

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: FOGGIA

COMUNE: BICCARI

ELABORATO:

R.GEOT

OGGETTO:

PARCO EOLICO DA 9 WTG DA 6,2 MW/cad

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

PROPONENTE:

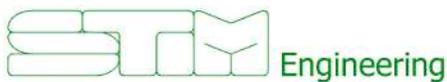


SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Via Algardi, 4
20148 Milano (MI)

sorgenia.renewables@legalmail.it

PROGETTISTI:



STIM ENGINEERING S.r.l.

VIA GARRUBA, 3 - 70121 BARI

Tel. 080.5210232 - Fax 080.5234353

www.stimeng.it - segreteria@stimeng.it

Dott. Raffaele Sassone

Ordine dei Geologi della Puglia n° 664

Via dei Mori, 22

70023 Gioia del Colle (BA)

Mobile 3204890266

PEC r.sassone@pec.epap.it

Note:

Collaborazione:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Aprile 2024		Seconda Emissione	Dott. Raffaele Sassone	Dott. Raffaele Sassone
Gennaio 2023		Prima Emissione	Dott. Raffaele Sassone	Dott. Raffaele Sassone

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE
SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Biccari	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3. CAMPAGNA GEOGNOSTICA	7
3.1. Indagine sismica a rifrazione	7
3.2. Metodo M.A.S.W.	8
4. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	9
5. SISMICITÀ DELL'AREA	10
5.1. Categoria di sottosuolo	10
5.2. Categoria topografica	11
5.3. Modellazione sismica del sito	11
5.4. Stabilità nei confronti della liquefazione.....	12
6. MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	15
7. VERIFICA DI STABILITÀ DI VERSANTE PER GLI AEROGENERATORI WTG1, 2, 3 E 9	18
8. CONCLUSIONI	20

ALLEGATO 1: REPORT INDAGINI GEOFISICHE

ALLEGATO 2: ARCHIVIO NAZIONALE DELLE INDAGINI NEL SOTTOSUOLO – SCHEDE POZZI

ALLEGATO 3: REPORT VERIFICA STABILITA' DEI VERSANTI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Biccari	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 – Ubicazione impianto eolico su stralcio corografico IGM 1

Figura 1.2 - Ubicazione impianto eolico su stralcio corografico IGM 2

Figura 1.3 - Ubicazione SSE e SE Terna su stralcio corografico IGM 2

Figura 1.4 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia 3

Figura 1.5 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia 3

Figura 1.6 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia 4

Figura 1.7 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia 4

Figura 1.8 – Ubicazione SSE e SE Terna su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia 5

Figura 3.1 - Corografia delle prospezioni geofisiche 7

Figura 4.1– Modello geologico di riferimento 9

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Biccari	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1 - Inquadramento catastale dei punti macchina di progetto e coordinate.....	1
Tabella 4.1 – Modello geologico del sottosuolo.....	9
Tabella 5.1- Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.....	10
Tabella 5.2 – Valori di $V_{s_{eq}}$ e Categoria di suolo associato	11
Tabella 5.3- Categorie topografiche	11
Tabella 5.4 - Modellazione sismica del sottosuolo	12
Tabella 5.5 - Modellazione sismica del sottosuolo	12
Tabella 5.6 - PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	13
Tabella 5.7 - PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	13
Tabella 6.1– Modello geotecnico di riferimento	16
Tabella 6.2 - Modello geotecnico di riferimento per il parco eolico.....	17
Tabella 7.1 - Pericolosità Geomorfologica del PAI Puglia	18

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e delle relative opere connesse in agro di Biccari	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	

INDICE DELLE VOCI

PAI	Piano Stralcio Assetto Idrogeologico
IGM	Istituto Geografico Militare
CTR	Carta Tecnica Regionale
P.P.T.R.	Piano Paesaggistico Regionale
P.T.A.	Piano di Tutela delle Acque
MASW	Multi-channel Analysis of Surface Waves

1. PREMESSA

Lo scopo del presente lavoro è fornire delle conoscenze geotecniche di base per una porzione di territorio in agro di Biccari, situata a nord della cittadina foggiana, sulla quale lo studio STIM ENGINEERING s.r.l. intende progettare un impianto eolico per conto di Sorgenia Renewables s.r.l. (Figura 1.1, Figura 1.2, Figura 1.3, Figura 1.4, Figura 1.5, Figura 1.6, Figura 1.7, Figura 1.8)

Nella Tabella 1.1 si riporta l'inquadramento catastale dei punti macchina di progetto, la tavoletta corografica di riferimento e le relative coordinate (sistema di riferimento utilizzato: WGS84 UTM 33N):

Tabella 1.1 - Inquadramento catastale dei punti macchina di progetto e coordinate

WTG	Quota s.l.m.	Fg.	Part.	Cord. X	Cord. Y	Riferimento cartografico
WTG 1	431 m	15	62	515327.18	4584997.09	Foglio 163 - Tav. III SE "Biccari"
WTG 2	403 m	15	65	515786.72	4584697.91	Foglio 163 - Tav. III SE "Biccari"
WTG 3	408 m	16	390	516689.17	4585410.04	Foglio 163 - Tav. III NE "Alberona"
WTG 4	360 m	16	245	517422.89	4585063.98	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
WTG 5	312 m	17	327	519075.37	4585898.81	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
WTG 6	302 m	17	132	519635.88	4585775.83	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
WTG 7	272 m	19	14	520984.88	4585089.43	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
WTG 8	259 m	19	86	521746.36	4585117.27	Foglio 163 - Tav. II NO "Tertiveri"
WTG 9	342 m	22	111	517948.75	4584337.33	Foglio 163 - Tav. II SO "Troia"

