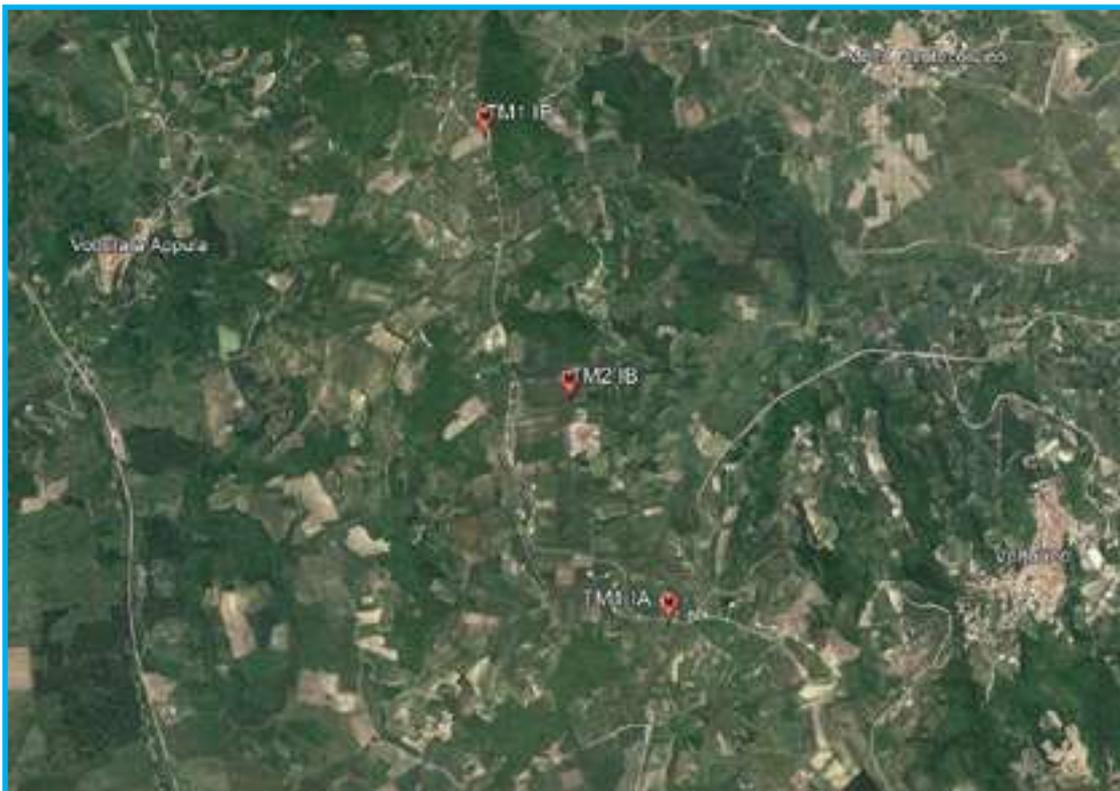
δf %

IL TECNICO del LABORATORIO
Dott. Geol. Stefano Finamore

IL DIRETTORE del LABORATORIO
Dott. Geol. Matteo Di Carlo

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B

**OGGETTO: PARCO EOLICO MOTTA MONTECORVINO-
VOLTURARA APPULA**
COMMITTENZA: EDISON RINNOVABILI SPA



TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e, quindi, delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile, utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda: in questo caso in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può, quindi, essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che, interferendo fra loro, danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

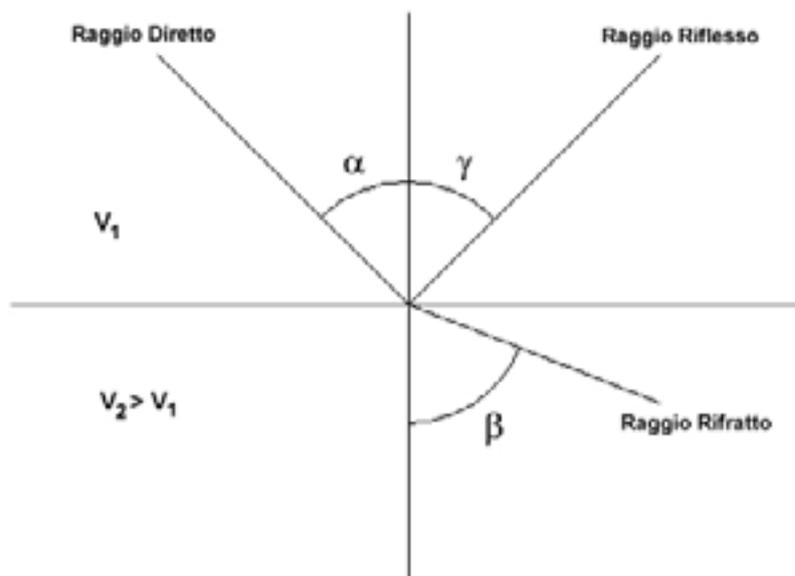
TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records) e la variazione Tempo/ Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (x_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{down-dip})}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{up-dip})}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB

Dove:

V2 = velocità approssimata dello strato sottostante

V2(up-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

V2(down-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2 \sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta ti2 del secondo segmento di linea o la distanza critica Xc2 determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h2.

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

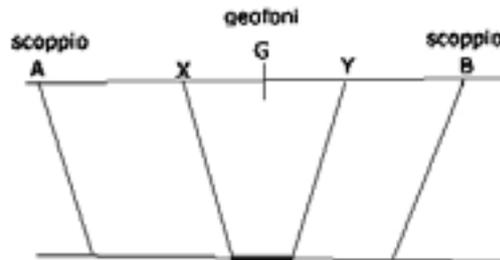
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

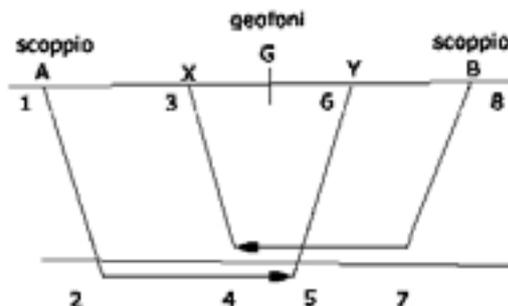
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un' opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un' onda elastica diretta e da una rifratta. L' onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

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

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB

Id indagine PRSE772 - M1 IB
LOCALITA' VOLTURARA A. (FG)
DATA E ORA 26/07/2023

Coordinate WGS 84 :

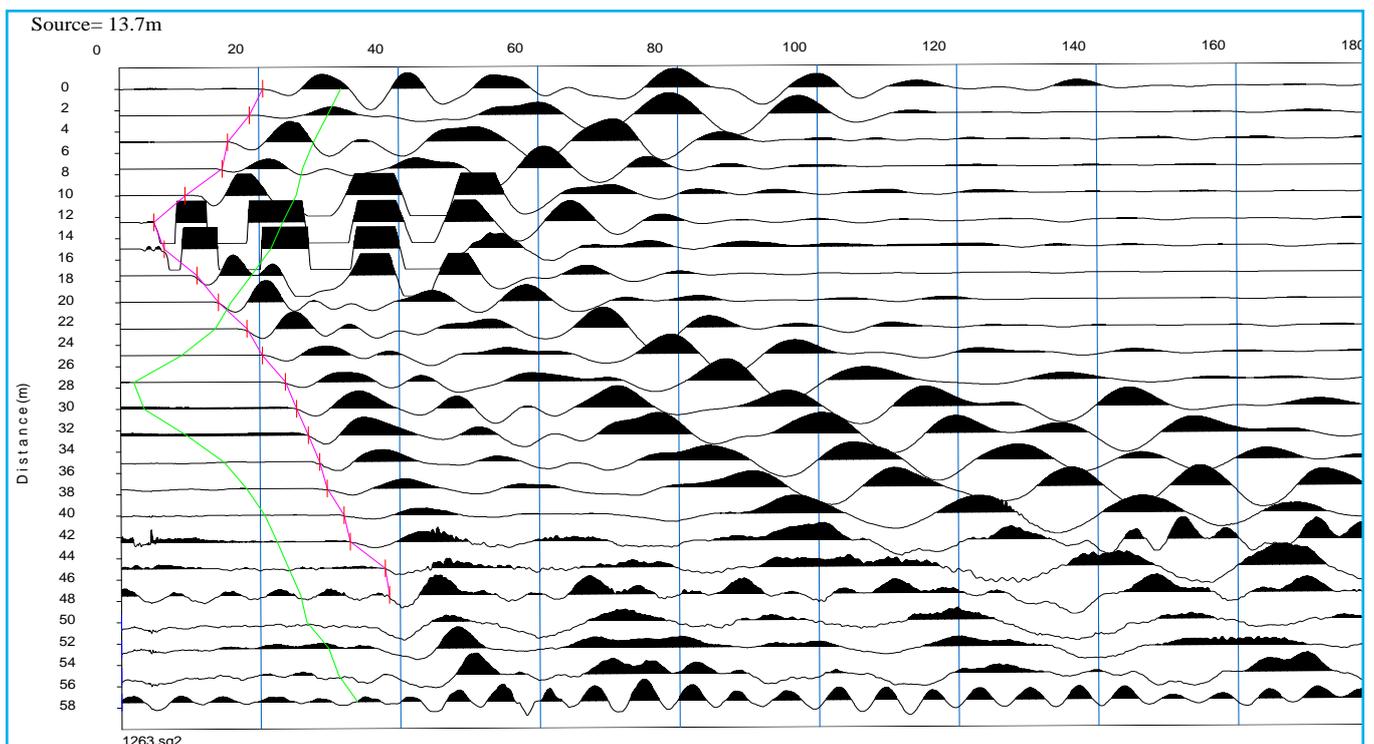
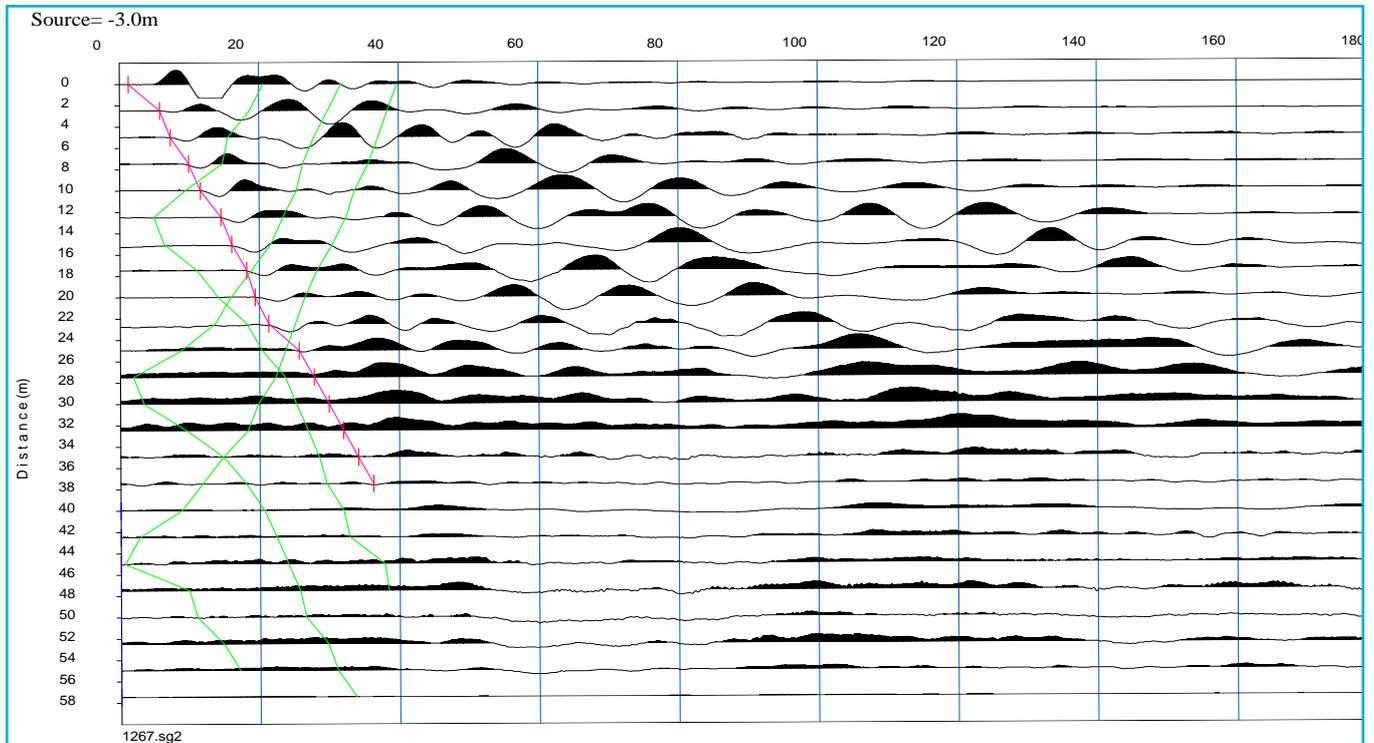
Geofono 1: 41.30.135 N-15.04.923 E
Geofono 12-13: 41.30.128 N-15.04.907 E
Geofono 24: 41.30.118 N-15.04.889 E

Onde P-Acquisizione dei dati

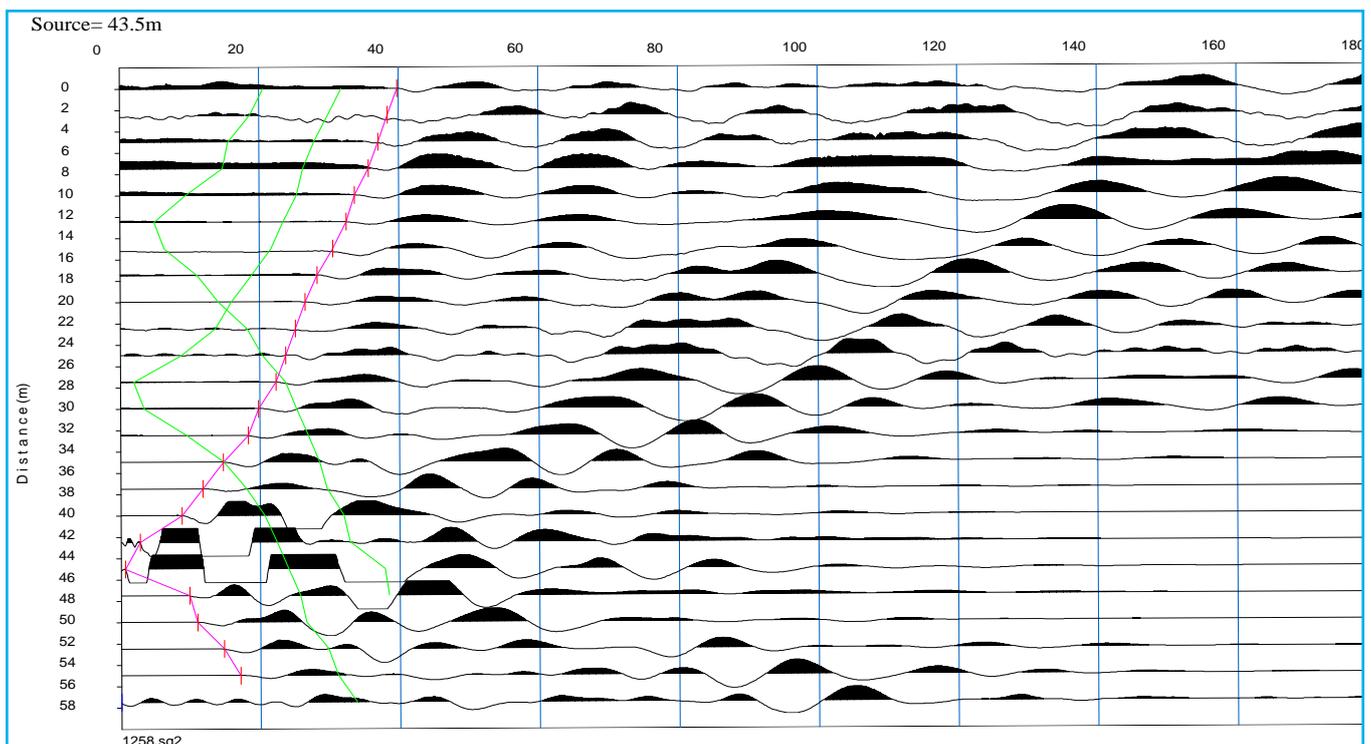
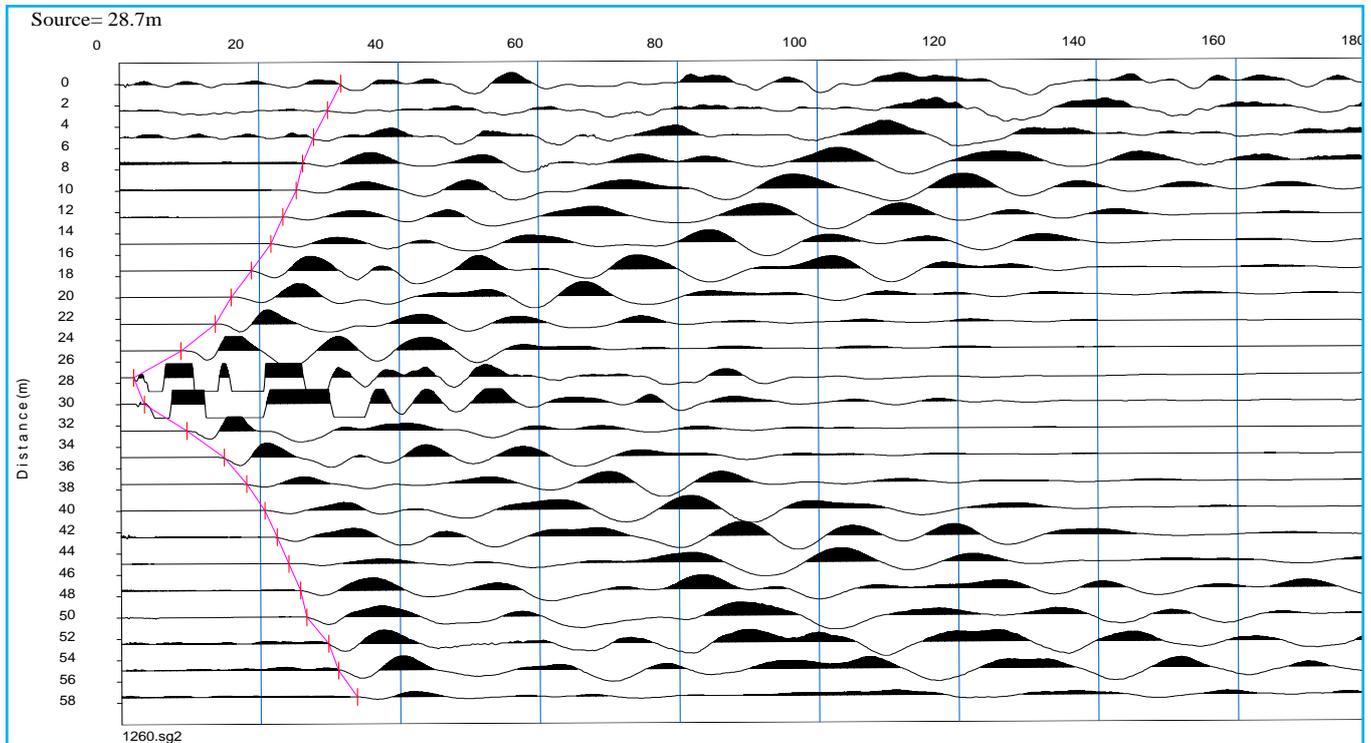
Distanza tra i geofoni : 2.5 m
Estensione della prova: 60.5 m
Posizione dello scoppio:
Scoppio 1: -3.00 m;
Scoppio 2: 13.75 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 43.75 m;
Scoppio 5: 60.05 m;



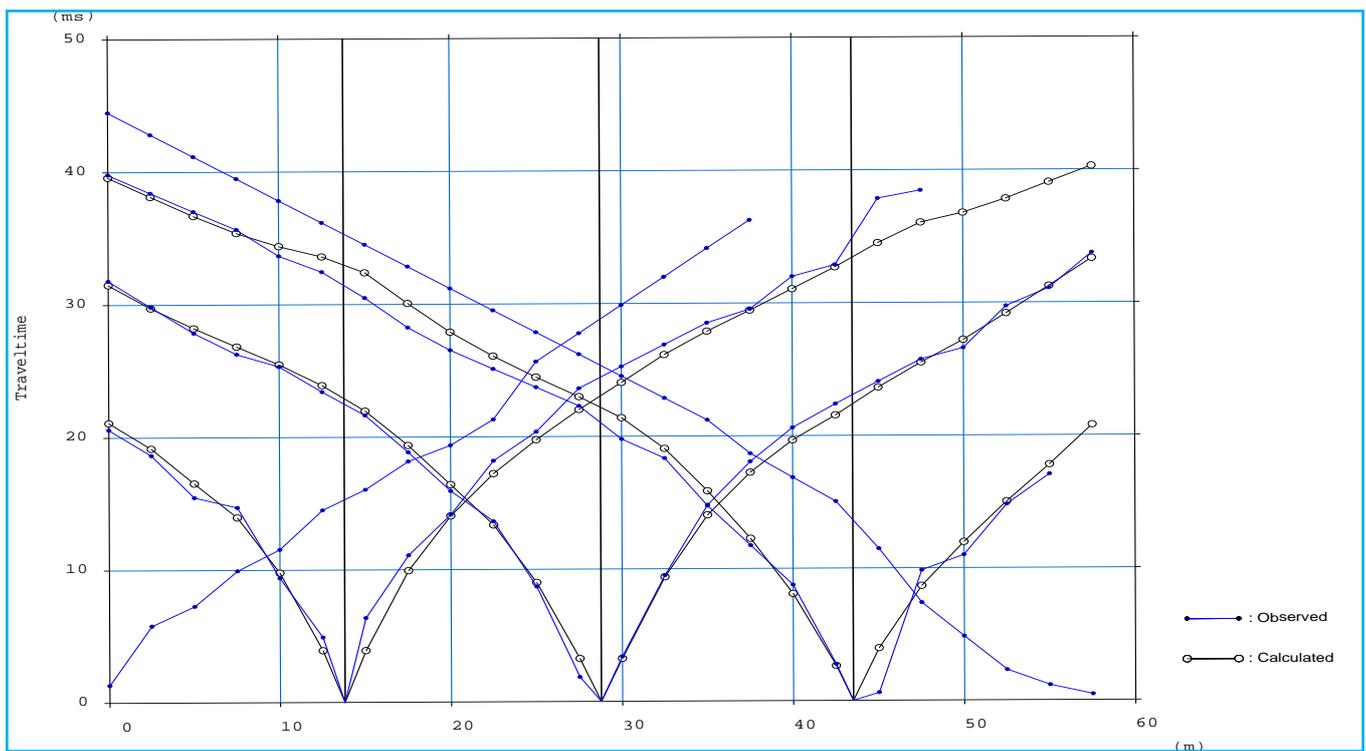
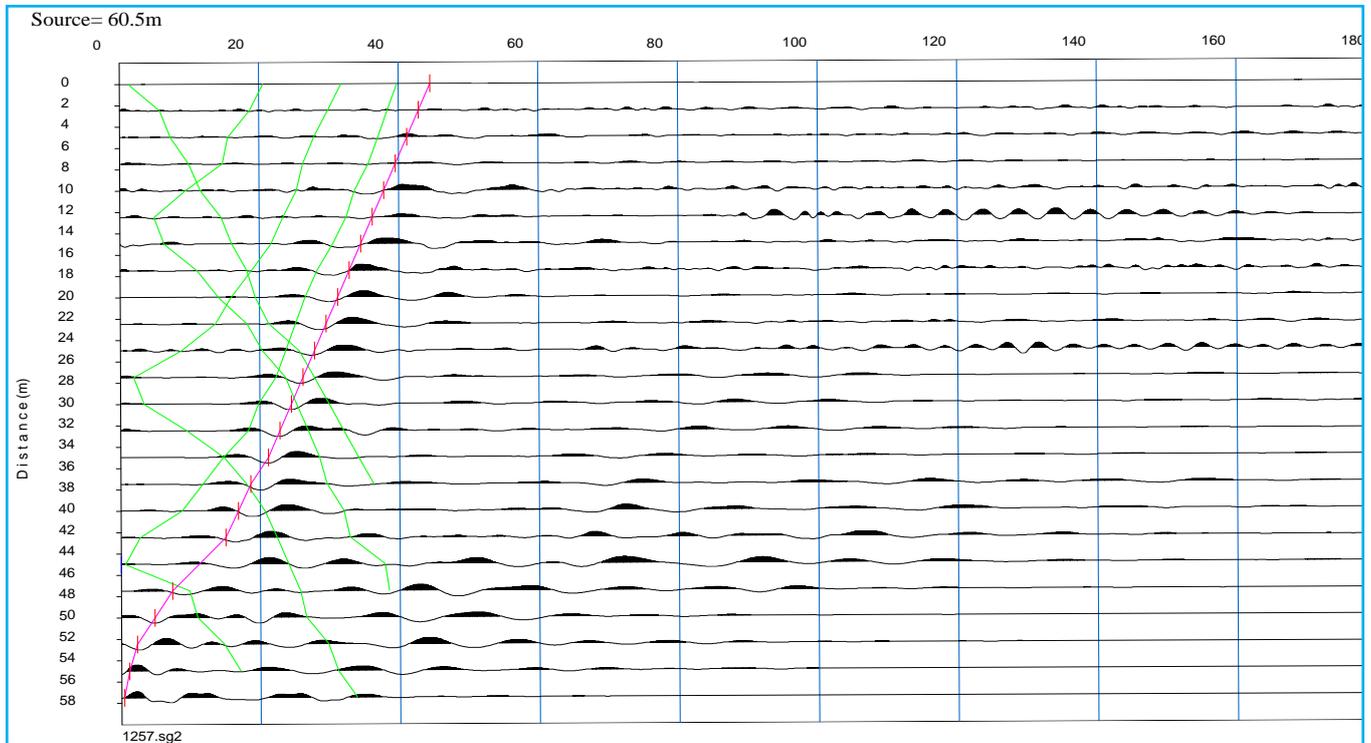
TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B



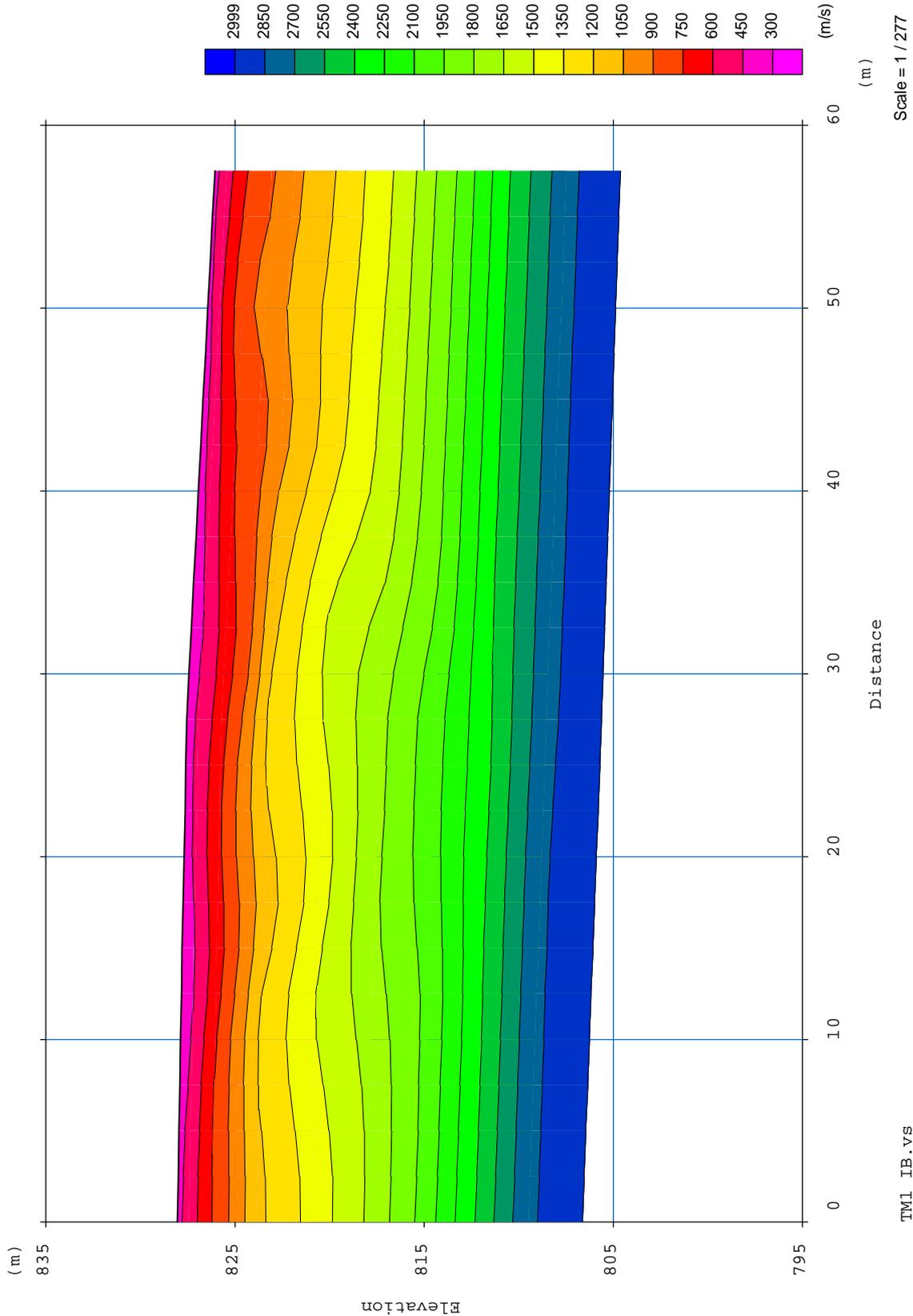
TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB



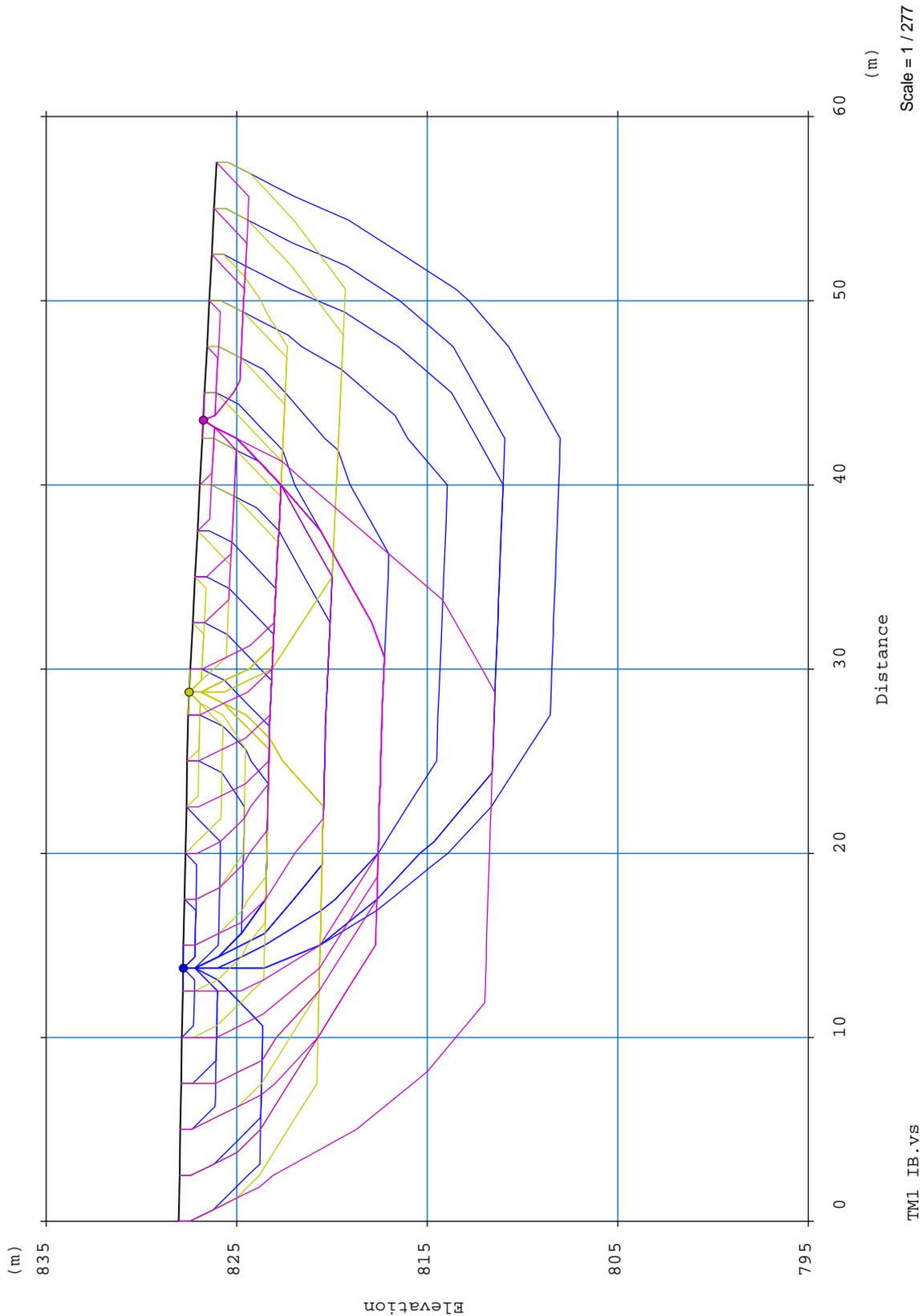
TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B