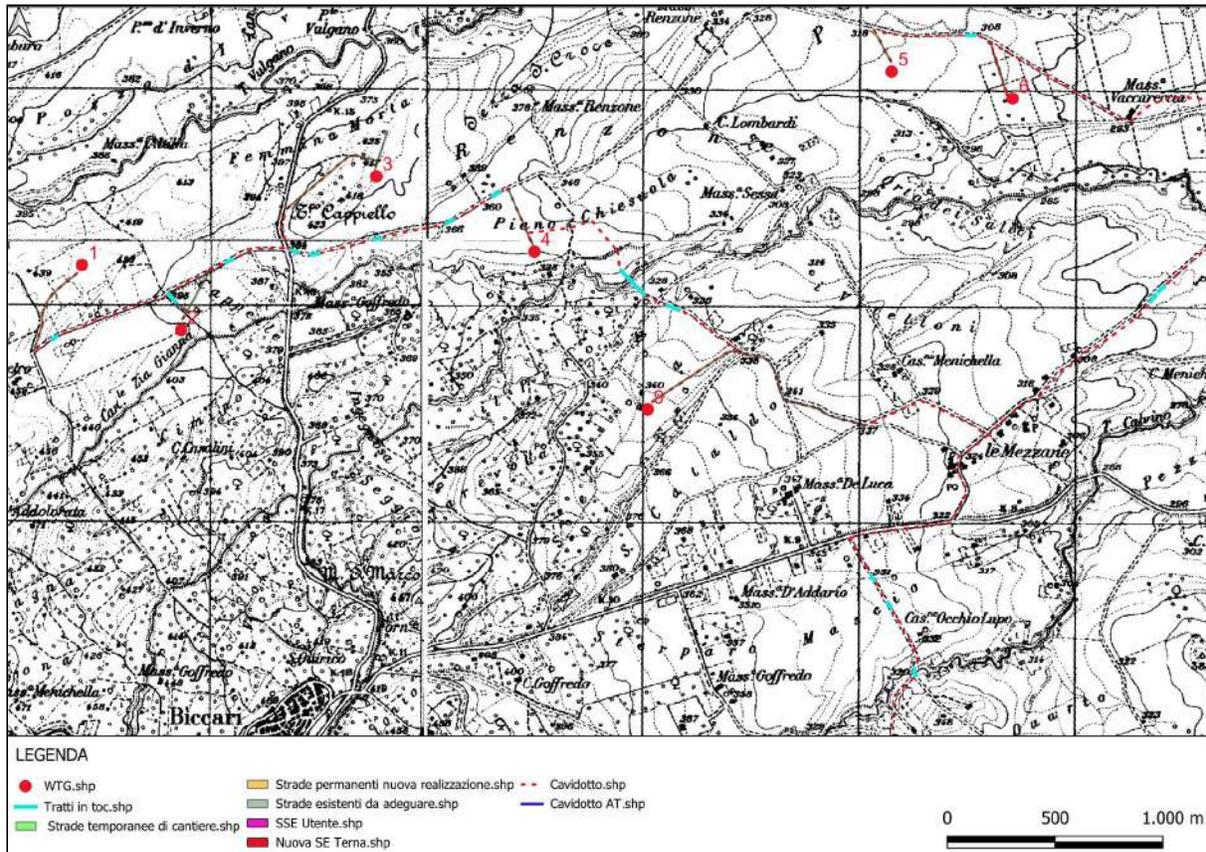


Figura 1.1 – Ubicazione impianto eolico su stralcio corografico IGM

RELAZIONE GEOTECNICA

Data emissione:
Aprile 2024

Pagina
2 di 19

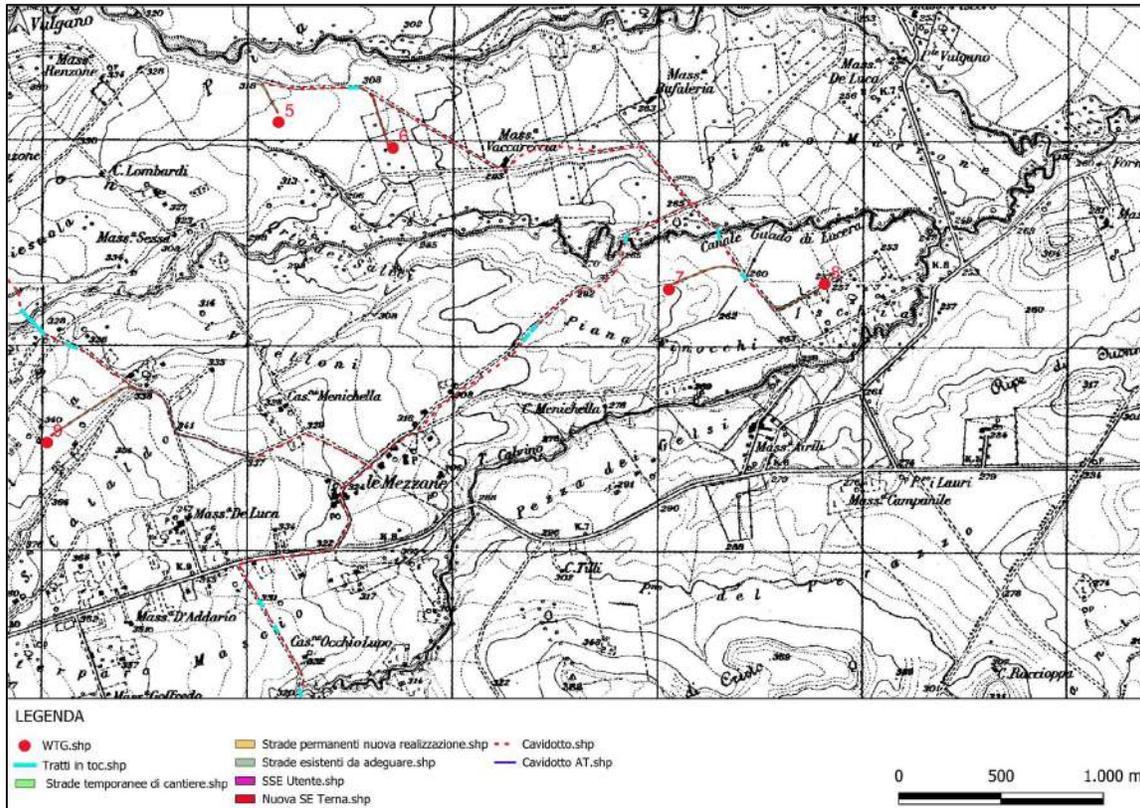


Figura 1.2 - Ubicazione impianto eolico su stralcio corografico IGM

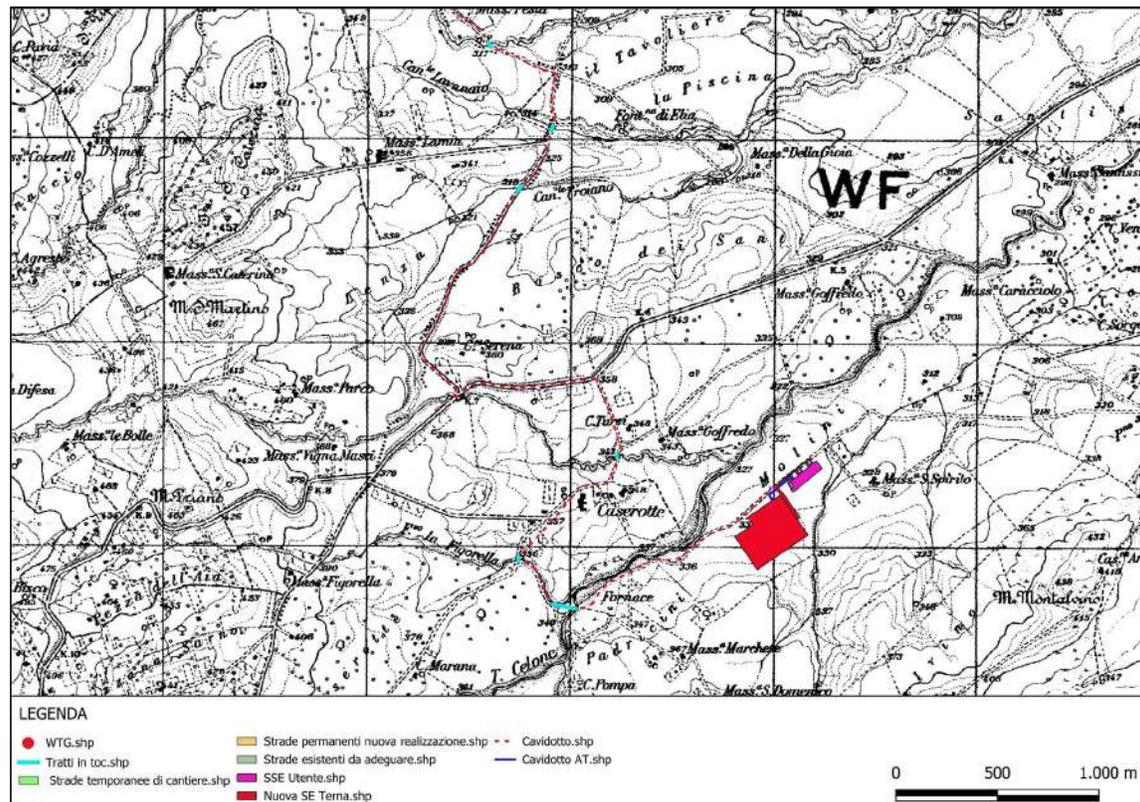


Figura 1.3 - Ubicazione SSE e SE Terna su stralcio corografico IGM

RELAZIONE GEOTECNICA

Data emissione:
Aprile 2024

Pagina
3 di 19

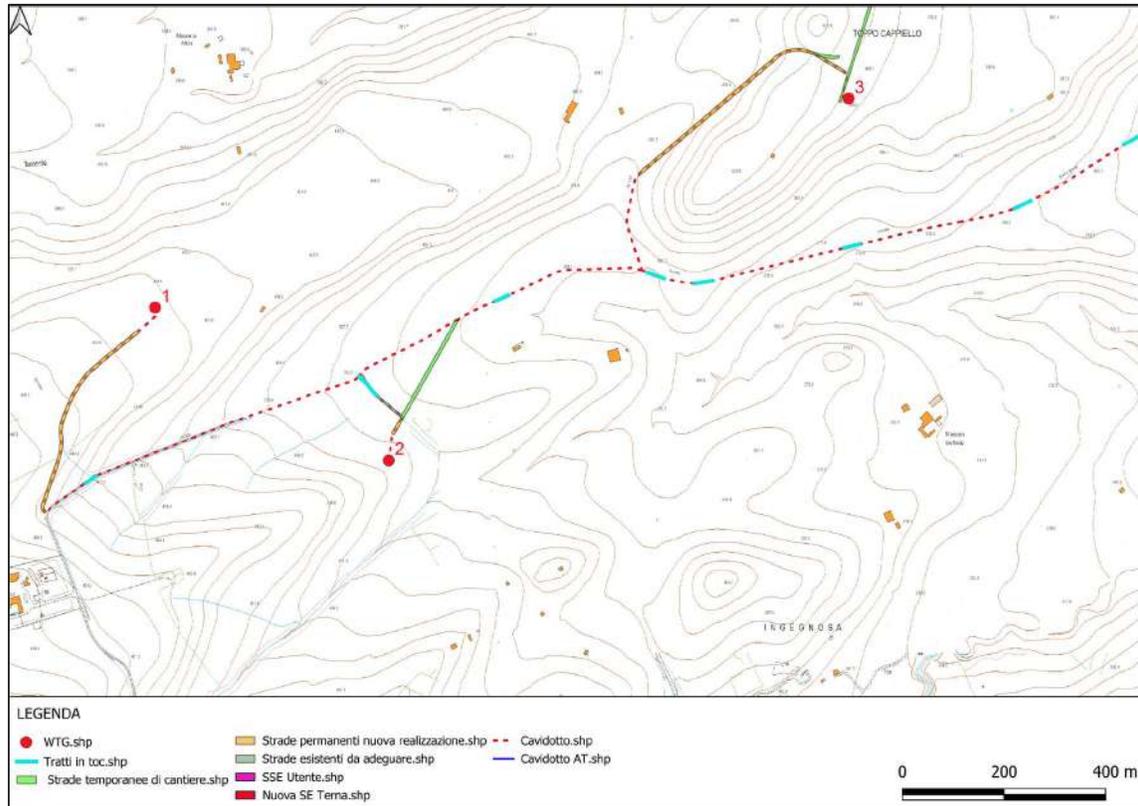


Figura 1.4 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia

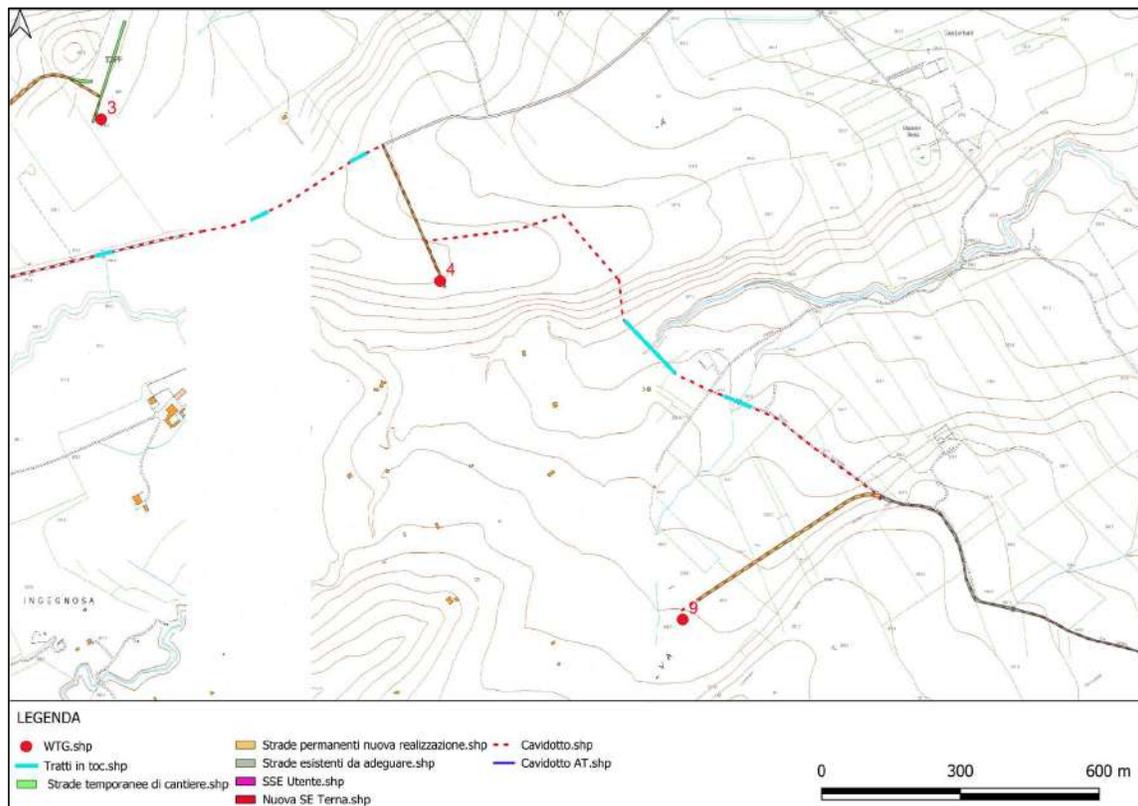


Figura 1.5 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia

RELAZIONE GEOTECNICA

Data emissione:
Aprile 2024

Pagina
4 di 19

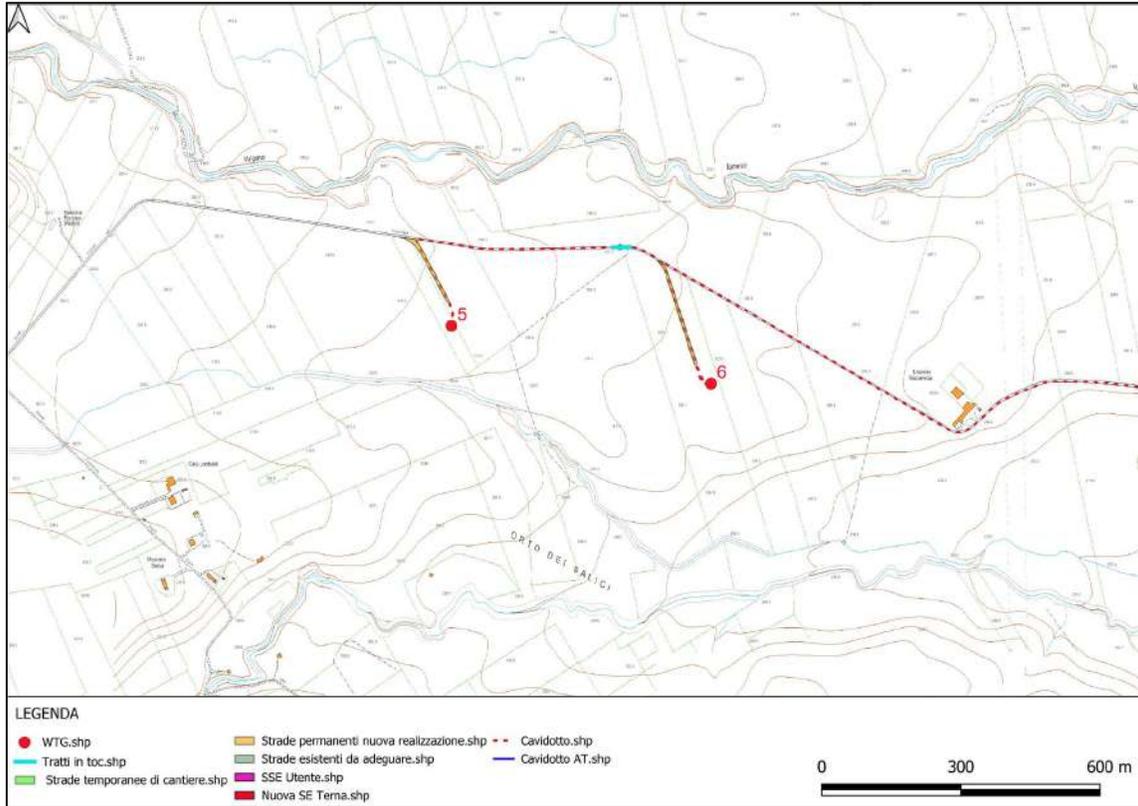


Figura 1.6 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia

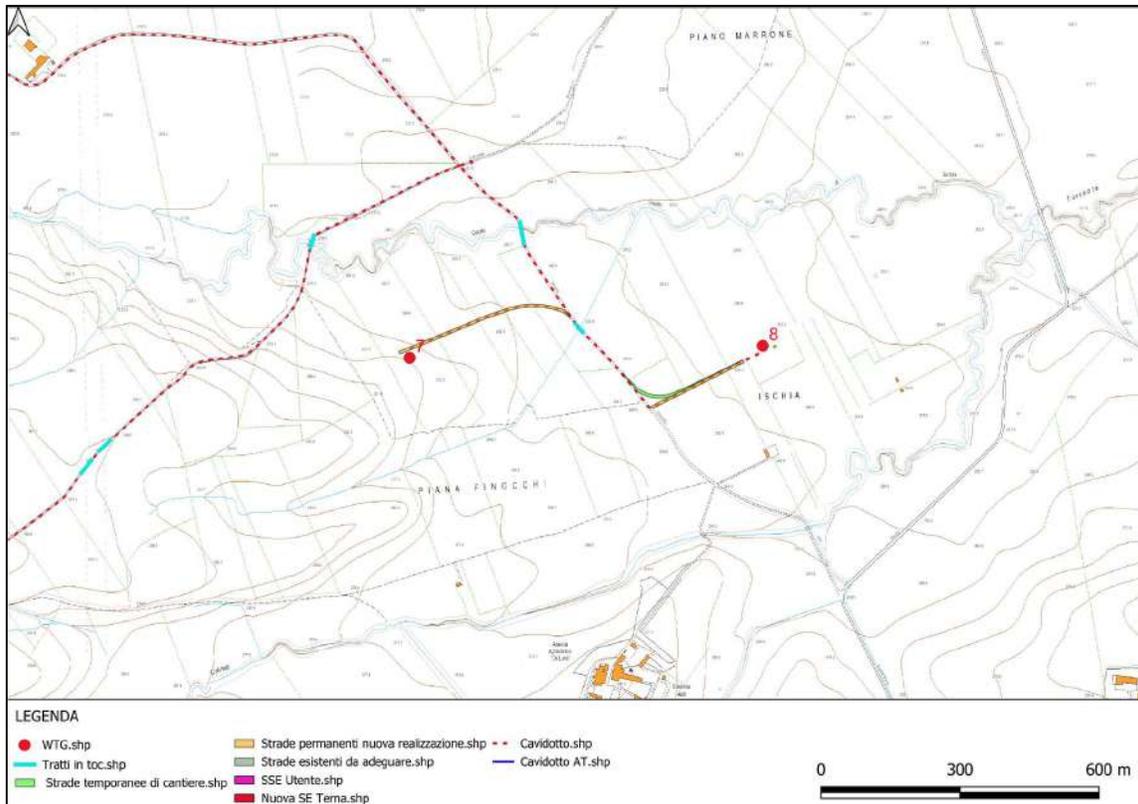


Figura 1.7 – ubicazione impianto eolico su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia

RELAZIONE GEOTECNICA

Data emissione:
Aprile 2024

Pagina
5 di 19

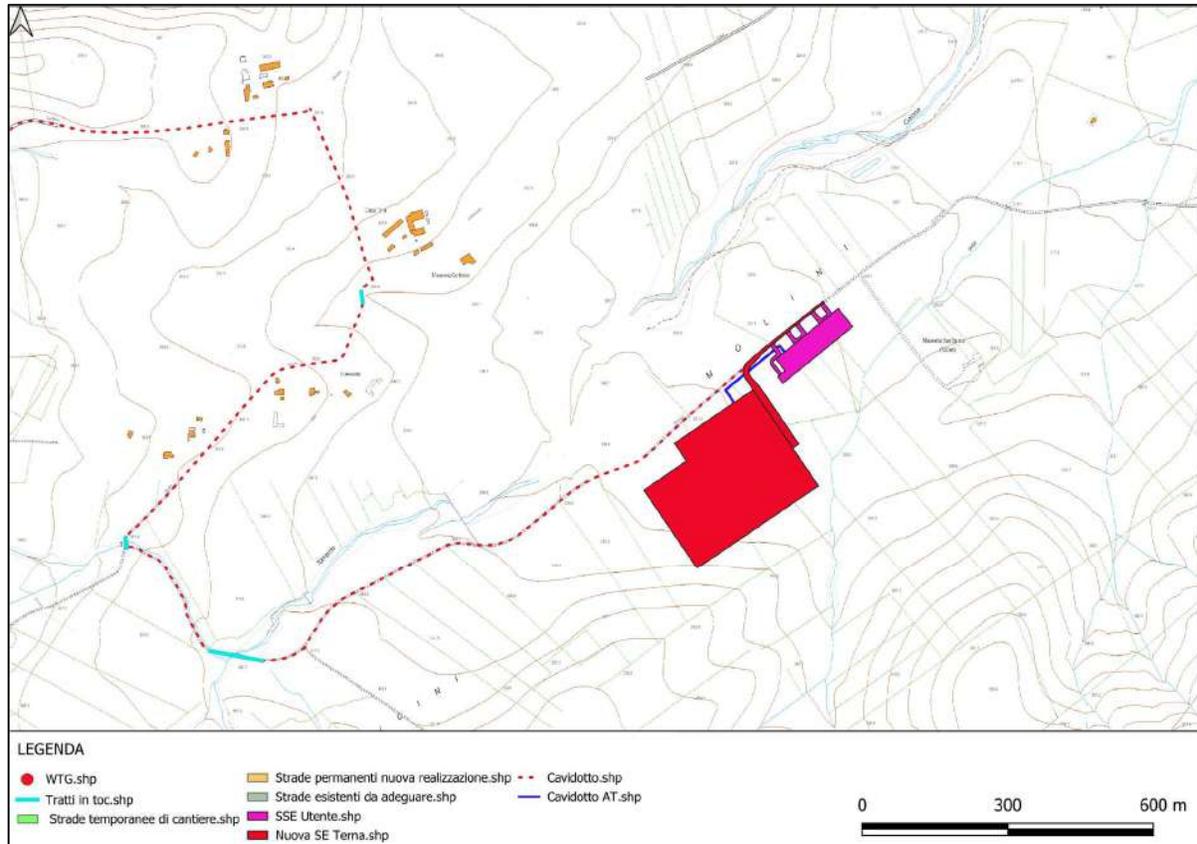


Figura 1.8 – Ubicazione SSE e SE Terna su stralcio Carta Tecnica Regionale Puglia

Progetto di costruzione di un parco eolico con potenza complessiva di 57,6 MW ubicato nel comune di Ruvo di Puglia (BA)	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	Pagina 6 di 19

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M.LL.PP. del 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 delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 9 Gennaio 1996: Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
- Eurocodice 7 Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- Eurocodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni 2018: Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU n.35 del 11.02.2019 Suppl. Ordinario n. 5) Vigente dal: 11 2 2019.

3. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Nell'ambito dello studio geologico per il progetto di realizzazione di un impianto eolico in agro di Biccari (FG), sono state eseguite (cfr. allegato 1):

- n. 9 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II');
- n. 9 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulle stesse tracce dei rilievi sismici a rifrazione, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica.

In Figura 3.1 vengono indicate le posizioni delle prospezioni geofisiche.

In questo elaborato sono riportati solo i risultati dell'indagine sismica a rifrazione. Mediante l'indagine sismica a rifrazione è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche dei litotipi investigati e i relativi moduli elastici, nonché definire in maniera più precisa le caratteristiche sismostratigrafiche sub-superficiali.



Figura 3.1 - Corografia delle prospezioni geofisiche

La prospezione sismica di tipo MASW ha consentito la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione attraverso il calcolo della V_{seq} , come richiede la normativa vigente.

Inoltre, mediante l'indagine sismica a rifrazione è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche dei litotipi investigati e i relativi moduli elastici, nonché definire in maniera più precisa le caratteristiche sismostratigrafiche sub-superficiali.

Nei paragrafi successivi si sintetizzano i risultati ottenuti in campo. Per maggiori informazioni si rimanda al report allegato alla presente relazione.

3.1. Indagine sismica a rifrazione

Con le n. 9 sismiche a rifrazione è stato possibile individuare i rifrattori presenti nei terreni esaminati, individuando i tempi dei primi arrivi delle onde P prodotte da una massa battente di 10 kg su di una piastra in

Progetto di costruzione di un parco eolico con potenza complessiva di 57,6 MW ubicato nel comune di Ruvo di Puglia (BA)	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	Pagina 8 di 19

lega d'alluminio. L'elaborazione tomografica dei segnali rifratti ha permesso di investigare il terreno fino a circa 10-15 m dal p.c.

3.2. Metodo M.A.S.W.

Attraverso l'indagine MASW è stato possibile ricostruire la colonna di velocità di taglio (onde S) e determinare il parametro V_{seq} secondo la normativa vigente, ovvero, è stato calcolato il parametro V_{s30} quando il bedrock (substrato rigido con V_s maggiori o uguali a 800 m/s) è risultato più profondo rispetto ai 30 m dal p.c. delle indagini.

Per maggiori dettagli sui risultati delle indagini eseguite, si rimanda alla relazione geologica o al report allegato alla presente relazione.

4. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Lo studio geologico deve pervenire alla definizione, preciso riferimento al progetto, di un modello geologico tridimensionale, comprendente il volume significativo, basato sulla conoscenza dei caratteri litostratigrafici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e sismici del sito d'interesse, acquisiti attraverso specifici rilevamenti di superficie e sulla scorta di indagini dirette e indirette. Dovranno essere definite le eventuali condizioni di instabilità, in atto e/o potenziali, e la loro tendenza evolutiva.

Saranno definite:

- le Unità Litologiche di riferimento;
- l'assetto stratigrafico locale;
- l'assetto idrogeologico locale e schema di circolazione idrica sotterranea e superficiale;
- il grado di affidabilità del modello geologico di riferimento.

In relazione alla tipologia di progetto previsto, in rapporto a quanto acquisito dalla campagna geologica, dei sopralluoghi eseguiti e delle conoscenze del territorio è possibile considerare un modello geologico di riferimento per l'impianto eolico in progetto così costituito (Tabella 4.1):

Tabella 4.1 – Modello geologico del sottosuolo

Profondità	Descrizione
da 0,00 m a -2,00 m dal p.c.	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati
da -2,00 m a -8,00 m dal p.c.	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa
da -8,00 m a -13,00 m dal p.c.	depositi argilloso-sabbiosi



Figura 4.1– Modello geologico di riferimento

5. SISMICITÀ DELL'AREA

In questo paragrafo viene riassunta l'analisi della sismicità dell'area oggetto di intervento, condotta secondo le direttive delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17-01-2018.

5.1. Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza di specifiche analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 5.1) di seguito riportata.

Tabella 5.1- Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

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

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{Seq} (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i : spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N : numero di strati;

H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in **Errore**.

L'origine riferimento non è stata trovata..

In Tabella 5.2 sono riportate le categorie di sottosuolo ricavate dalle indagini MASW condotte nell'area in esame:

Tabella 5.2 – Valori di $V_{s_{eq}}$ e Categoria di suolo associato

n.	Spessore (m)	Velocità (m/s)
1	397,77 m/s	B
2	453,71 m/s	B
3	428,75 m/s	B
4	489,40 m/s	B
5	384,98 m/s	B
6	418,46 m/s	B
7	510,76 m/s	B
8	494,33 m/s	B
9	431,09 m/s	B

Sulla base della $V_{s_{eq}}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla categoria:

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

5.2. Categoria topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella Tabella 5.3 (come da paragrafo 3.2.2 "Condizioni topografiche" del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»).

Tabella 5.3- Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T ₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T ₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T ₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T ₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tali categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30,00 metri.

Nel caso in esame la categoria topografica è la T₁ (morfologia pianeggiante).

5.3. Modellazione sismica del sito

Per la progettazione di un impianto eolico, sono stati assunti i parametri sismici relativi all'agro di Biccari (FG). Pertanto per le opere in progetto si è assunto:

Classe dell'edificio: Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e social. ...;

una vita nominale $V_N = 50$ anni;

una classe d'uso I (coefficiente d'uso $C_U = 1$);

categoria topografica T₁;

categoria di sottosuolo di tipo B (cfr. relazione geotecnica).

Ne derivano i seguenti valori dei parametri sismici per i diversi stati limite:

Tabella 5.4 - Modellazione sismica del sottosuolo

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.396	0.301
Danno (SLD)	50	0.059	2.498	0.331
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.630	0.446
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.179	2.621	0.512

	SLO	SLD	SLV	SLC
S_S Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
C_C Coeff. funz categoria	1,40	1,37	1,29	1,26
S_T Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.040	0.052
kv	0.006	0.007	0.020	0.026
A_{max} [m/s ²]	0.555	0.697	1.652	2.104
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

5.4. Stabilità nei confronti della liquefazione

I parametri caratterizzanti l'azione sismica da assumere per l'applicazione dei metodi "semplificati" all'analisi di liquefazione sono l'accelerazione massima e la magnitudo attese al sito in un dato periodo di riferimento V_R , con una data probabilità di superamento P_{VR} .

Il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} sono legati al tipo di struttura e alla condizione di stato limite da verificare.

Di seguito si elencano i dati attinenti alla struttura forniti dal progettista:

- Classe Edificio: Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e social.;
- V_N (vita nominale): 50 anni (Tabella 2.4.I delle NTC-18);
- C_U (Coefficiente d'uso corrispondente): 1;
- categoria di sottosuolo di tipo B (cfr. relazione geotecnica)
- V_R (Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U$): 50 anni (NTC-18 §2.4.3).

Tabella 5.5 - Modellazione sismica del sottosuolo

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.396	0.301
Danno (SLD)	50	0.059	2.498	0.331
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.630	0.446
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.179	2.621	0.512

Stato Limite considerato: SLD.

Tabella 5.6 - PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR

Stato limite	P _{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

P_{VR}, (probabilità di superamento dell'evento sismico, $f V_R$): 63% (Tabella 3.2.I delle NTC-18);

Fissati quindi V_R e P_{VR} è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica, T_R espresso in anni, mediante la relazione (NTC-18 §3.2.1):

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Tabella 5.7 - PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR

Stato limite	P _{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	T _R = 0,60xV _R
	SLD	T _R = V _R
Stati limite ultimi	SLV	T _R = 9,50xV _R
	SLC	T _R = 19,50xV _R

Nel caso in oggetto, T_R = V_R = 50 anni.

In relazione alle verifiche di stabilità del sito (NTC18) lo stato limite di riferimento è SLD, pertanto ai fini della suscettibilità alla liquefazione sono condotte solo verifiche nei confronti di quest'ultimo stato limite e di conseguenza si ricavano i valori dei parametri necessari per la definizione dell'azione sismica contenuti nelle NTC18:

l'accelerazione orizzontale massima su terreno rigido orizzontale a_g, espressa in g;

il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, F₀, adimensionale;

il valore del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale, T_C^{*}, espresso in secondi.

$$a_g = 0.059$$

$$F_0 = 2.498$$

$$T_C^* = 0.331$$

$$A_{max} [m/s^2] = 0.697$$

L'accelerazione massima al suolo a_{gmax} (A_{max}/9.81 m/s²- amplificazione sismica in superficie) è pari a 0,071. Pertanto, in accordo con le condizioni specificate dalla norma vigente [NTC18 – 7.11.3.4.2], essendo a_{gmax} < 0.1, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa:

nel DECRETO 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" al capitolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione" è riportato:

"... La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

RELAZIONE GEOTECNICA

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5...$.

Progetto di costruzione di un parco eolico con potenza complessiva di 57,6 MW ubicato nel comune di Ruvo di Puglia (BA)	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	Pagina 15 di 19

6. MODELLAZIONE GEOTECNICA

La verifica a carico limite delle fondazioni superficiali o profonde richiede la definizione del modello geotecnico di sottosuolo partendo dal modello geologico.

Le indagini geologiche e le indagini geotecniche sono concettualmente diverse tra loro sia perché interessano aree e volumi diversi sia perché hanno finalità diverse. Le indagini geologiche interessano aree e volumi di sottosuolo più ampi e sono finalizzate alla definizione del modello geologico.

Le indagini geotecniche interessano generalmente aree e volumi più ridotti (i volumi significativi) e sono finalizzate alla definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo specifici per la singola opera.

I risultati delle indagini geologiche e i contenuti della relazione geologica consentono al progettista strutturale di creare il modello geologico del sottosuolo, ovvero un modello in cui vengono individuati i diversi strati di terreno e le loro caratteristiche fisiche e meccaniche.

Ai fini della verifica per carico limite della fondazione sarà necessario definire il modello geotecnico del sottosuolo, ovvero un semispazio costituito da una successione di strati omogenei orizzontali le cui caratteristiche meccaniche siano rappresentative degli strati di sottosuolo ricadenti nel volume significativo del terreno di fondazione.

In sostanza il progettista strutturale per definire il modello geotecnico dovrà definire una successione di strati omogenei caratterizzati da:

- angolo di resistenza al taglio ϕ' (anche definito come angolo d'attrito);
- coesione c' ;
- coesione non drenata c_u (nel caso di terreni a grana fine, in presenza di falda e in condizioni non drenate);
- peso dell'unità di volume (γ);
- peso dell'unità di volume del terreno saturo (γ_{sat}).

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da permettere al progettista strutturale di definire il piano delle indagini geotecniche e deve definire i seguenti caratteri dell'area in esame:

- litologici;
- stratigrafici;
- strutturali;
- idrogeologici;
- geomorfologici.

La caratterizzazione e modellazione geologica del sito deve essere esposta nella relazione geologica. Tale documento costituisce parte integrante del progetto.

Per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno al di sotto della fondazione, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti:

- la successione stratigrafica;
- il regime delle pressioni interstiziali;
- i valori caratteristici dei parametri geotecnici, intesi come una stima cautelativa dei singoli parametri, per ogni stato limite considerato.

La Normativa Tecnica definisce il volume significativo nel modo seguente:

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso (par. 6.2.2 – NTC2018).

In sostanza il volume significativo è quella porzione di terreno che si estende fino ad una profondità tale per cui gli incrementi di tensione, dovuti all'applicazione dei carichi in superficie, diventano trascurabili ovvero dell'ordine del 10% del carico applicato.

In via semplificata la profondità del volume significativo può essere definita in funzione della dimensione dell'opera di fondazione.

Le indagini geotecniche devono riguardare il volume significativo di terreno. La Circolare 2019 elenca nella tabella C6.2. I mezzi di indagine e le prove geotecniche in sito di uso più frequente.

Come prescritto dalle NTC2018, la definizione delle indagini geotecniche e del modello geotecnico spetta al progettista strutturale: Della definizione del piano delle indagini geotecniche, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista (par. 6.2.2 – NTC2018).

Tale concetto viene ribadito anche nella Circolare 2019:

E' compito e responsabilità del progettista definire il piano delle indagini geotecniche e, sulla base dei risultati ottenuti, individuare i modelli geotecnici di sottosuolo più appropriati alla tipologia di opera e/o intervento, tenendo conto delle tecnologie e delle modalità costruttive previste [...]

Definito il quadro geologico di riferimento, le indagini geotecniche, logicamente consequenziali, sono programmate dal progettista sulla base della conoscenza dell'opera e dei suoi possibili stati limite (par. C6 – Circolare 2019).

In questa fase progettuale (progetto definitivo) si cercherà di ricostruire un modello geotecnico del sottosuolo con l'ausilio dei soli dati ottenuti dalla campagna geologica.

Una dettagliata e completa campagna di indagini geotecniche saranno eseguite in una fase successiva in accordo con quanto prescritto dal progettista delle strutture.

Con i dati attualmente acquisiti: indagine geofisica, dati ricavati dai sopralluoghi e cartografia geologica ufficiale, è possibile ricostruire un modello geologico costituito da tre litologie sovrapposte:

- Terreno vegetale
- depositi sabbiosi giallastri con presenza di ghiaia e ciottoli poligenici
- depositi sabbiosi giallastri con presenza di ghiaia e ciottoli poligenici, con livelli ben cementati

Per l'analisi dell'interazione tra le nuove opere in progetto e il terreno, per il dimensionamento e la verifica delle stesse, si è definito un modello geotecnico di riferimento costituito da tre unità:

Tabella 6.1– Modello geotecnico di riferimento

Unità	Descrizione
A	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati
B	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa
C	depositi argilloso-sabbiosi

Le schede di alcuni pozzi censiti nell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) individuano la presenza di falde idriche a pochi metri al di sotto del piano campagna. Nelle misure condotte in questi pozzi indicano un livello piezometrico in condizioni statiche che varia tra -7,00 e -12,00 m dal p.c. per pozzi realizzati a circa 220 m s.l.m. (cfr. allegato 2).