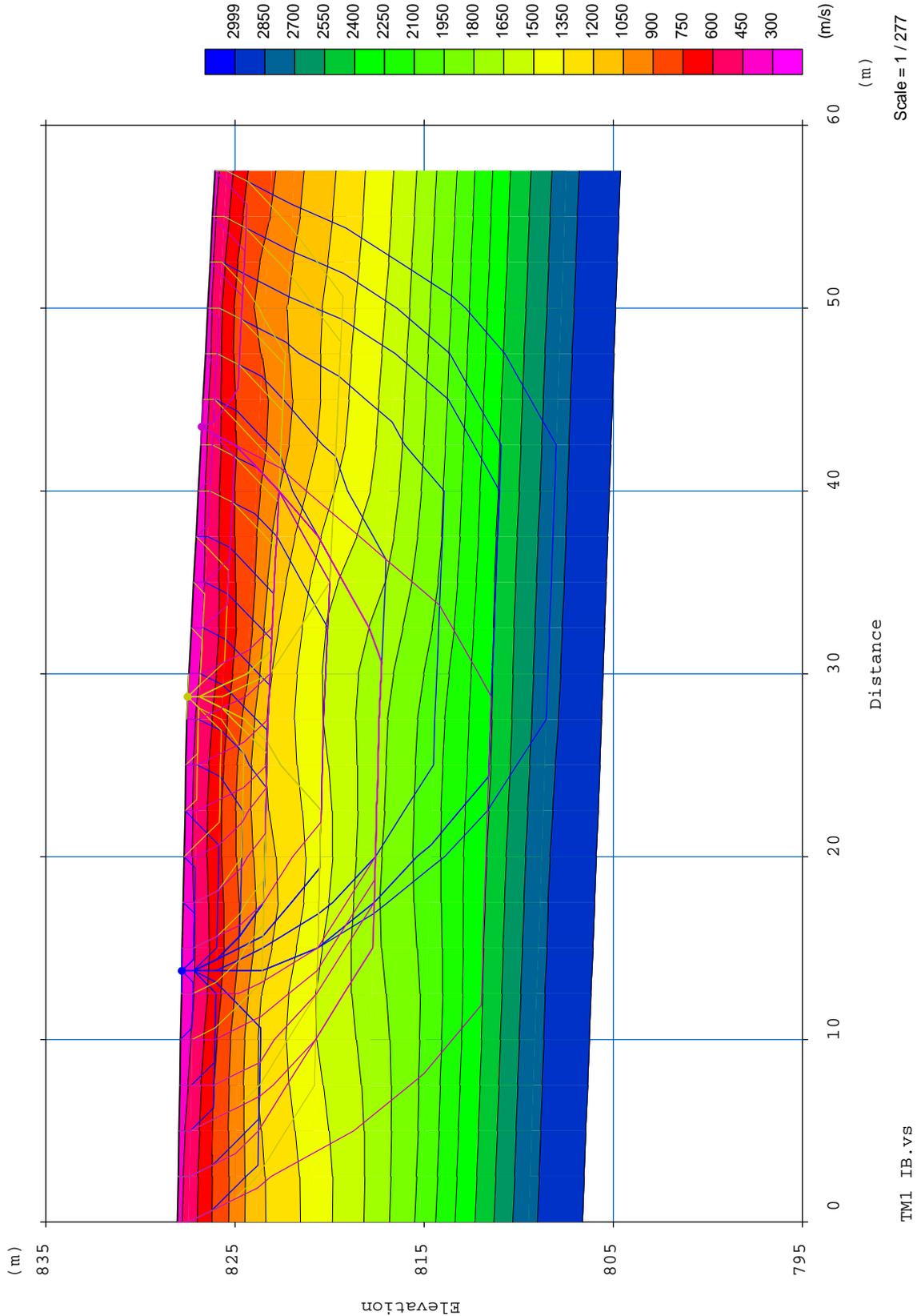
TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB



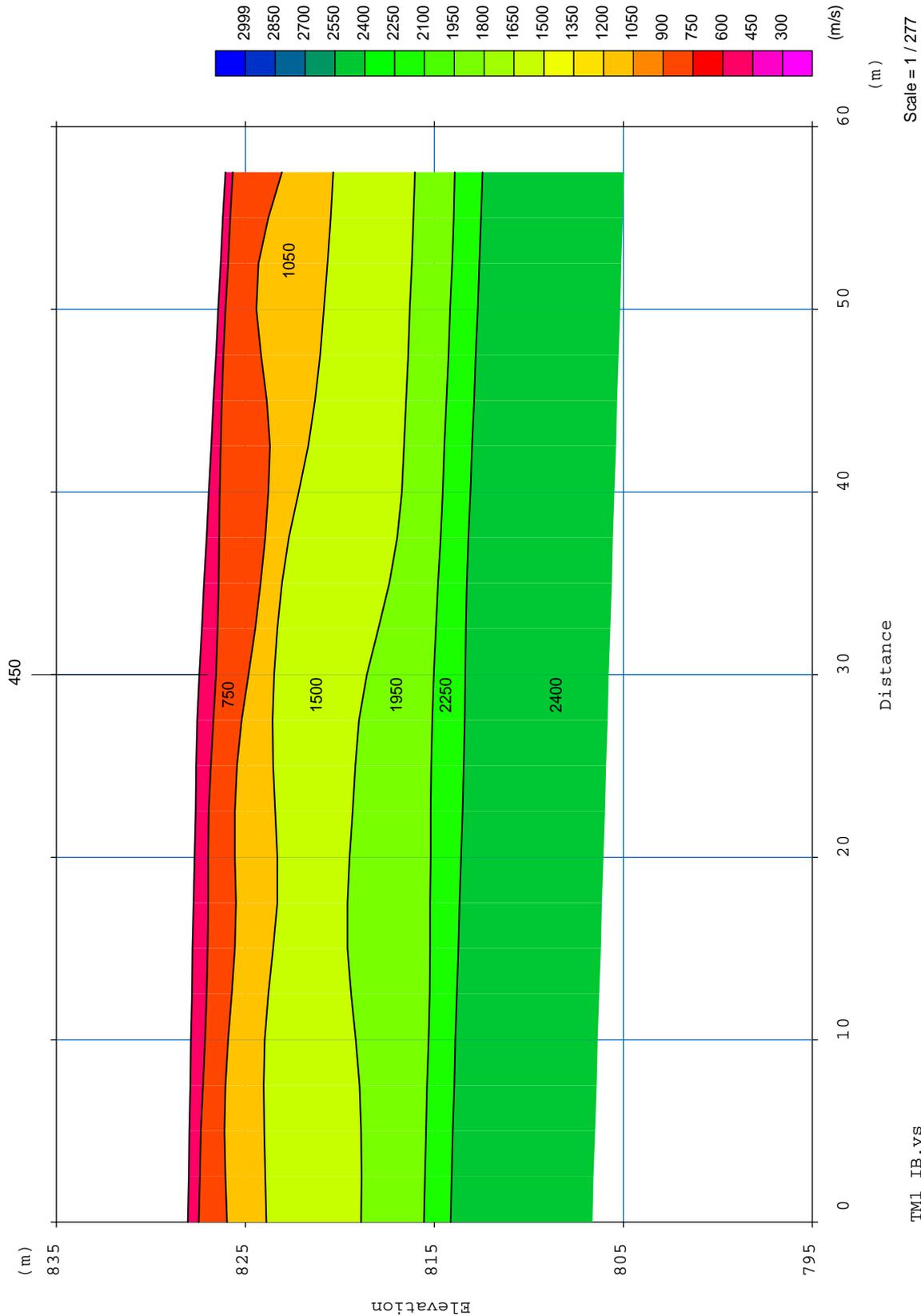
TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B



TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB



TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 B

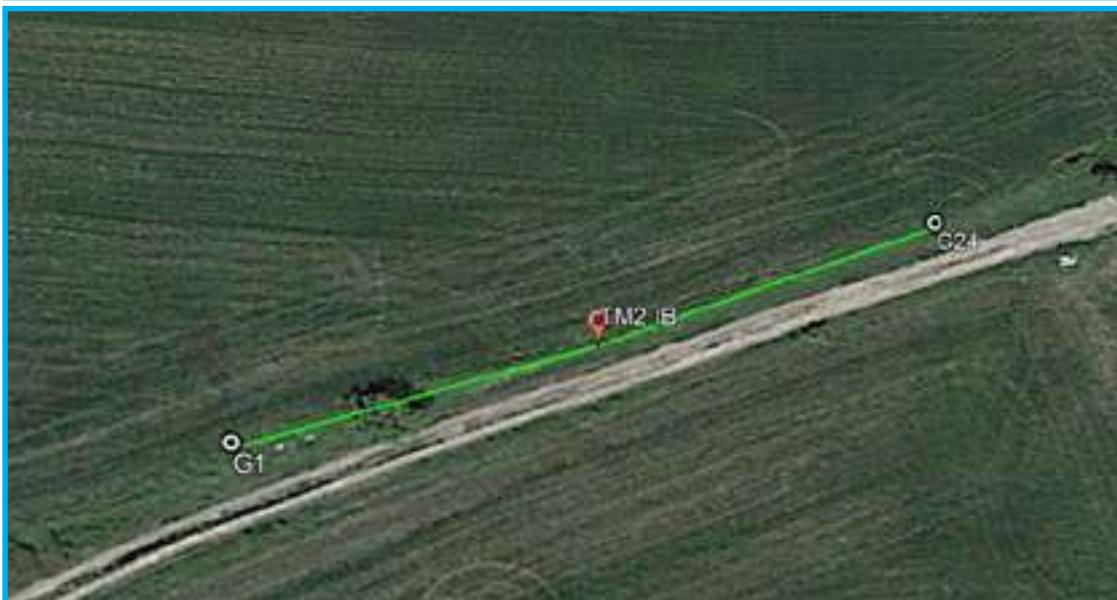
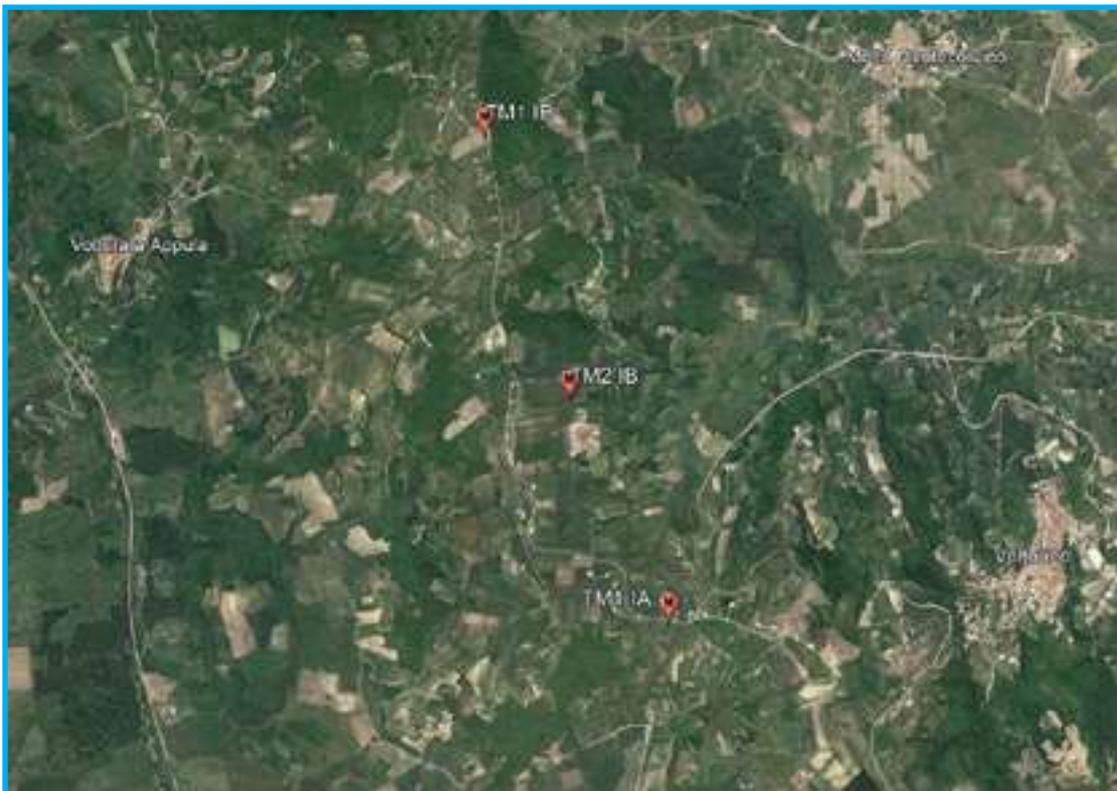


TOMOGRAFIA PRSE772 - T1 IB



TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB

**OGGETTO: PARCO EOLICO MOTTA MONTECORVINO-
VOLTURARA APPULA**
COMMITTENZA: EDISON RINNOVABILI SPA



TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB

Id indagine PRSE772 - M2 IB
LOCALITA' MOTTA M. (FG)
DATA E ORA 26/07/2023

Coordinate WGS 84 :

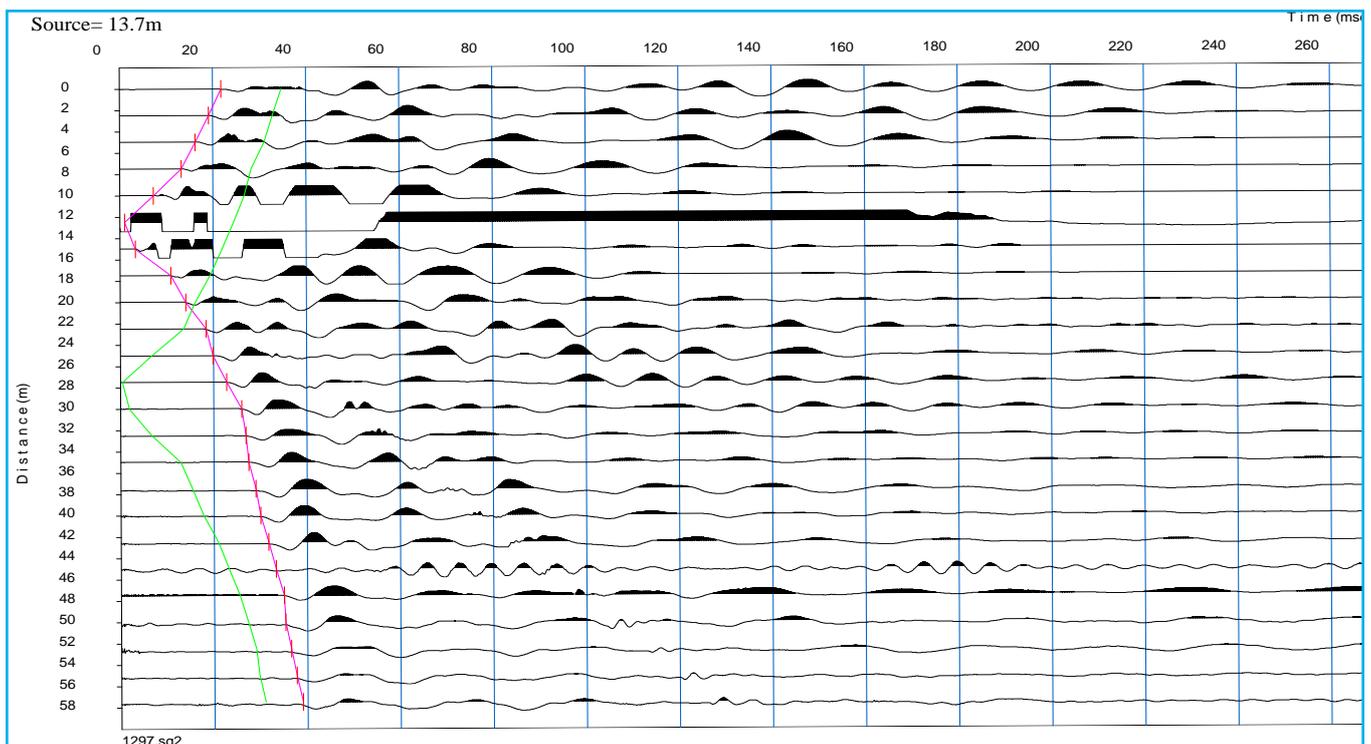
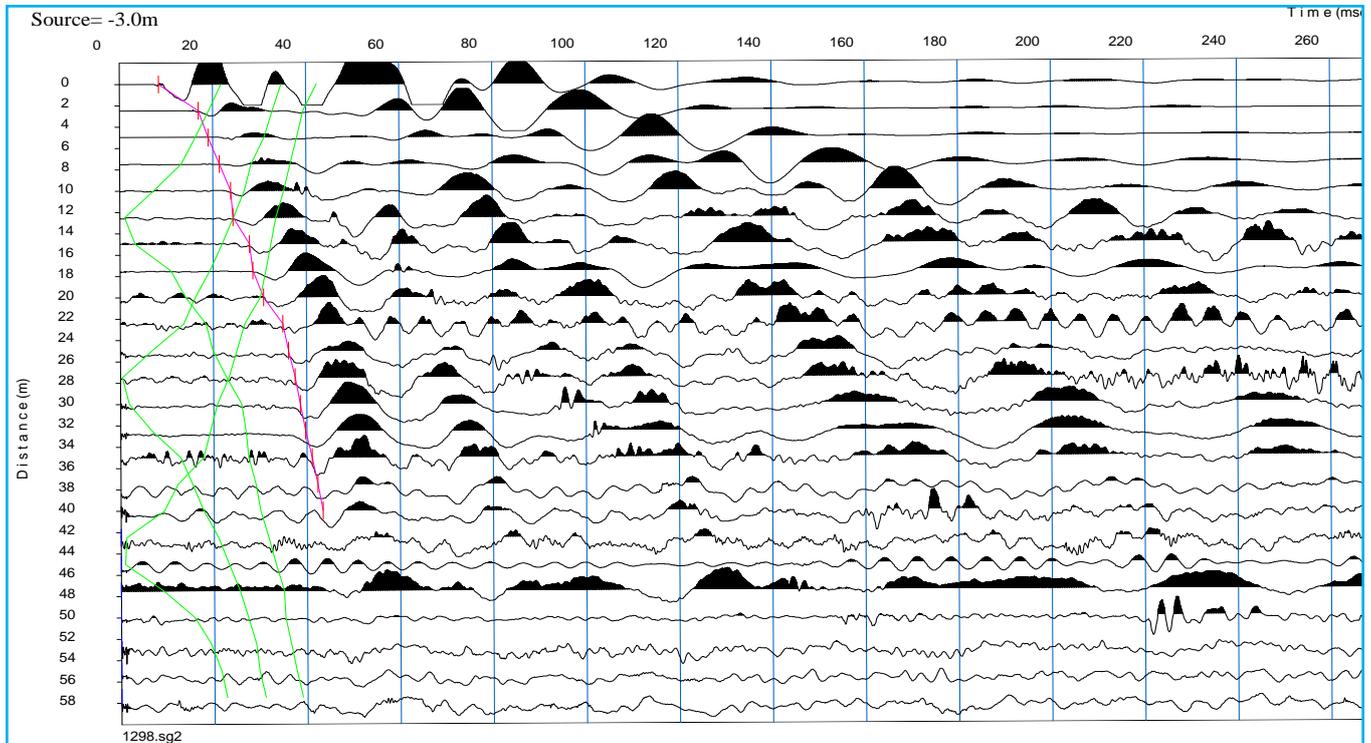
Geofono 1: 41.29.188 N-15.05.282 E
Geofono 12-13: 41.29.194 N-15.05.301 E
Geofono 24: 41.29.201 N-15.05.321 E

Onde P-Acquisizione dei dati

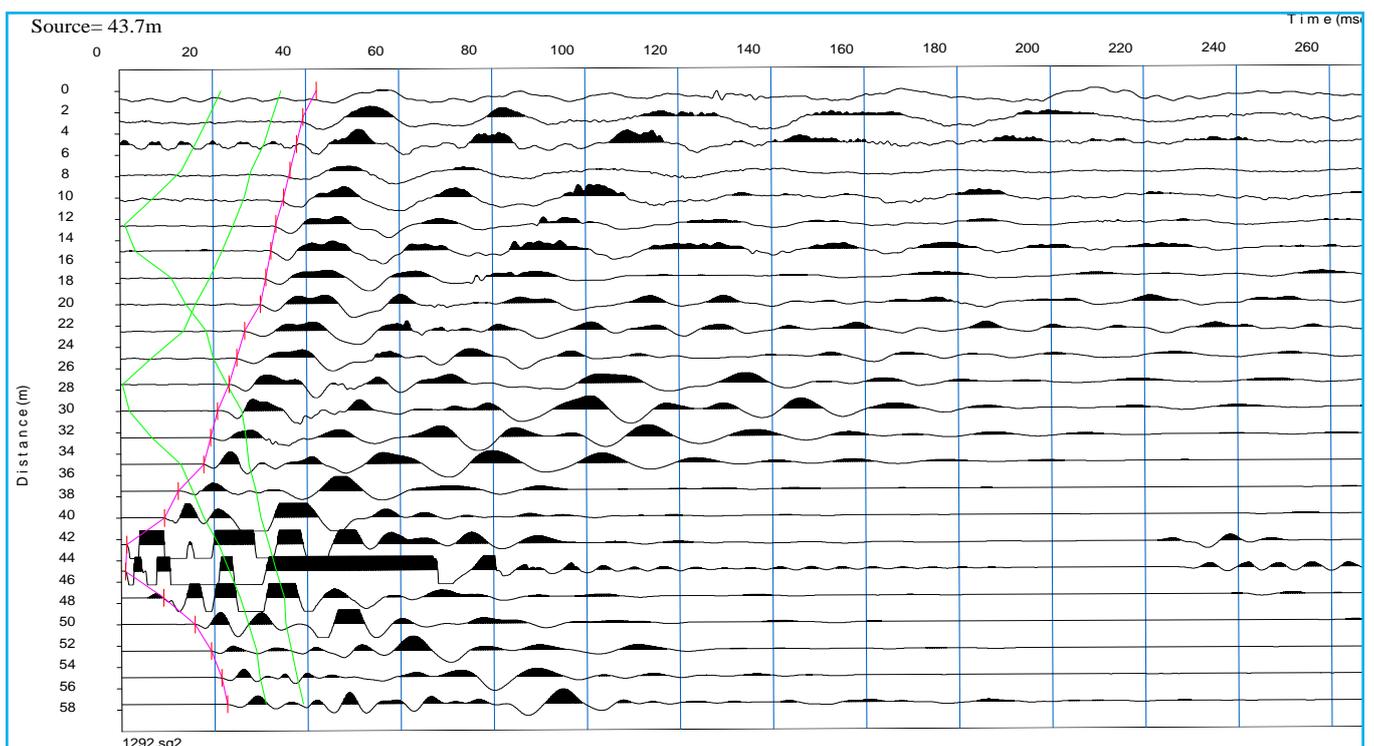
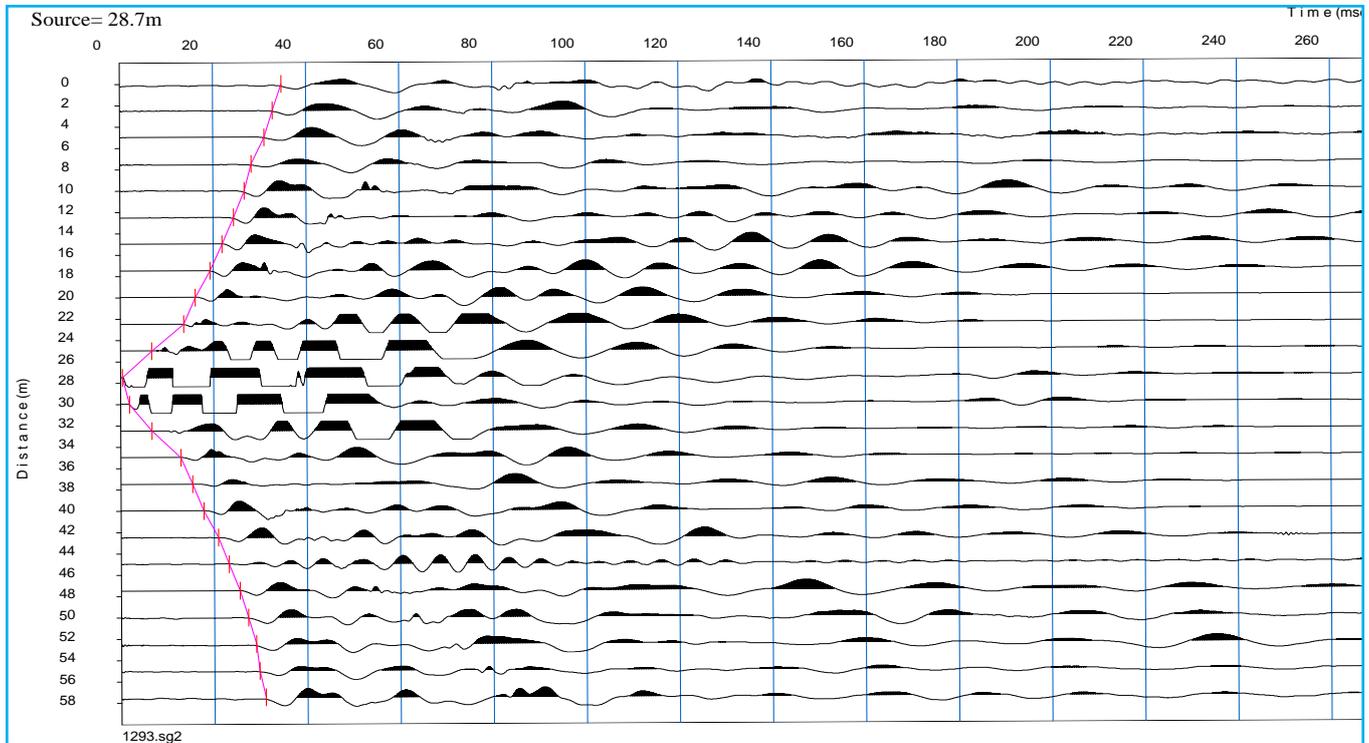
Distanza tra i geofoni : 2.5 m
Estensione della prova: 60.5 m
Posizione dello scoppio:
Scoppio 1: -3.00 m;
Scoppio 2: 13.75 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 43.75 m;
Scoppio 5: 60.05 m;



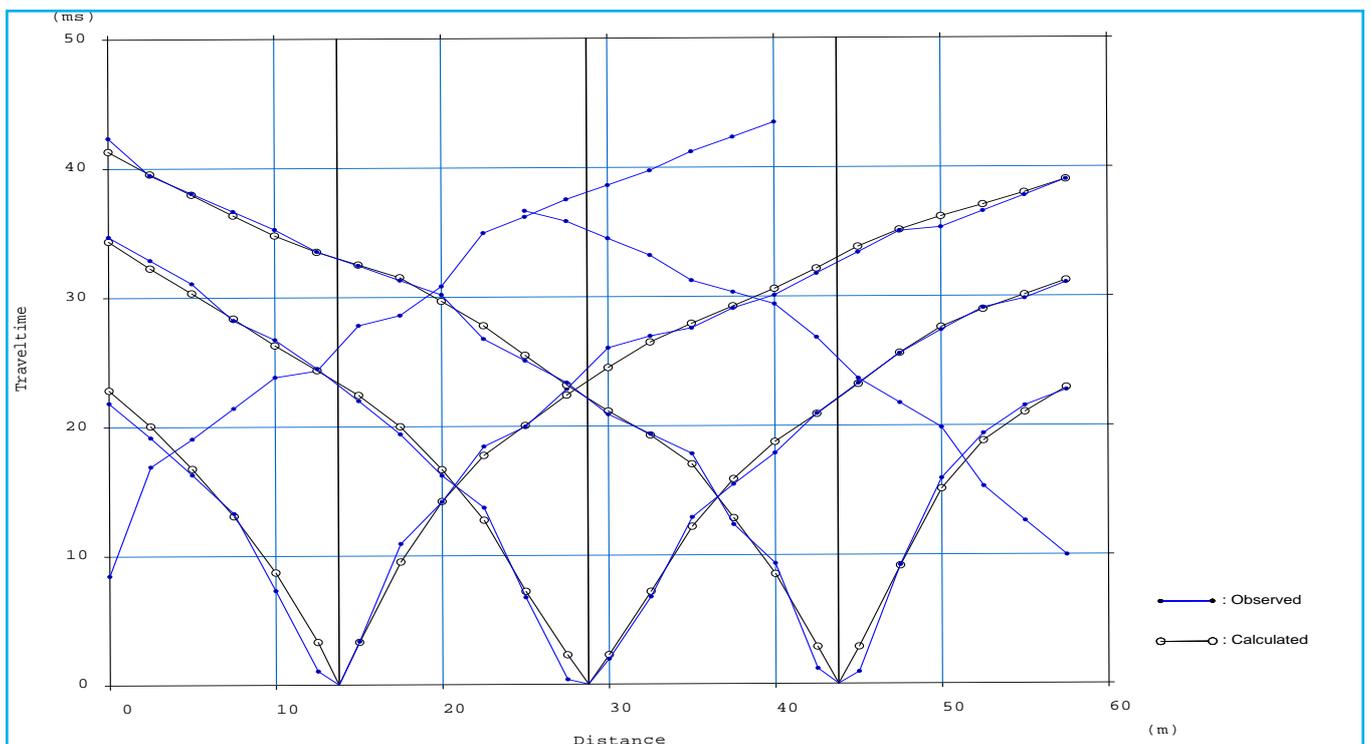
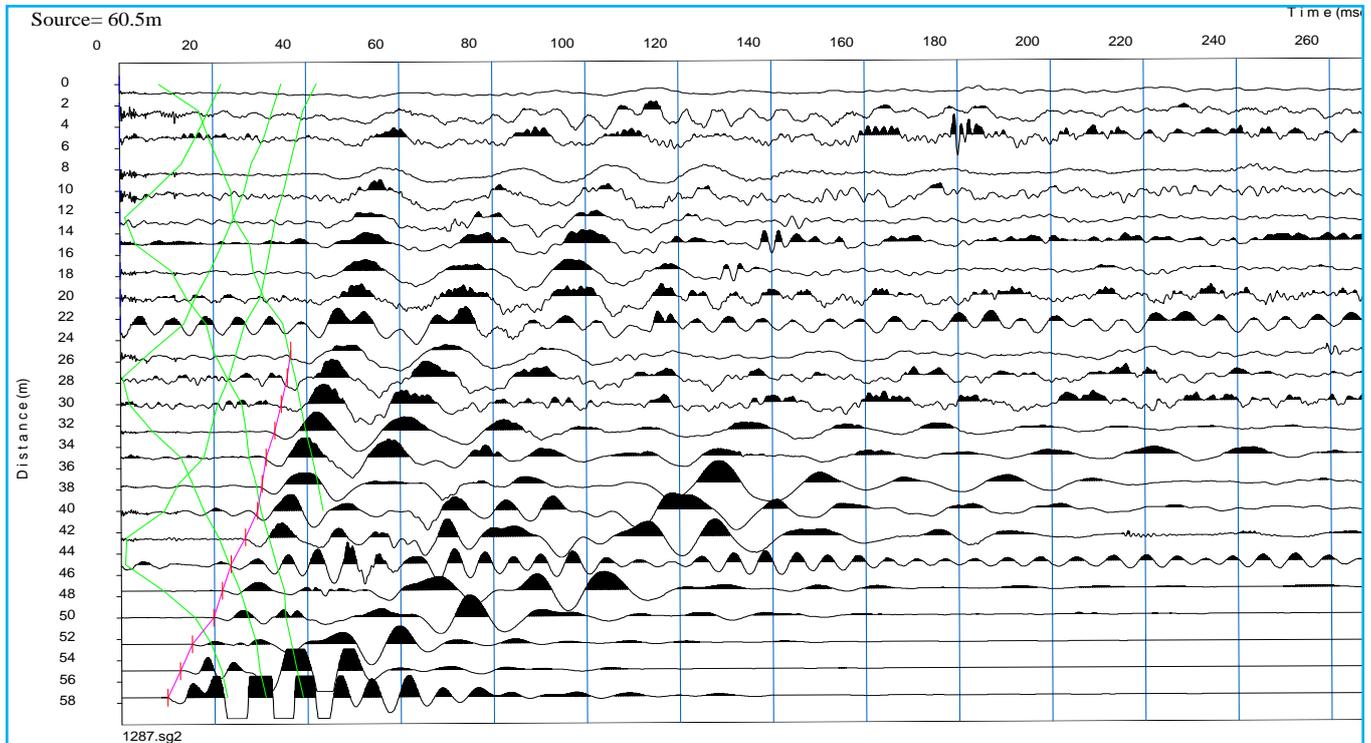
TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



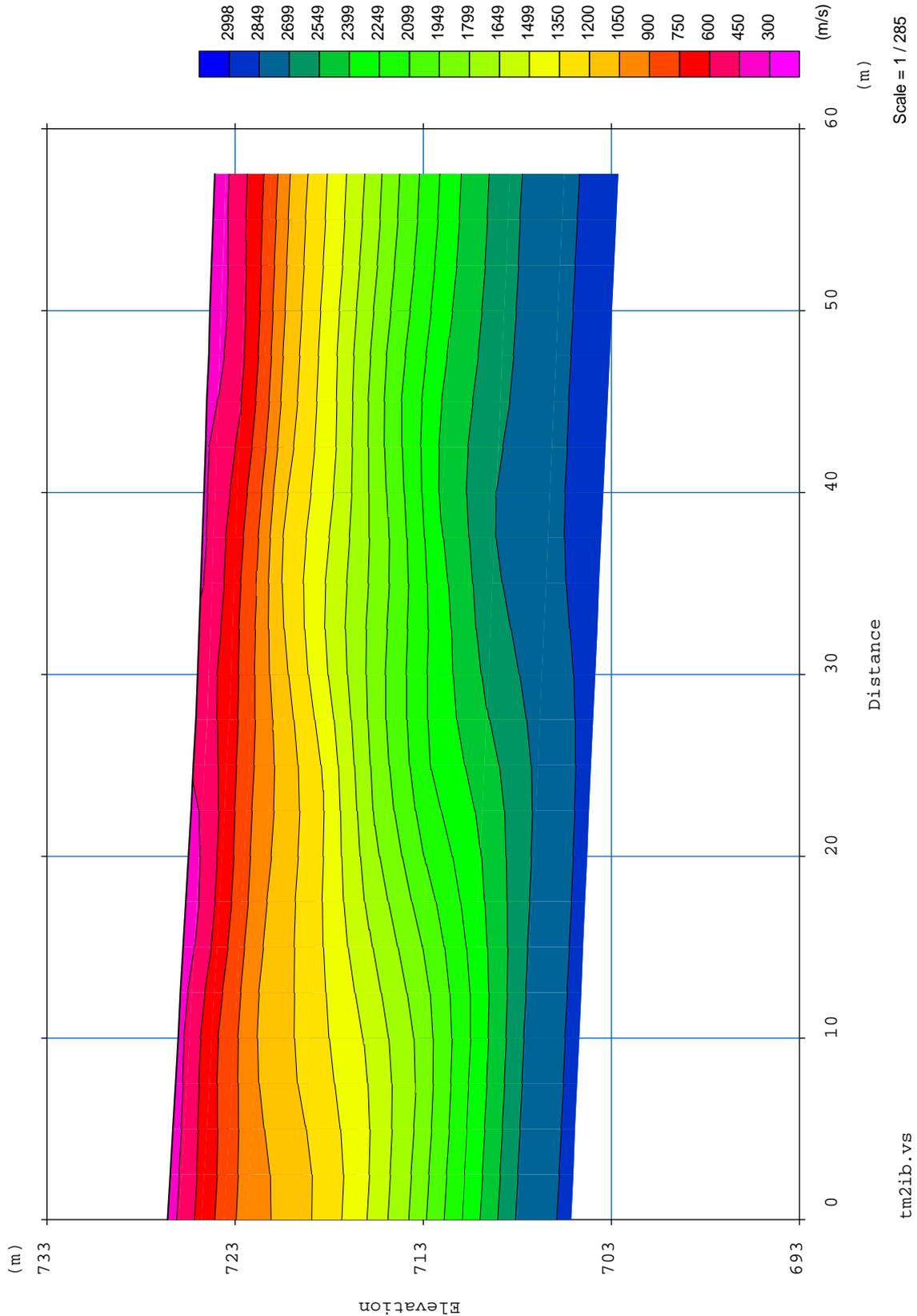
TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