L'interpretazione dei dati dell'indagine ha portato alla compilazione della tabella seguente nella quale si riportano i parametri elasto-dinamici del sottosuolo, mentre, i parametri geologico-tecnici fondamentali ricavati dalla bibliografia o estrapolati da relazioni empiriche sono riportati nella successiva tabella.

I parametri elaborati sono i seguenti:

g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$;

RELAZIONE GEOTECNICA

Data emissione:
Aprile 2024

Pagina
17 di 19

G_0 = Modulo di taglio;

K = Modulo di volume;

E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto;

μ = modulo di Poisson;

c = coesione;

ϕ = angolo di attrito.

Tabella 6.2 - Modello geotecnico di riferimento per il parco eolico

Modello geotecnico di riferimento per il parco eolico									
Unità	Descrizione	g (gr/cm ³)	G_0 (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)
A	depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati	1.79	3022.5	4797.0	7797.1	10213.4	0.29	0,47	19,50
B	depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa	2.11	11246.6	47390.6	32081.2	65319.1	0.43	0,76	24,40
C	depositi argilloso-sabbiosi	2.16	10265.1	69348.6	29431.1	87507.0	0.43	0,99	30,80

7. VERIFICA DI STABILITÀ DI VERSANTE PER GLI AEROGENERATORI WTG1, 2, 3 E 9

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale inserisce gli aerogeneratori WTG1, 2, 3 e 9 in aree sottoposte a "Pericolosità geomorfologica media e moderata" PG1.

Tabella 7.1 - Pericolosità Geomorfologica del PAI Puglia

Descrizione	Livello	Impianto eolico											
		WTG1	WTG2	WTG3	WTG4	WTG5	WTG6	WTG7	WTG8	WTG9	SSE	CAV.	
Pericolosità Geomorfologica	media e moderata (PG1)	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
	elevata (PG2)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	elevata (PG3)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Quindi, per una verifica della stabilità legata soprattutto al rischio di frana o colamento dei terreni di fondazione sono state eseguite delle simulazioni di stabilità del versante ante- e post-opera per i quattro aerogeneratori (cfr. allegato 3). Sono stati utilizzati i dati ottenuti in questa prima fase di investigazione geologica.

Le simulazioni sono state condotte utilizzando i profili topografici che individuano le aree di versante di massima pendenza. I dati utilizzati sono:

- presenza di una falda idrica superficiale (cfr. allegato 2);
- il modello geologico riportato in Tabella 4.1;
- il modello geotecnico riportato in Tabella 6.1;
- È stato utilizzato il software di simulazione "SLOPE" dell'azienda GEOSTRU.

I risultati delle simulazioni (riportati in dettaglio nei report che costituiscono l'allegato 2) per i quattro aerogeneratori sono di seguito riportati:

Per il WTG1 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 9.413$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG1 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 8.266$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG2 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 6.882$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

Per il WTG2 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 6.743$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

RELAZIONE GEOTECNICA

Per il WTG3 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 3.256$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Per il WTG3 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 2.938$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Per il WTG9 in condizioni ante-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 7.481$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Per il WTG9 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 7.152$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Progetto di costruzione di un parco eolico con potenza complessiva di 57,6 MW ubicato nel comune di Ruvo di Puglia (BA)	
RELAZIONE GEOTECNICA	
Data emissione: Aprile 2024	Pagina 20 di 19

8. CONCLUSIONI

Sulla base delle informazioni e dei risultati ottenuti dalle indagini effettuate, e in accordo con quanto nella Relazione Geologica, è possibile definire il modello geologico dell'area d'interesse riportato in Tabella 4.1

Sulla base della Vseq calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla categoria:

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

L'area interessata può essere ritenuta stabile e geomorfologicamente idonea alle opere in progetto, e vista la conformazione morfologica, praticamente sub orizzontale, come da paragrafo 3.2.2 "Condizioni topografiche" del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media uguale o inferiore a 15°), si attribuisce la Categoria Topografica T1.

L'accelerazione massima al suolo a_{gmax} ($A_{max}/9.81$ m/s²- amplificazione sismica in superficie) è pari a 0.071. Pertanto, in accordo con le condizioni specificate dalla norma vigente [NTC18 – 7.11.3.4.2], essendo $a_{gmax} < 0.1$, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa.

Per l'analisi dell'interazione tra le nuove opere in progetto e il terreno e per il dimensionamento e la verifica delle stesse, si è definito un modello geotecnico di riferimento riportato in Tabella 6.1

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale inserisce gli aerogeneratori WTG1, 2, 3 e 9 in aree sottoposte a "Pericolosità geomorfologica media e moderata" PG1.

Quindi, per una verifica della stabilità legata soprattutto al rischio di frana o colamento dei terreni di fondazione sono state eseguite delle simulazioni di stabilità del versante ante- e post-opera per i quattro aerogeneratori. Sono stati utilizzati i dati ottenuti in questa prima fase di investigazione geologica.

Le simulazioni sono state condotte utilizzando i profili topografici che individuano le aree di versante di massima pendenza. I dati utilizzati sono:

- Presenza di una falda idrica superficiale;
- il modello geologico;
- Il seguente modello geotecnico;
- È stato utilizzato il software di simulazione "SLOPE" dell'azienda GEOSTRU.

I risultati delle simulazioni per i quattro aerogeneratori sono di seguito riportati:

Per il WTG1 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 8.266$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Per il WTG2 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 6.743$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Per il WTG3 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 2.938$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$

Per il WTG9 in condizioni post-opera:

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la stabilità globale del versante è verificata.

RELAZIONE GEOTECNICA

Data emissione:
Aprile 2024

Pagina
21 di 19

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{min} = 7.152$ che risulta maggiore di $Fs = 1,3$
Gioia del Colle, aprile 2024

il Geologo

Dott. Raffaele SASSONE



ALLEGATO 1
REPORT INDAGINI GEOFISICHE



GEOMONITEK SRL

INDAGINI GEOFISICHE E IDROGEOLOGICHE
MONITORAGGIO STRUTTURALE E GEOMECCANICO

COMUNE DI BICCARI

PROVINCIA DI FOGGIA

Elaborato

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

REDATTO

VERIFICATO

REVISIONE

GEOL. DE GIORGIO

GEOL. GIGANTE

A

COMMITTENTE:

GEOL. RAFFAELE SASSONE

GEOMONITEK SRL

Via Trieste e Trento 112
70011 Alberobello (BA)
C.F./P.I. 07316560726

EMISSIONE

CODICE ELABORATO

CODICE ARCHIVIAZIONE FILE

14.12.2022

GMT_RGF021_141222

GMT_RGF021_141222.pdf

GEOMONITEK SRL

Sede legale: Corso Trieste e Trento, 112 - 70011 Alberobello (BA) - Italia - P.IVA 07316560726
Tel. 0804322730 - e-mail: info@geomonitek.com - www.geomonitek.com

Indice

1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	4
2.1 IL METODO DELLA SISMICA A RIFRAZIONE.....	4
2.2 METODO M.A.S.W.	4
2.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
3. ATTIVITÀ DI CAMPO	6
4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE.....	7
4.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	7
4.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	10
4.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	13
4.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI	16
4.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI	19
4.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI	22
4.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI	25
4.8 STENDIMENTO SISMICO HH': INTERPRETAZIONE DEI DATI	28
4.9 STENDIMENTO SISMICO II': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	30
5. ANALISI MASW	32
5.1 STENDIMENTO SISMICO AA': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	32
5.2 STENDIMENTO SISMICO BB': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	35
5.3 STENDIMENTO SISMICO CC': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	38
5.4 STENDIMENTO SISMICO DD': INTERPRETAZIONE DEI DATI	41
5.5 STENDIMENTO SISMICO EE': INTERPRETAZIONE DEI DATI	44
5.6 STENDIMENTO SISMICO FF': INTERPRETAZIONE DEI DATI	47
5.7 STENDIMENTO SISMICO GG': INTERPRETAZIONE DEI DATI	50
5.8 STENDIMENTO SISMICO HH': INTERPRETAZIONE DEI DATI	53
5.9 STENDIMENTO SISMICO II': INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	56
6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE	59
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO AA'.....	60
6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO BB'.....	61
6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO CC'.....	62
6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO DD'.....	63
6.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO EE'.....	64
6.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO FF'.....	65
6.7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO GG'.....	66
6.8 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO HH'.....	67
6.9 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE: PROFILO II'	68
7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	69
STENDIMENTO SISMICO AA'	69
STENDIMENTO SISMICO BB'.....	69
STENDIMENTO SISMICO CC'	69
STENDIMENTO SISMICO DD'.....	69
STENDIMENTO SISMICO EE'.....	70
STENDIMENTO SISMICO FF'	70

STENDIMENTO SISMICO GG'	70
STENDIMENTO SISMICO HH'	70
STENDIMENTO SISMICO II'	70
8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	71

1. PREMESSA

Il presente report riferisce sulle risultanze di indagini geognostiche di tipo indiretto condotte nel territorio comunale di Biccari Provincia di Foggia in data 12-13/12/2022 e finalizzate alla caratterizzazione geofisica del sottosuolo.

L'incarico è stato affidato a questa Società dal Geologo Raffaele Sassone.

L'indagine in loco è consistita nelle seguenti acquisizioni:

- realizzazione di n.9 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II'), ubicati come da corografia (Fig.1) e planimetrie inserite in relazione, con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P;
- esecuzione di n.9 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulle stesse tracce dei rilievi sismici a rifrazione, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Le tipologie di rilievo condotte sul terreno e le ubicazioni corrispondenti sono state indicate dalla DD.LL., in maniera tale da investigare le aree di interesse compatibilmente con gli spazi fisici a disposizione.

Si sottolinea che l'indagine sismica consente di valutare le risposte fisico-elastiche dell'ammasso roccioso indagato e l'individuazione di superfici di discontinuità fisiche laterali e/o verticali in termini di passaggi di velocità nelle onde elastiche lungo i profili nel sottosuolo.

2. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SOTTOSUOLO: METODOLOGIA DI ANALISI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito, come detto in premessa, è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume longitudinali (o onde P) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW che permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali.

2.1 Il metodo della sismica a rifrazione

La prospezione sismica è un'indagine indiretta, che si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie. Tali perturbazioni sono generalmente provocate da vibrazioni impresse al terreno con mezzi meccanici o da esplosioni. Le discontinuità ricercate mediante la prospezione sono di natura fisico-elastica e pertanto la ricostruzione della geometria e natura del sottosuolo possono essere legate sia a reali variazioni litologiche sia a variazioni rinvenibili nell'ambito di uno stesso litotipo. Il metodo della sismica a rifrazione si basa sul concetto di bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito di un fronte d'onda conico. Data quindi una sorgente di onde elastiche (massa battente, martello a percussione, piccola esplosione) e dato uno stendimento di trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati lungo un determinato allineamento, giungeranno ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde birifratte (head wave). Le onde birifratte sono quelle analizzate attraverso il metodo della sismica a rifrazione. Tali perturbazioni giungono sulla superficie di separazione tra due mezzi elastici (2 litologie differenti) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell), si propagano parallelamente alla superficie di discontinuità (prima rifrazione con angolo di 90°), e si rifrangono nuovamente verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza.

Successivamente alla registrazione dei dati, la prima operazione svolta è consistita nell'individuazione dei primi arrivi sui singoli sismogrammi (picking). Dall'acquisizione dei tempi di primo arrivo, conoscendo le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico), è stato ottenuto un diagramma tempi-distanze (dromocrona), attraverso il quale, applicando diverse metodologie, è stato possibile determinare le velocità di propagazione delle onde nel mezzo sottostante e i relativi spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica. Per le analisi interpretative, è stato utilizzato il software Rayfract (versione 3.21) che ha permesso di ottenere l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità.

2.2 Metodo M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva, utile a definire l'azione sismica di progetto, che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali V_s nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna, sulla base della misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, le uniche onde utilizzate nell'indagine MASW, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. L'impiego di tali onde è giustificato dalle proprietà che possiedono, infatti, trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente (scoppio) e allontanandosi da essa (scoppio) subiscono

un'attenuazione geometrica inferiore rispetto a quella che eventualmente avrebbero le onde P ed SV, propagandosi, conseguentemente, a profondità più grandi.

Il metodo M.A.S.W. può essere suddiviso in quattro fasi fondamentali (Roma, 2002):

- calcolo della curva di dispersione sperimentale;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Il calcolo della curva di dispersione sperimentale, si ottiene dalle misure effettuate in situ. Essa si estrae dallo spettro del dominio frequenza – numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo del moto nel dominio spazio-tempo.

Il calcolo delle curve di dispersione numeriche, apparente ed effettiva invece, si ricava applicando un'unica trasformata di Fourier alla funzione di Green. Per il calcolo della prima è stato utilizzato il metodo Roma (2001), mentre per il calcolo della seconda (curva di dispersione effettiva numerica) è stato utilizzato il metodo Lai-Rix (1998).

L'individuazione del profilo Vs, infine, è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

Per quanto riguarda, infine, la strumentazione necessaria all'esecuzione di tale indagine MASW, ci si è avvalsi delle seguenti componenti tecniche: registratore multicanale; geofoni o accelerometri da 4.5 Hz (almeno 12 canali); cavi per stendimenti sismici; sorgente energizzante composta da piastra metallica (per battuta) ed una massa battente di 5 - 10 Kg; bindella metrica per la disposizione geometricamente corretta dei geofoni con interasse compreso tra 0.5 e 5 metri.

2.3 Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata per la registrazione dei segnali è del tipo a 24 canali, modello DBS280 (anno 2012) della DOLANG interfacciato con un computer portatile.

L'attrezzatura è composta da:

- **un sistema di energizzazione:** la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in acciaio posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- **un sistema di trigger:** consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.
- **un sistema di ricezione:** costituito da 24 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione 4,5 Hz.
- **un sistema di acquisizione dati:** con memoria dinamica a 16 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali per un totale di 24 canali, 2 cavi sismici a 12 take-outs ciascuno spaziato a 5 metri, notebook PC Windows XP con software DBS280 Versione 5.1 della DOLANG

3. ATTIVITÀ DI CAMPO

L'indagine in loco è consistita come detto nella realizzazione di n.09 rilievi sismici a rifrazione in onda P (sigle: AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF'-GG'-HH'-II') e nell'esecuzione di n.09 prospezioni sismiche con metodo M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of SurfaceWaves) sulle stesse tracce delle sezioni tomografiche, al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento.

Gli stendimenti sismici hanno tutti lunghezza di 24 metri e sono ubicati come riportato nella seguente figura (Fig.1).



Fig. 1 – Corografia delle prospezioni geofisiche

4. ANALISI DI SISMICA A RIFRAZIONE

4.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione AA' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NE/SW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

A – 15.260320 41.417372 A' – 15.260120 41.417268

Lo stendimento AA' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.2).



Fig. 2 – Ubicazione dello stendimento sismico AA' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.3).



Fig.3 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione AA'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 4 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

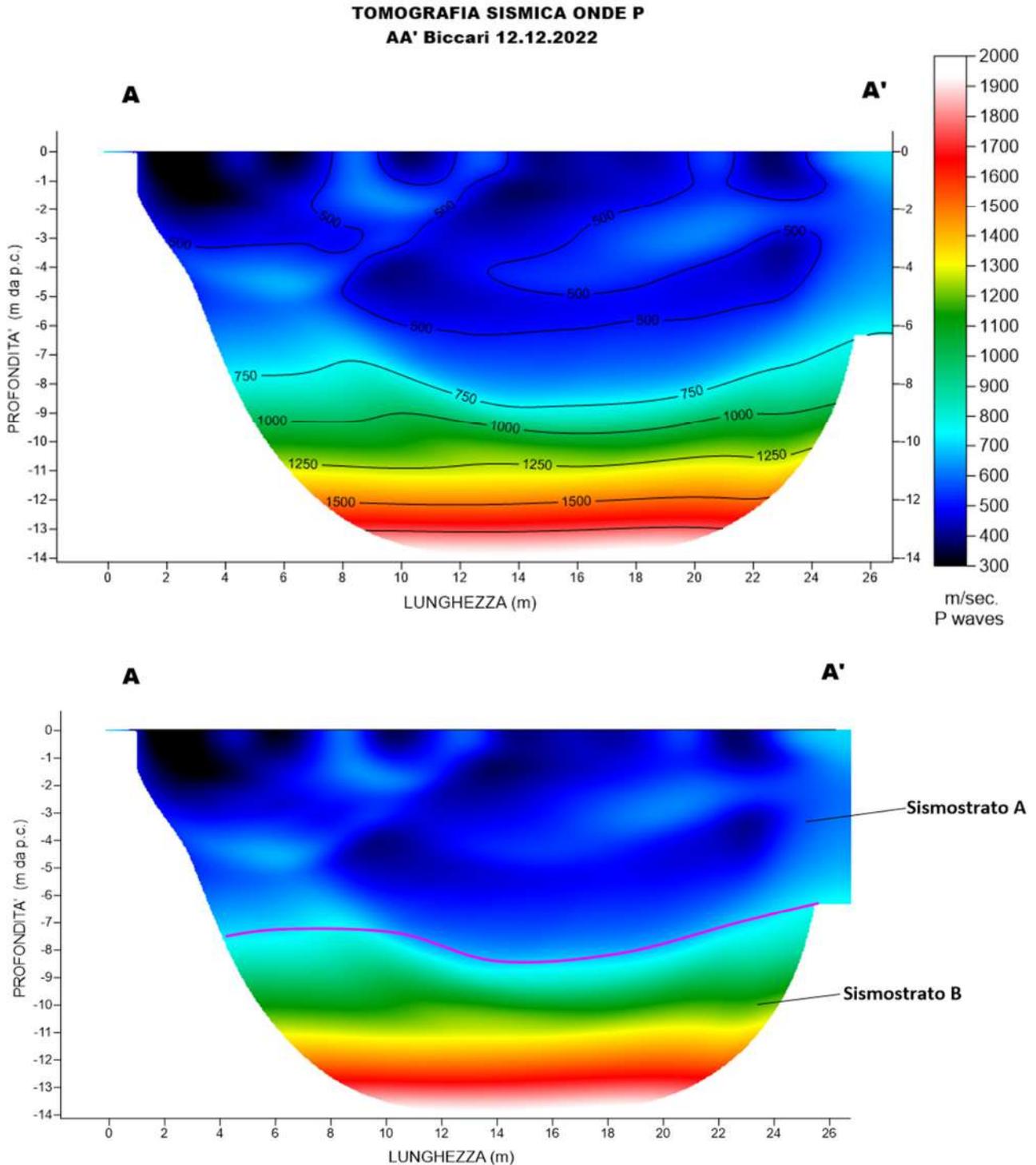


Fig. 4 – Sezione tomografica del profilo AA' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge fino ad una profondità variabile e compresa tra 7-8 metri, sono stati riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 250 m/s e 750 m/s. Il secondo sismostrato invece, è caratterizzato da un incremento delle velocità delle onde P con la profondità, che raggiungono valori di circa 2000 m/s alle profondità indagate, ossia circa 14 metri di profondità dal piano campagna.

Assimilando le velocità sismiche riscontrate, alla geologia dell'area, è possibile assimilare i sedimenti del sismostrato A a depositi marini terrazzati costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli eterometrici a cui si intercalano livelli sabbiosi mentre i sedimenti del sismostrato B, sono riferibili all'unità delle Argille subappennine, costituita da argille marnose e siltose.

4.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione BB' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata SW/NSE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

B – 15.250997 41.417140 B' - 15.251214 41.417050

Lo stendimento BB' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.5).

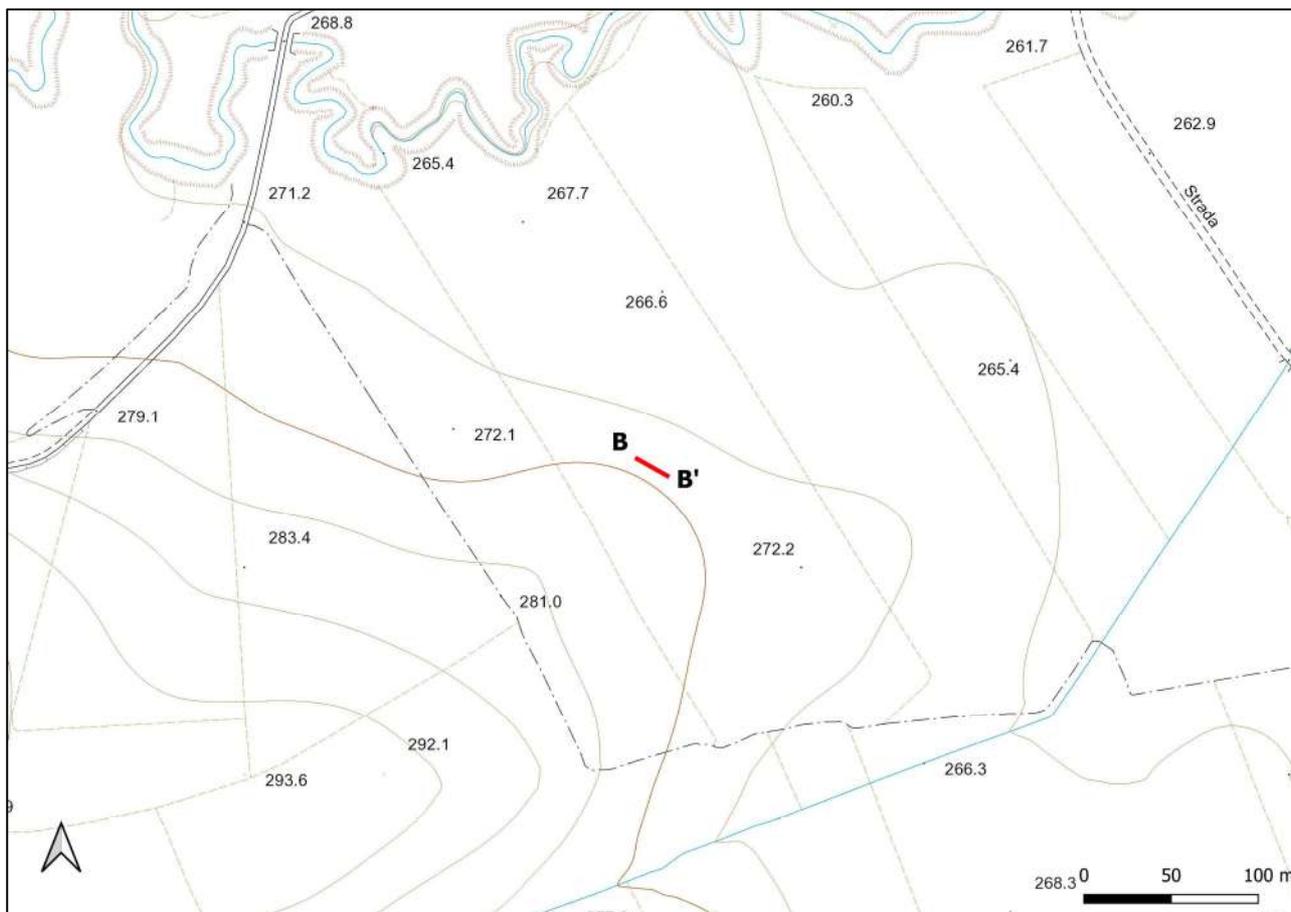


Fig. 5 – Ubicazione dello stendimento sismico BB' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.6).