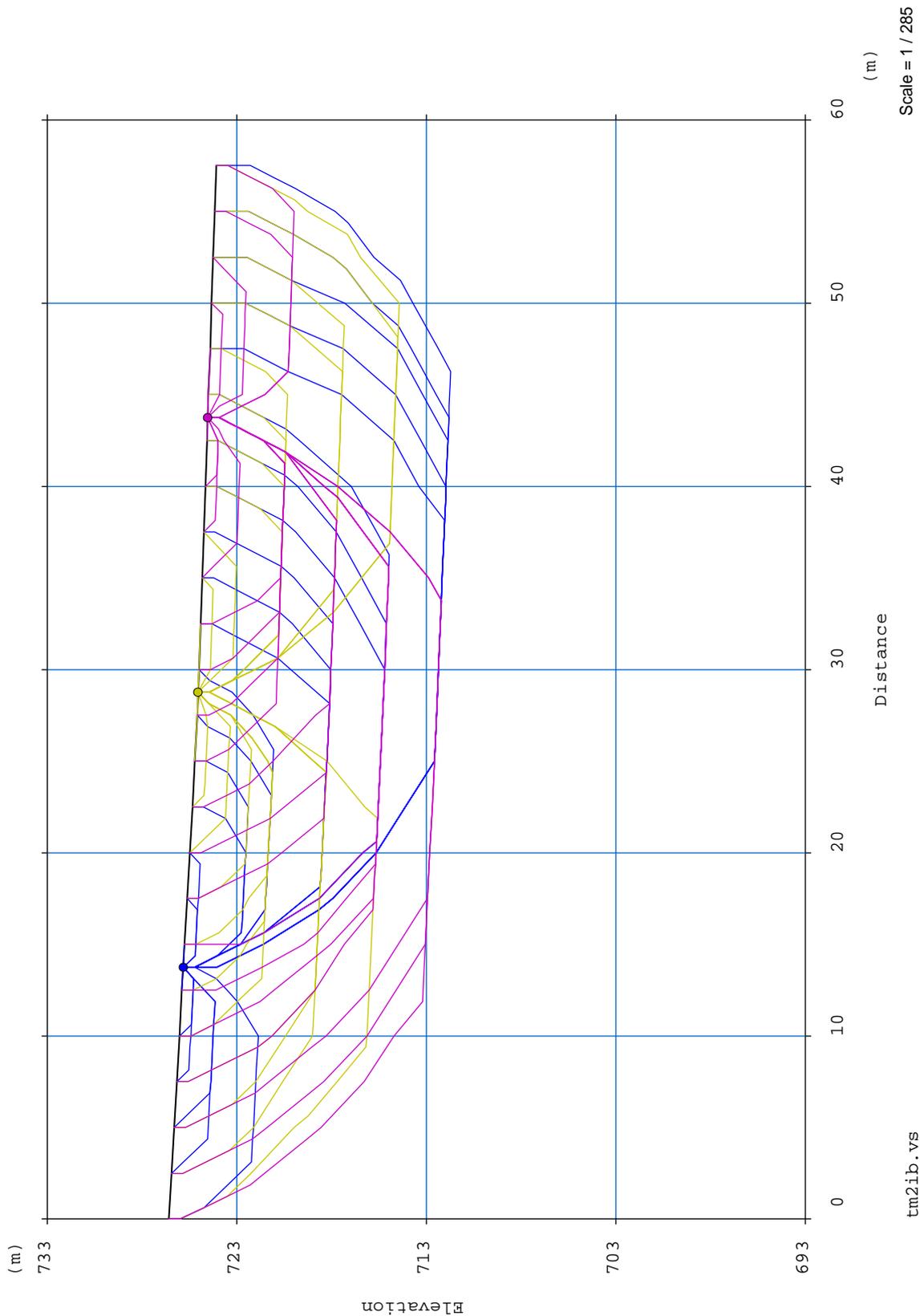
TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



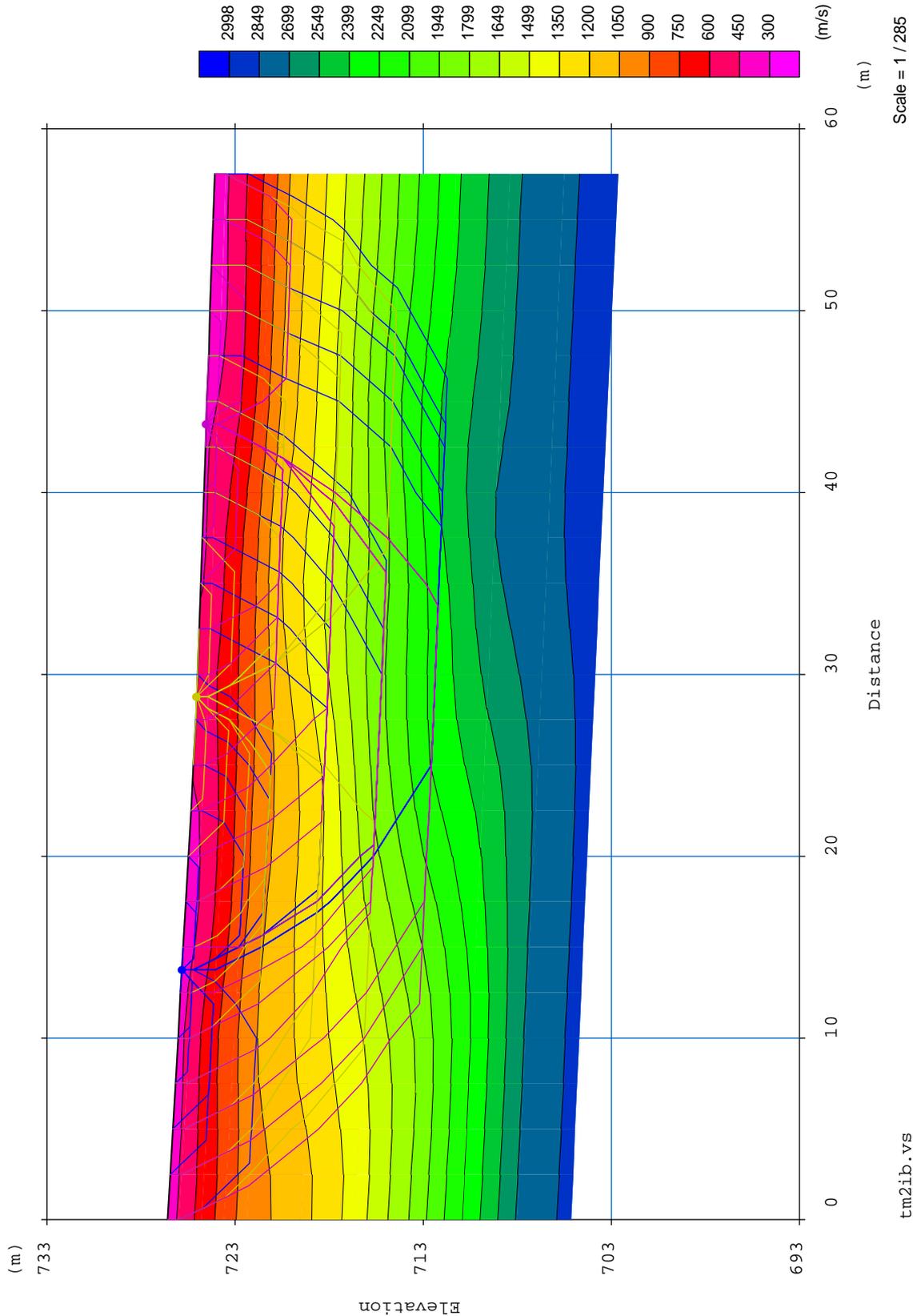
TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



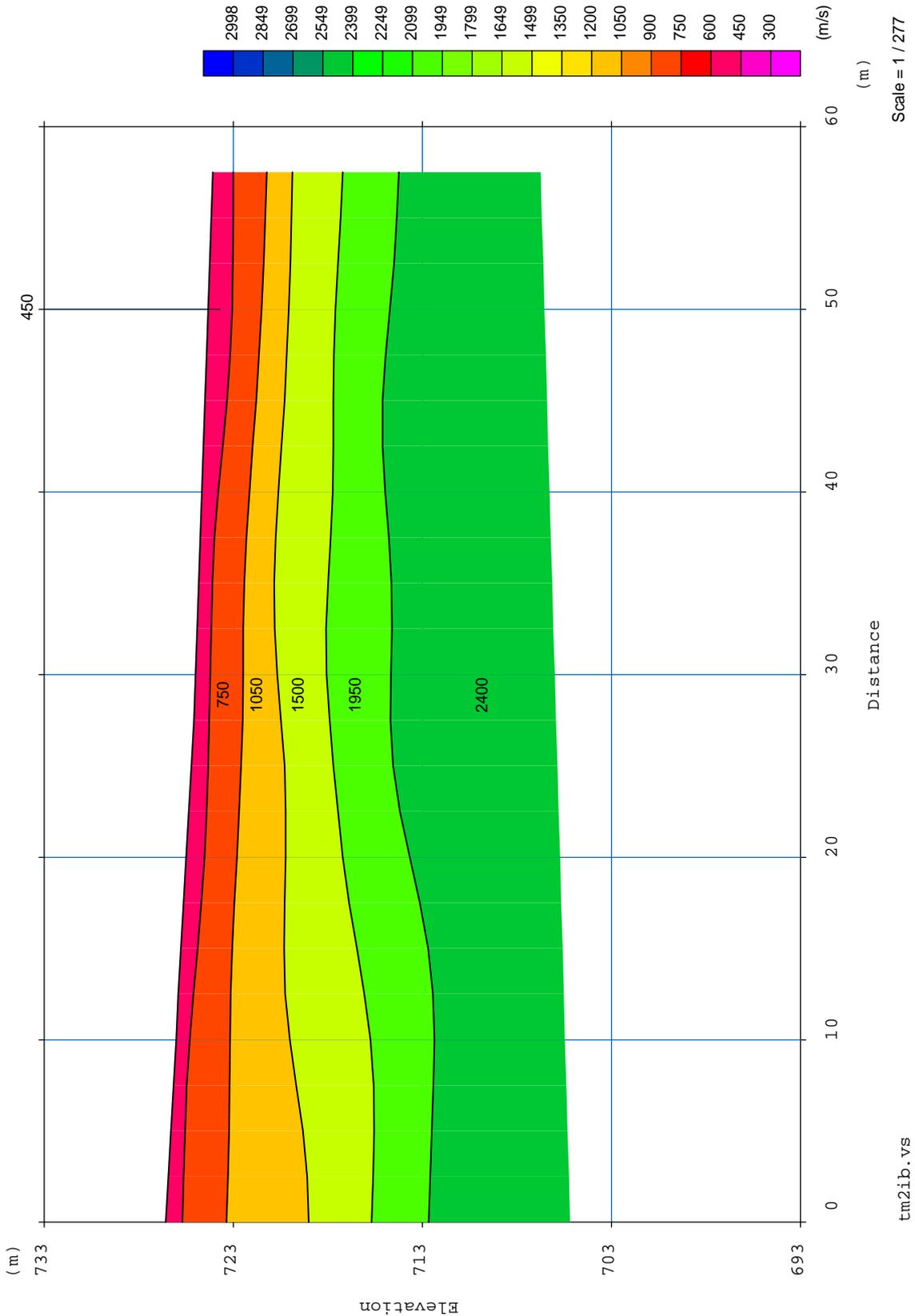
TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB

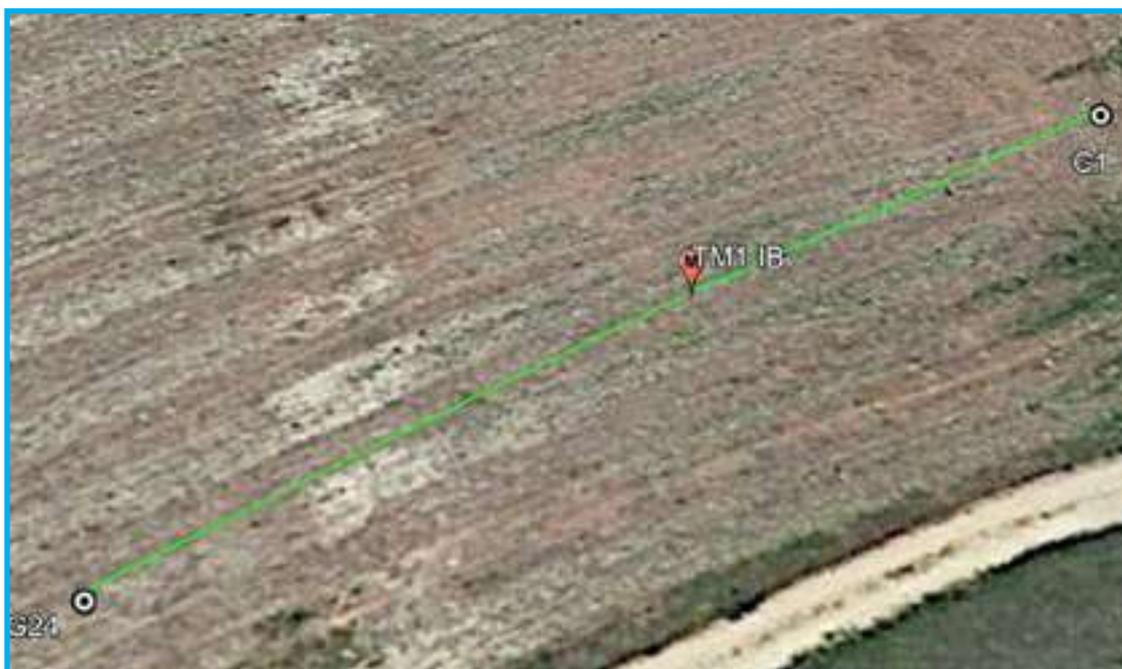
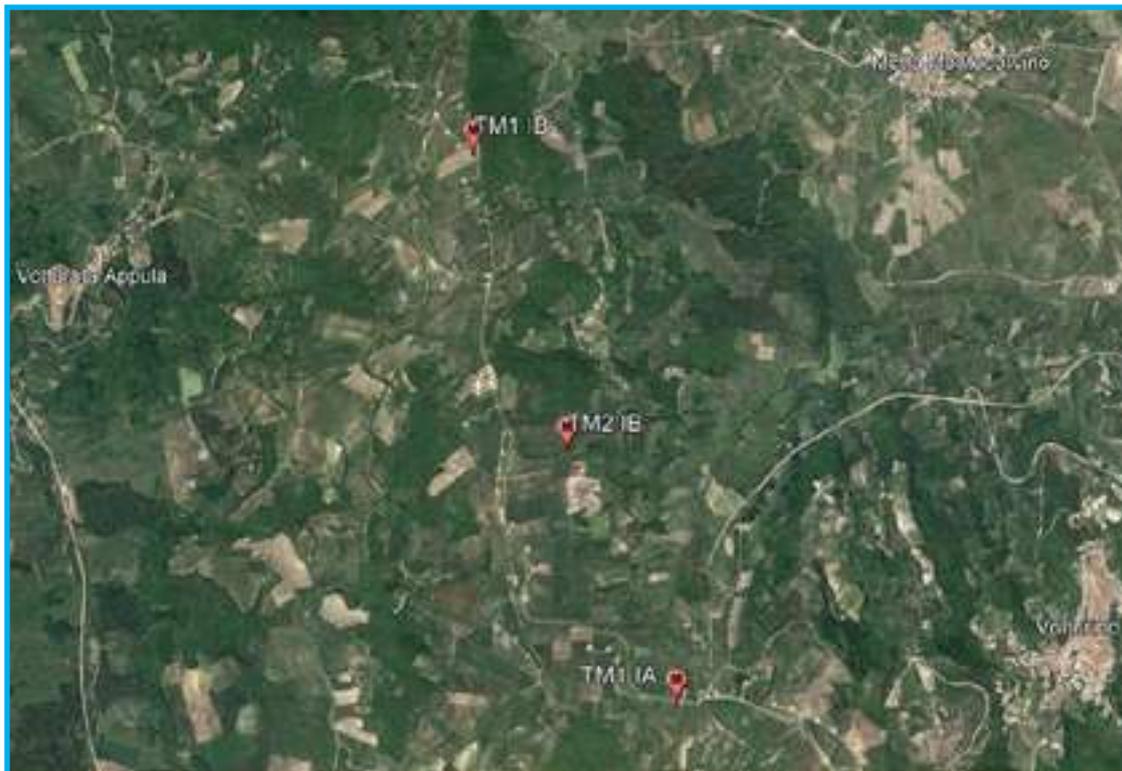


TOMOGRAFIA PRSE772 - T2 IB



PRSE 772 - MASW - M1 IB

**OGGETTO: PARCO EOLICO MOTTA MONTECORVINO-
VOLTURARA APPULA**
COMMITTENZA: EDISON RINNOVABILI SPA



PRSE 772 – MASW – M1 IB

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P e S), considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente, non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali; si osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle onde P, la curva di dispersione teorica, la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = f \times l$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

PRSE 772 – MASW –M1 IB

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria,, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

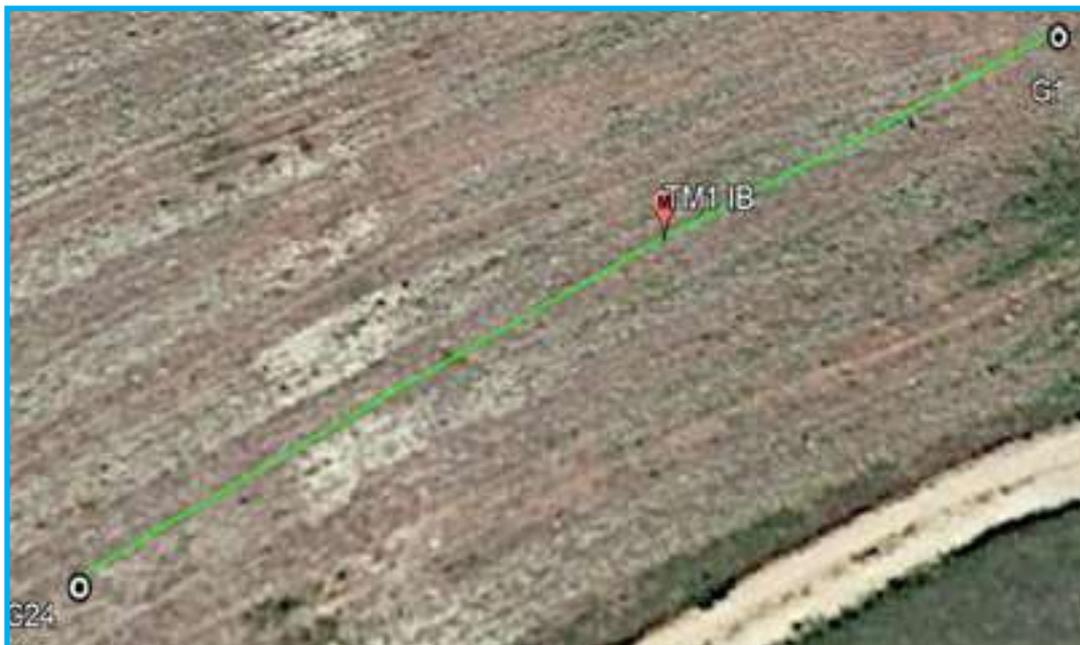
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	MASW-M1 IB
LOCALITA'	VOLTURARA A. (FG)
DATA E ORA	26/07/23

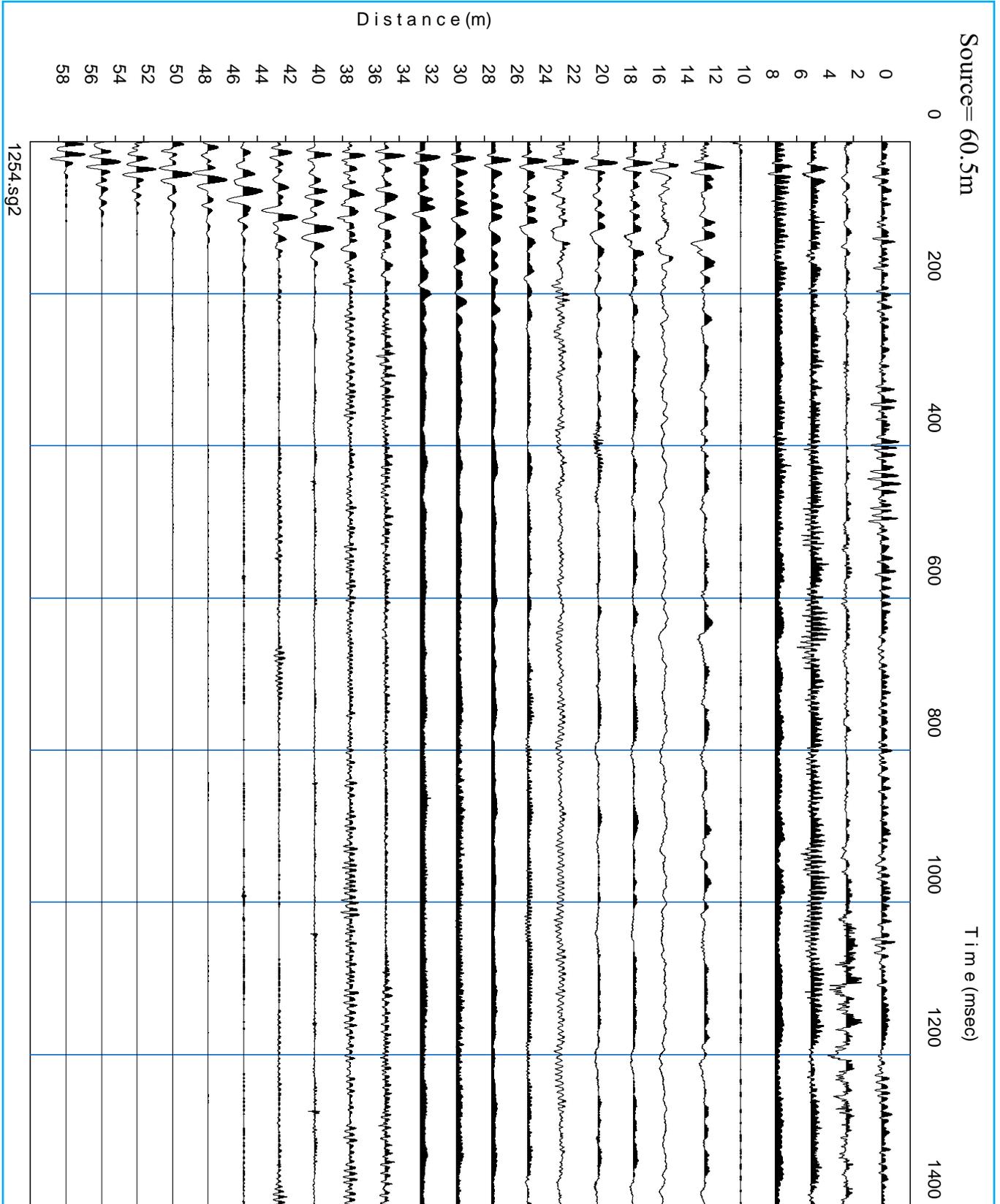
Distanza tra i geofoni 2 metri battuta +3m.

Coordinate WGS 84 :

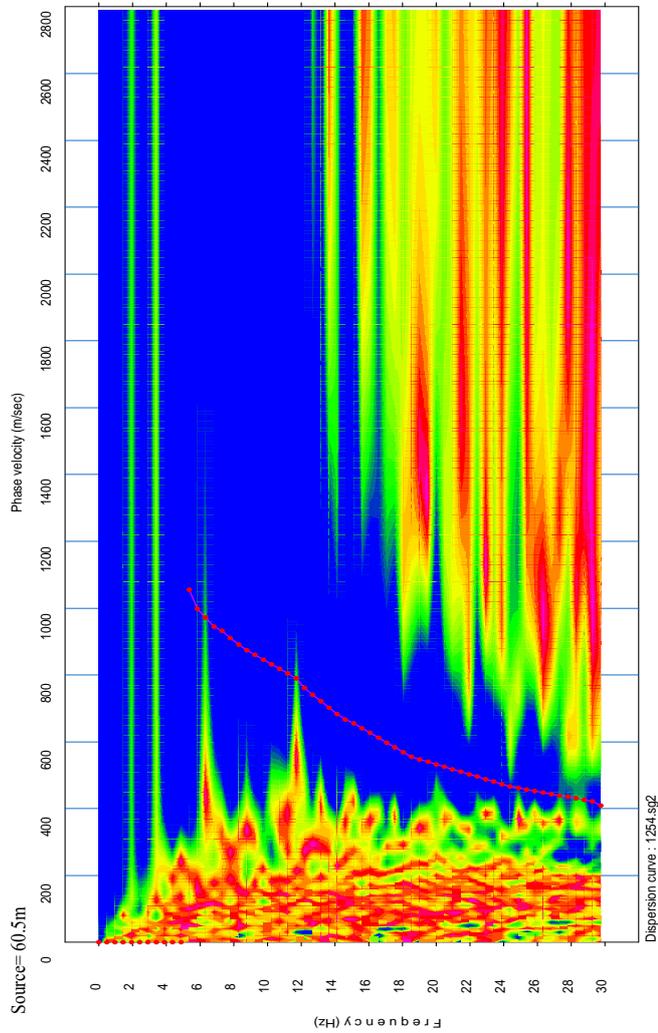
Geofono 1:	41.30.135 N-15.04.923 E
Geofono 12-13:	41.30.128 N-15.04.907 E
Geofono 24:	41.30.118 N-15.04.889 E



PRSE 772 - MASW - M1 IB



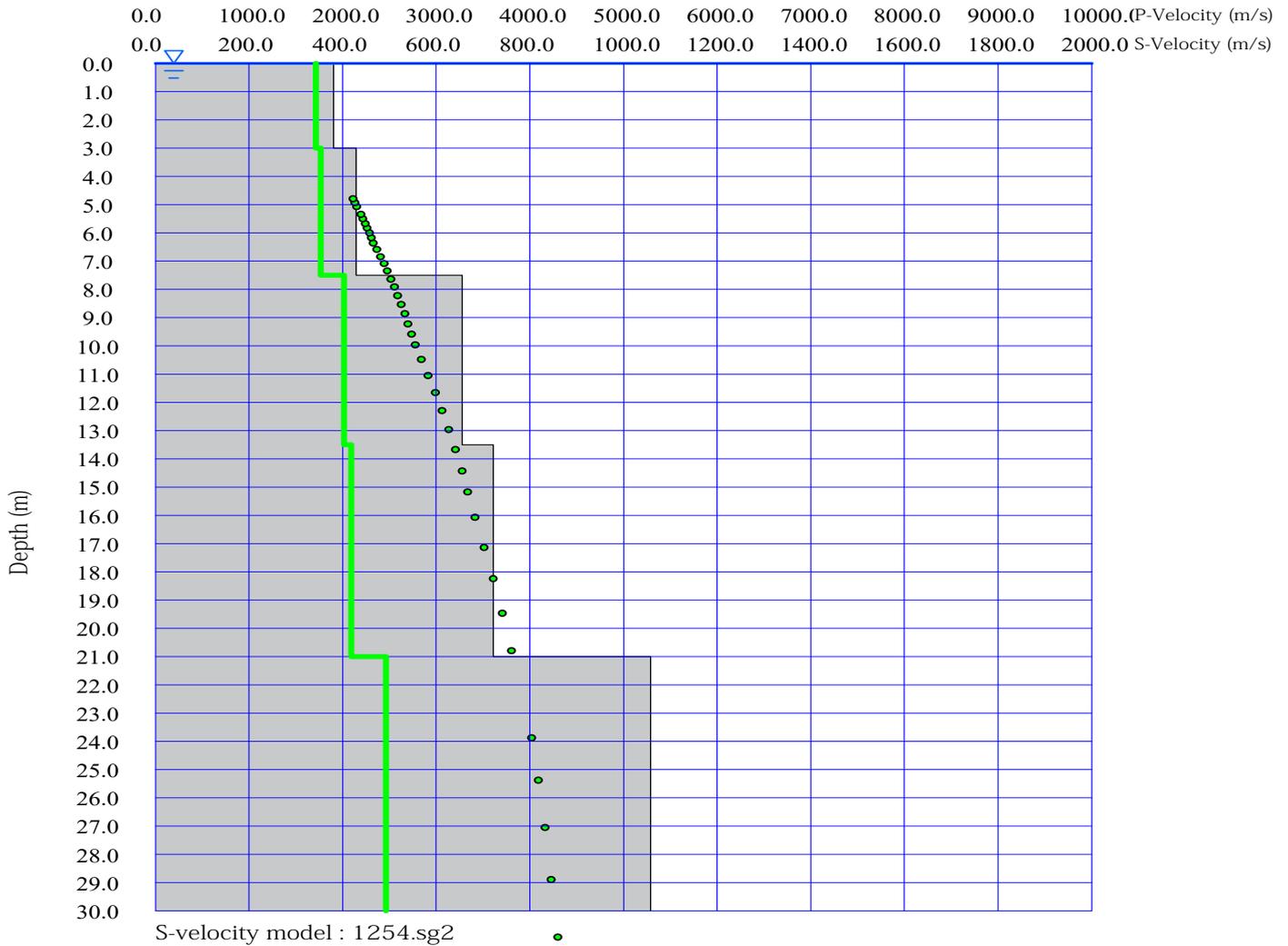
PRSE 772 - MASW - M1 IB



RMSE = 7.115334 m/s



PRSE 772 - MASW - M1 IB



PRSE 772 - MASW - M1 IB

PRSE 772 - TM1 IB

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.0	381.44	1713.40	18.55	0.47	4.49	275	811
2	3.0	4.5	428.49	1765.62	18.71	0.47	4.12	350	1029
3	7.5	6.0	655.25	2017.33	19.47	0.44	3.08	852	2457
4	13.5	7.5	721.48	2090.85	19.69	0.43	2.90	1045	2994
5	21.0	9.0	1057.72	2464.07	20.73	0.39	2.33	2365	6562
6	30.0 -		1177.04	2596.52	21.09	0.37	2.21	2979	8167
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 21 m

Vs,eq : 452.3 (m/s)

Categoria suolo : B

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

Legenda:

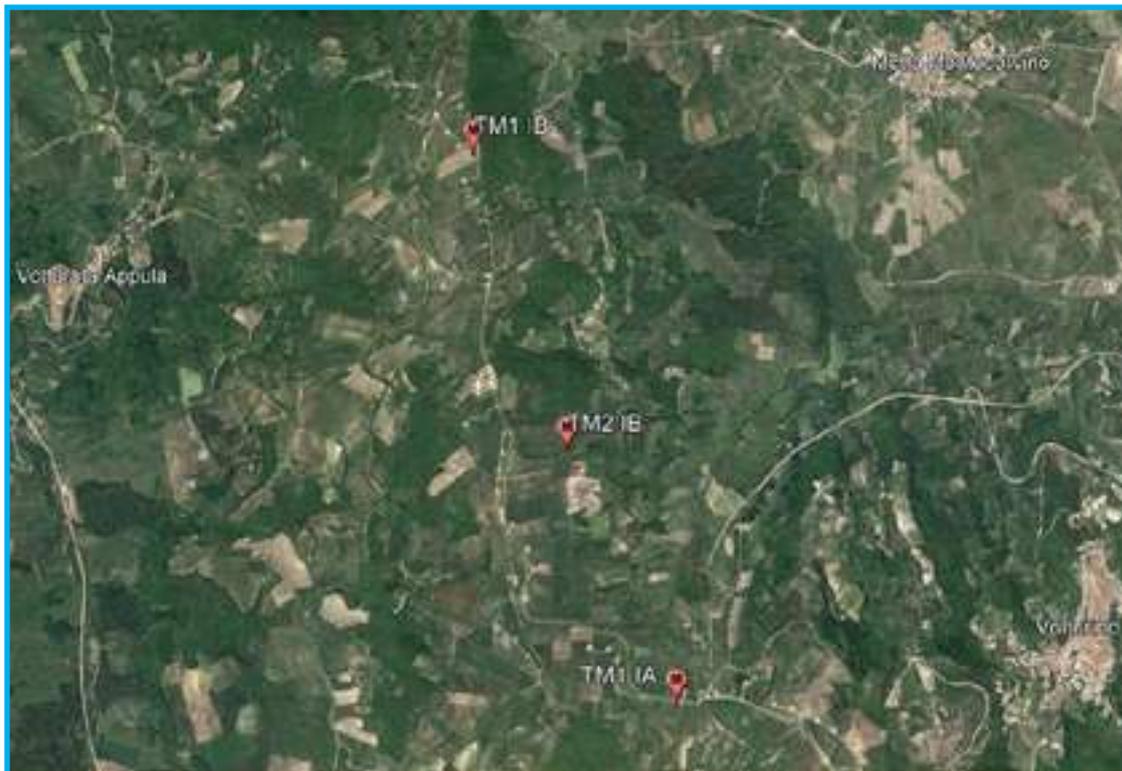
- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

PRSE 772 - MASW - M1 IB



PRSE 772 - MASW - M2 IB

**OGGETTO: PARCO EOLICO MOTTA MONTECORVINO-
VOLTURARA APPULA**
COMMITTENZA: EDISON RINNOVABILI SPA



PRSE 772 – MASW –M2 IB

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria,, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	MASW-M2 IB
LOCALITA'	MOTTA M. (FG)
DATA E ORA	26/07/23

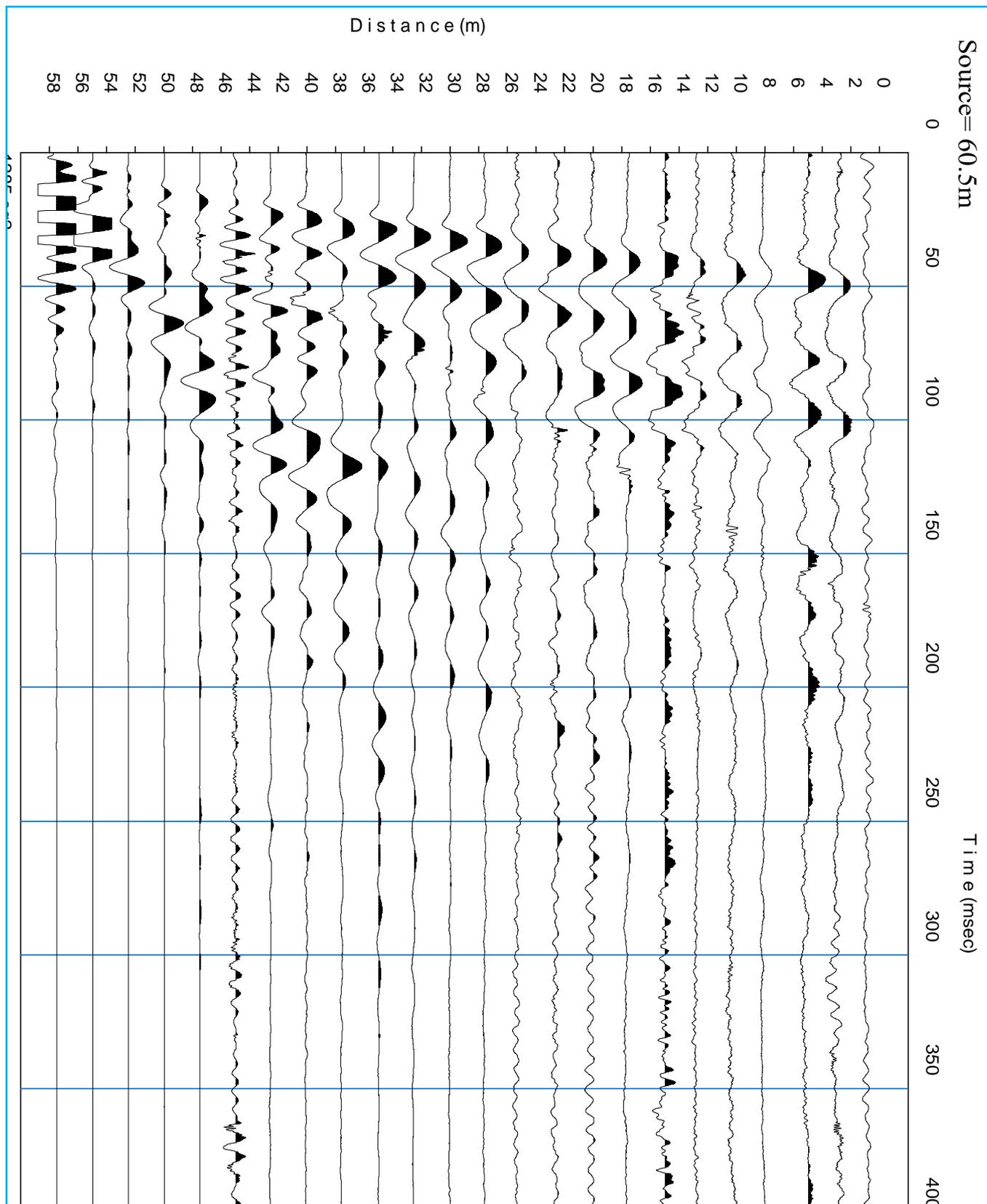
Distanza tra i geofoni 2 metri battuta +3m.