Fig.6 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione BB'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 7 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

**TOMOGRAFIA SISMICA ONDE P
BB' Biccari 12.12.2022**

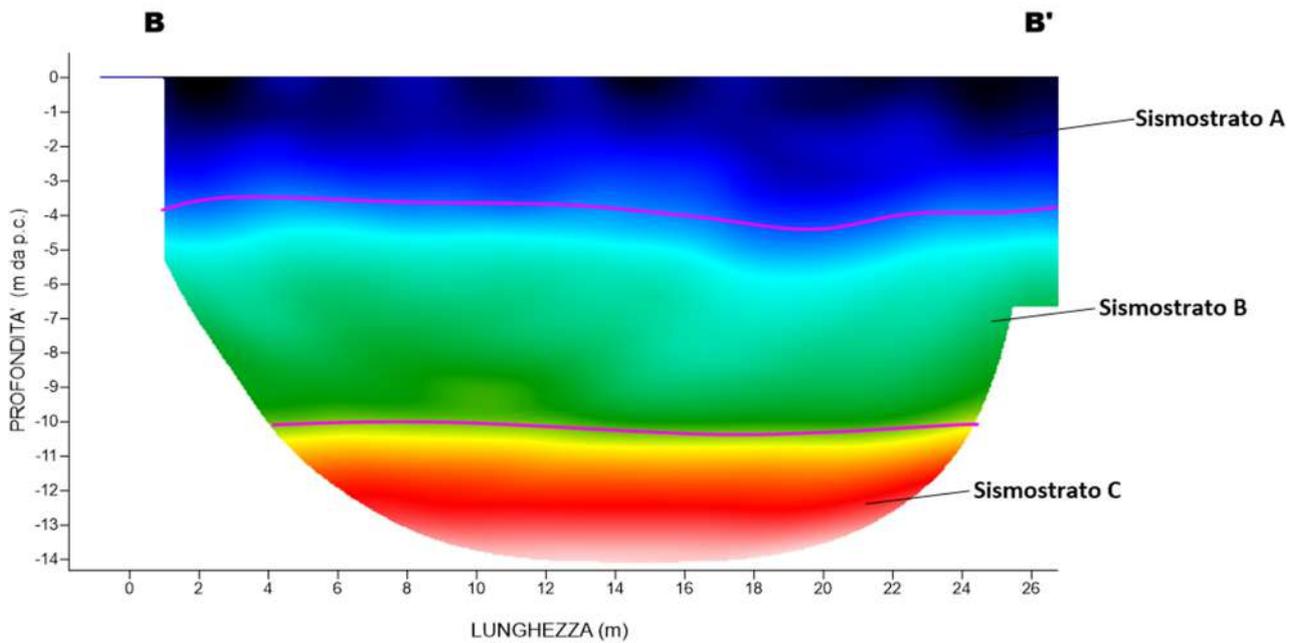
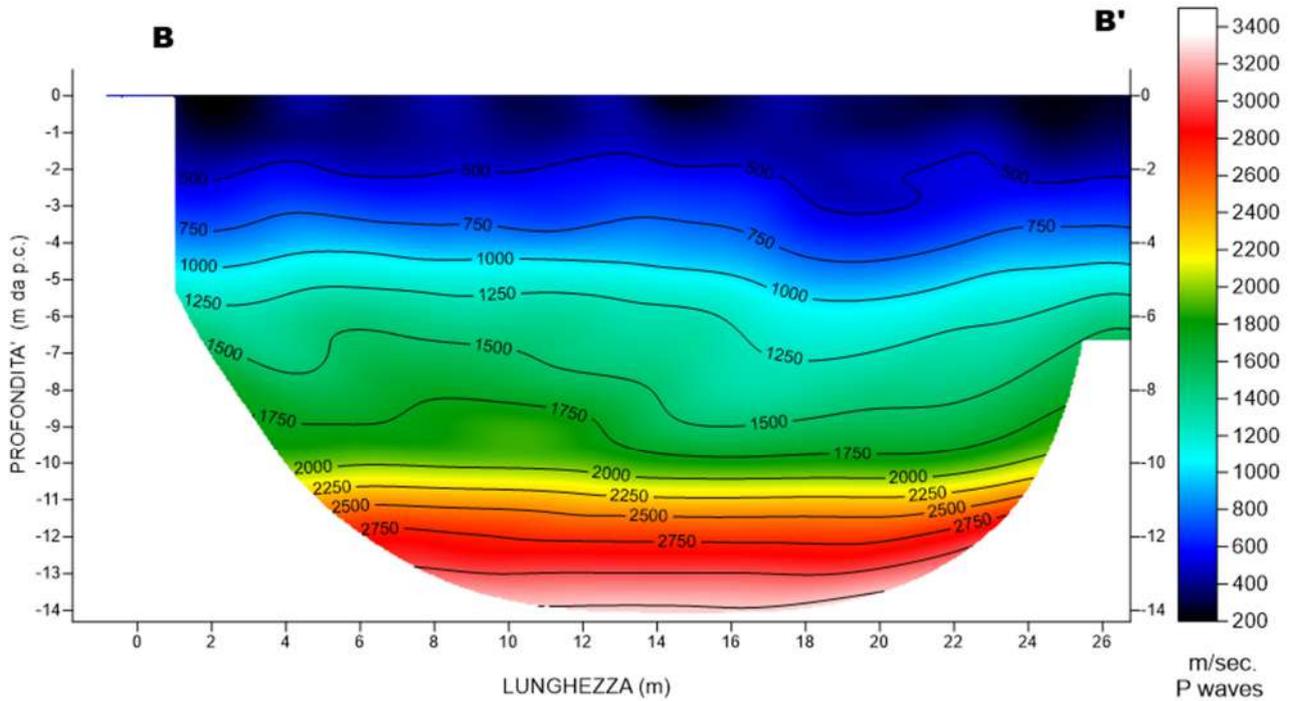


Fig. 7 – Sezione tomografica del profilo BB' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 4 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo uniforme e continuo fino a raggiungere una profondità di circa 10 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 14 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

4.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione CC' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NW/SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

C – 15.234946 – 41.423393 C' – 15.235003 – 41.423220

Lo stendimento CC' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.8).

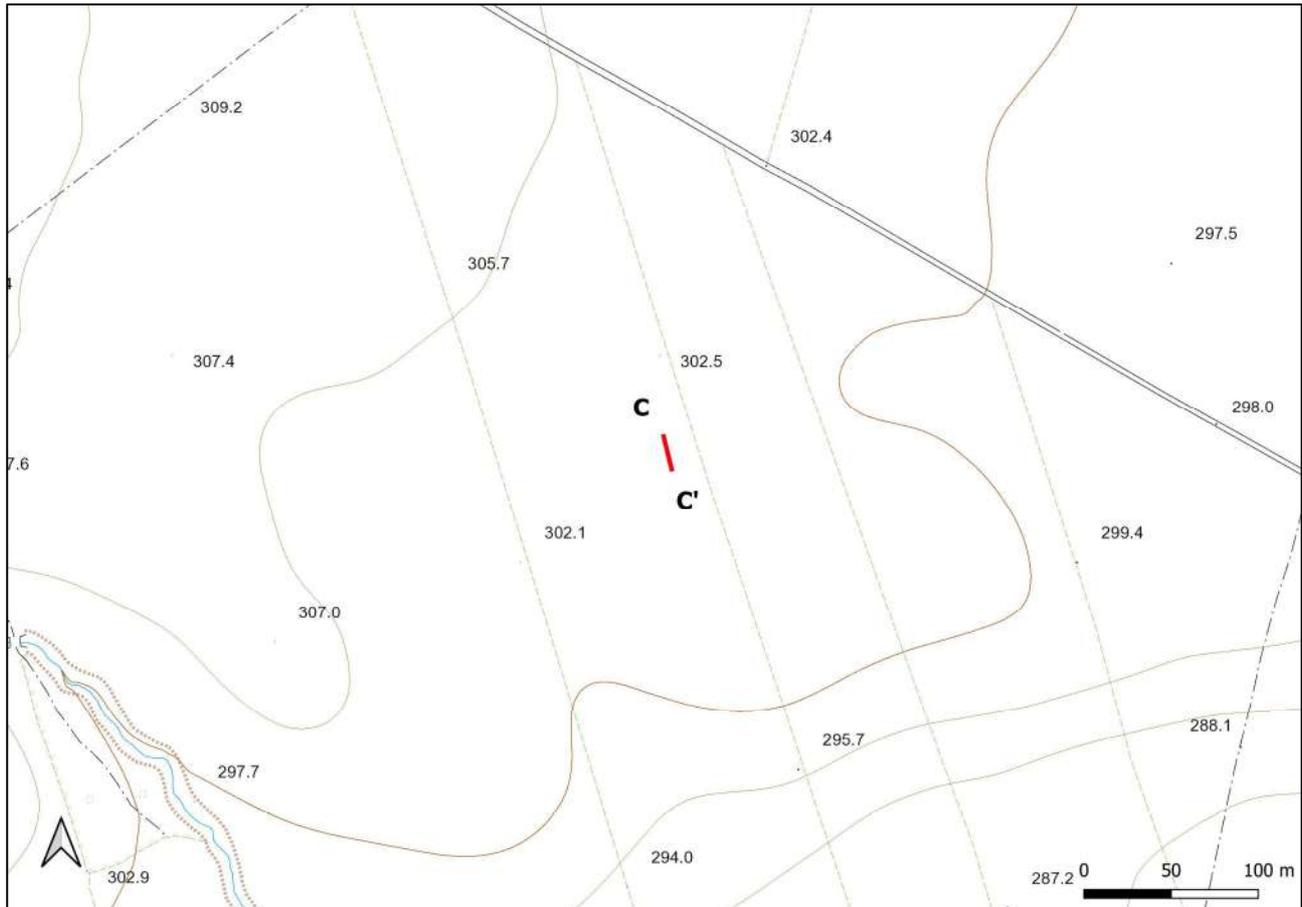


Fig. 8 – Ubicazione dello stendimento sismico CC' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.9).



Fig.9 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione CC

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 10 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

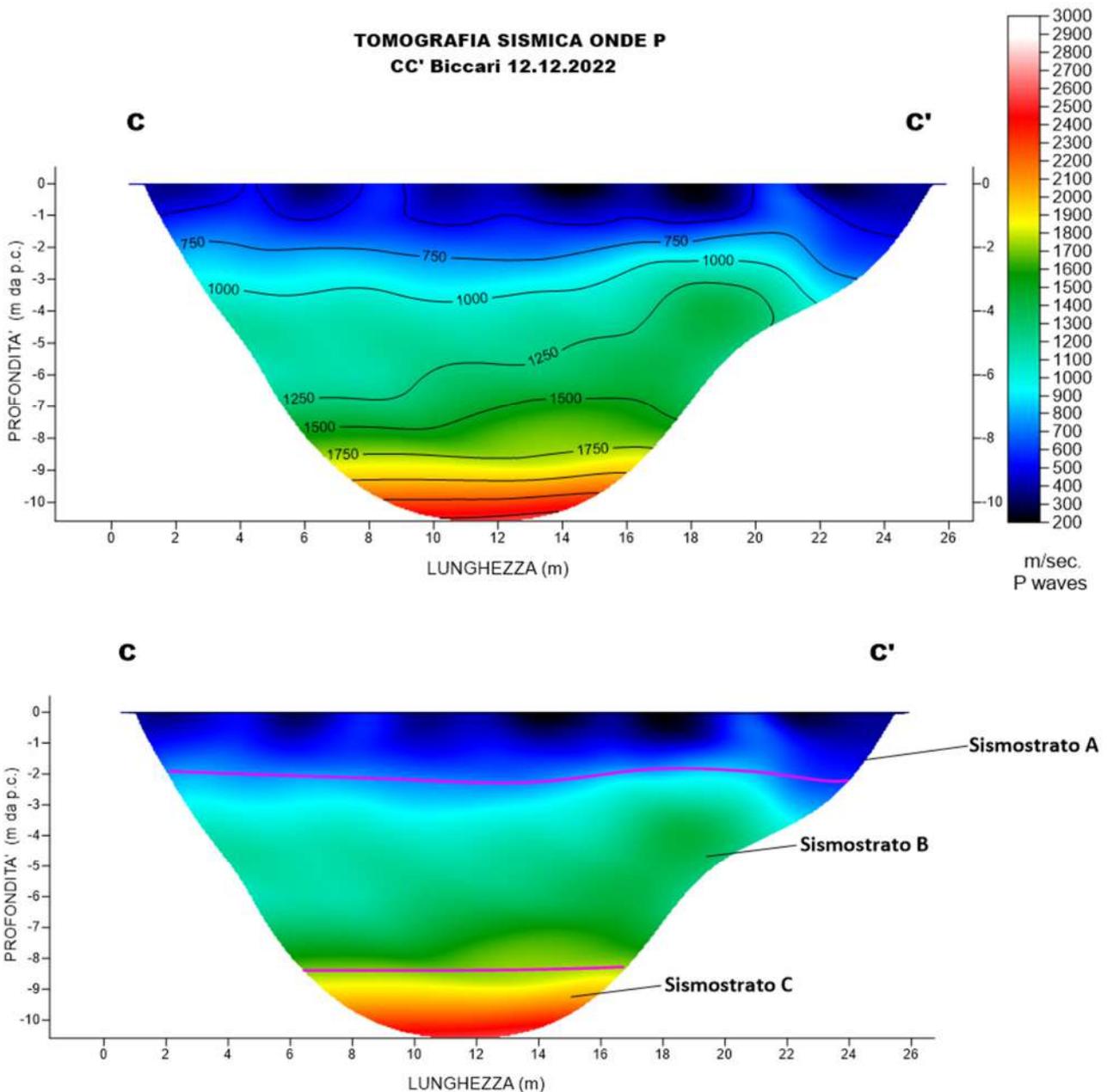


Fig. 10 – Sezione tomografica del profilo CC' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 1750 m/s, che crescono in modo uniforme e continuo fino a raggiungere una profondità di circa 8 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 10 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

4.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione DD' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata S/N e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

D – 15.228295 41.424342 D' – 15.228287 41.424508

Lo stendimento DD' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.12).

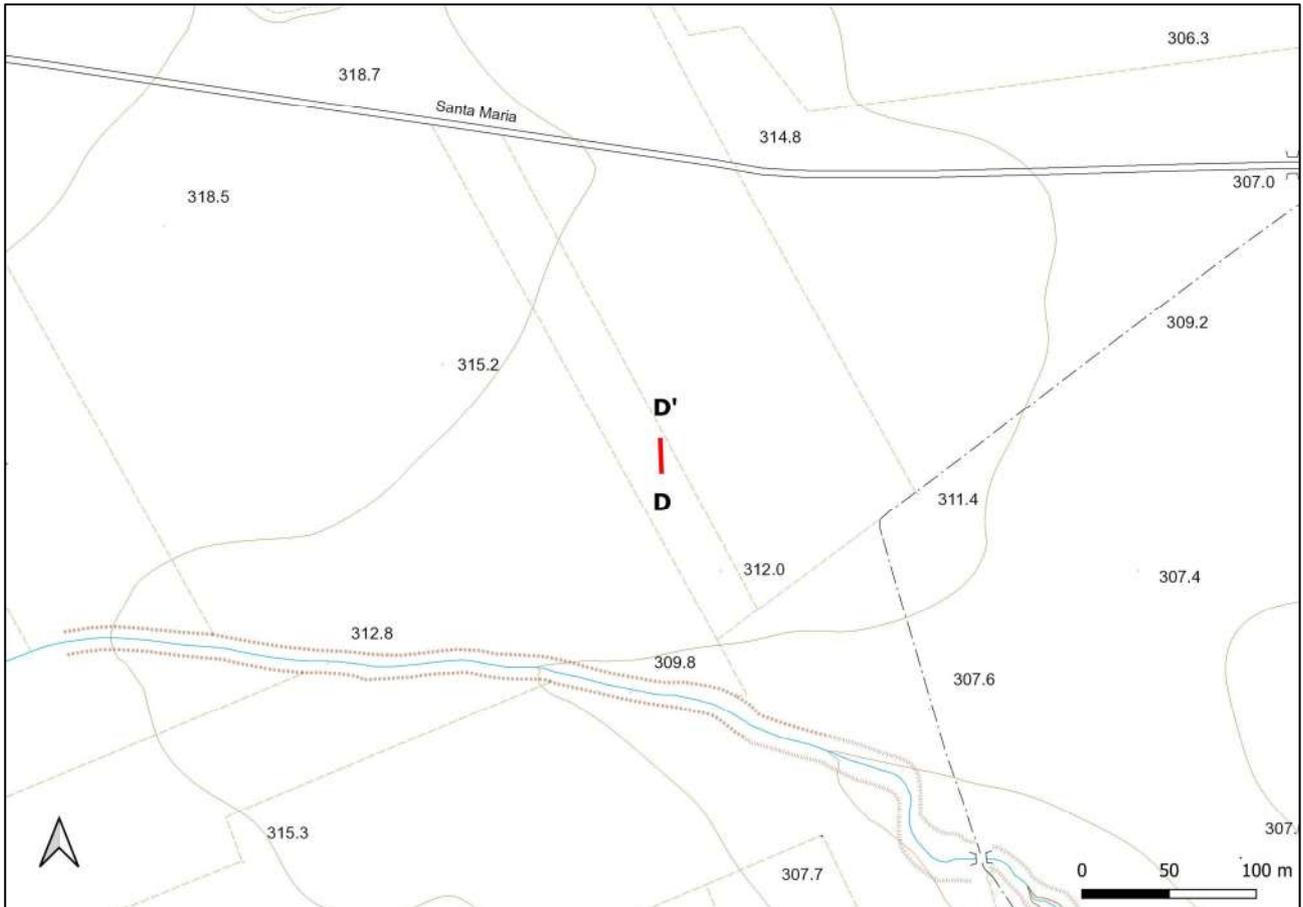


Fig. 12 – Ubicazione dello stendimento sismico DD' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.13).