Coordinate WGS 84 :

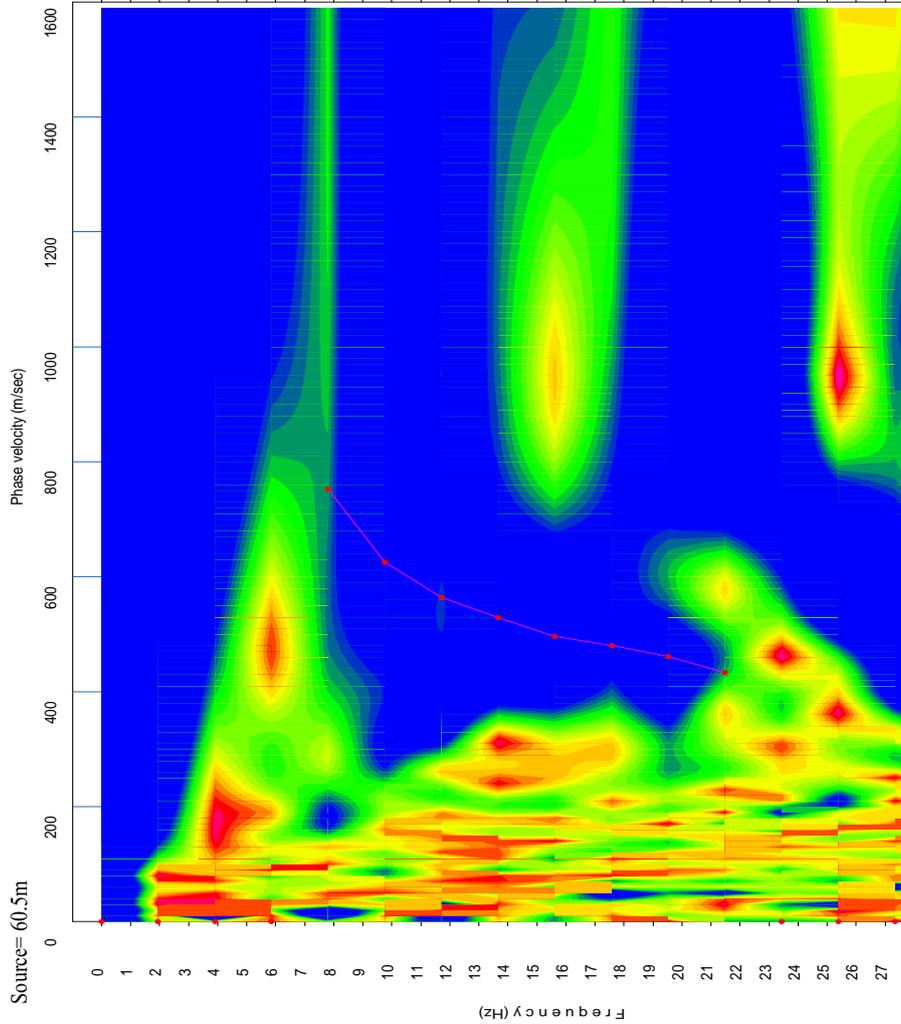
Geofono 1:	41.29.188 N-15.05.282 E
Geofono 12-13:	41.29.194 N-15.05.301 E
Geofono 24:	41.29.201 N-15.05.321 E



PRSE 772 - MASW - M2 IB



PRSE 772 - MASW - M2 IB

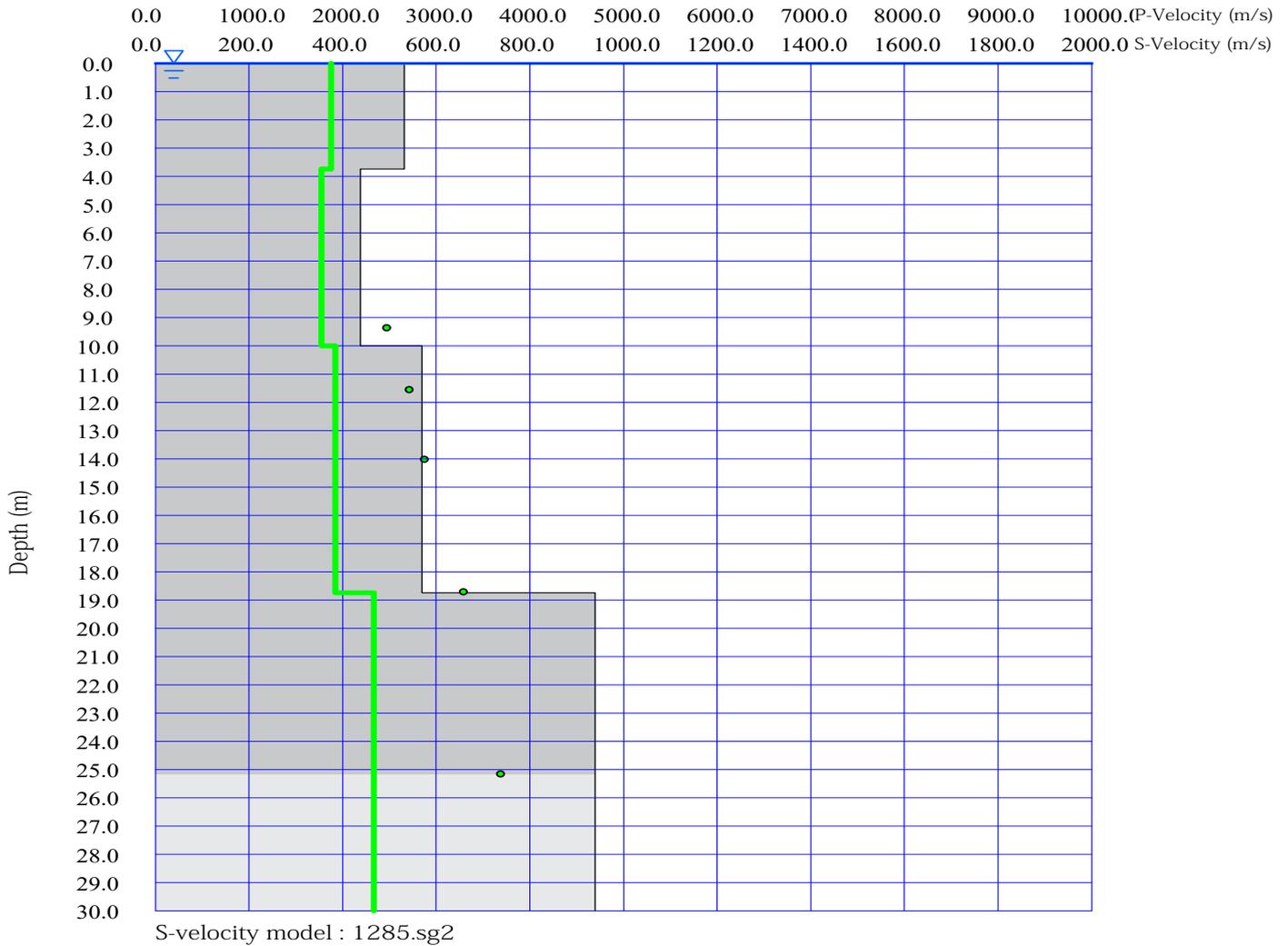


RMSE = 16.940584 m/s



Dispersion curve : 1285.sg2

PRSE 772 - MASW - M2 IB



PRSE 772 – MASW – M2 IB

PRSE 772 - TM2 IB

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	1.9	530.80	1879.19	19.06	0.46	3.54	548	1595
2	1.9	2.4	525.25	1873.03	19.04	0.46	3.57	536	1561
3	4.3	2.9	467.65	1809.10	18.85	0.46	3.87	420	1231
4	7.2	3.5	426.62	1763.54	18.71	0.47	4.13	347	1020
5	10.7	4.0	548.21	1898.51	19.12	0.45	3.46	586	1704
6	14.7	4.6	719.47	2088.61	19.68	0.43	2.90	1039	2976
7	19.3	5.1	777.19	2152.69	19.86	0.43	2.77	1224	3487
8	24.4	5.6	952.86	2347.67	20.41	0.40	2.46	1890	5298
9	30.0 -		952.86	2347.67	20.41	0.40	2.46	1890	5298
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 24.4 m

Vs,eq : 570.2 (m/s)

Categoria suolo : **B**

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

Legenda:

- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

PRSE 772 - MASW - M2 IB



REGIONE PUGLIA

COMUNE DI VOLTURARA
provincia FOGGIA

OGGETTO: **Prove in Sito**

COMMESSA n°
PRSE -598

LOCALITA' : Volturara (FG)

CANTIERE : SSE EDISON

COMMITTENTE :

EDISON

GeoSveva di Luigi Di Carlo

Laboratorio sperimentale di analisi geotecniche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Autorizzazione n° 02610 - 26/03/2010

- via Montesanto n°64
- 71036 Lucera (FG)

- P.IVA 03 06 20 20 718
- Cod. Fisc. DCRLGU81A09D643E

T +39 0881 31 81 66
F +39 0881 31 81 67

www.geosveva.it

geosvevalaboratori@gmail.com
geosvevalaboratori@mailcertificata.it

c/o SANPAOLO Banco di Napoli Via Gramsci 13
Lucera (FG)
IBAN : IT94N0306978444100000000506

CONTIENE:

**-TOMOGRAFIA SISMICA
-MASW**



Ministero delle
Infrastrutture
e dei Trasporti



Socio
ALGI



Sistema di gestione
Qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2008

DATA
ACCETTAZIONE

05/09/22

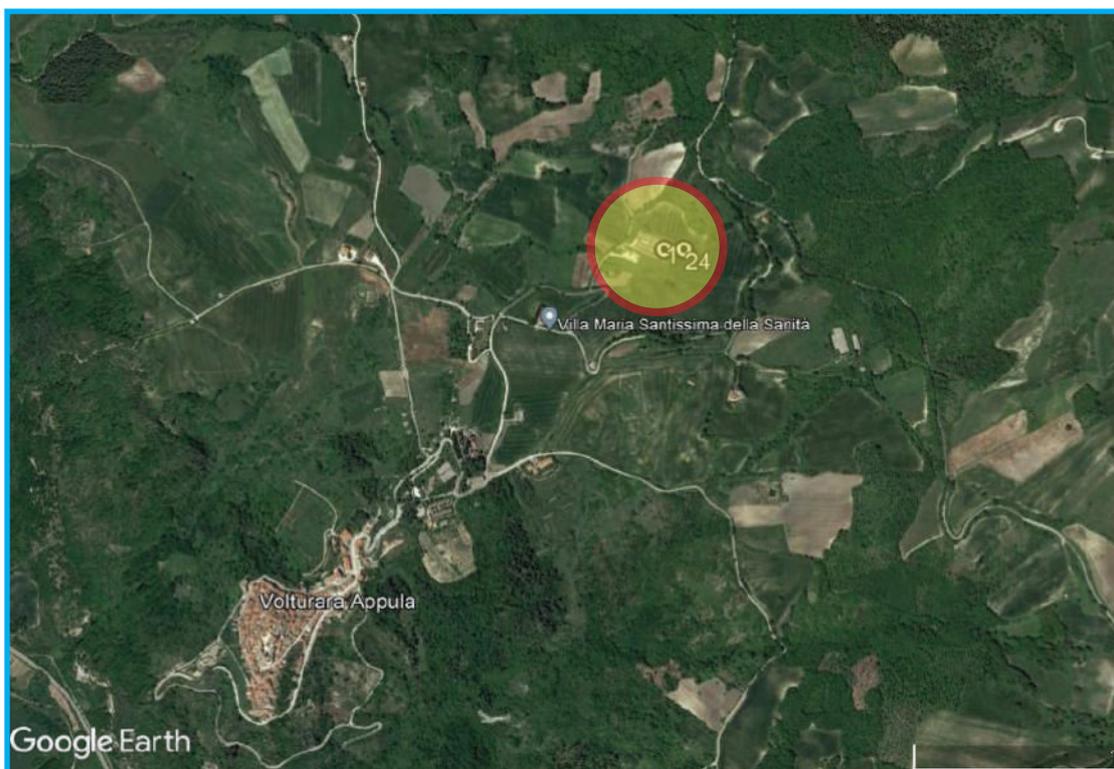
DATA
INIZIO

05/09/2022

DATA
EMISSIONE

12/09/2022

TOMOGRAFIA



TOMOGRAFIA

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

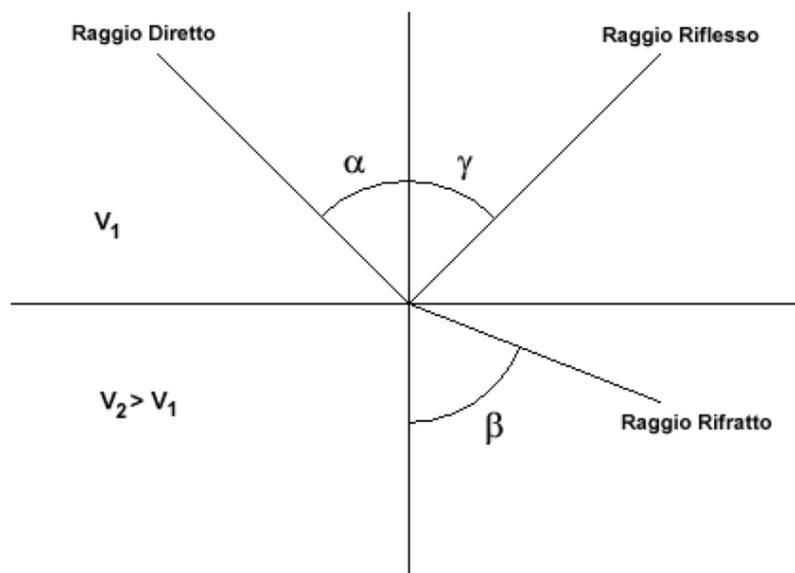
TOMOGRAFIA

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records), la variazione Tempo/Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (X_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{down-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{up-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA

Dove:

V2 = velocità approssimata dello strato sottostante

V2(up-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

V2(down-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2 \sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta ti2 del secondo segmento di linea o la distanza critica Xc2 determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h2.

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

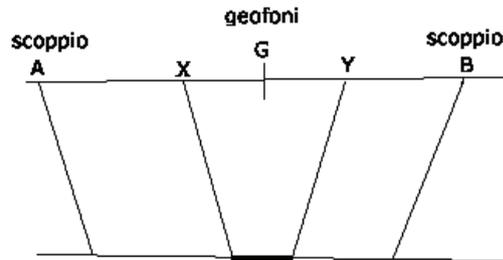
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

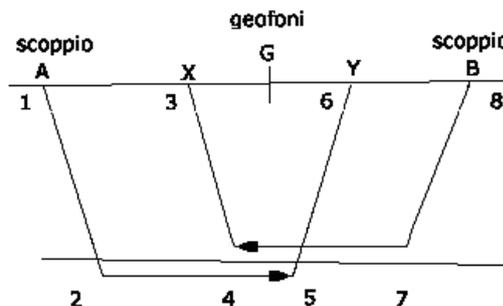
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

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

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA

Id indagine PRSE 598
LOCALITA' Volturara
DATA E ORA 05/09/22
Distanza tra i geofoni 2.0 metri battuta 3m.

Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 41.504409, 15.064197
Geofono 24: 41.504402, 15.064798

Onde P-Acquisizione dei dati

Distanza tra i geofoni : 2 m

Estensione della prova: 60 m

Posizione dello scoppio:

Scoppio 1: -3.00 m;

Scoppio 2: 11.80 m;

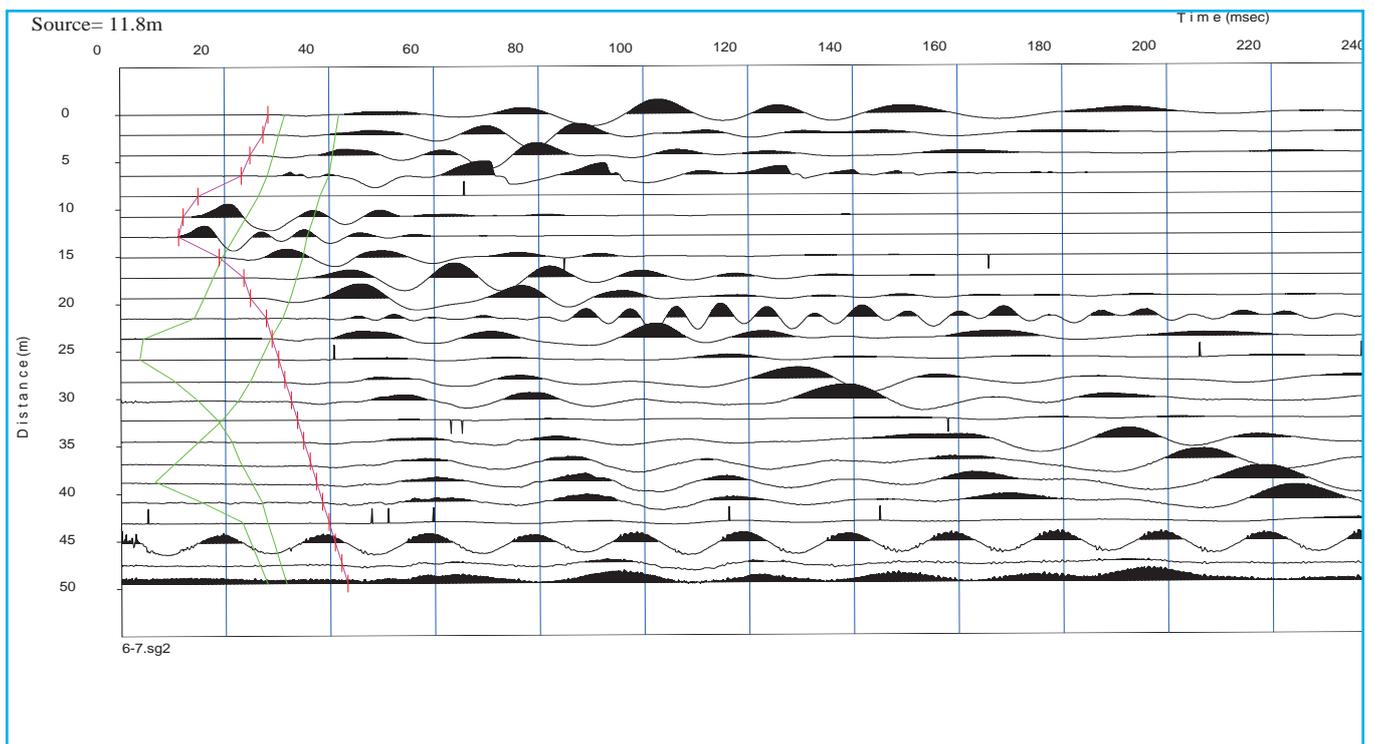
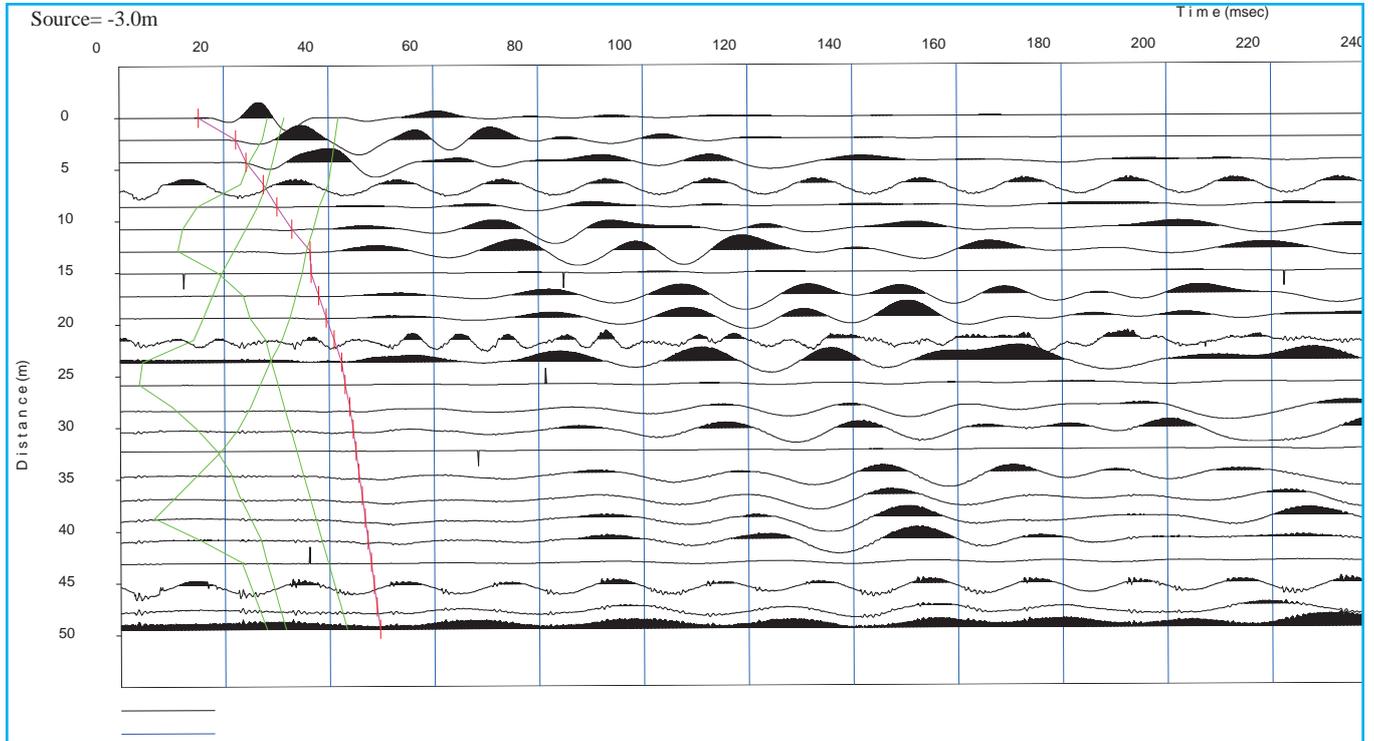
Scoppio 3: 24.75 m;

Scoppio 4: 43.75 m;

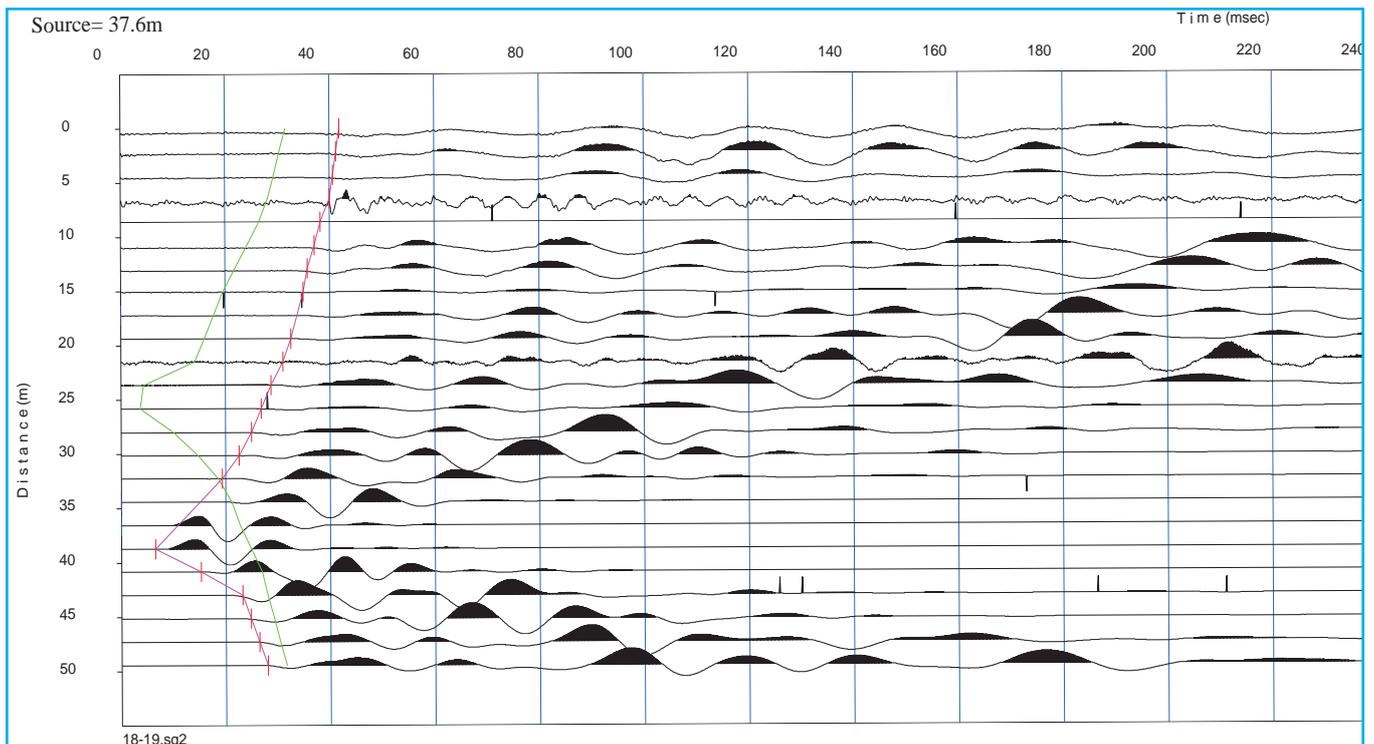
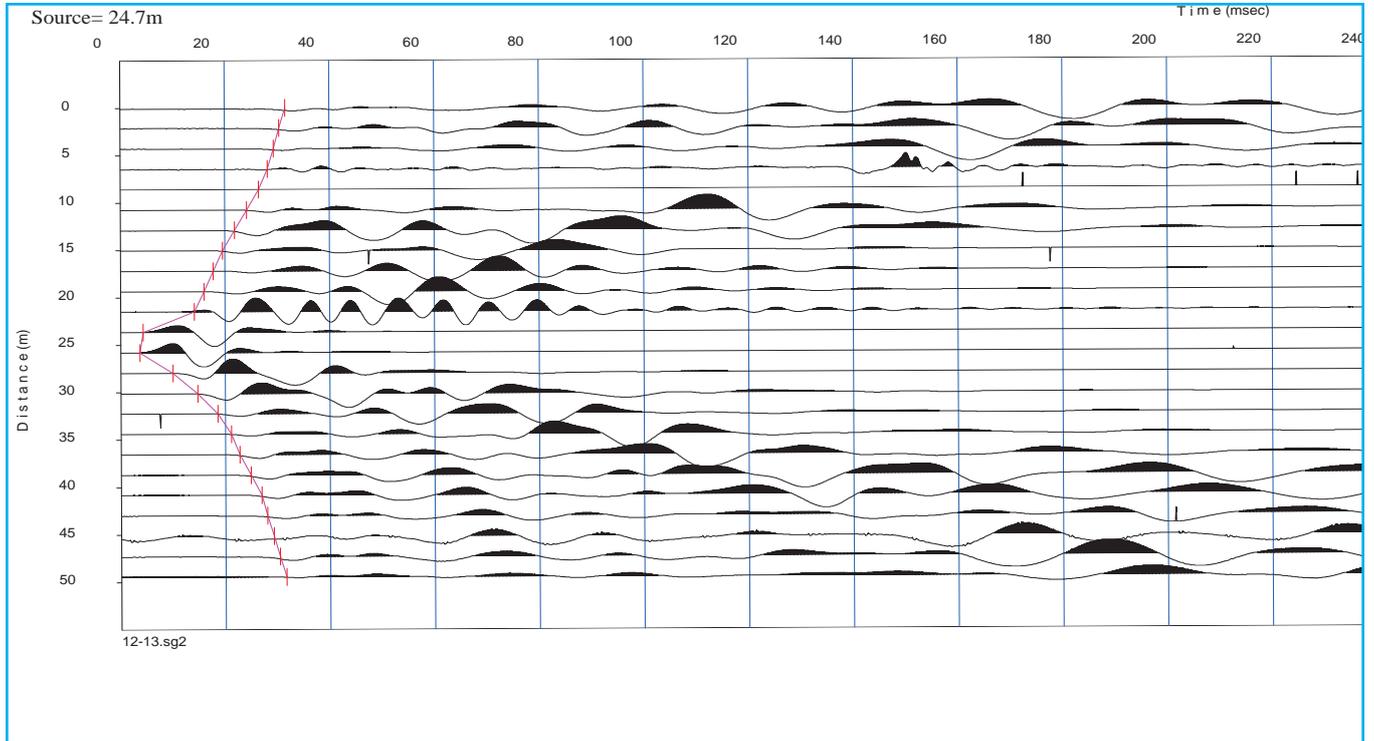
Scoppio 5: 60.50 m;



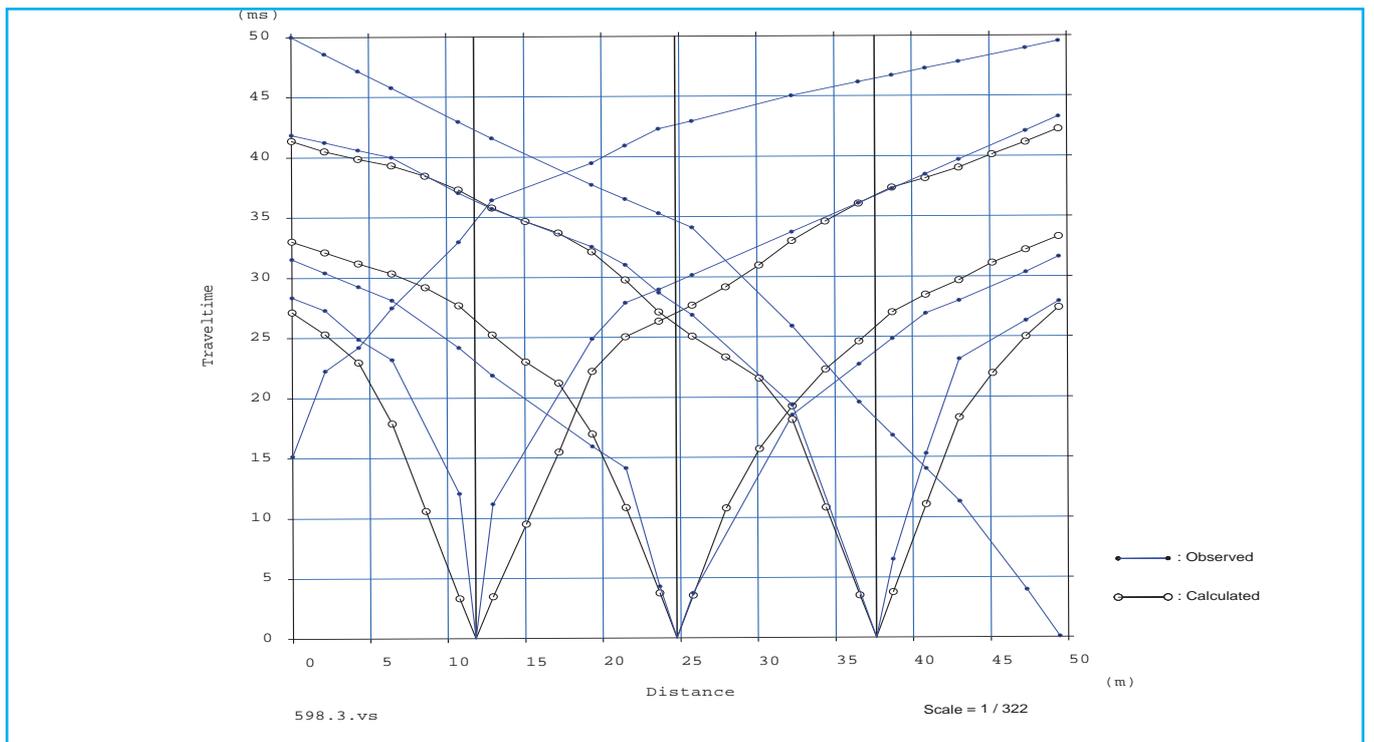
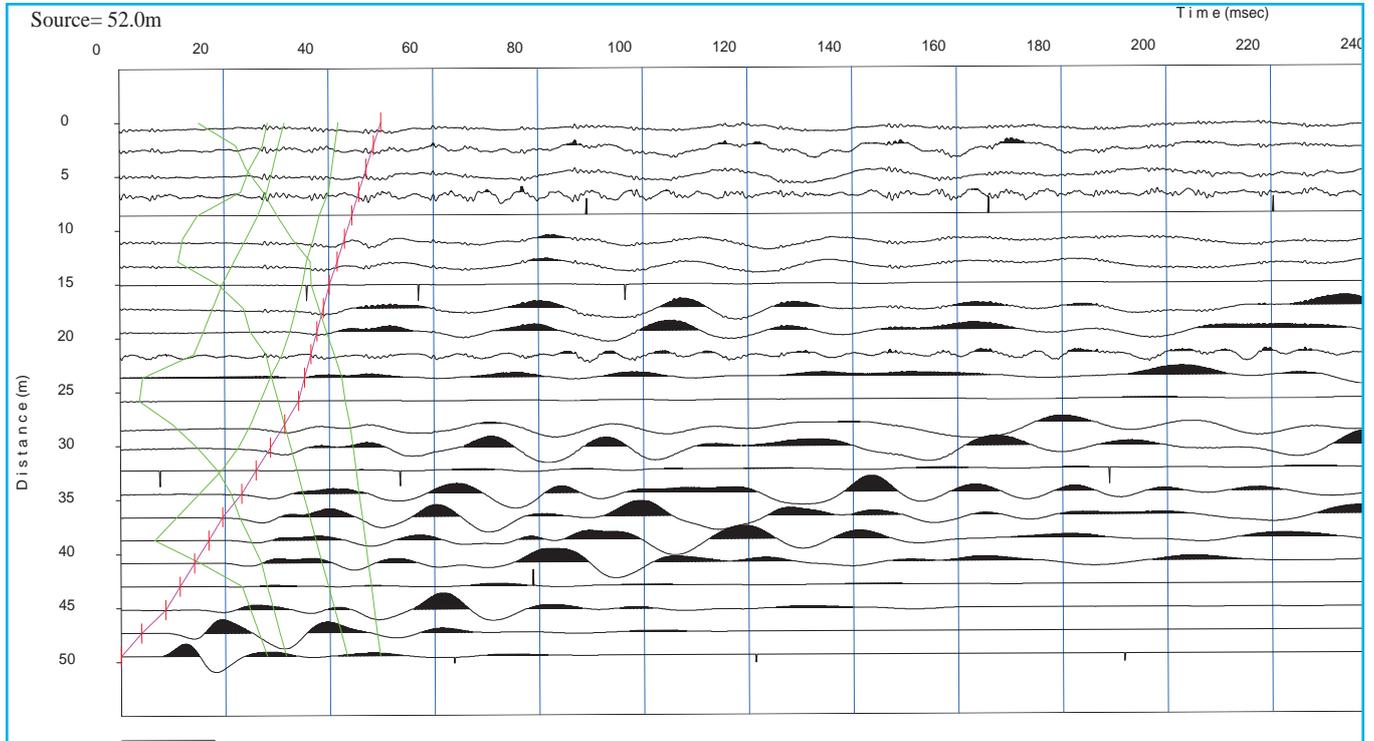
TOMOGRAFIA



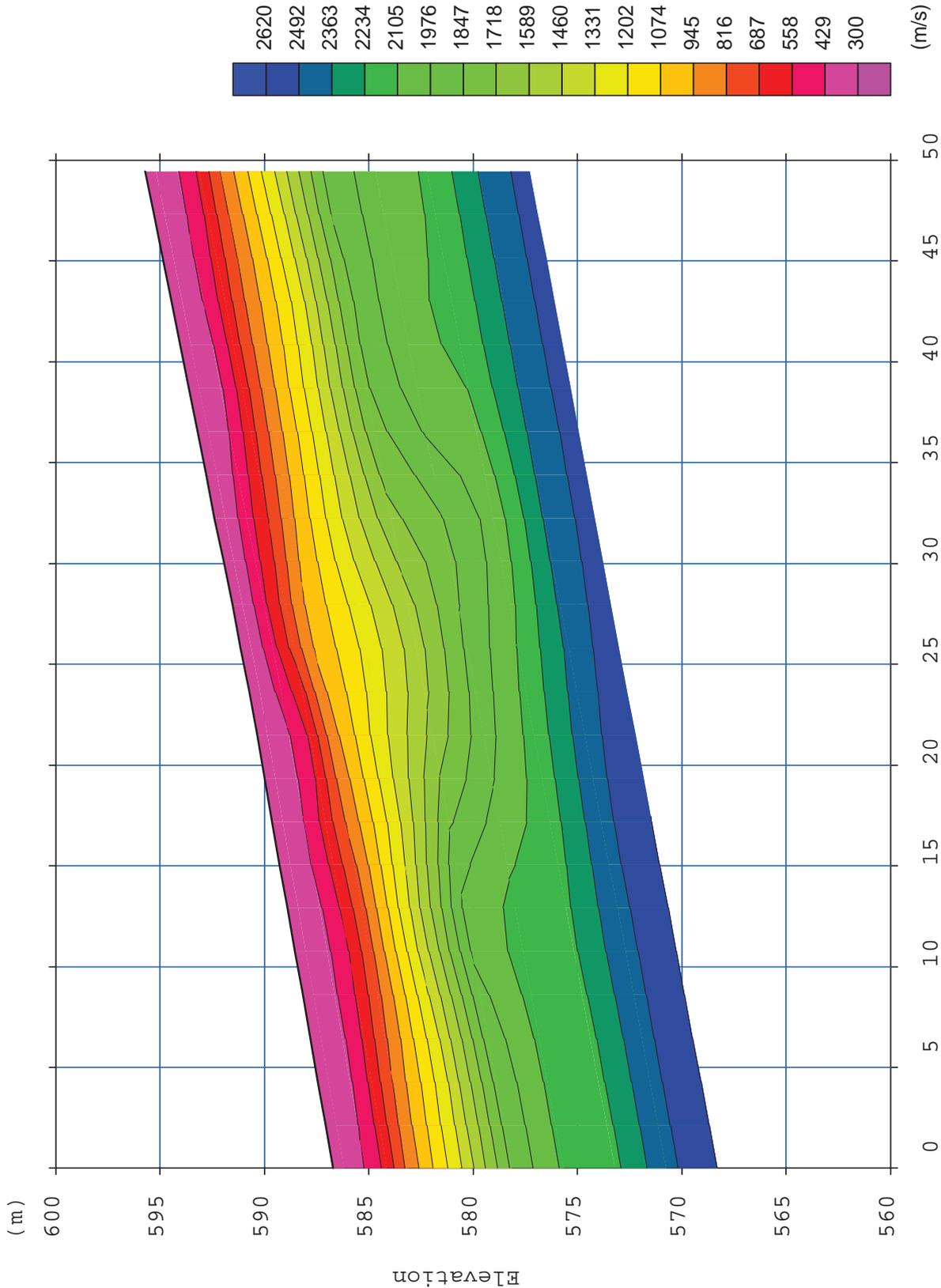
TOMOGRAFIA



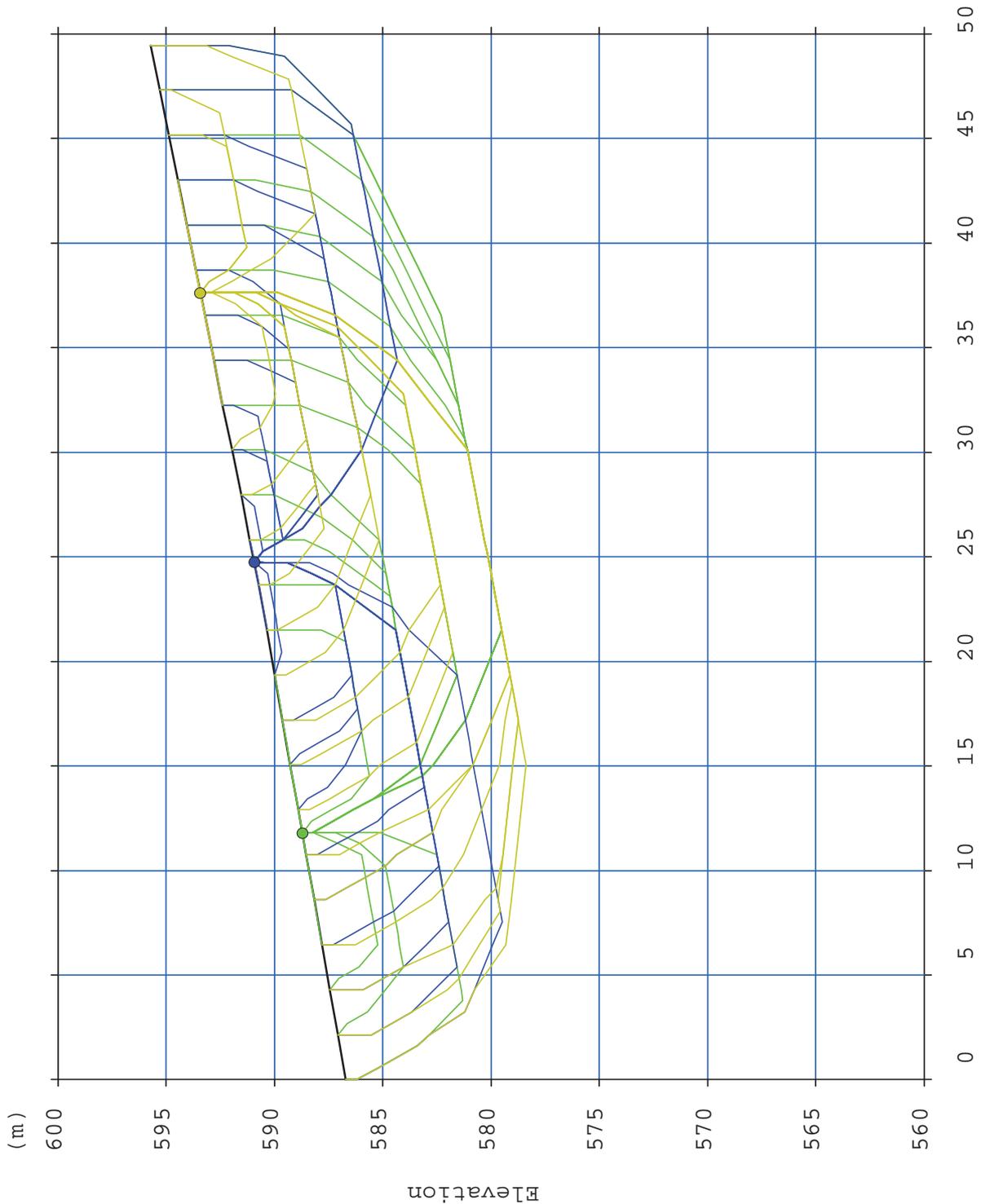
TOMOGRAFIA



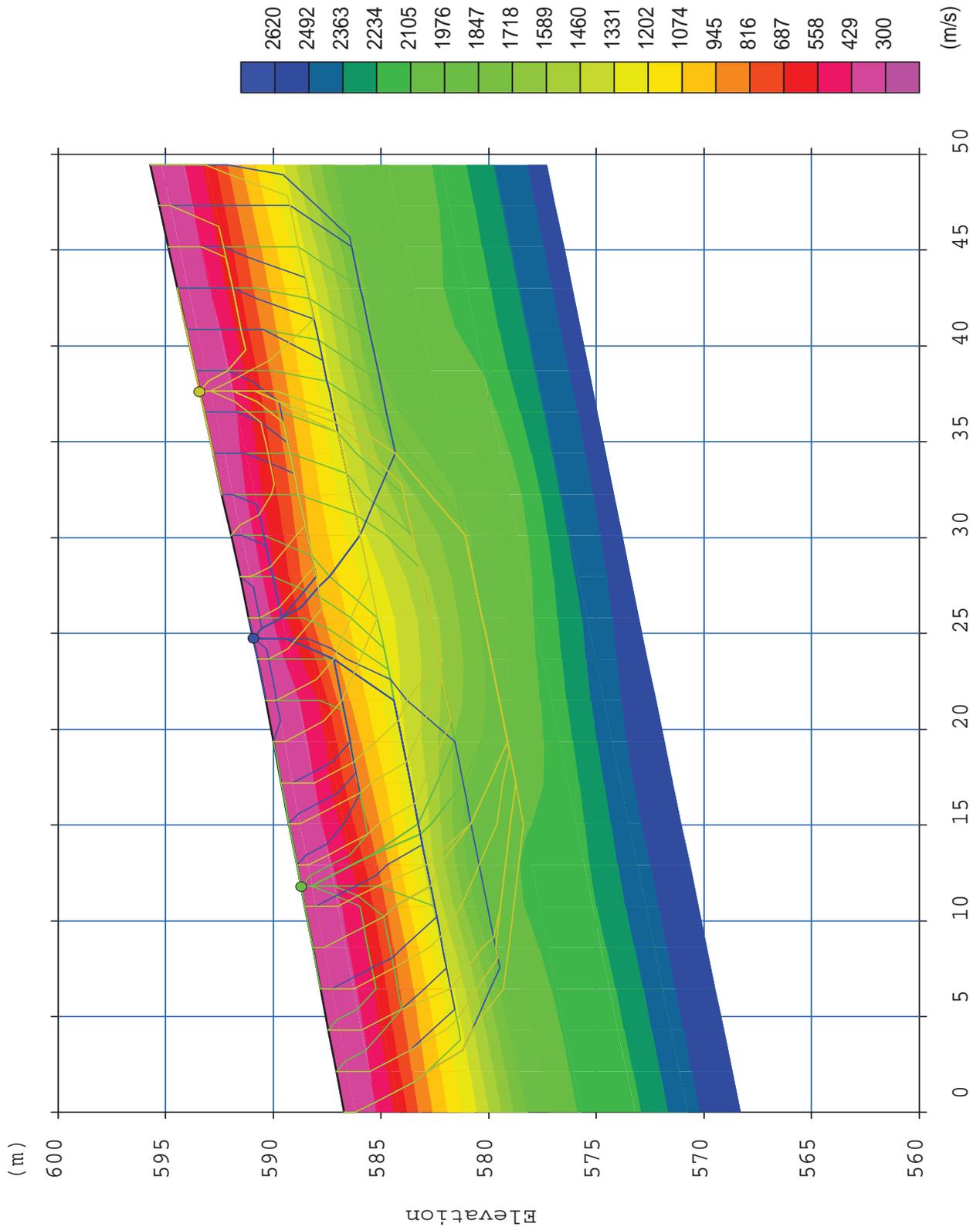
TOMOGRAFIA



TOMOGRAFIA



TOMOGRAFIA



TOMOGRAFIA

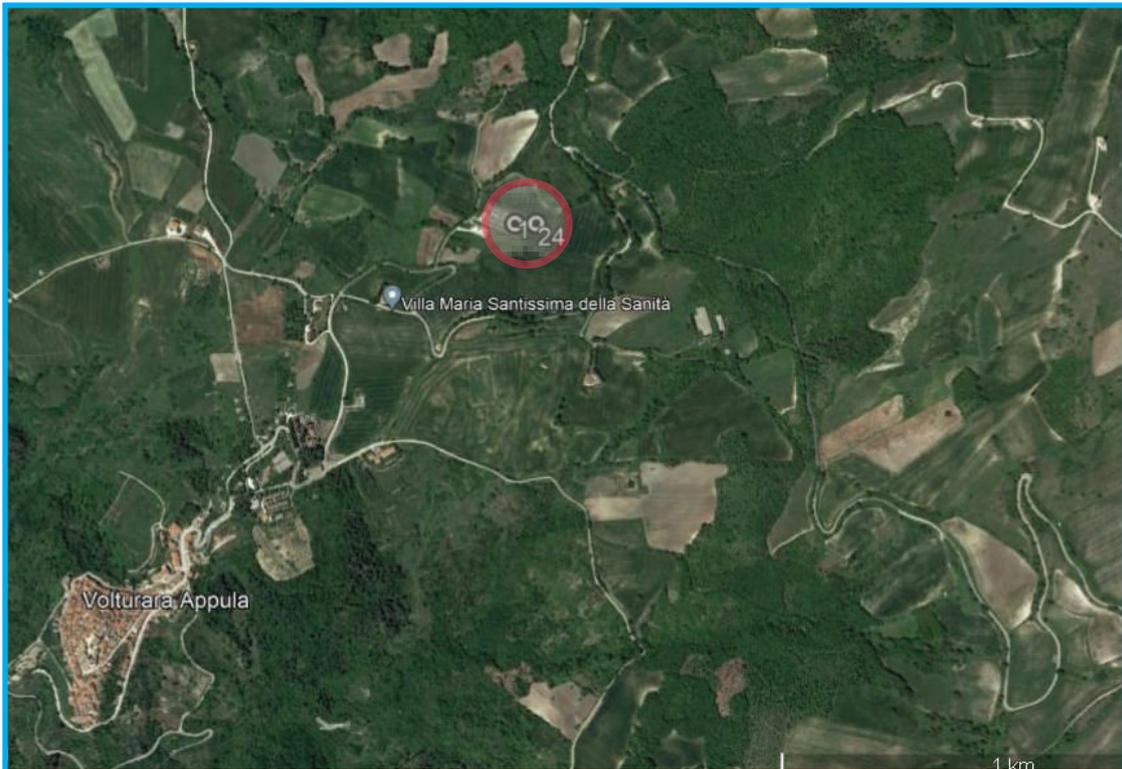


TOMOGRAFIA



MASW-598

OGGETTO:



MASW-598

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

MASW-598

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine PRSE 598

LOCALITA' Volturara

DATA E ORA 05/09/22

Distanza tra i geofoni 2.0 metri battuta 3m.

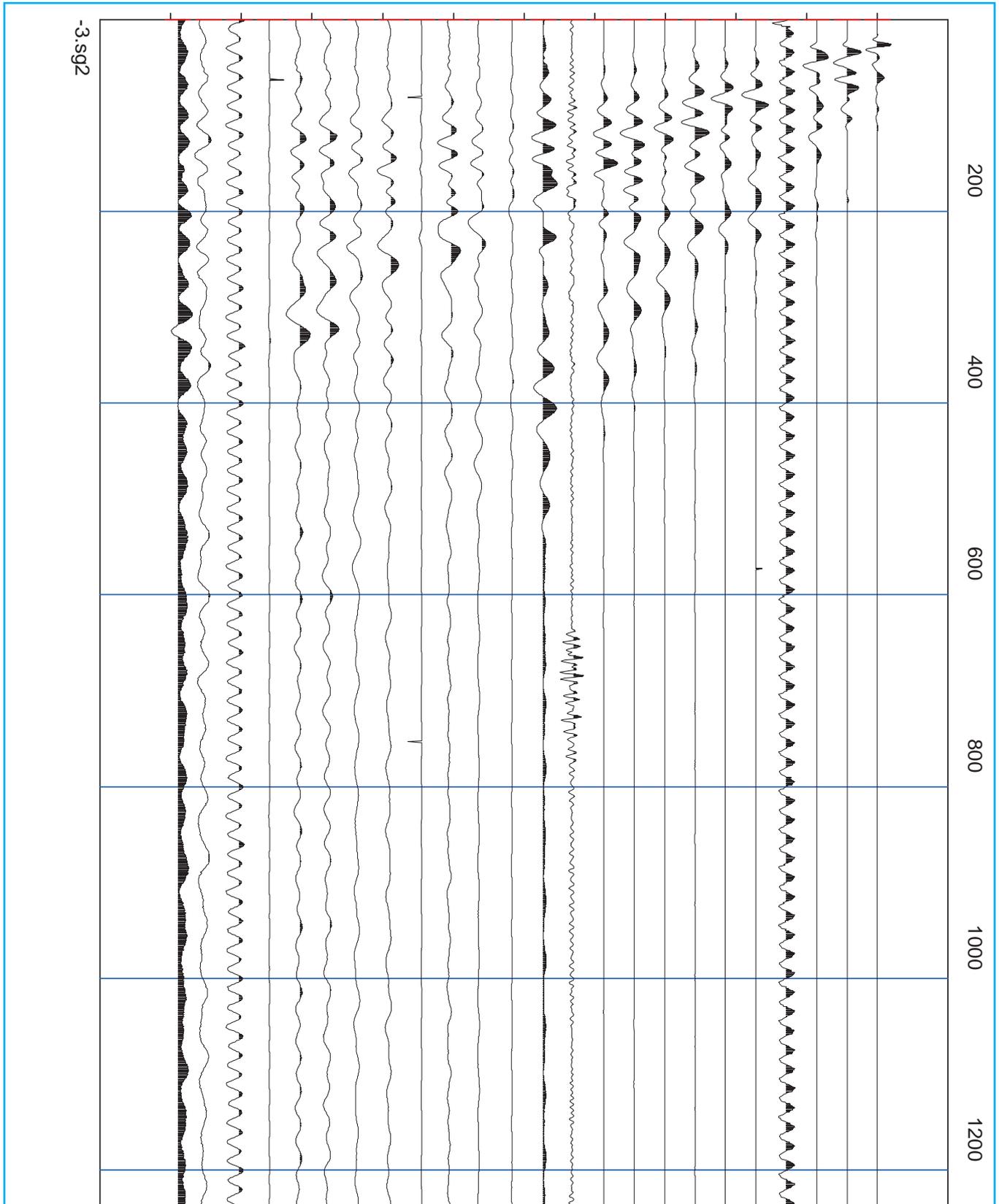
Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 41.504409, 15.064197

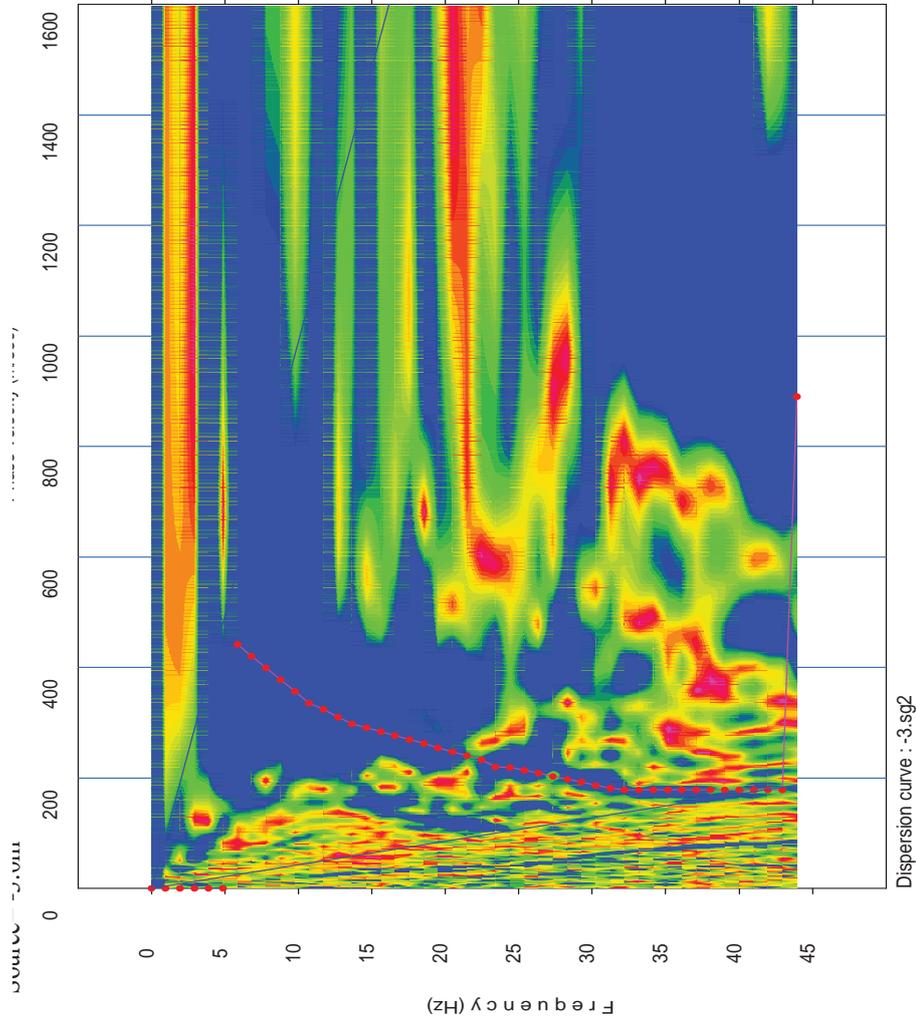
Geofono 24: 41.504402, 15.064798



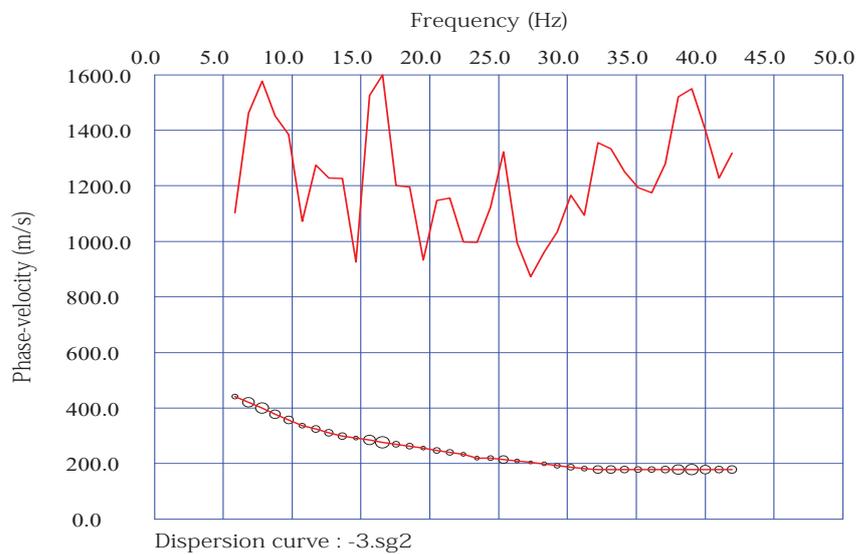
MASW-598



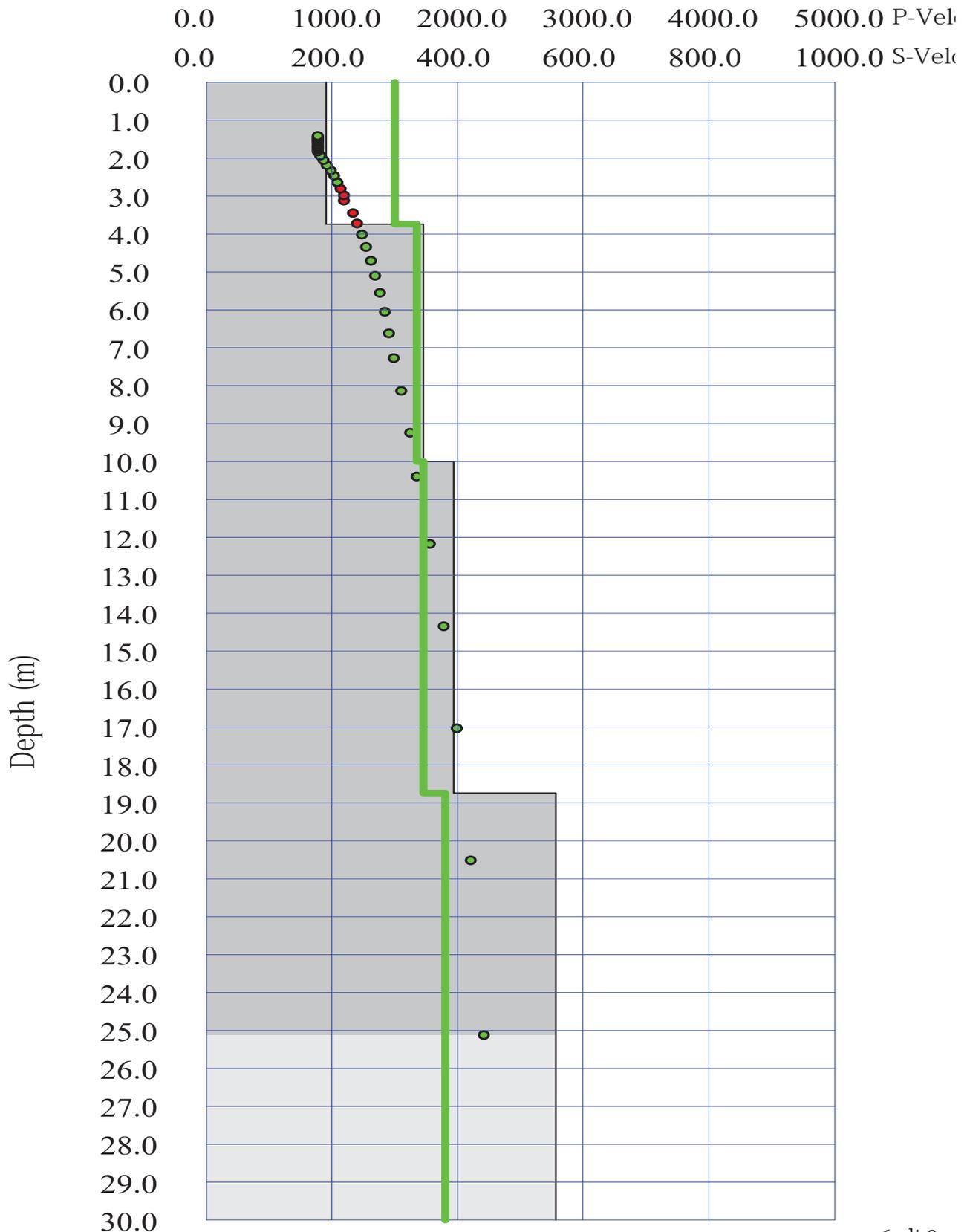
MASW-598



1D MASW anaty



MASW-598



MASW-598

PRSE 598 - 1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	n (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.8	180.00	350.00	17.88	0.32	1.94	59	156
2	3.8	6.3	340.00	700.00	18.43	0.35	2.06	217	585
3	10.0	8.8	389.00	1726.94	18.59	0.47	4.44	287	845
4	18.8	11.2	510.00	1907.54	19.14	0.46	3.74	508	1484
5	30.0 -		556.34	1907.54	19.14	0.45	3.43	604	1757
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 30 m

Vs,eq : 358.1 (m/s)

Categoria 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.