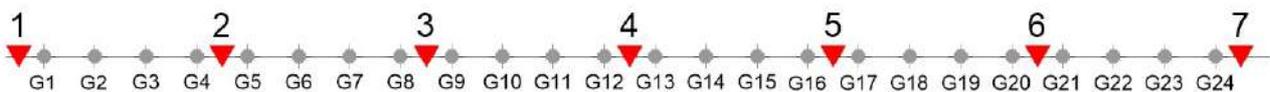


Fig.13 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione DD'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 14 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

TOMOGRAFIA SISMICA ONDE P
DD' Biccari 12.12.2022

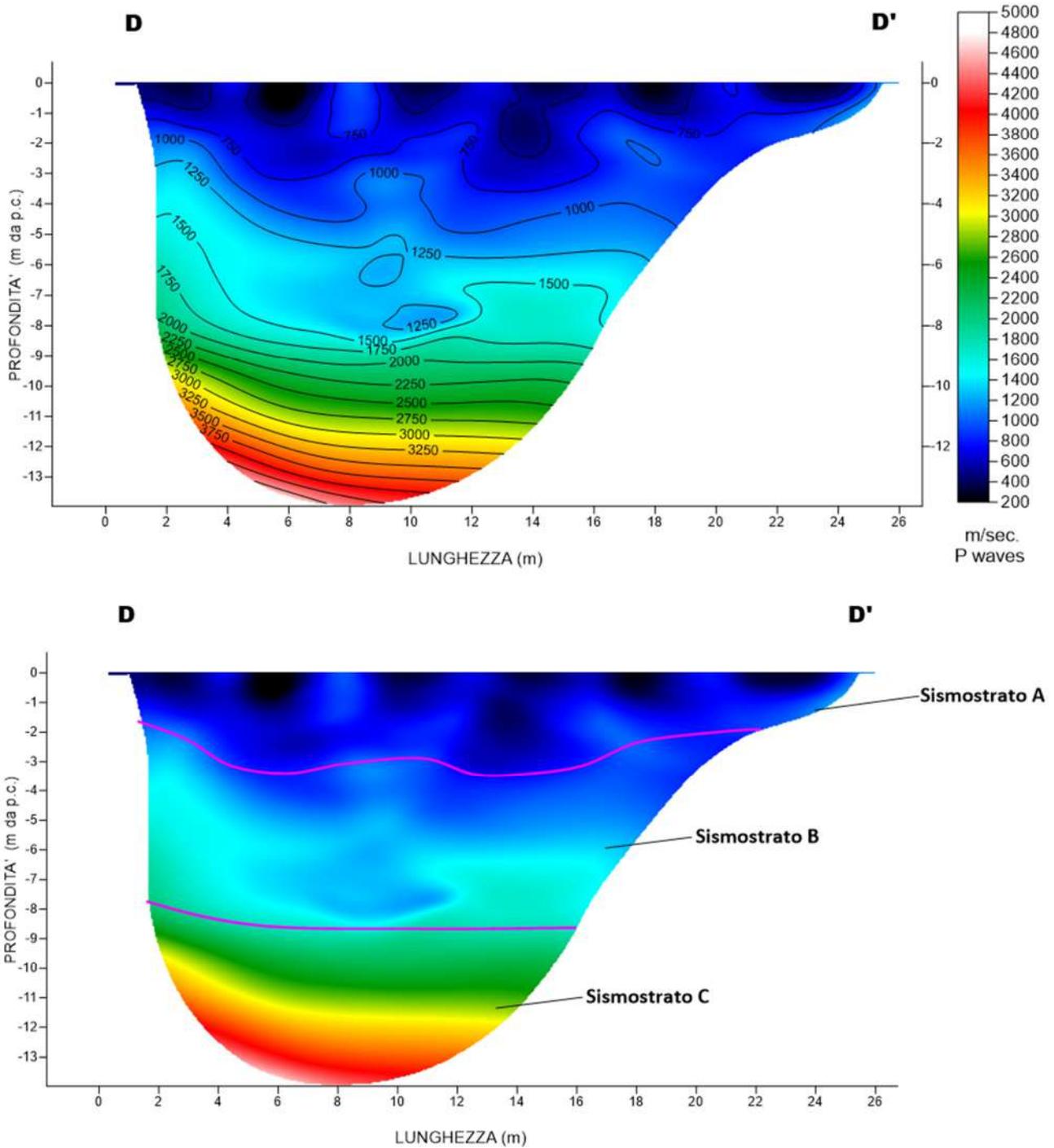


Fig. 14 – Sezione tomografica del profilo DD' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2/3 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 8 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 13 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

In corrispondenza del Sismostrato B, l'andamento ondulato delle velocità sismiche permette di ipotizzare la presenza di variazioni granulometriche e di coesione che implicano la presenza di anisotropie laterali di facies litologiche.

4.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione EE' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata SE/NW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

E – 15.2128469 41.4193758 E' - 15.2126870 41.4194809

Lo stendimento EE' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.15).

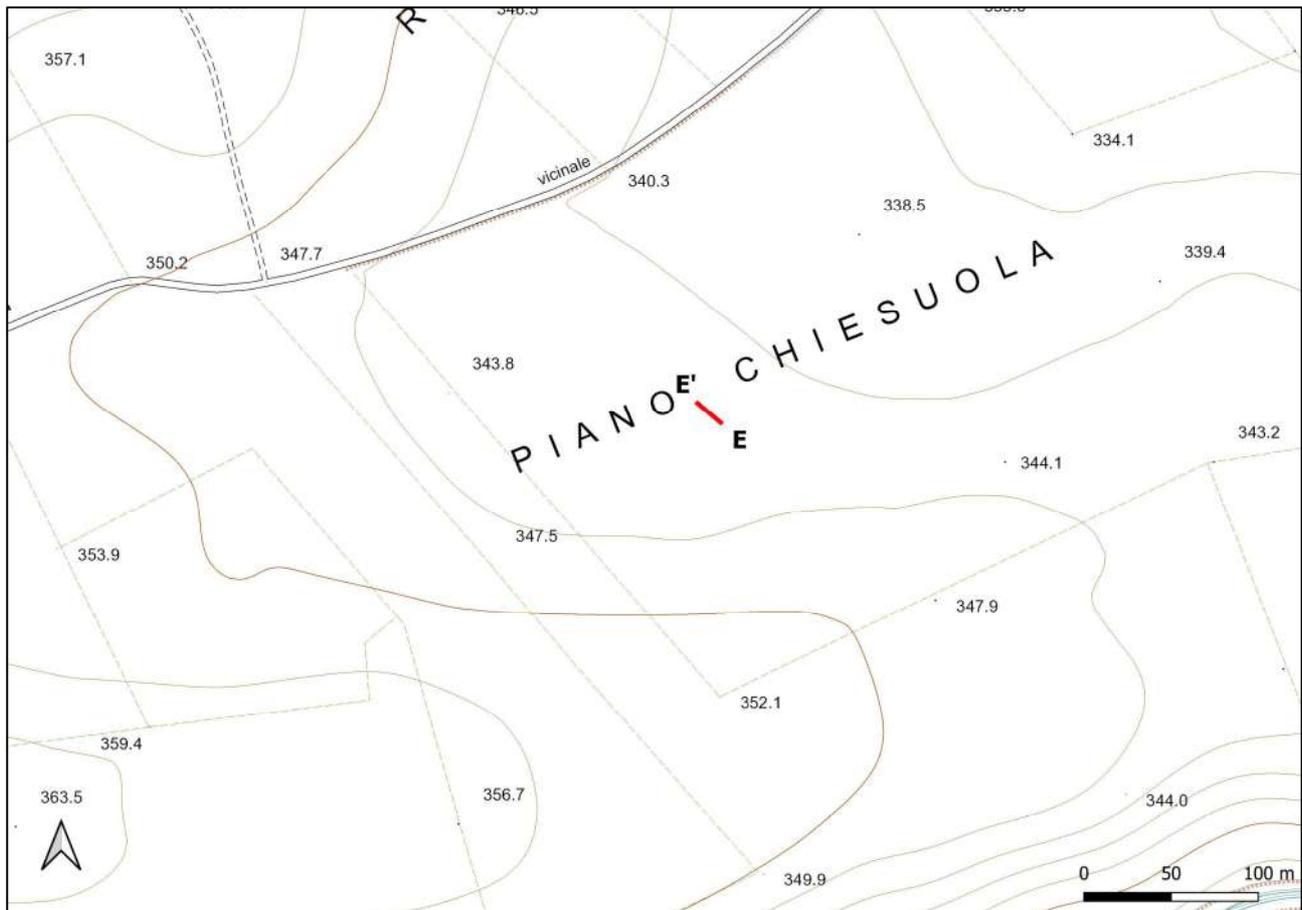


Fig. 15 – Ubicazione dello stendimento sismico EE' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.16).

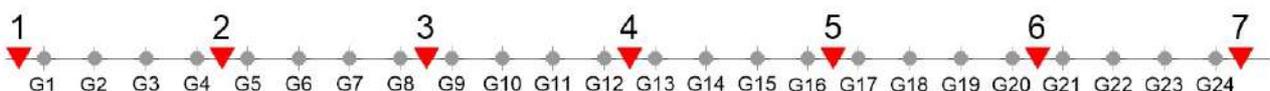


Fig.16 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione EE'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 17 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

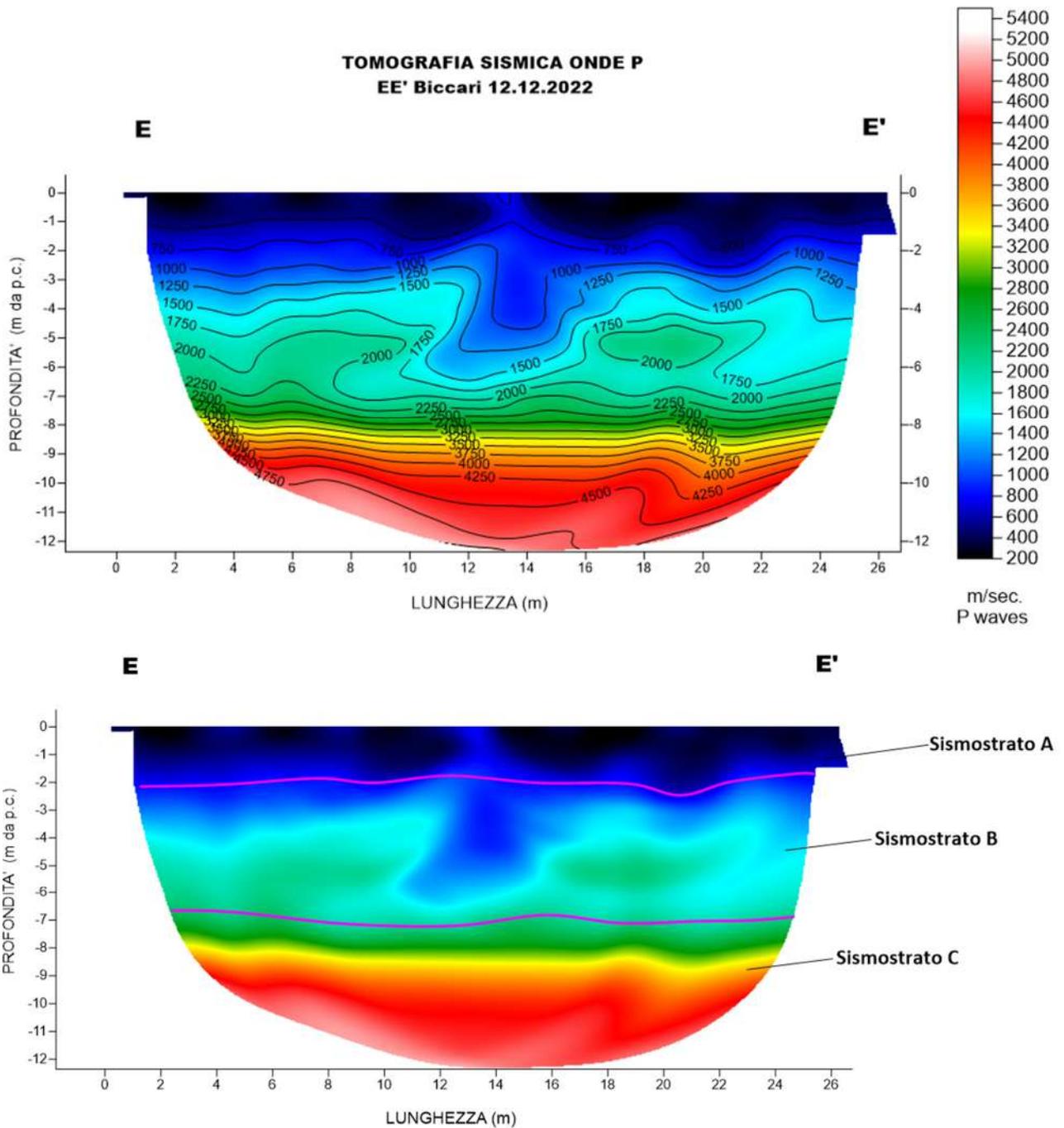


Fig. 17 – Sezione tomografica del profilo EE' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da

velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 7 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 12 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

In corrispondenza del Sismostrato B, l'andamento ondulato delle velocità sismiche permette di ipotizzare la presenza di variazioni granulometriche e di coesione che implicano la presenza di anisotropie laterali di facies litologiche.

4.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione FF' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata S/N e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

F – 15.201968 41.421310 F' – 15.201986 41.421476

Lo stendimento FF' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.18).

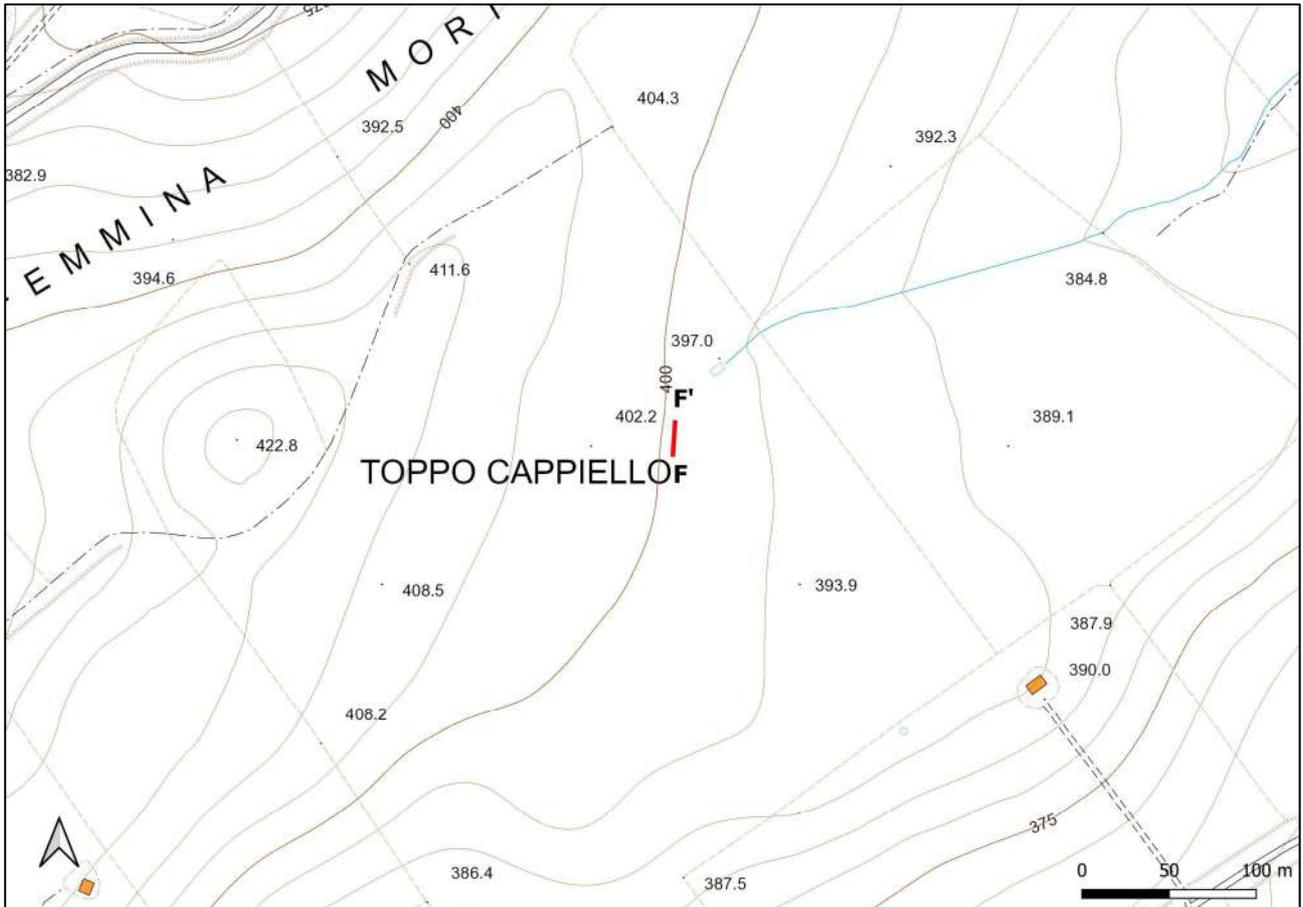


Fig. 18 – Ubicazione dello stendimento sismico FF' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.19).



Fig.19 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione FF'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 20 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

TOMOGRFIA SISMICA ONDE P
FF' Biccari 12.12.2022

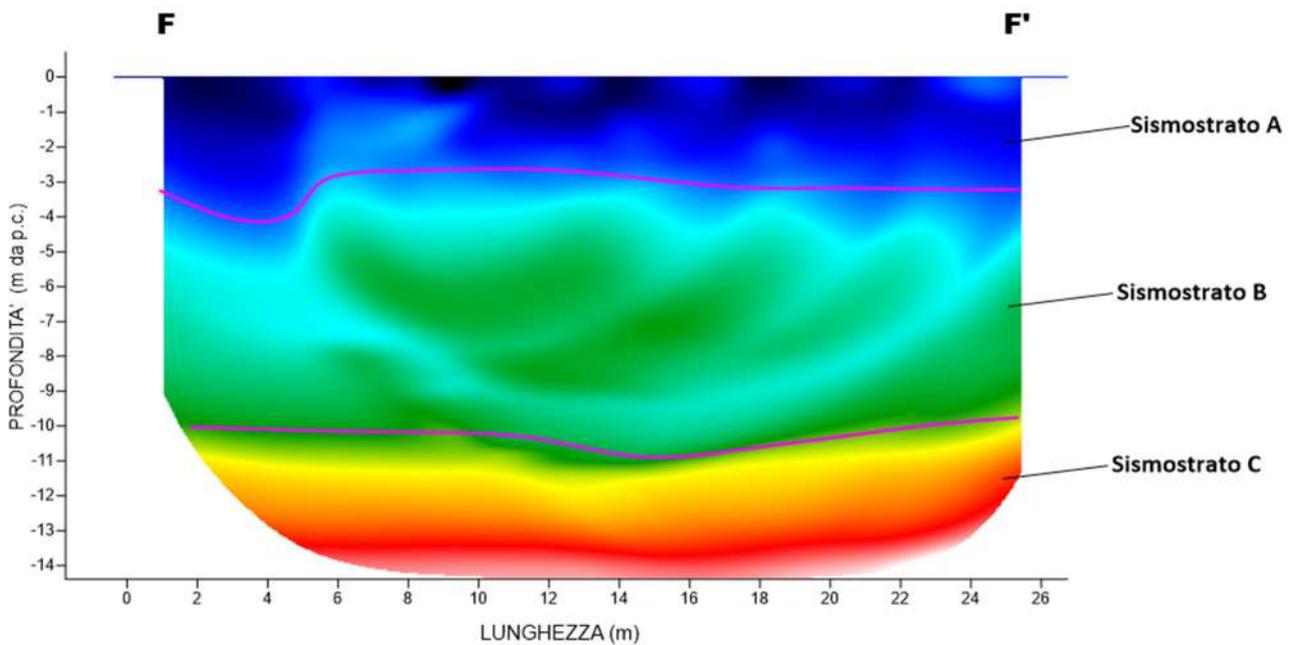
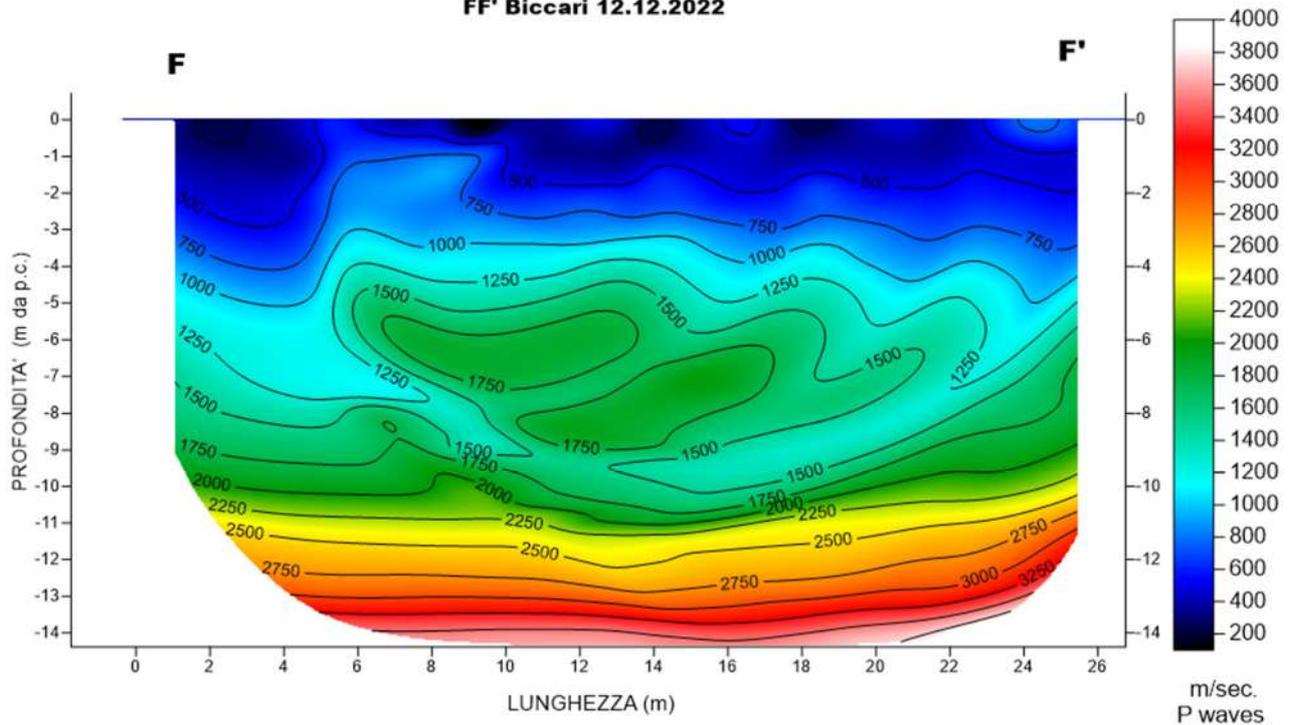


Fig. 20 – Sezione tomografica del profilo FF' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **3 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 3/4 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 2000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere una profondità di circa 10 metri dal piano campagna. Il sismostrato C infine, è caratterizzato da valori di velocità delle onde P che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere la profondità investigata di circa 14 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A), il secondo sismostrato a depositi conglomeratici immersi in matrice sabbioso-argillosa (sismostrato B), mentre il sismostrato C, è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

In corrispondenza del Sismostrato B, l'andamento ondulato delle velocità sismiche permette di ipotizzare la presenza di variazioni granulometriche e di coesione che implicano la presenza di anisotropie laterali di facies litologiche.

4.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione GG' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NW/SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

G – 15.188793 41.413726 G' – 15.189005 41.413645

Lo stendimento GG' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.21).