Legenda:

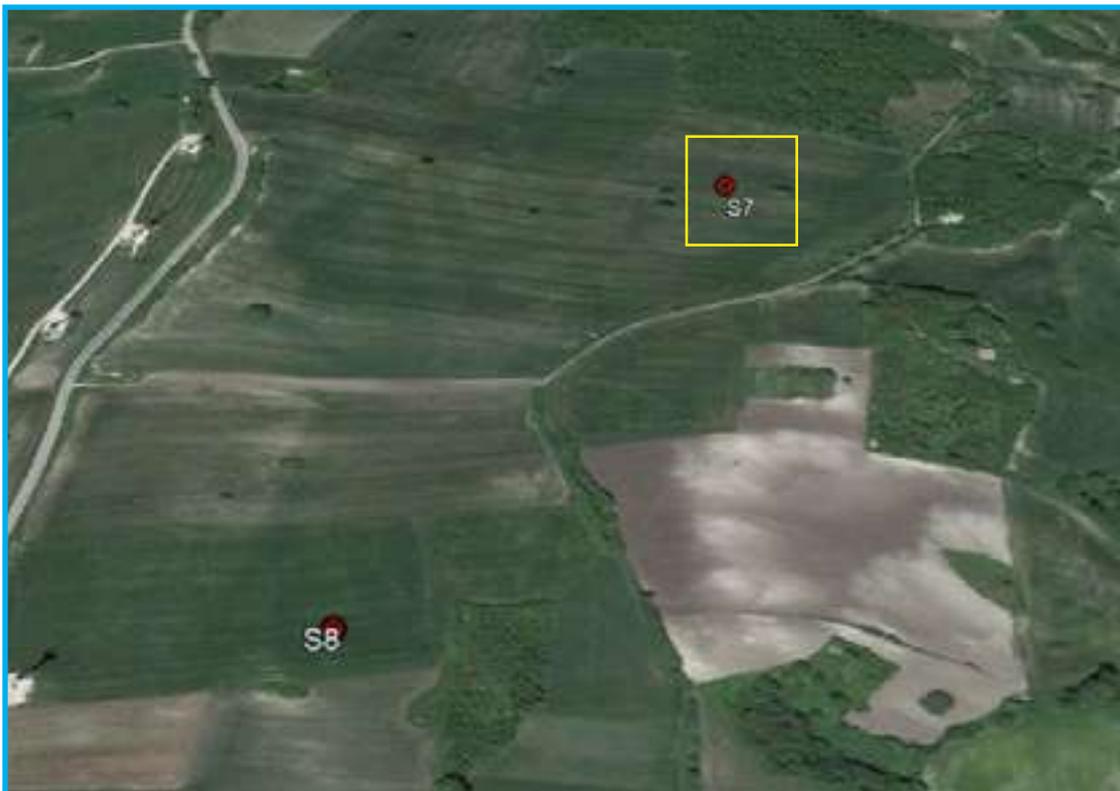
- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

MASW-598



TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

OGGETTO: PARCO EOLICO MOTTA MONTECORVINO COMMITTENZA: EDISON RINNOVABILI SPA



TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e, quindi, delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile, utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda: in questo caso in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può, quindi, essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che, interferendo fra loro, danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

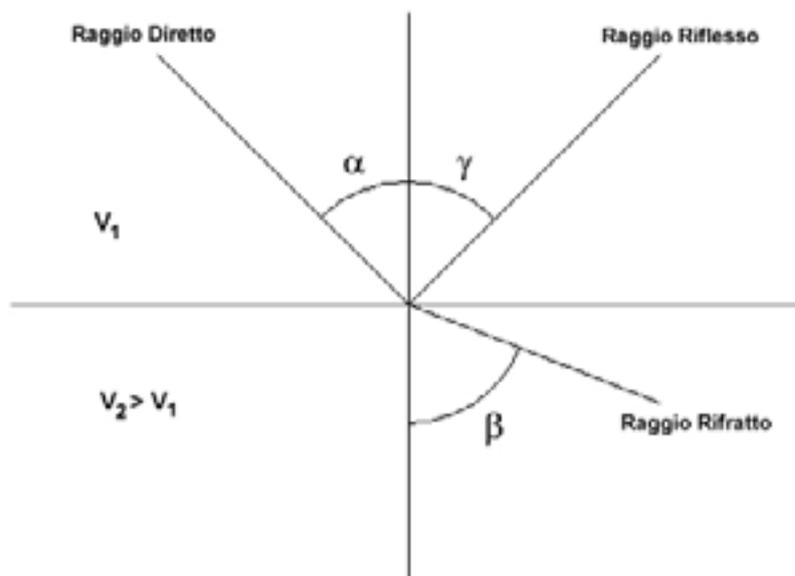
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records) e la variazione Tempo/ Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (x_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{down-dip})}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{up-dip})}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

Dove:

V2 = velocità approssimata dello strato sottostante

V2(up-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

V2(down-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta ti2 del secondo segmento di linea o la distanza critica Xc2 determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h2.

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

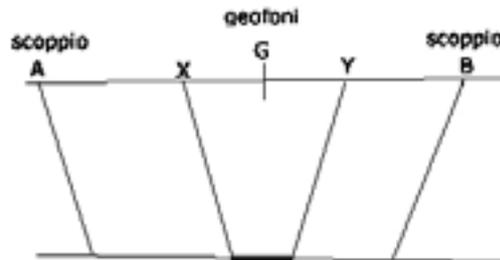
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

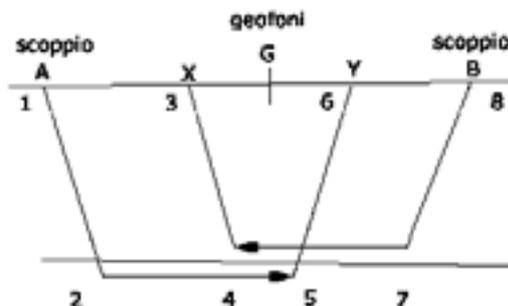
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un' opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un' onda elastica diretta e da una rifratta. L' onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

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

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

Id indagine PRSE772 - S7
LOCALITA' MOTTA MONTECORVINO (FG)
DATA E ORA 12/10/2023

Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 41.29.269 N-15.05.345 E
Geofono 12-13: 41.29.268 N-15.05.307 E
Geofono 24: 41.29.272 N-15.05.269 E

Onde P-Acquisizione dei dati

Estensione della prova: 120m

Posizione dello scoppio:

Scoppio 1: -5m;

Scoppio 2: 22.50m;

Scoppio 3: 42.50m;

Scoppio 4: 62.50m;

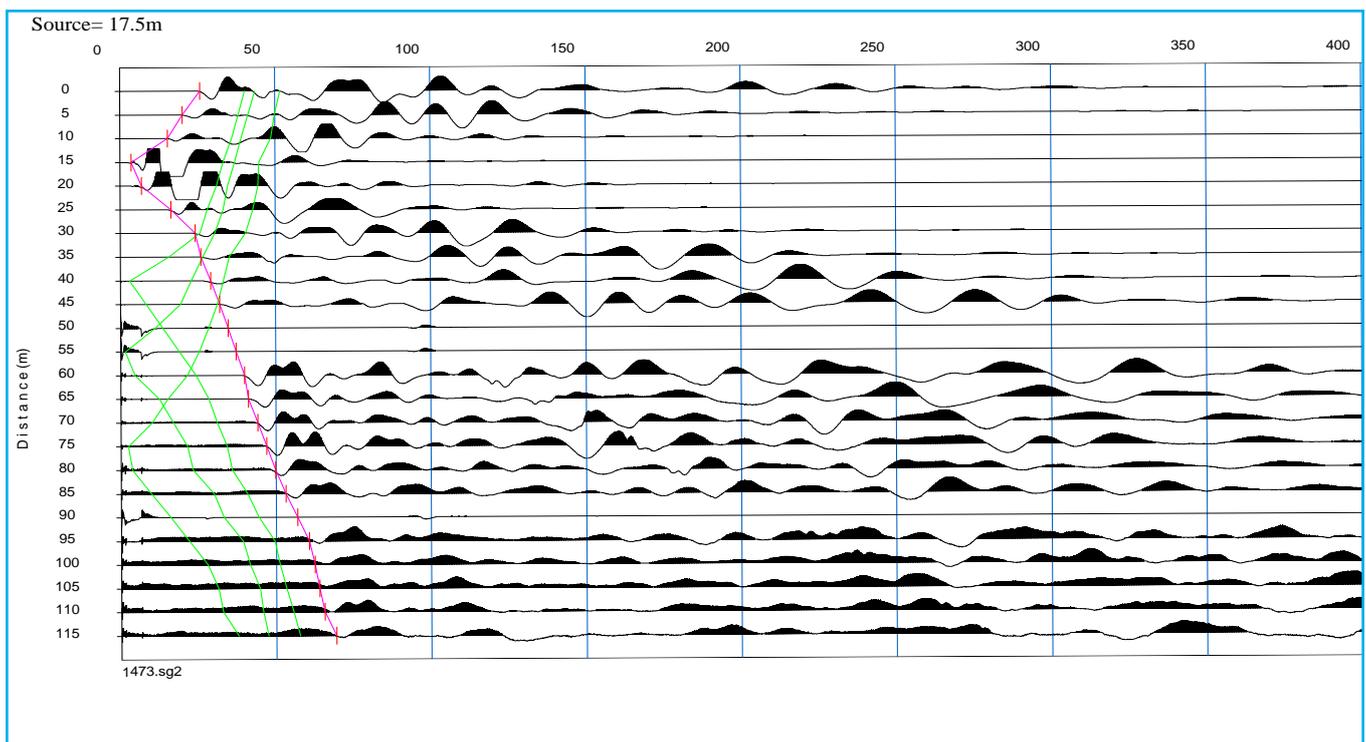
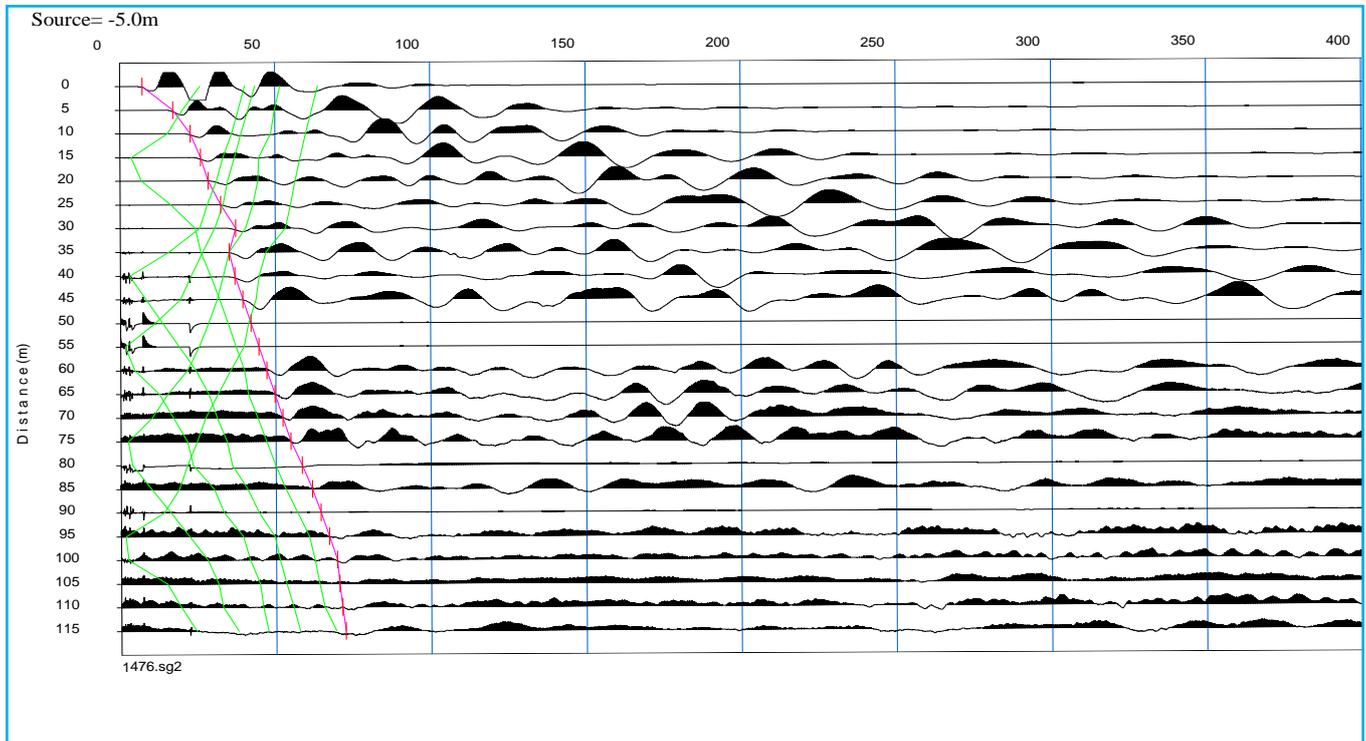
Scoppio 5: 82.50m;

Scoppio 6:102.50m;

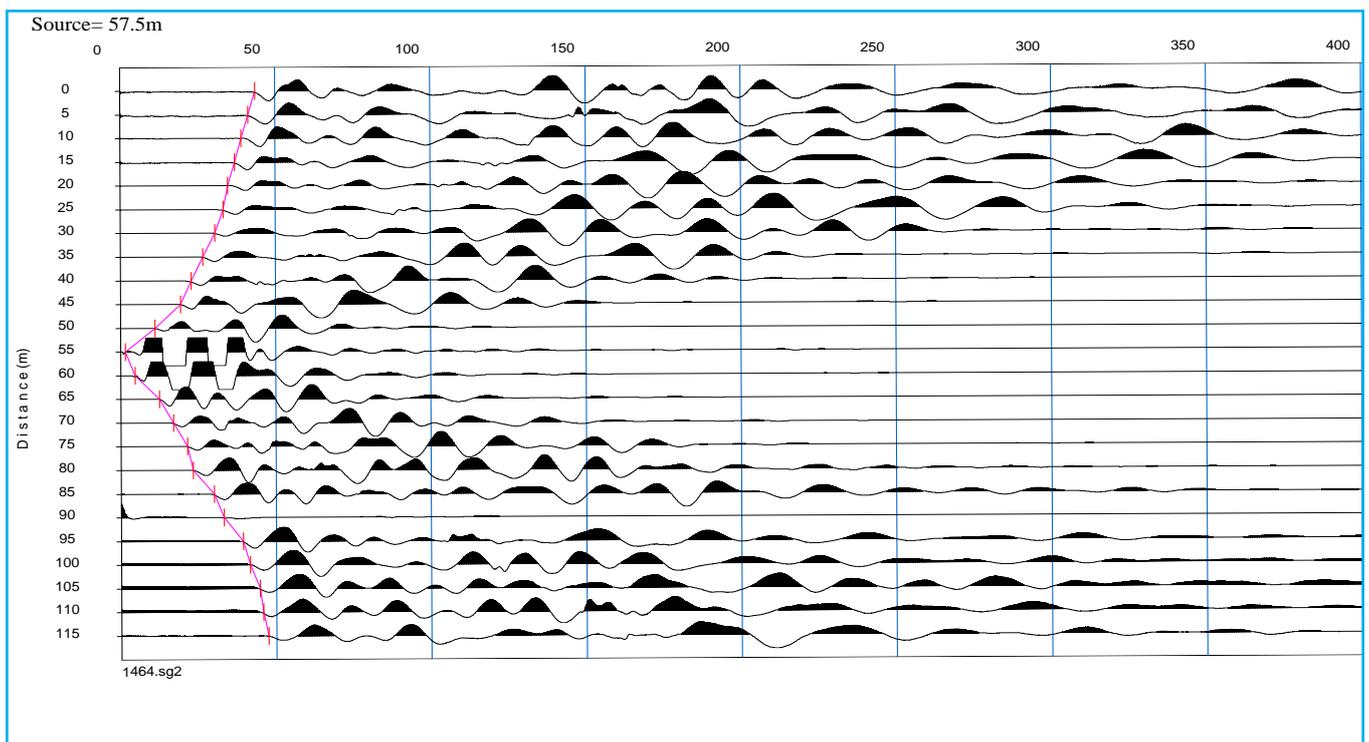
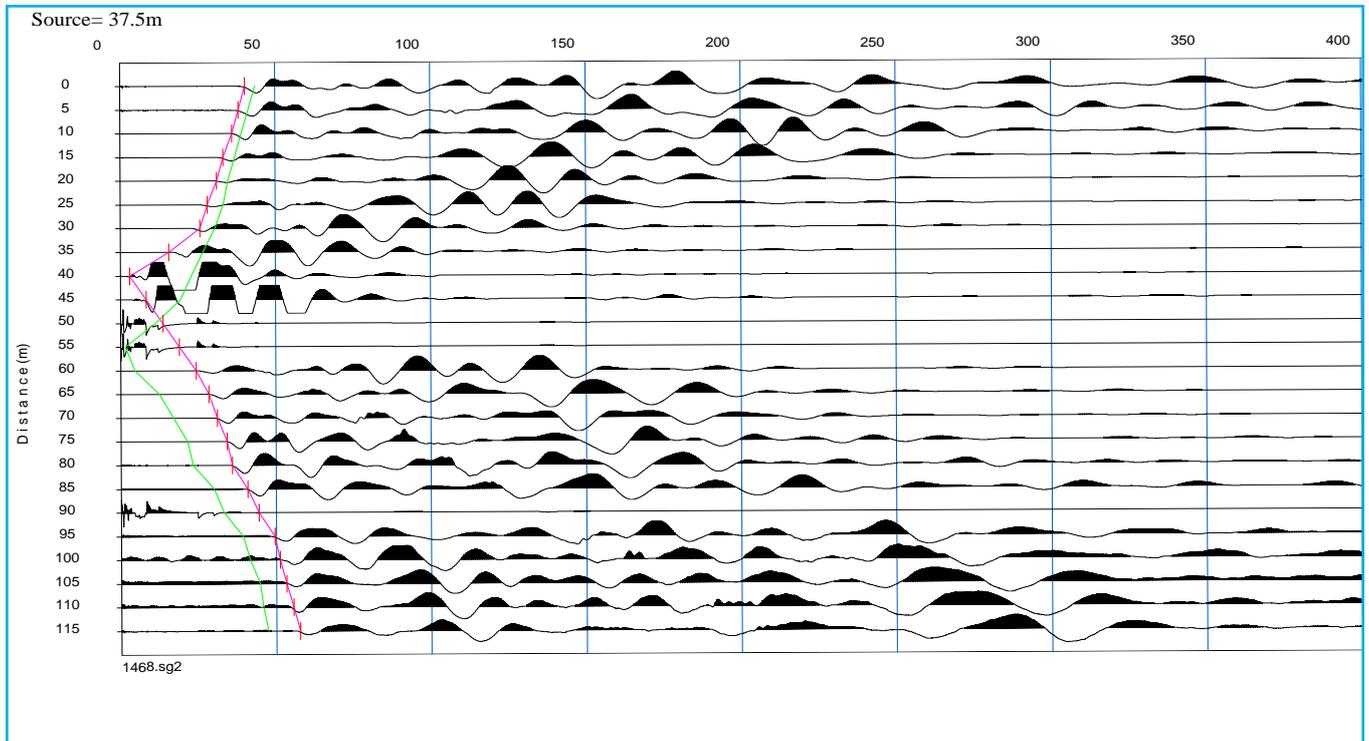
Scoppio 7:120m.



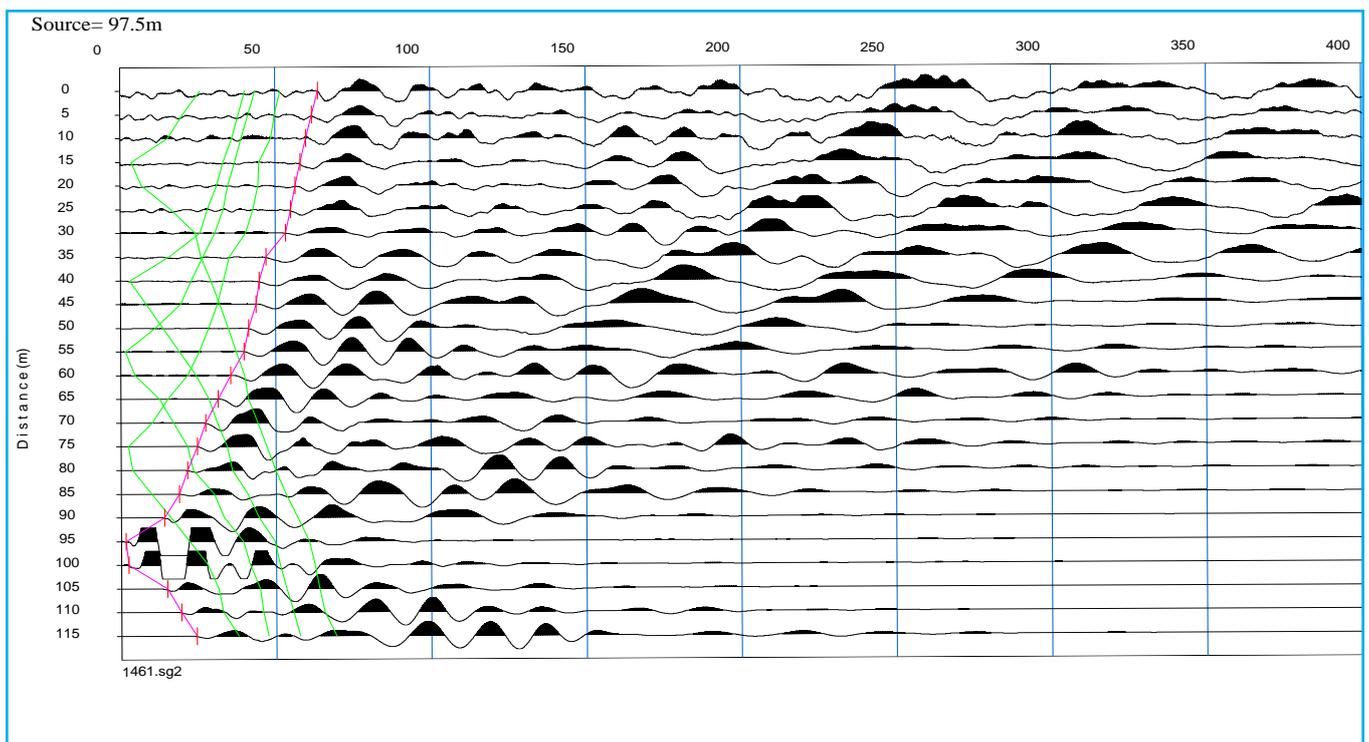
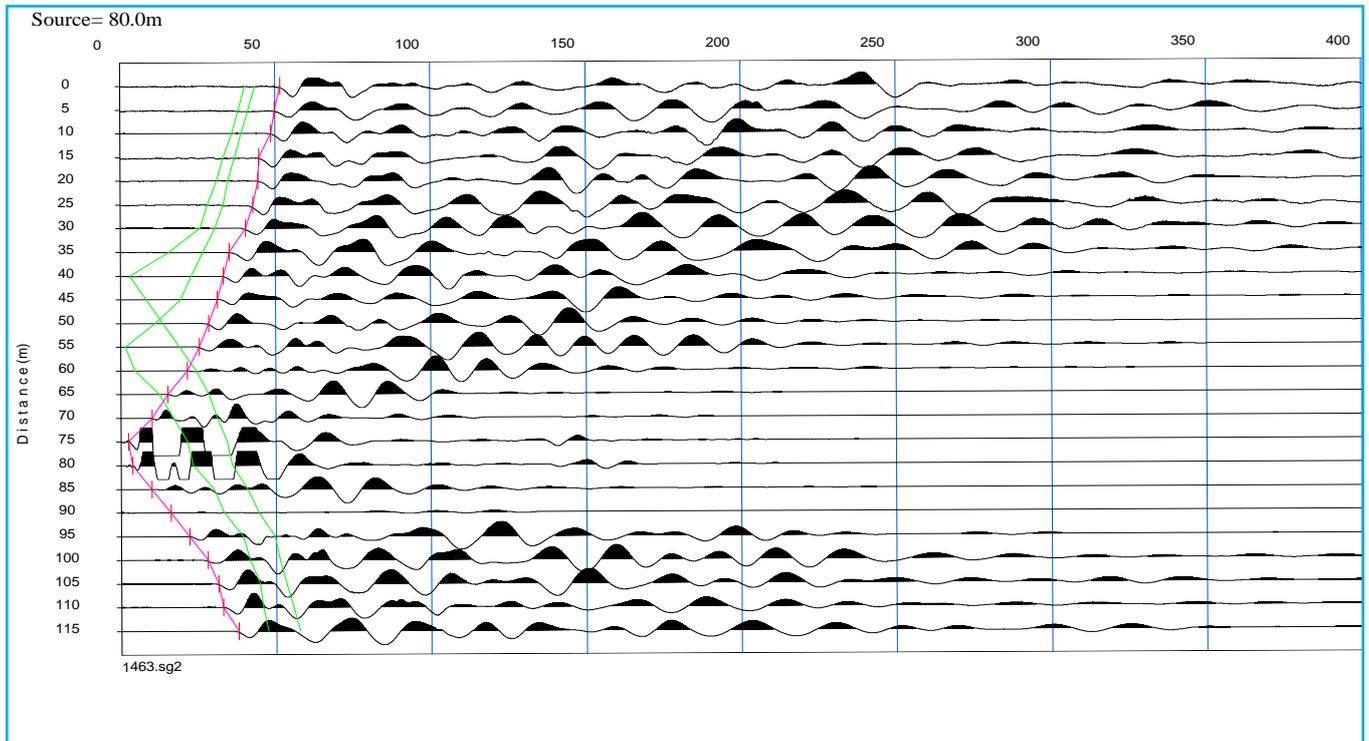
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



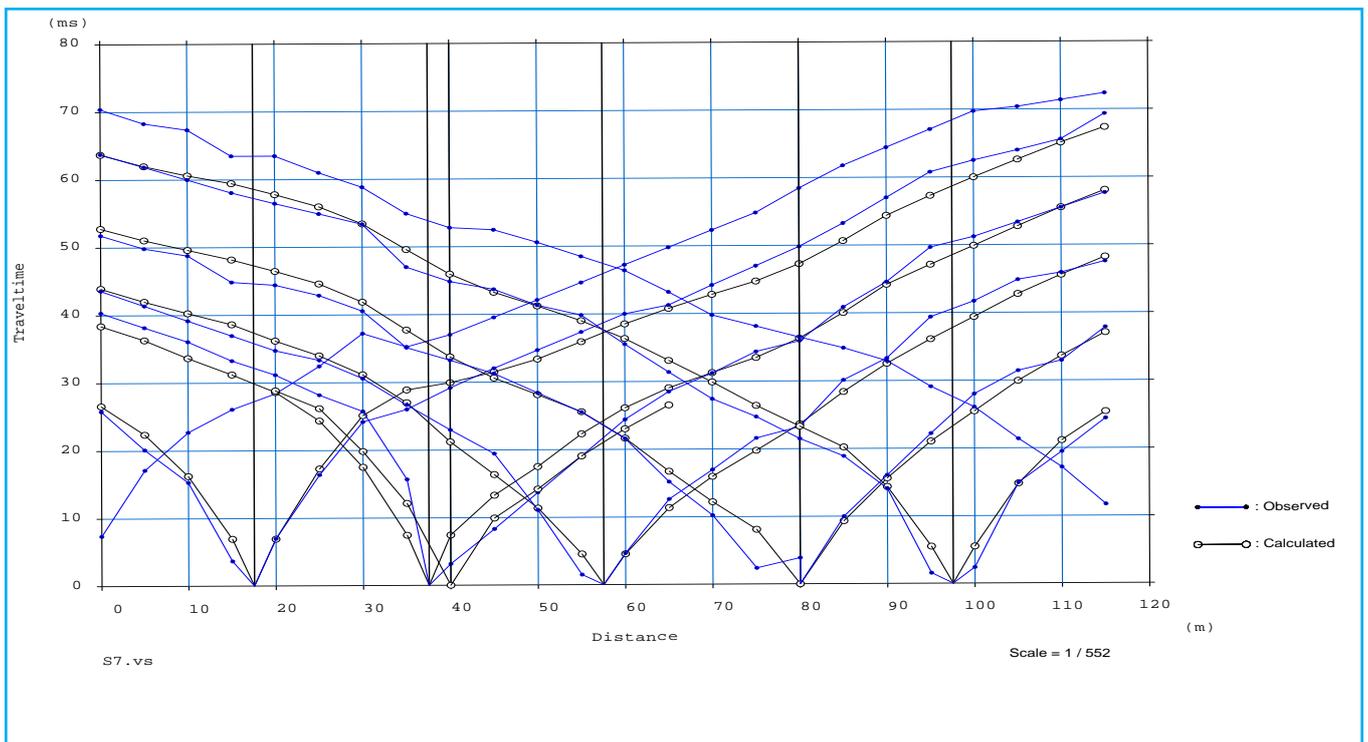
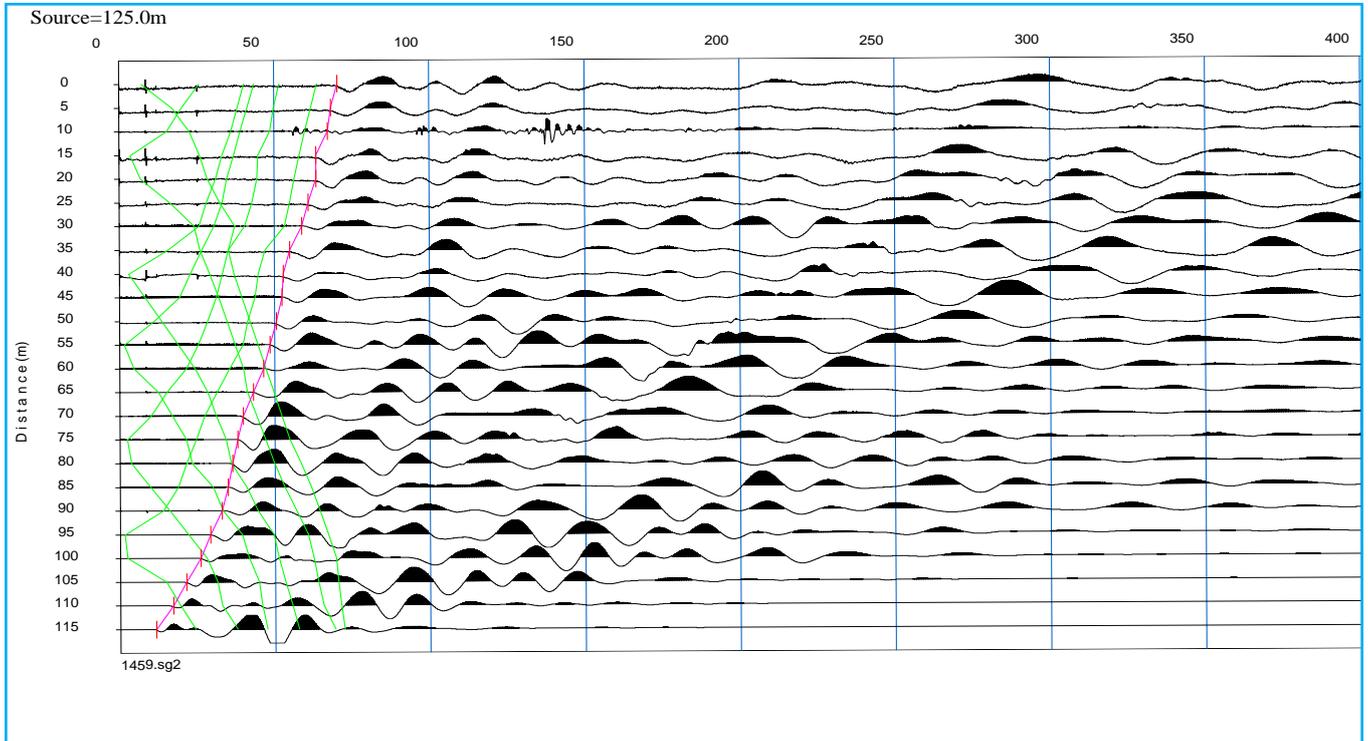
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



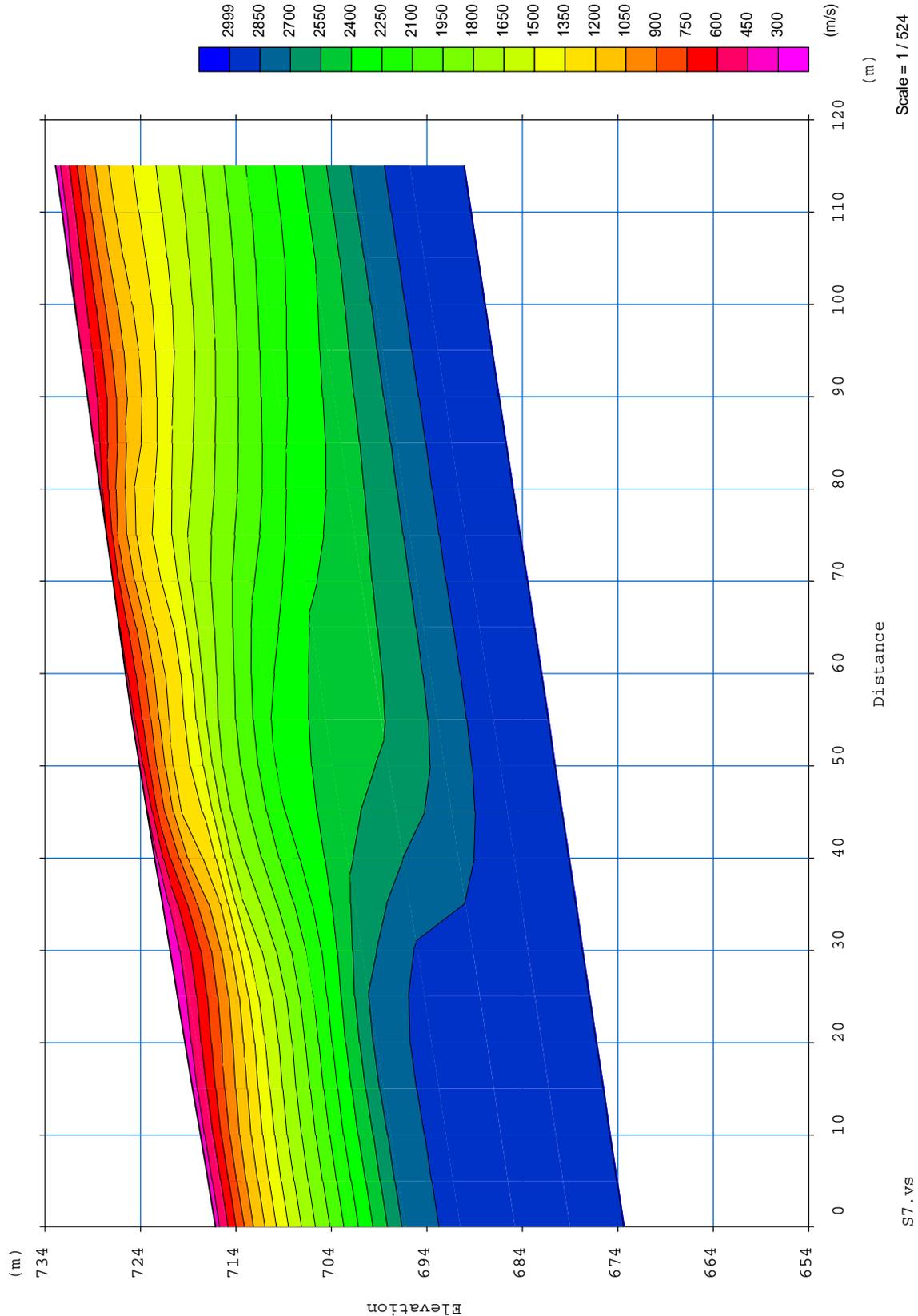
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



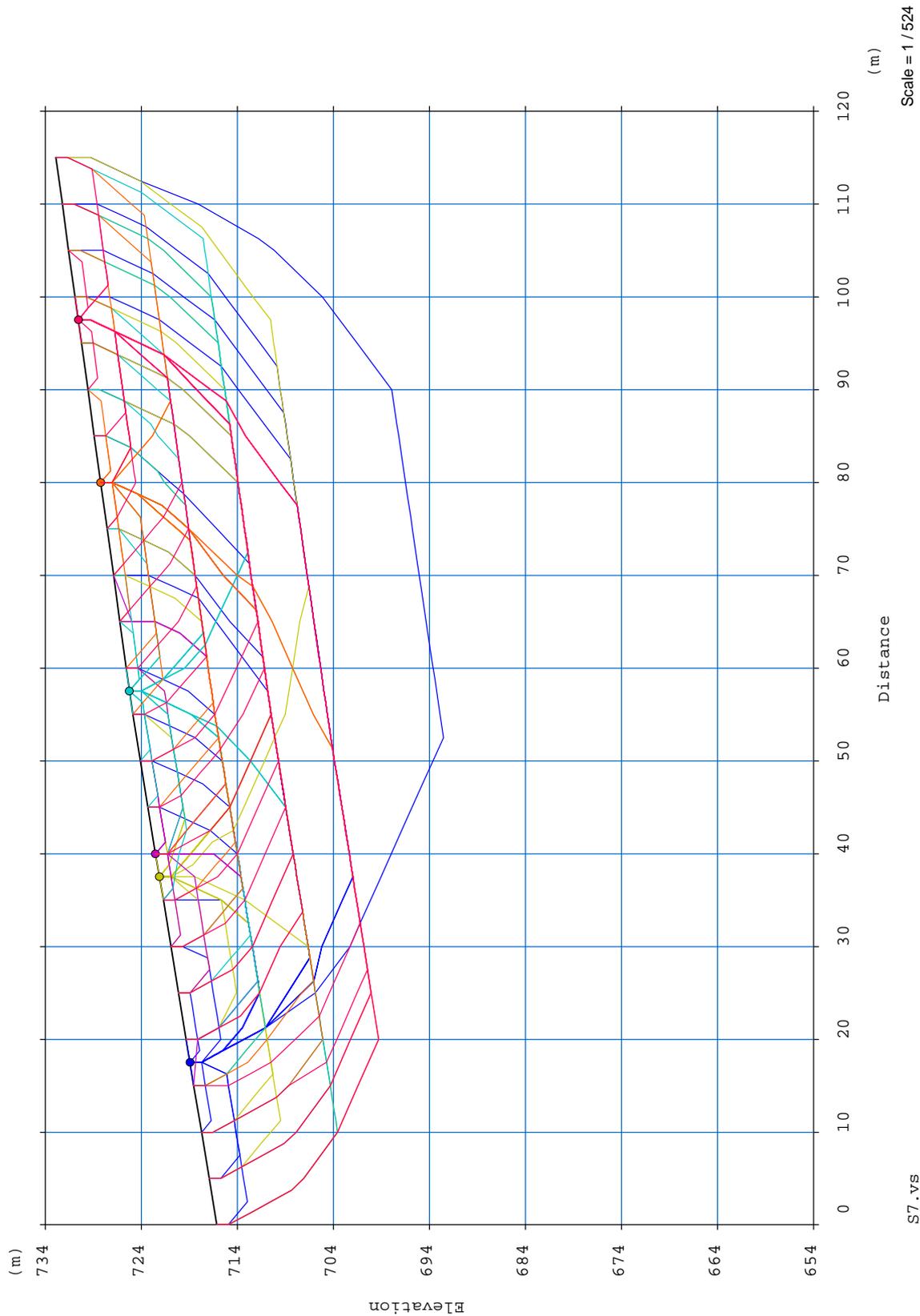
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



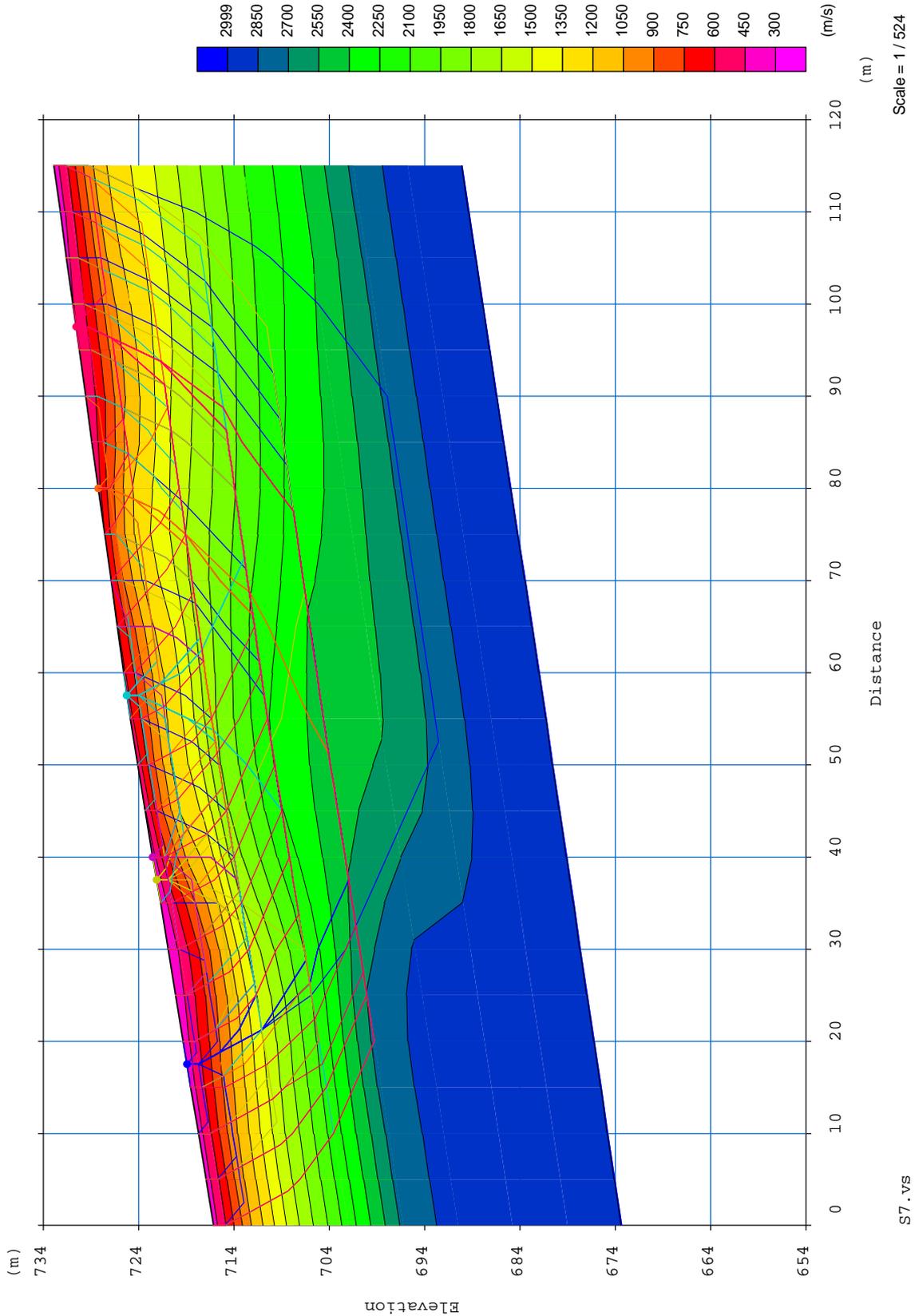
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



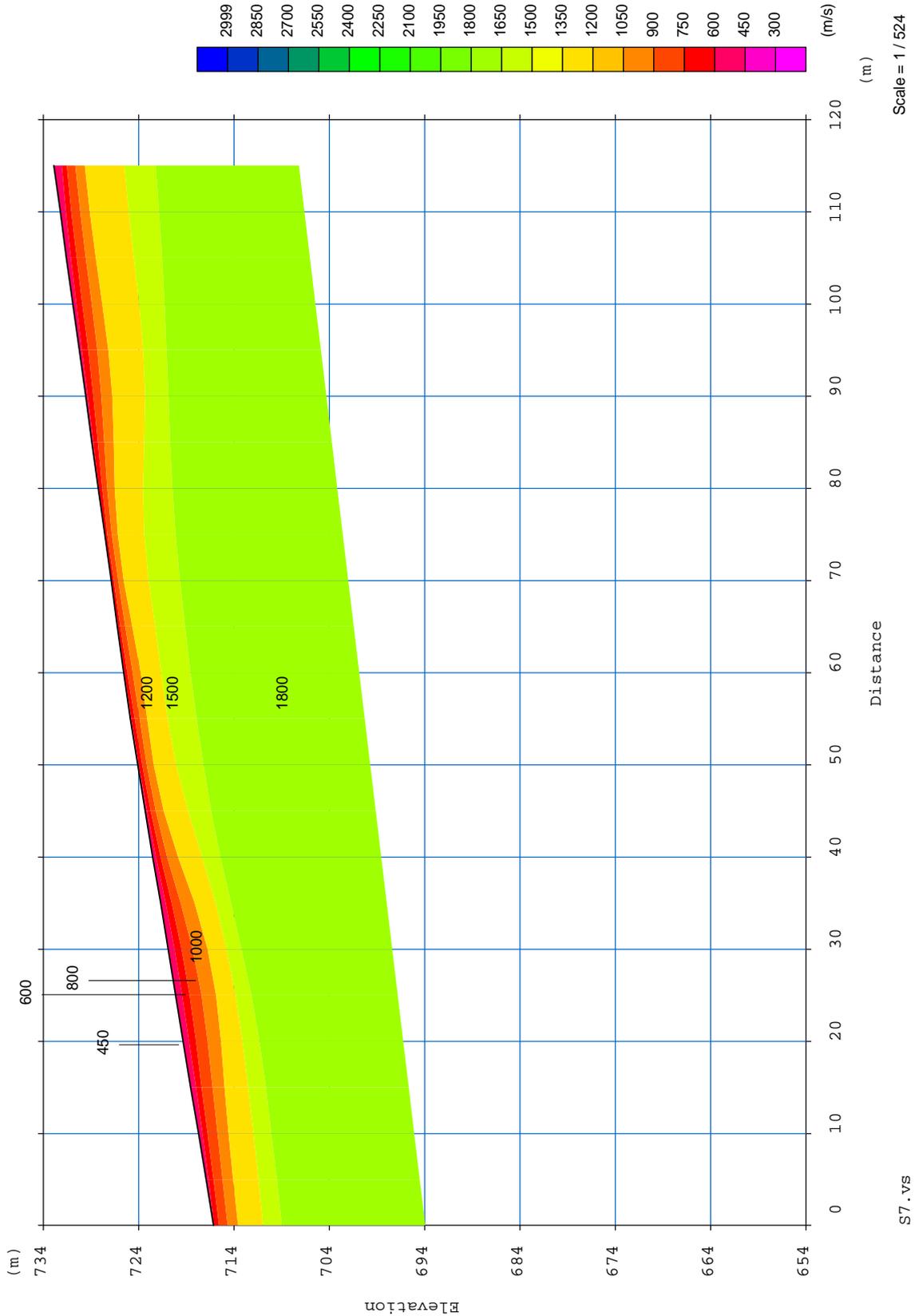
TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



TOMOGRAFIA PRSE772 - S7

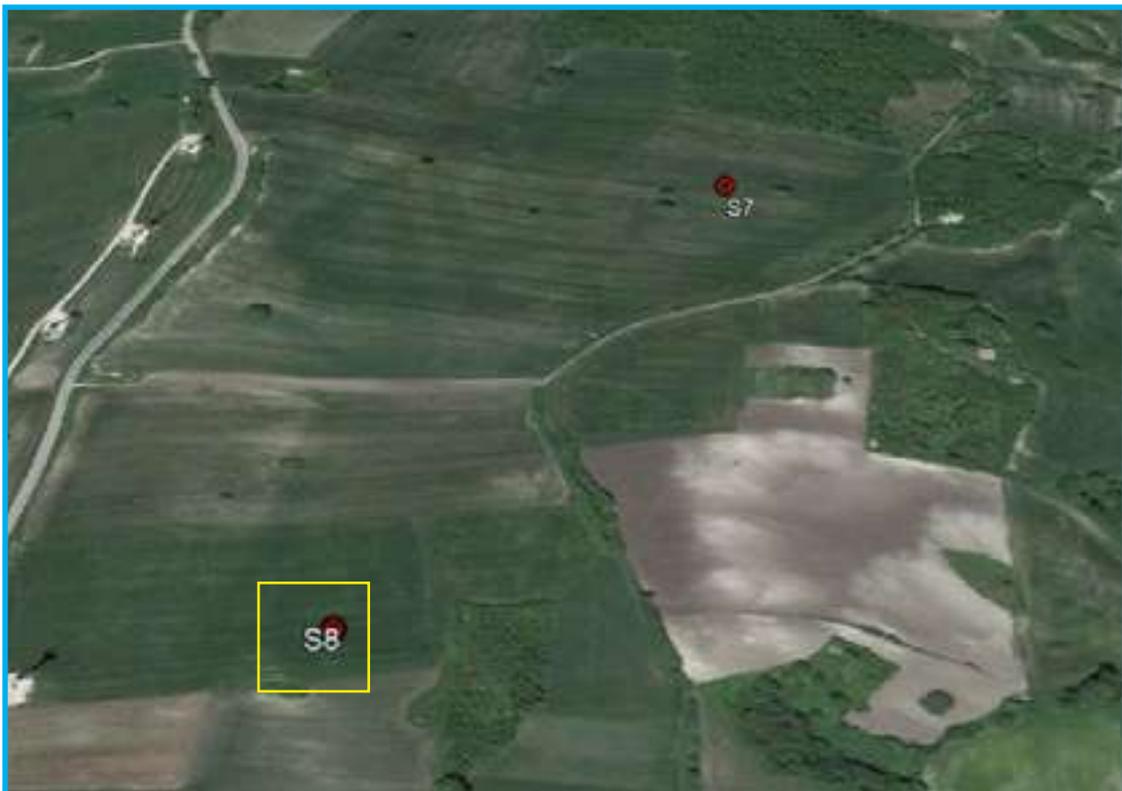


TOMOGRAFIA PRSE772 - S7



TOMOGRAFIA PRSE772 - SS

OGGETTO: PARCO EOLICO MOTTA MONTECORVINO COMMITTENZA: EDISON RINNOVABILI SPA



TOMOGRAFIA PRSE772 - S8

Id indagine PRSE772 - S8
LOCALITA' MOTTA MONTECORVINO (FG)
DATA E ORA 13/10/2023

Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 41.29.004 N-15.05.189 E
Geofono 12-13: 41.28.998 N-15.05.148 E
Geofono 24: 41.28.992 N-15.05.110 E

Onde P-Acquisizione dei dati

Estensione della prova: 120m

Posizione dello scoppio:

Scoppio 1: -5m;

Scoppio 2: 22.50m;

Scoppio 3: 42.50m;

Scoppio 4: 62.50m;

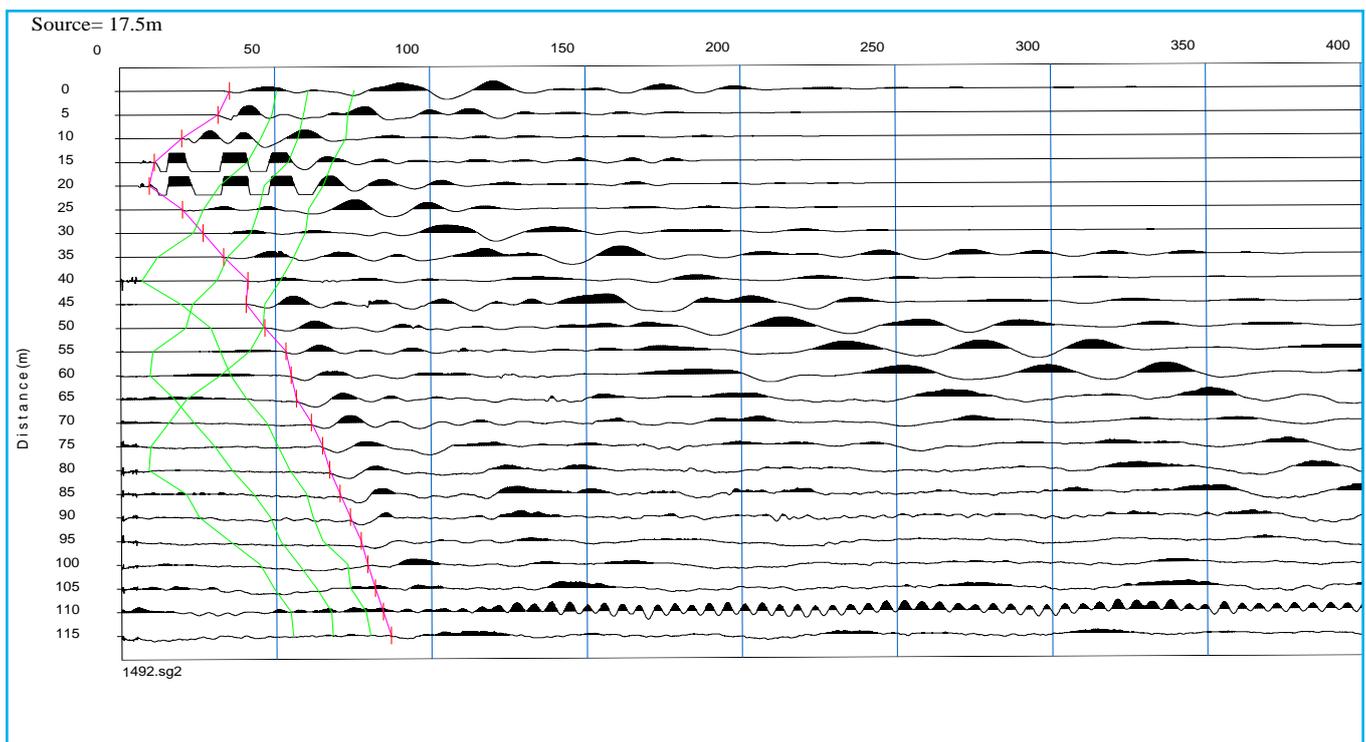
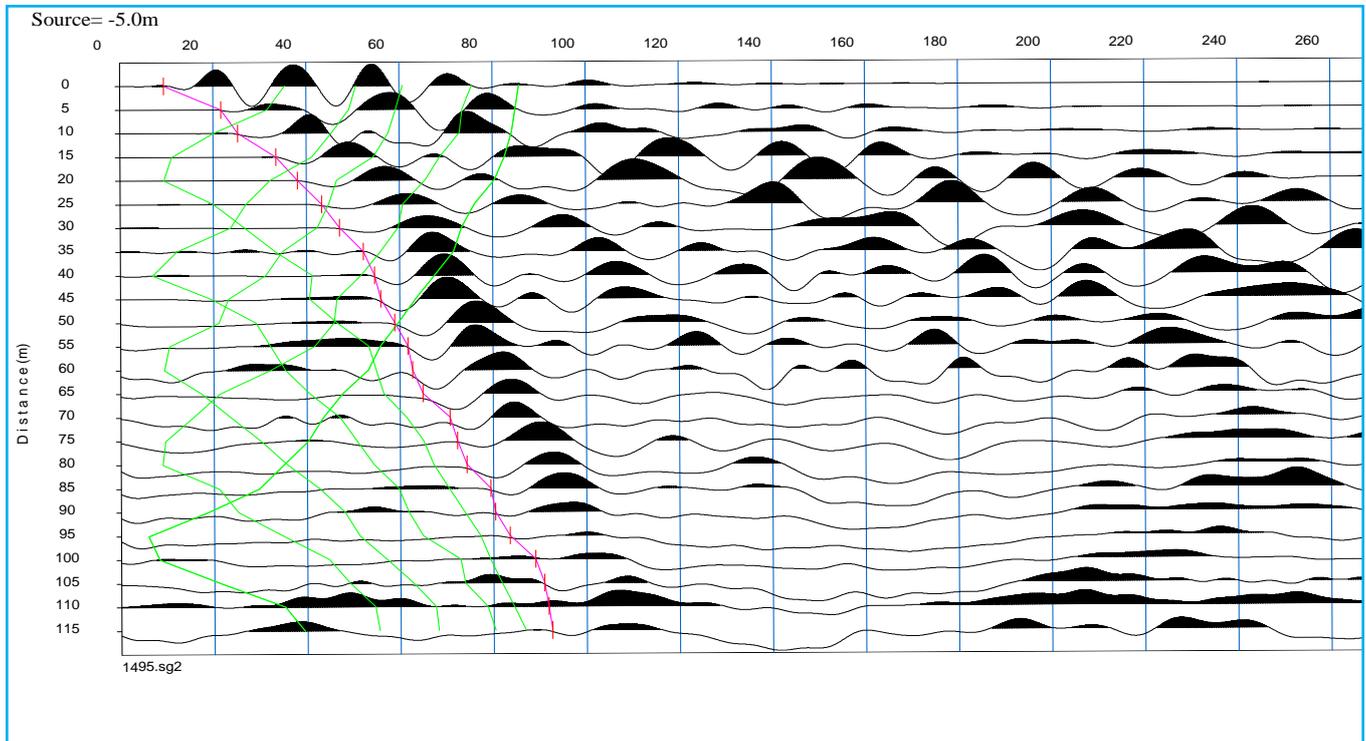
Scoppio 5: 82.50m;

Scoppio 6:102.50m;

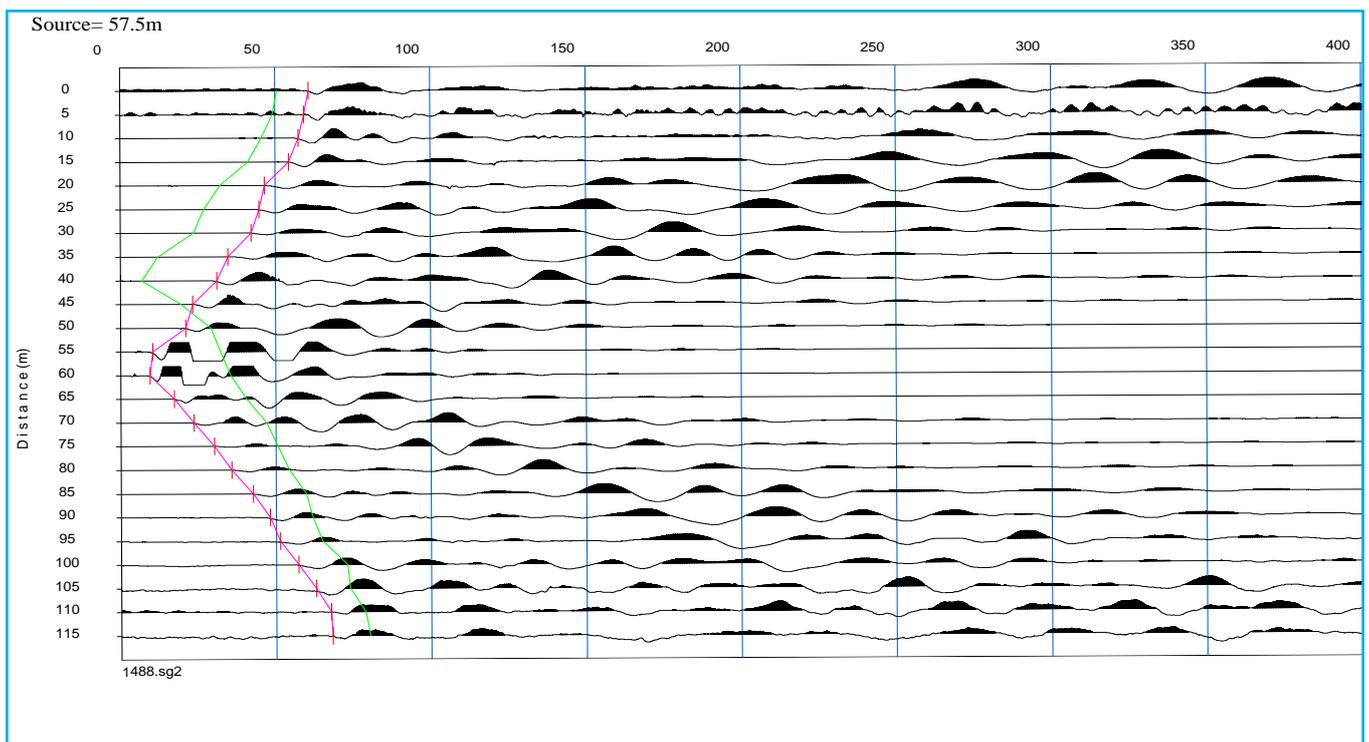
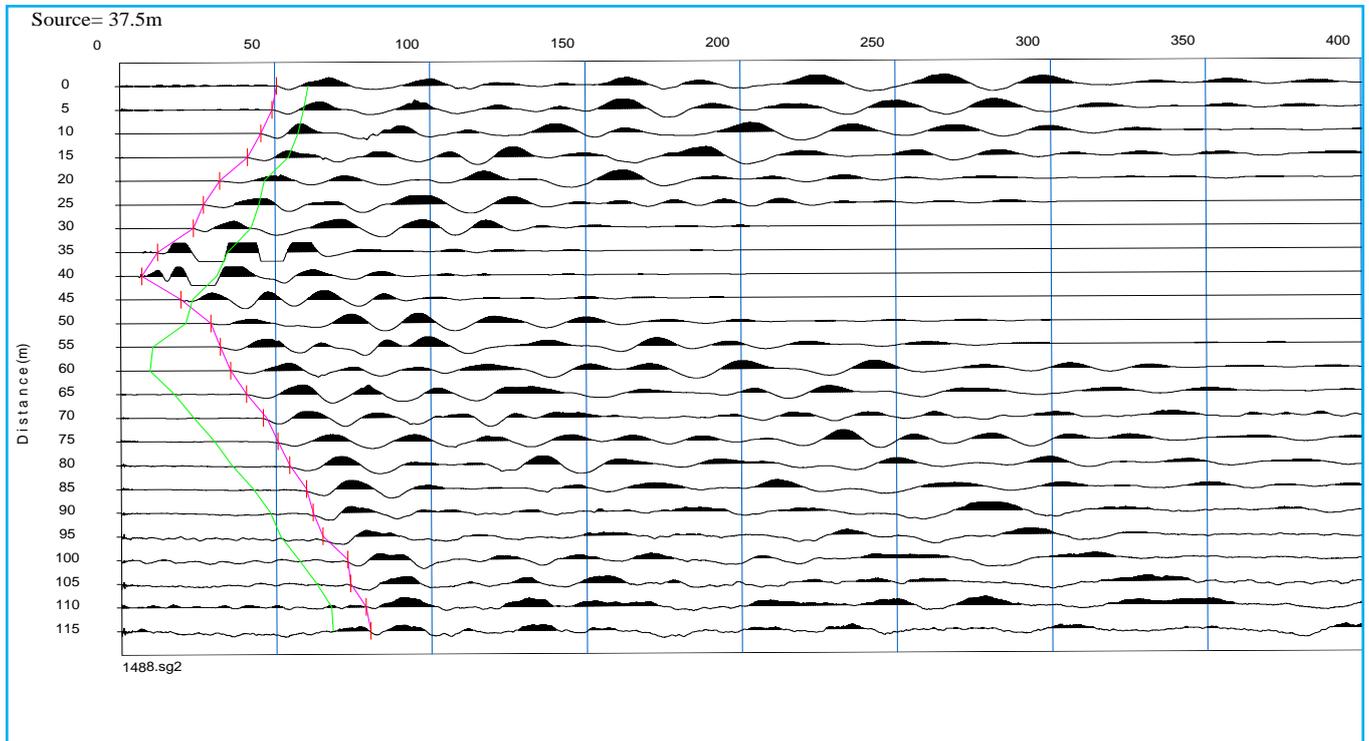
Scoppio 7:120m.



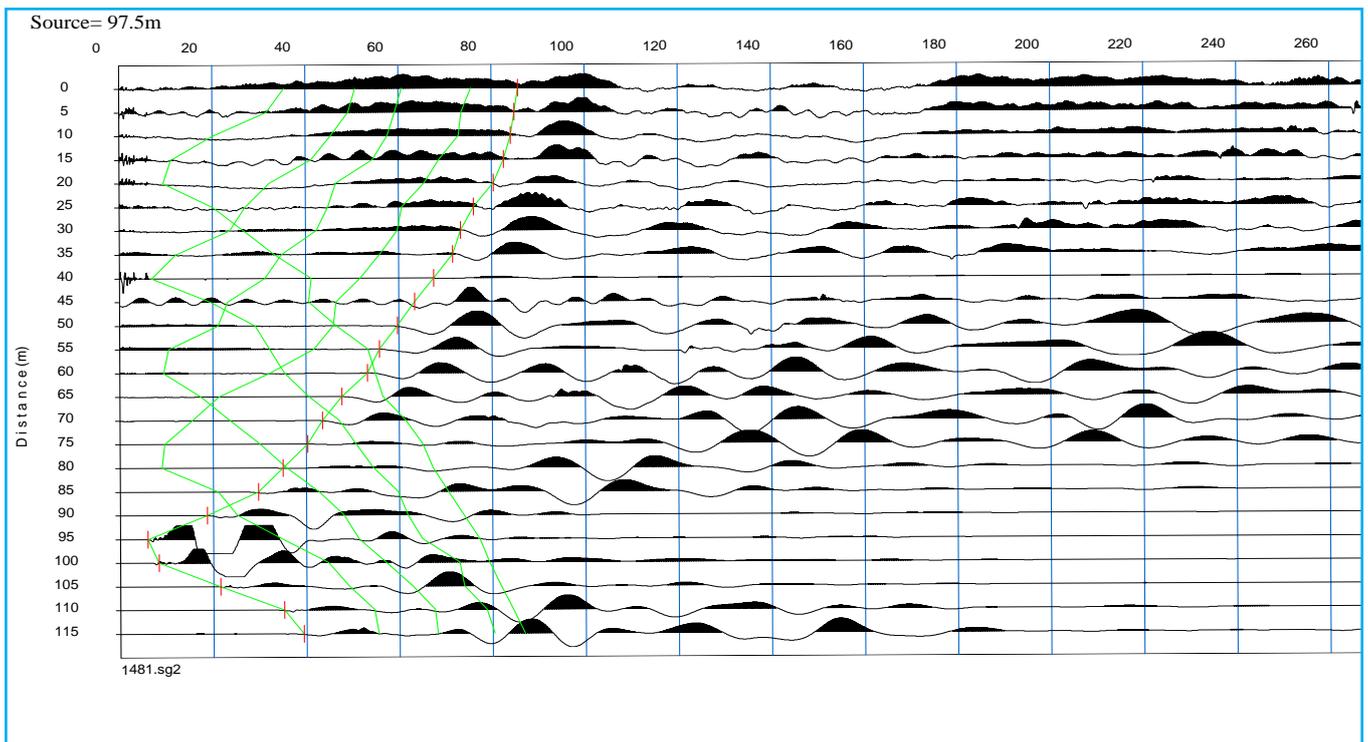
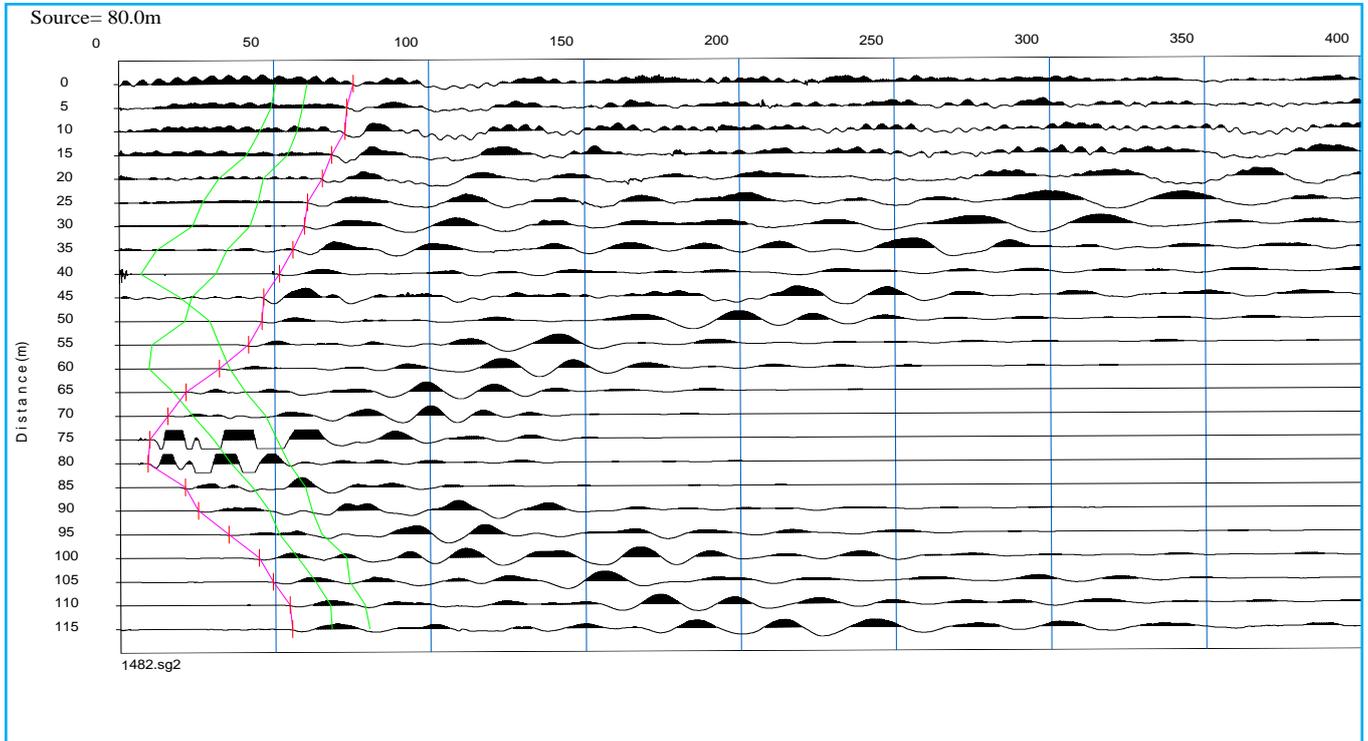
TOMOGRAFIA PRSE772 - SS