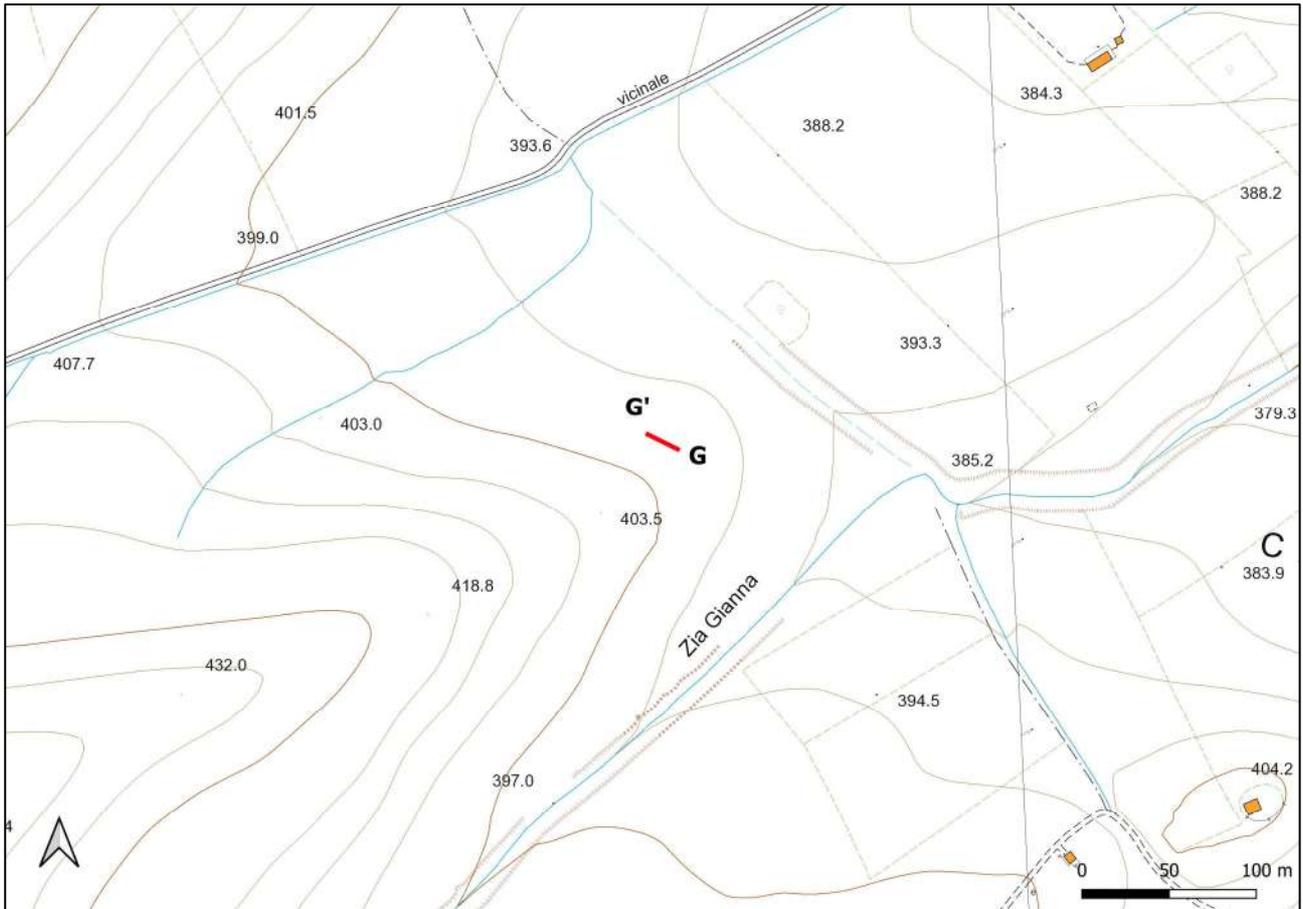


Fig. 21 – Ubicazione dello stendimento sismico GG' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.22).

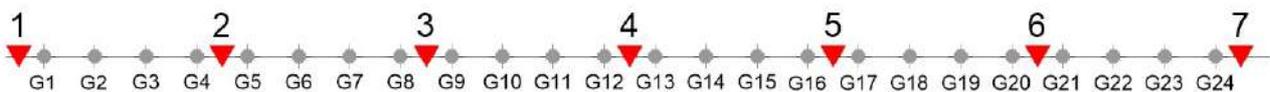


Fig.22 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione GG'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 23 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

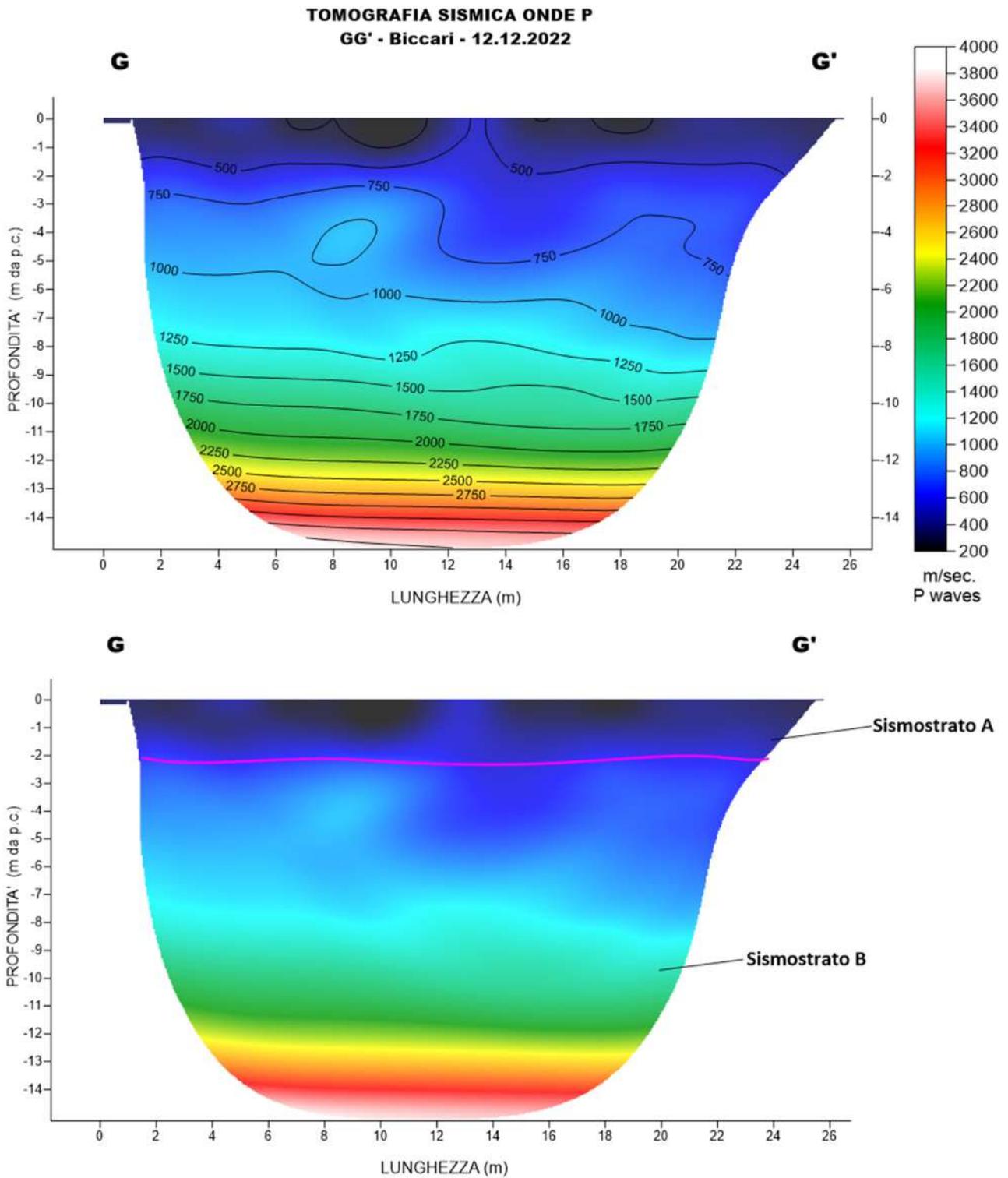


Fig. 23 – Sezione tomografica del profilo GG' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 500 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 2 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 3000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere la profondità investigata di circa 15 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A) mentre il secondo sismostrato (sismostrato B), è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

4.8 Stendimento sismico HH': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione HH' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NW/SE e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

H – 15.183344 41.416455 H' – 15.183463 41.416311

Lo stendimento HH' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.24).

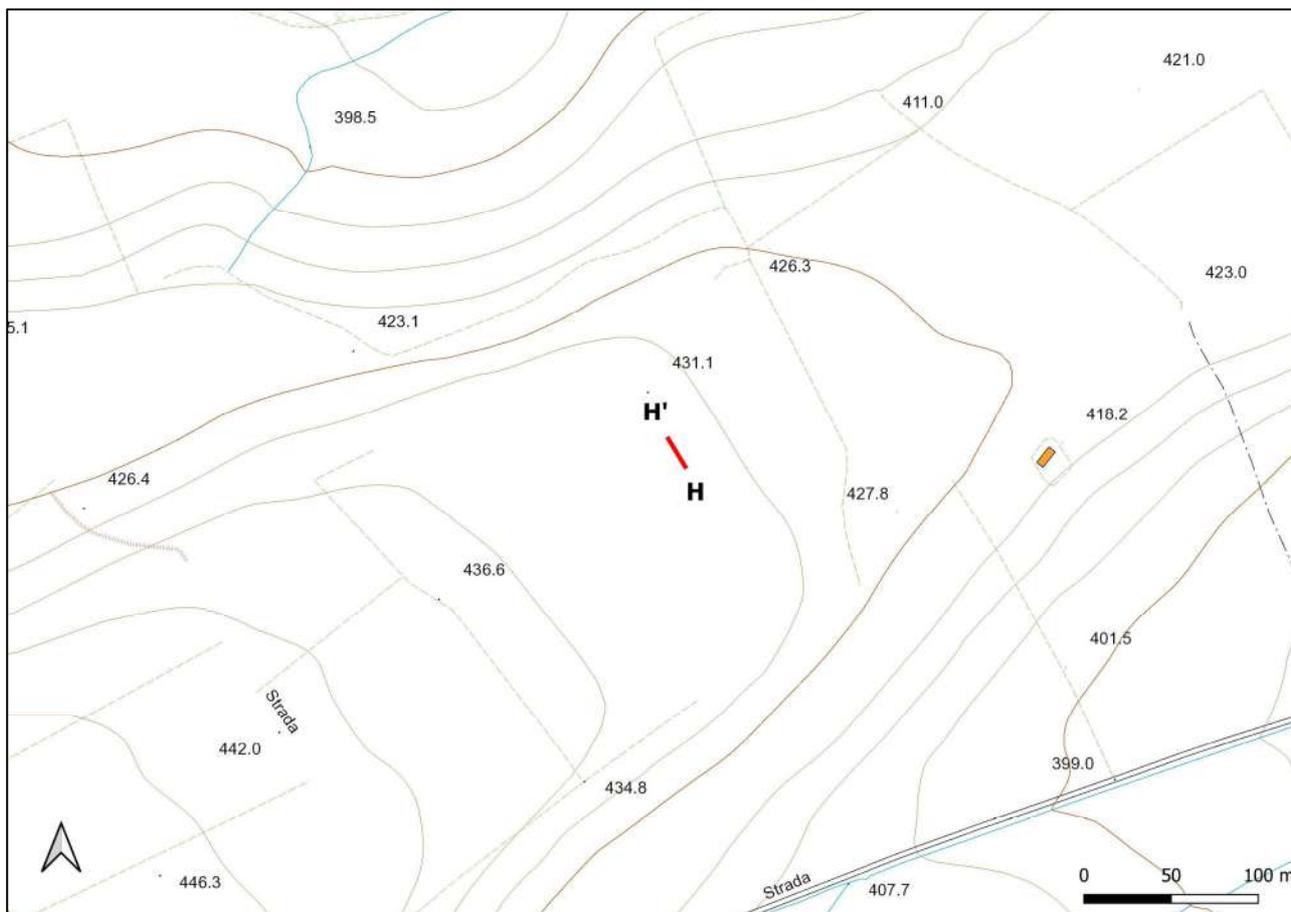


Fig. 24 – Ubicazione dello stendimento sismico HH' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.25).



Fig.25 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione HH'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 25 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

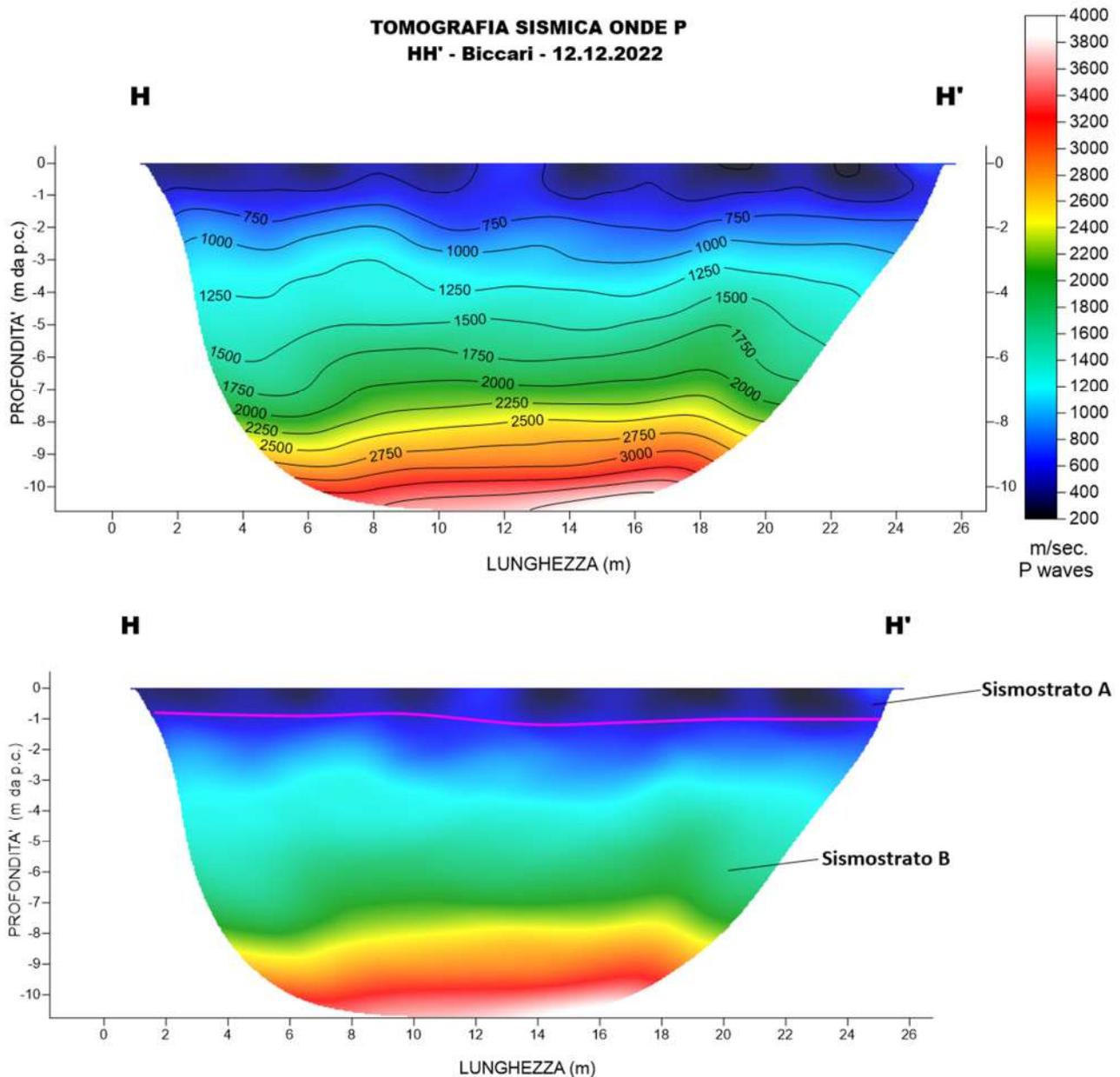


Fig. 25 – Sezione tomografica del profilo HH' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 500 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 1 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 500 e 3500 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere la profondità investigata di circa 10 m dal p.c.

Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A) mentre il secondo sismostrato (sismostrato B), è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

4.9 Stendimento sismico II': interpretazione dei dati

Il profilo di sismica a rifrazione II' ha una lunghezza di 24 metri lineari con interspazio geofonico di 1.0 m, direttrice orientata NE/SW e i due punti estremi hanno le seguenti coordinate (WGS84):

I – 15.214859 41.410364 I' – 15.214633 41.410388

Lo stendimento II' è stato ubicato come riportato nella seguente figura (Fig.26).

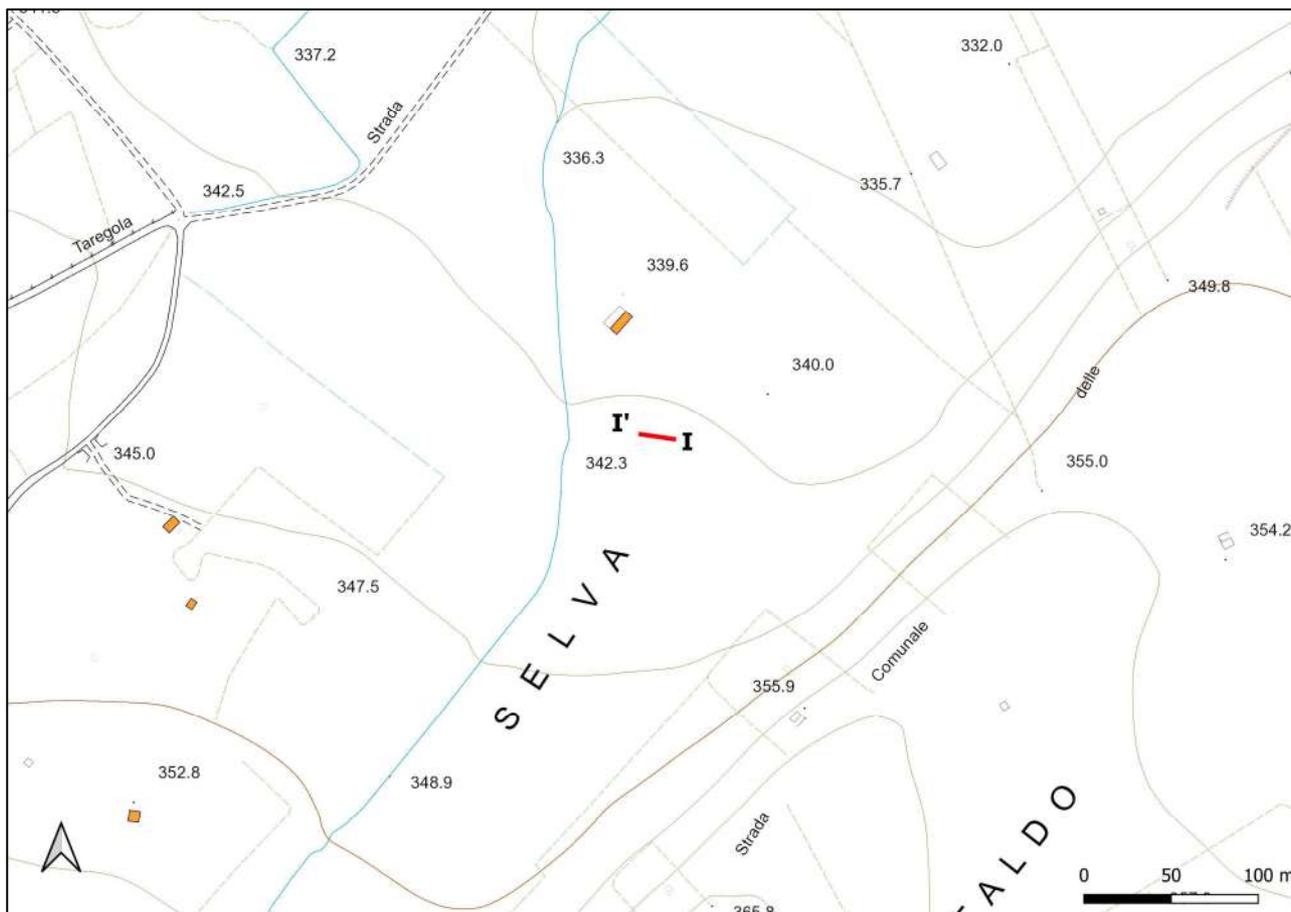


Fig. 24 – Ubicazione dello stendimento sismico II' su CTR della Regione Puglia

La configurazione adottata è a 7 shots così distribuiti: 2 end – shots, posti a 0.5 metro dai geofoni esterni (S1 e S7); 4 intermedi, posti rispettivamente tra il 4° e 5° (S2), tra 8° e 9° (S3), tra 16° e 17° (S5), tra 20° e 21° (S6); 1 centrale tra il 12° e il 13° geofono (S4) (Fig.25).



Fig.25 - Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione II'

L'analisi interpretativa ha permesso di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P con la profondità, così come mostrato nella Figura 26 (sezione sismostratigrafica ed interpretazione).

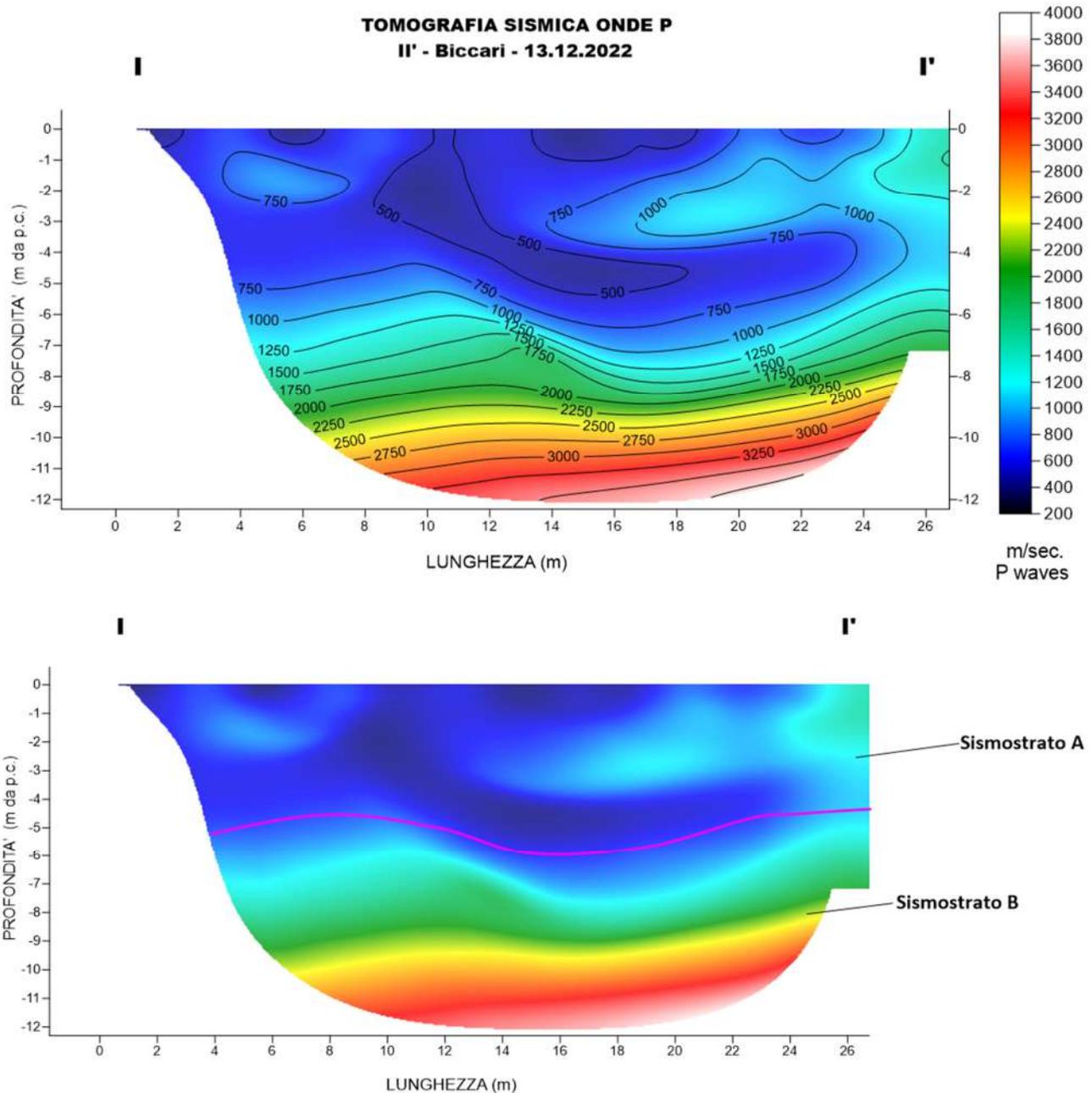


Fig. 26 – Sezione tomografica del profilo II' (a). Interpretazione sezione tomografica (b)

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare la presenza di **2 sismostrati** con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P.

Il primo sismostrato (Sismostrato A), è caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 250 e 750 m/s. La profondità risulta costante e si spinge fino a circa 5 metri dal piano campagna. Il sismostrato B invece, è caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 750 e 4000 m/s, che crescono in modo continuo fino a raggiungere la profondità investigata di circa 12 m dal p.c. Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale è riferibile a depositi

ghiaiosi e sabbioso-siltosi poco o debolmente coesi molto alterati (sismostrato A) mentre il secondo sismostrato (sismostrato B), è riferibile all'unità argilloso-sabbiosa.

5. ANALISI MASW

L'indagine geofisica è stata completata con l'esecuzione di n.9 indagini MASW per la determinazione della categoria di suolo di fondazione e la stima del fattore di amplificazione sismica dell'area, sulla stessa traccia dei profili precedenti.

5.1 Stendimento sismico AA': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.45).

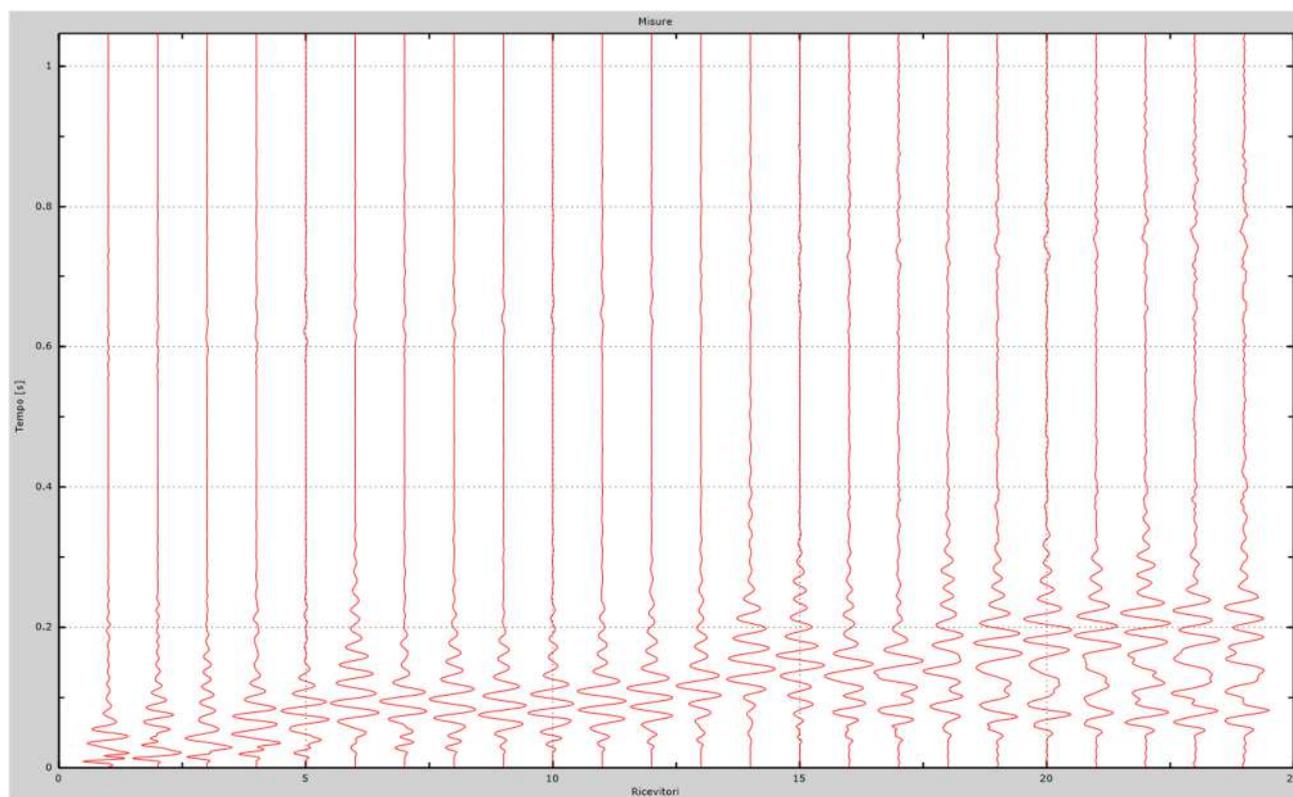


Fig. 45 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo AA'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.46) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.47). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.48). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello

del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

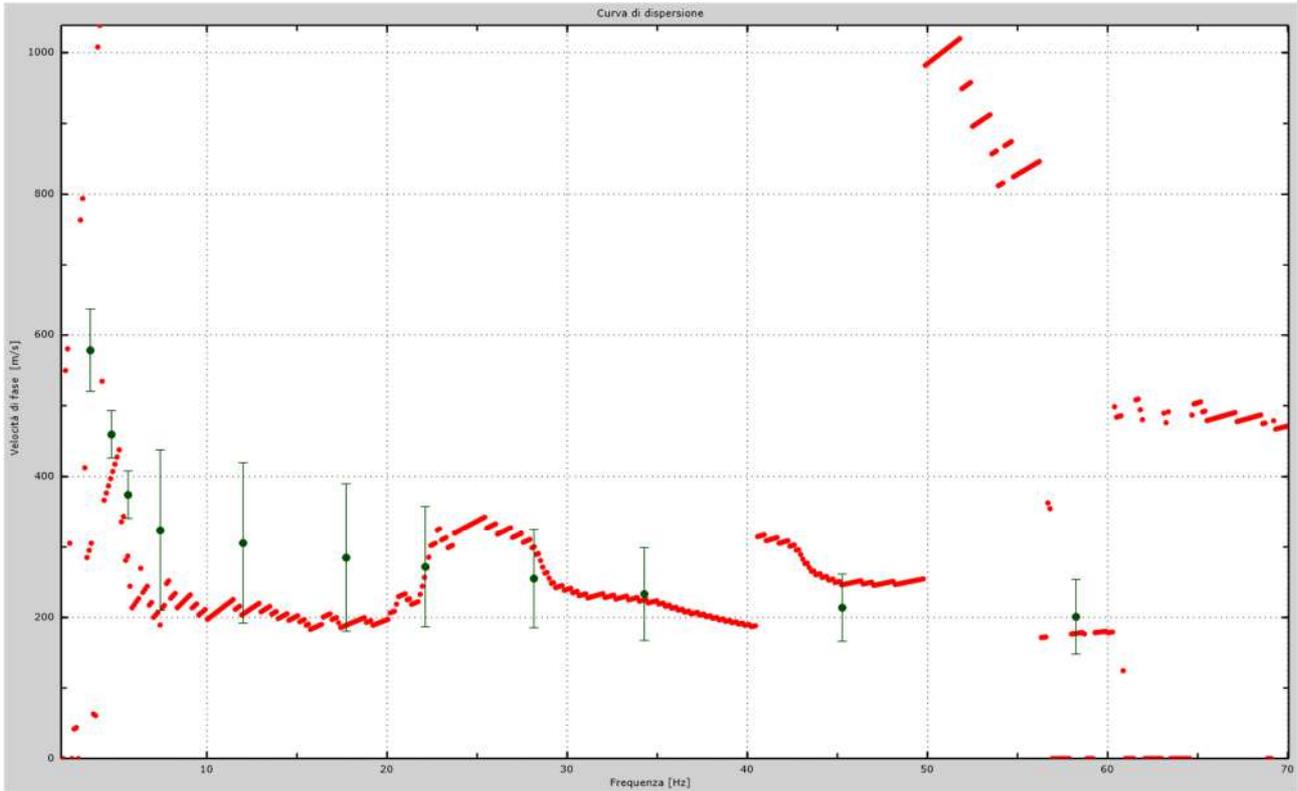


Fig.46 - Curva di dispersione sperimentale.

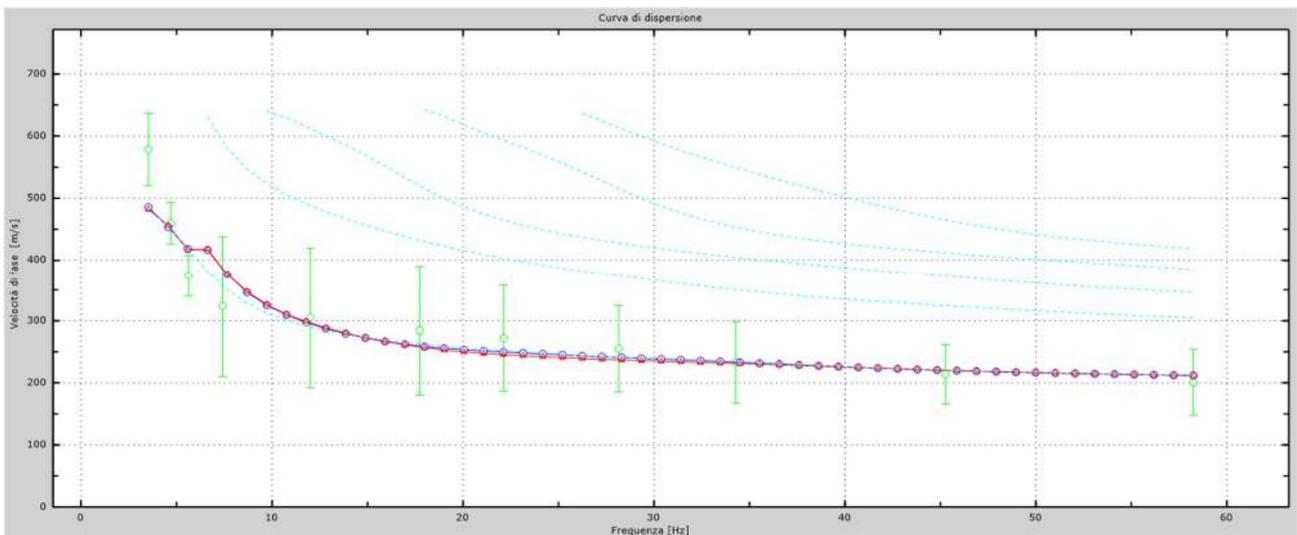


Fig.47 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

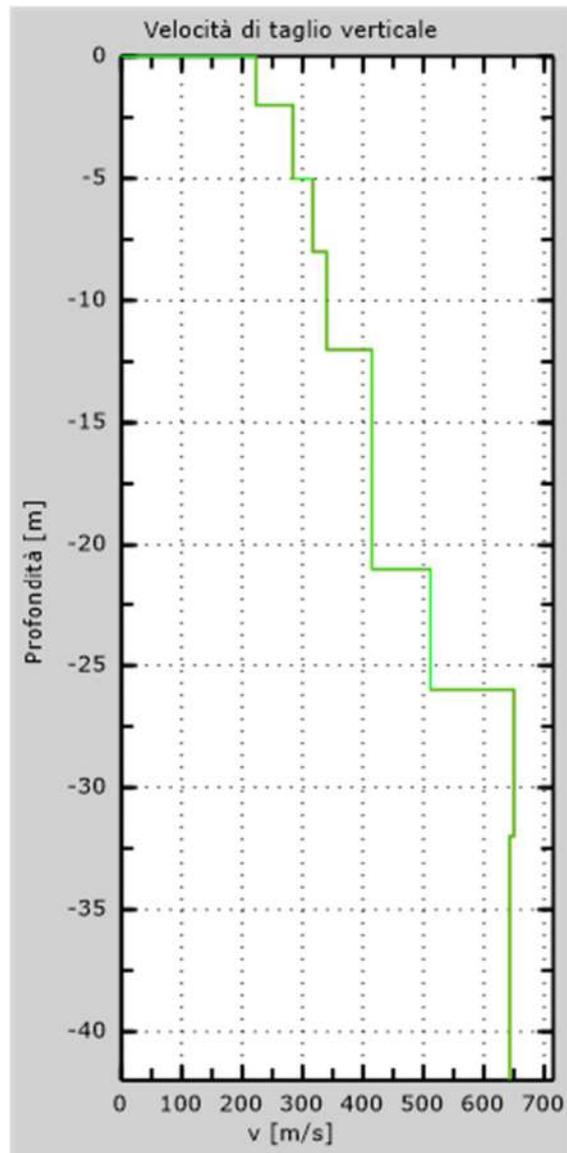


Fig. 48 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.2 Stendimento sismico BB': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.49).

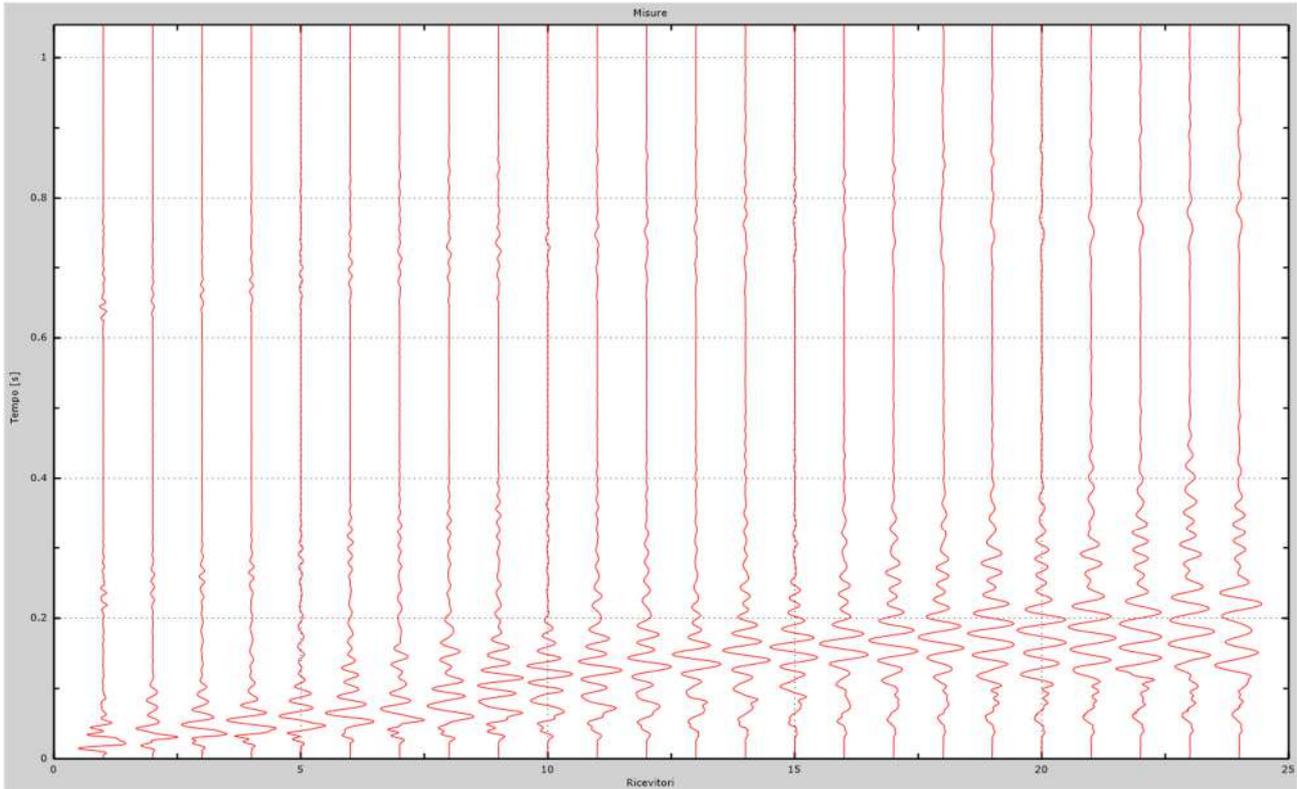


Fig. 49 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo BB'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.50) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.51). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.52). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

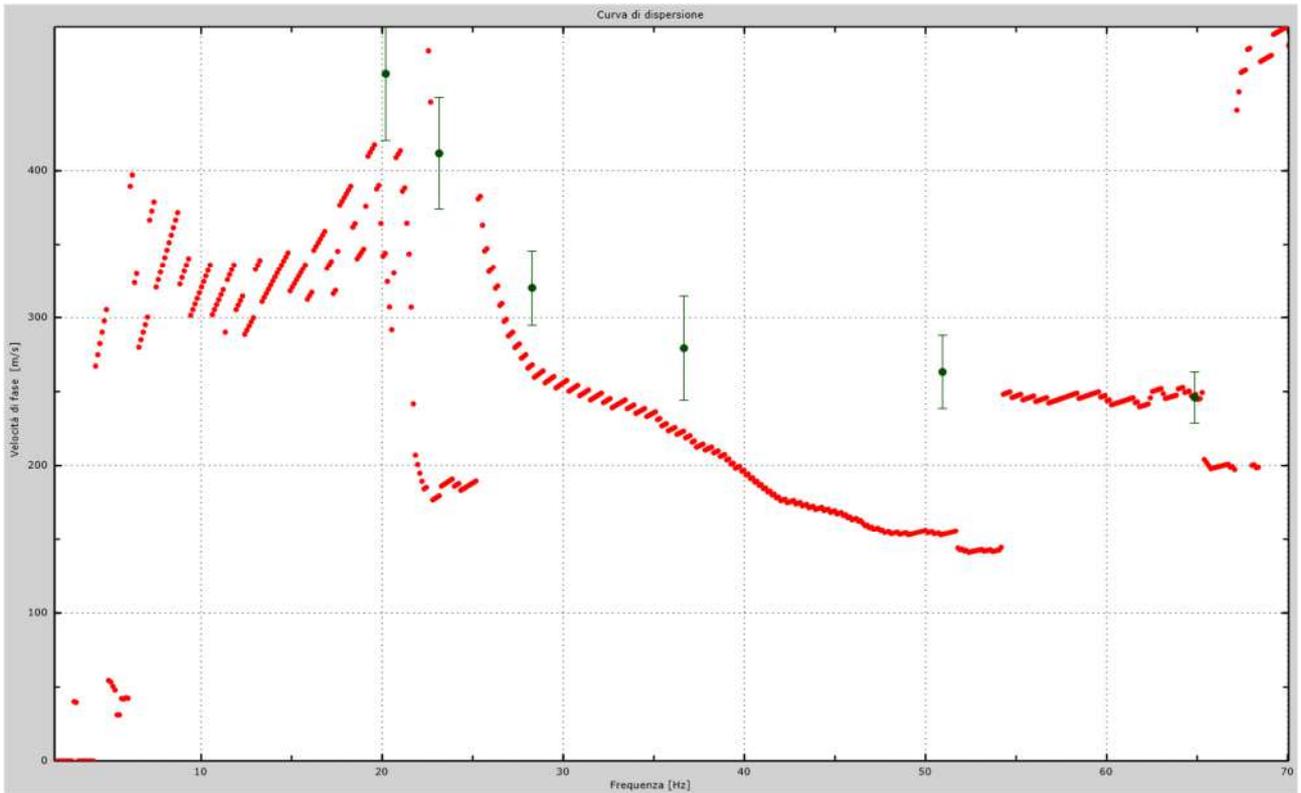


Fig.50 - Curva di dispersione sperimentale.