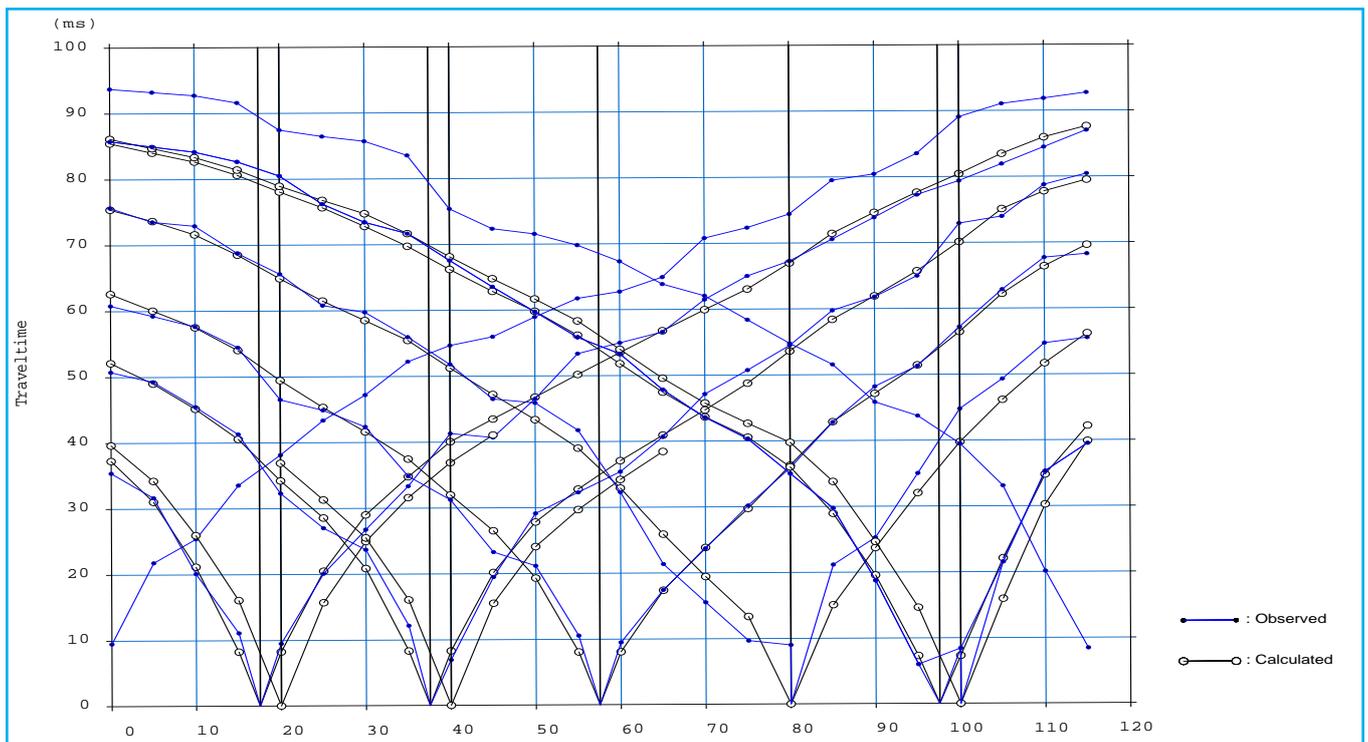
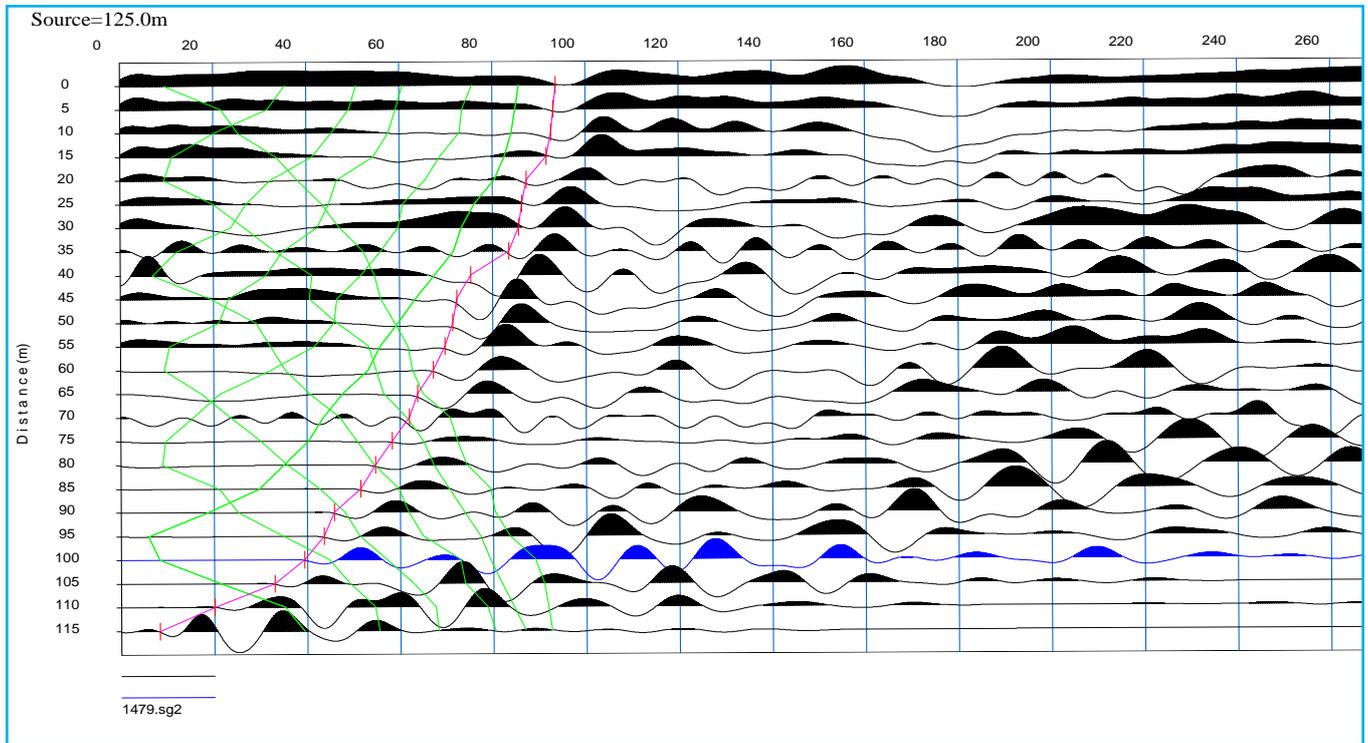
TOMOGRAFIA PRSE772 - SS



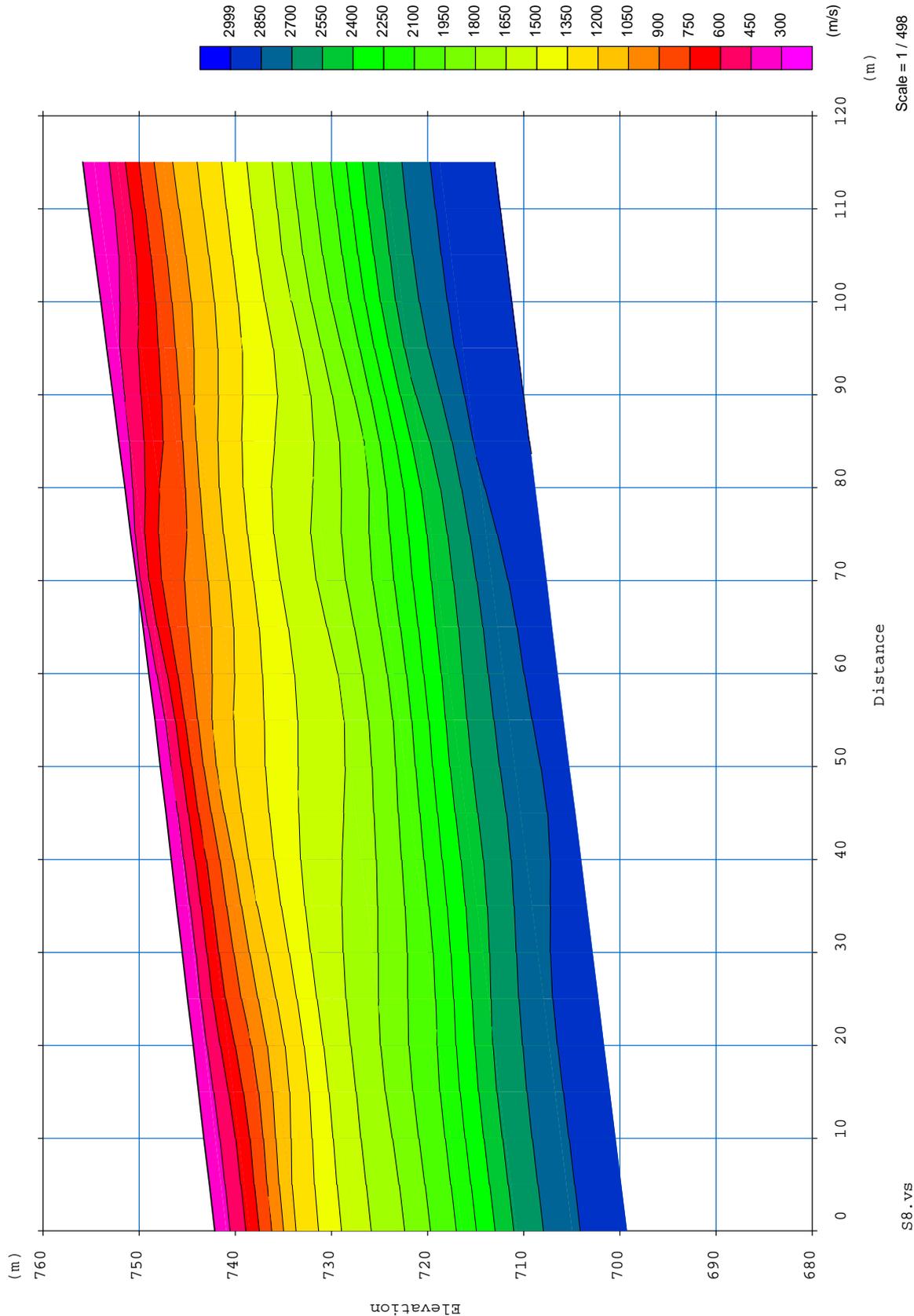
TOMOGRAFIA PRSE772 - SS



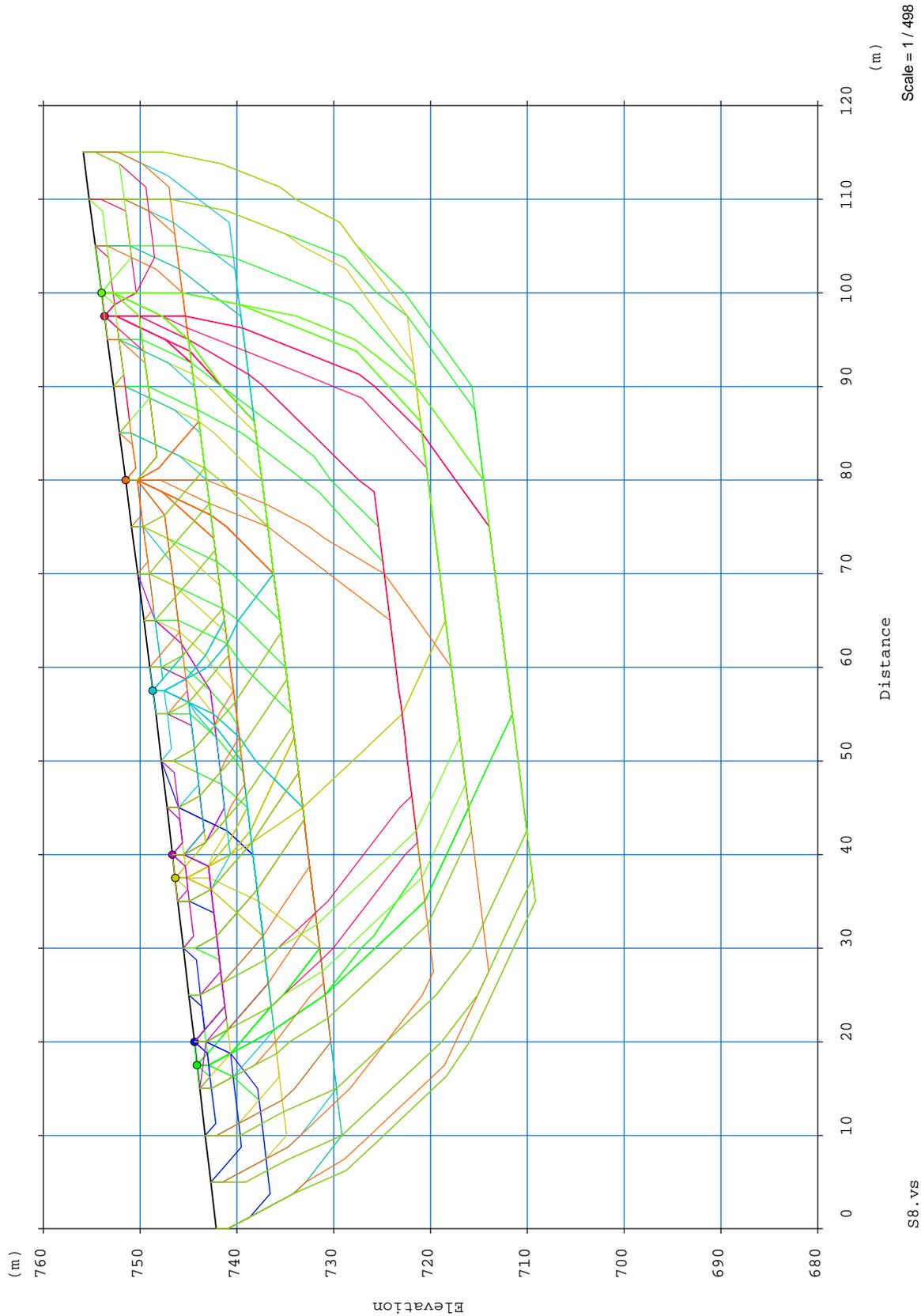
TOMOGRAFIA PRSE772 - SS



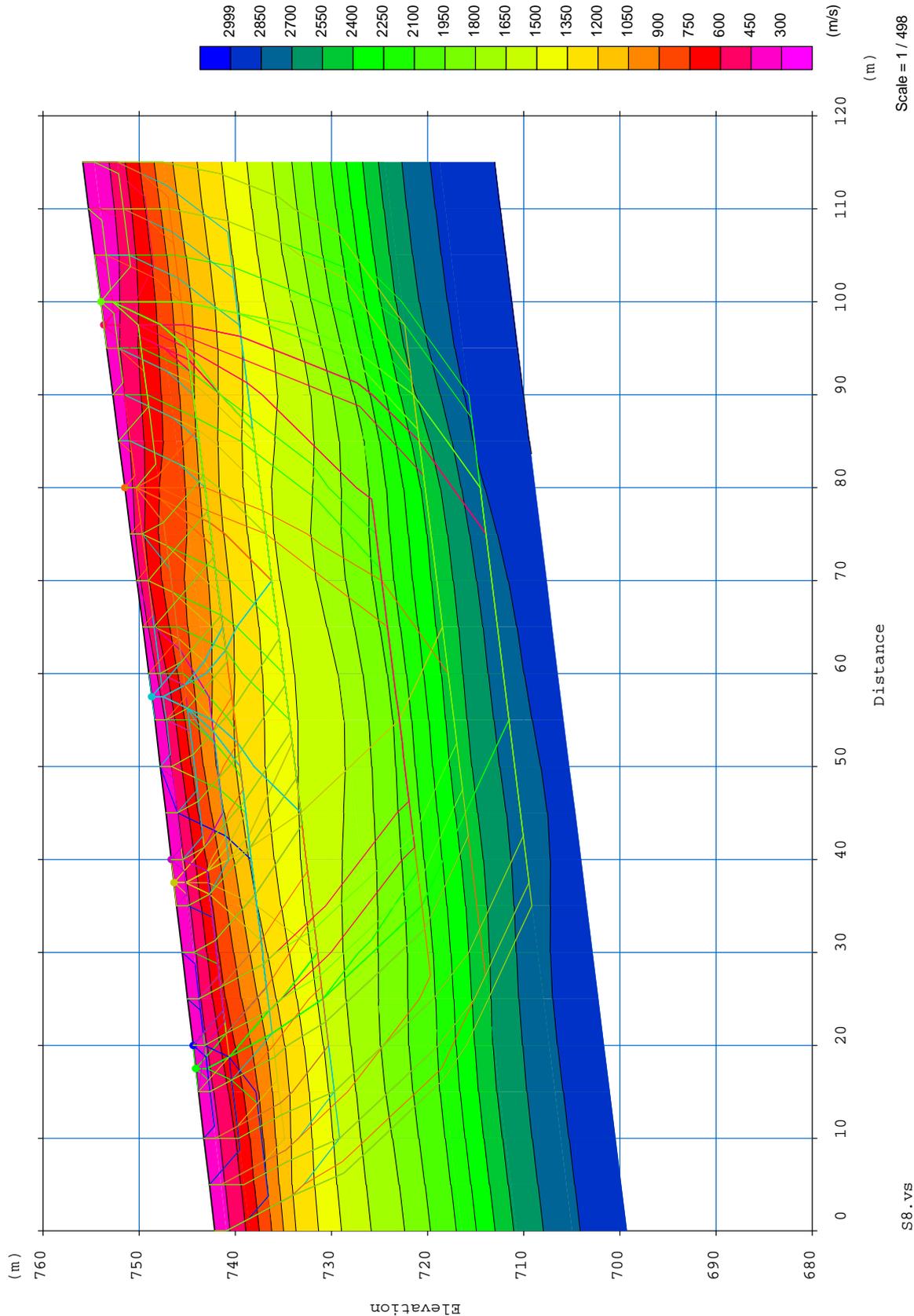
TOMOGRAFIA PRSE772 - S8



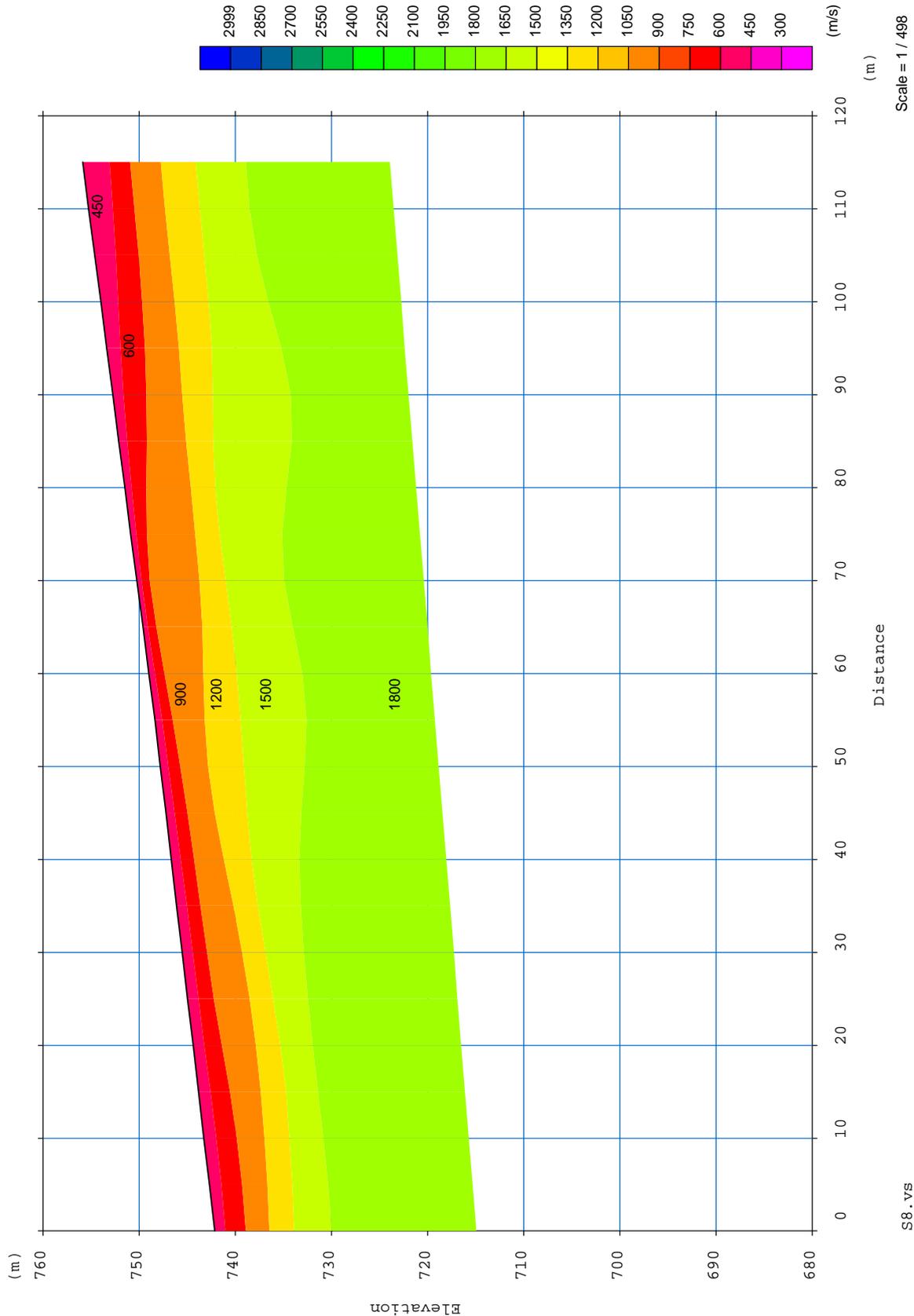
TOMOGRAFIA PRSE772 - S8



TOMOGRAFIA PRSE772 - S8



TOMOGRAFIA PRSE772 - S8

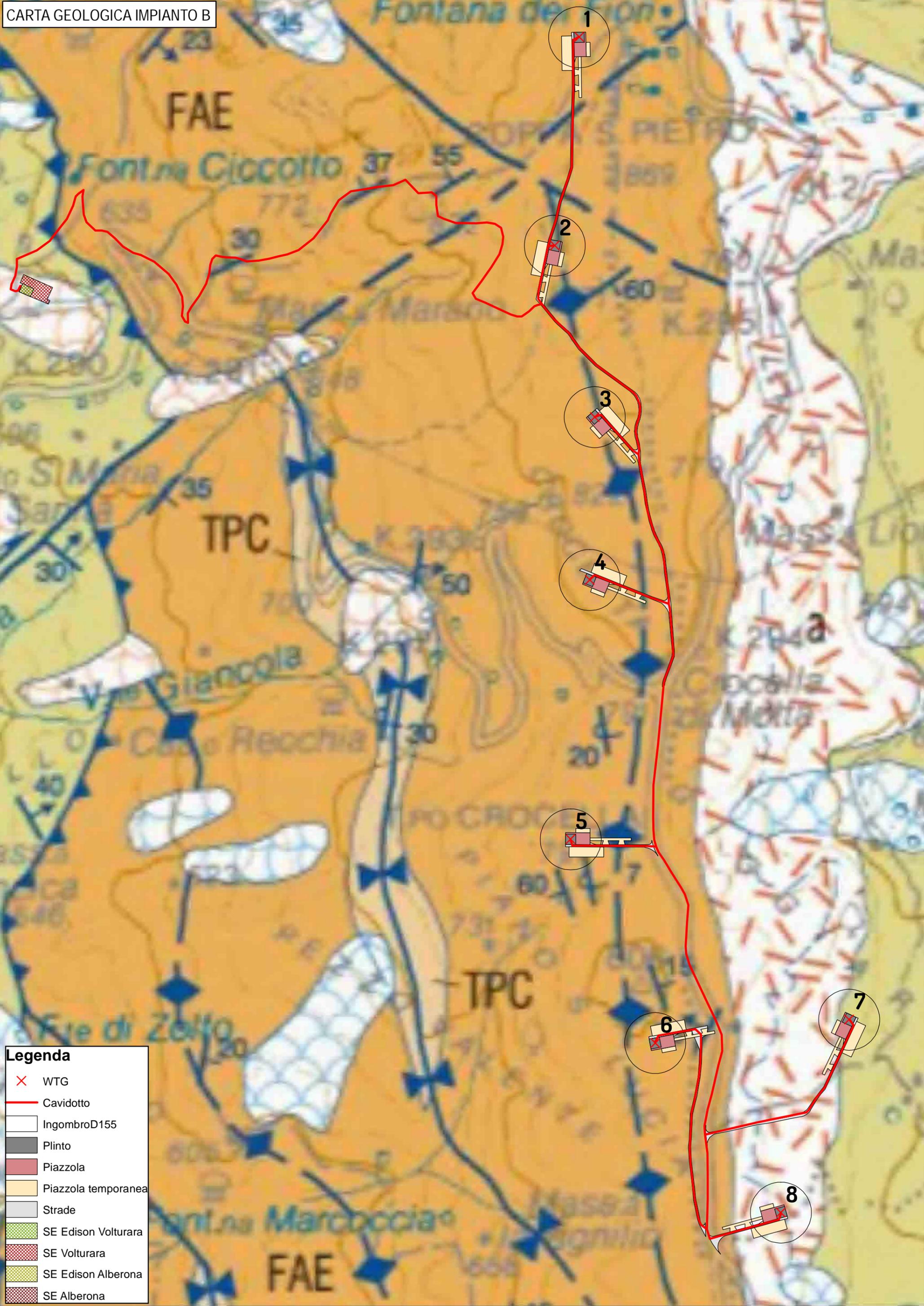


S8.VS

Scale = 1 / 498

TOMOGRAFIA PRSE772 - SS

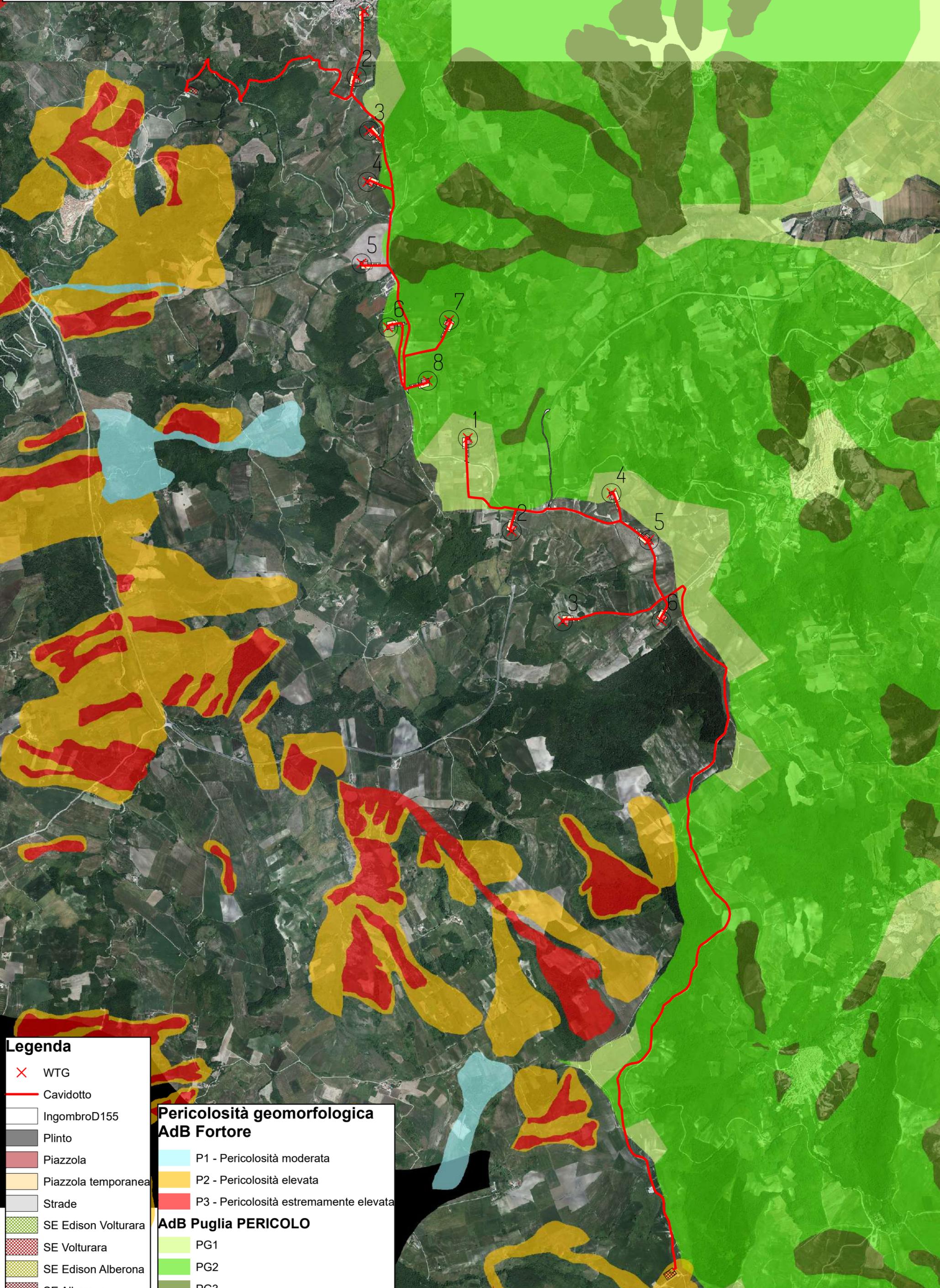




Legenda

-  WTG
-  Cavidotto
-  IngombroD155
-  Plinto
-  Piazzola
-  Piazzola temporanea
-  Strade
-  SE Edison Volturara
-  SE Volturara
-  SE Edison Alberona
-  SE Alberona

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA



Legenda

- ✕ WTG
- Cavidotto
- IngombroD155
- Plinto
- Piazzola
- Piazzola temporanea
- Strade
- SE Edison Volturara
- SE Volturara
- SE Edison Alberona
- SE Alberona

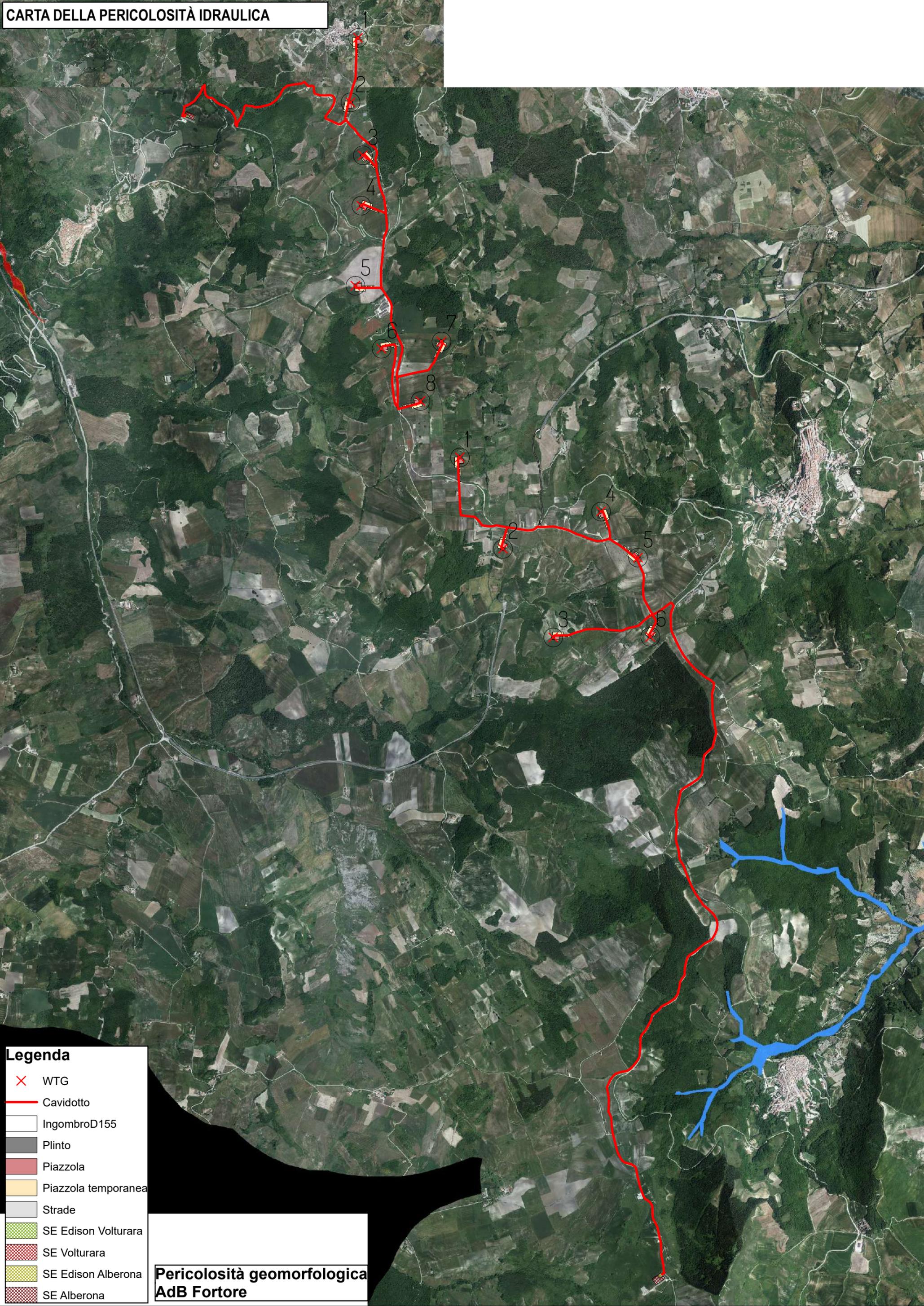
**Pericolosità geomorfologica
AdB Fortore**

- P1 - Pericolosità moderata
- P2 - Pericolosità elevata
- P3 - Pericolosità estremamente elevata

AdB Puglia PERICOLO

- PG1
- PG2
- PG3

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA



Legenda	
	WTG
	Cavidotto
	IngombroD155
	Plinto
	Piazzola
	Piazzola temporanea
	Strade
	SE Edison Volturara
	SE Volturara
	SE Edison Alberona
	SE Alberona

**Pericolosità geomorfologica
AdB Fortore**