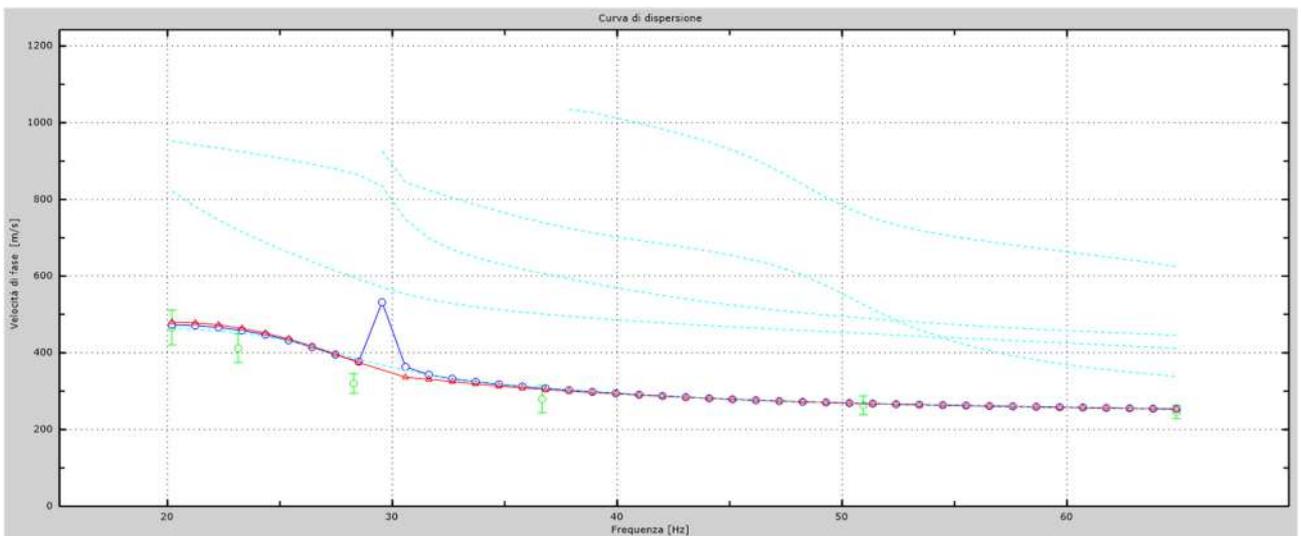


Fig.51 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

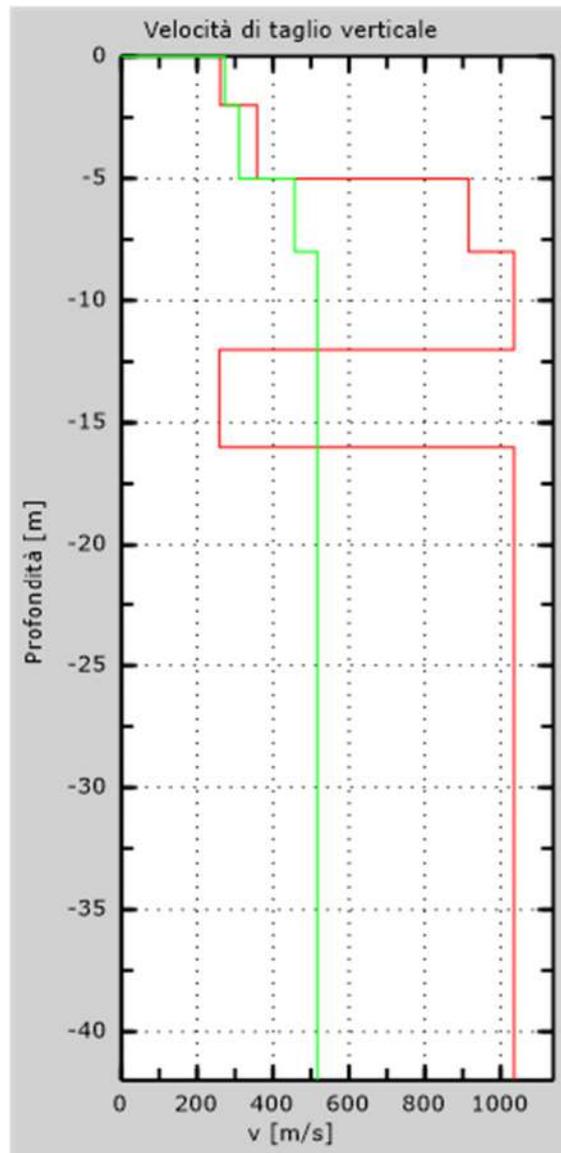


Fig. 52 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.3 Stendimento sismico CC': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.53).

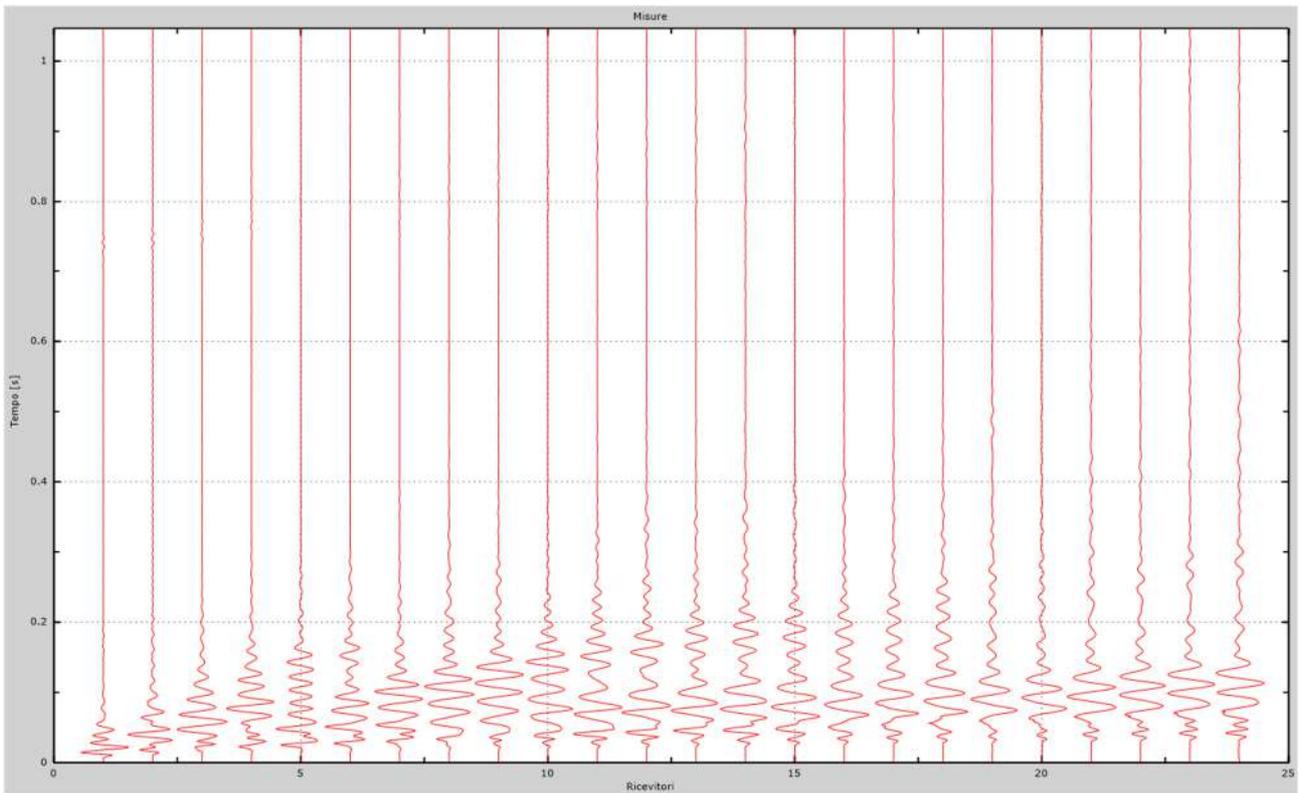


Fig. 53 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo CC'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.54) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.55). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.56). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

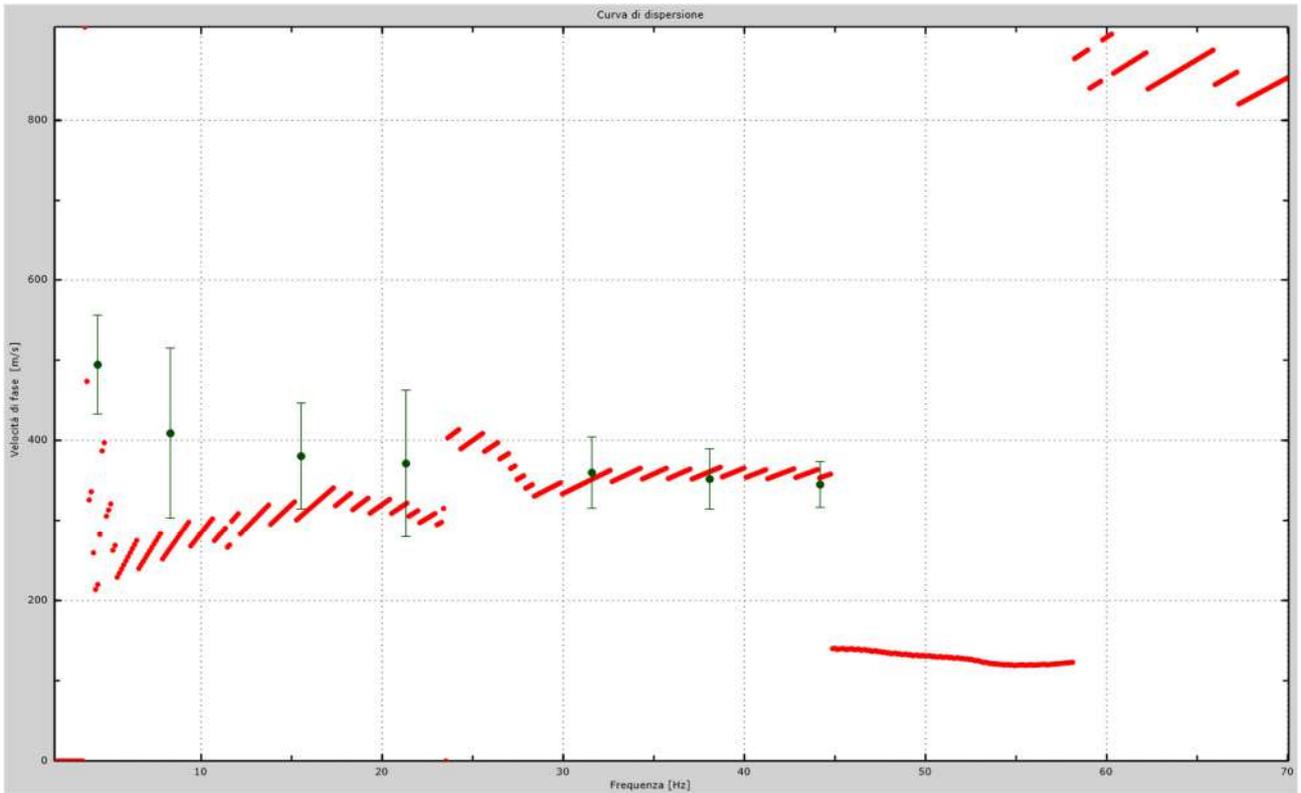


Fig.54 - Curva di dispersione sperimentale.

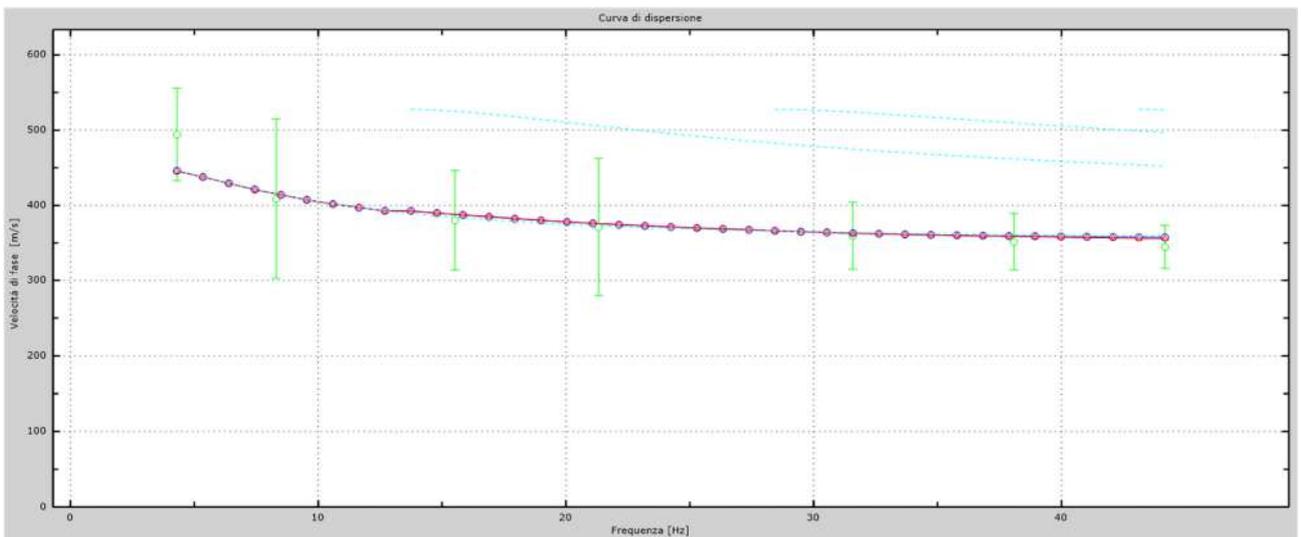


Fig.55 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

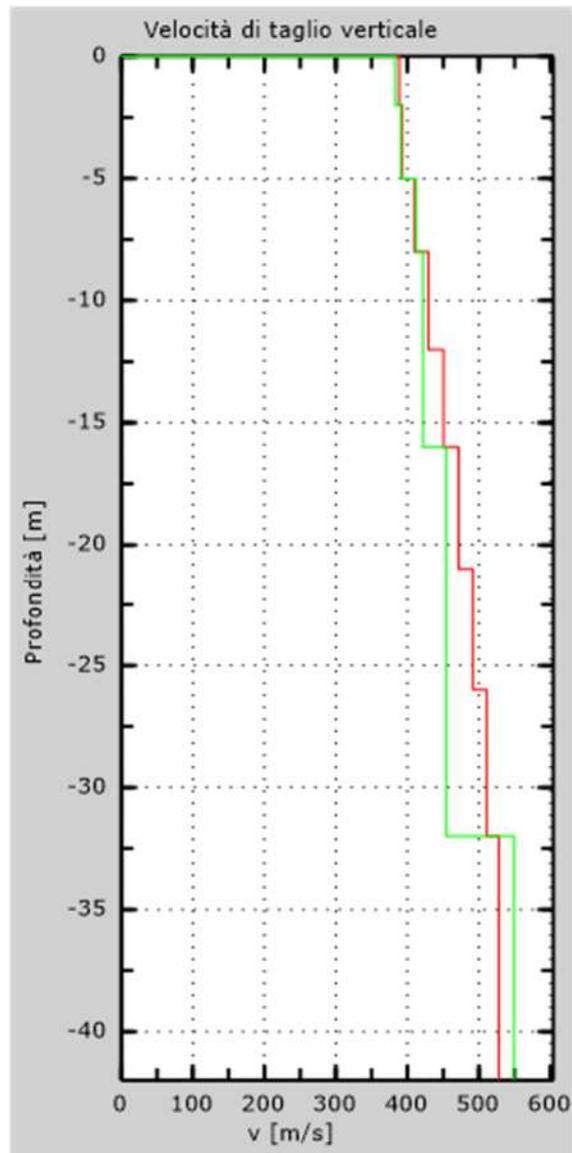


Fig. 56 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.4 Stendimento sismico DD': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.57).

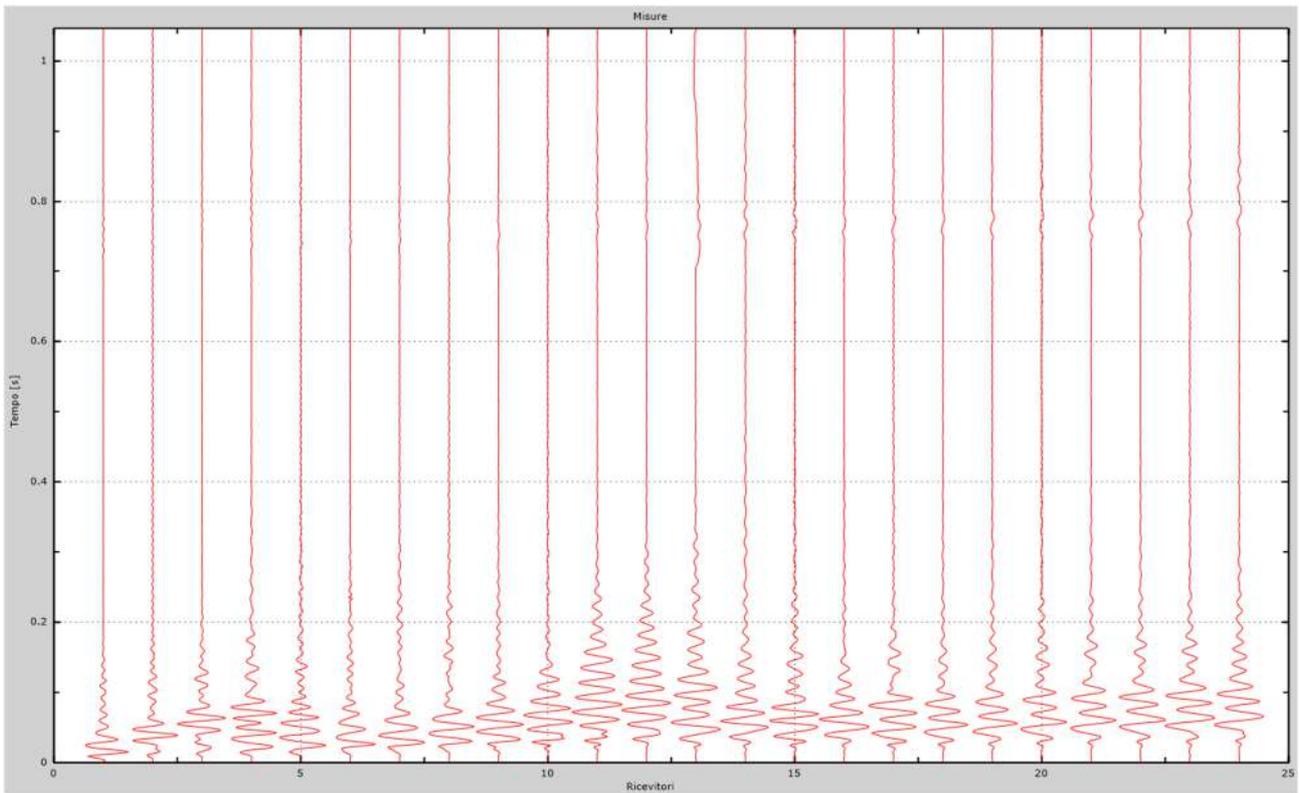


Fig. 57 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo DD'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.58) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.59). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.60). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

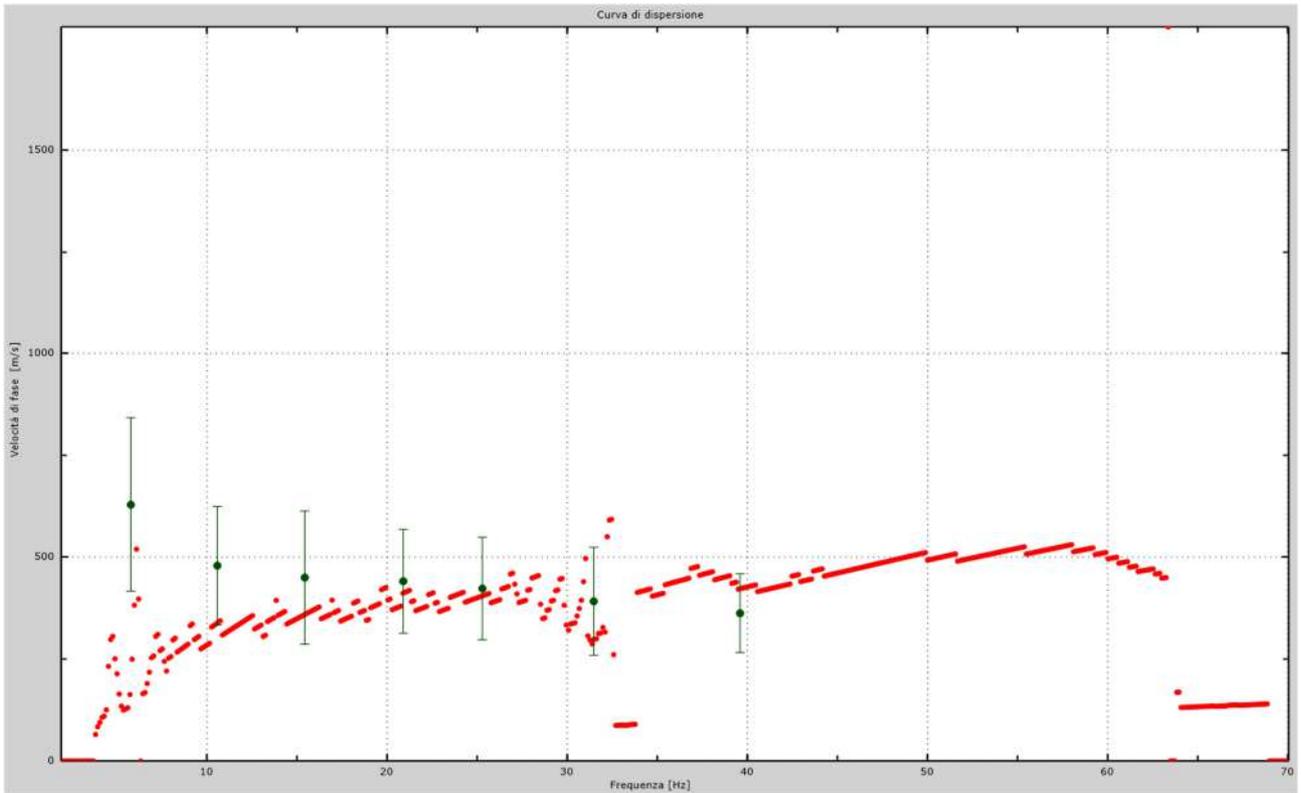


Fig.58 - Curva di dispersione sperimentale.

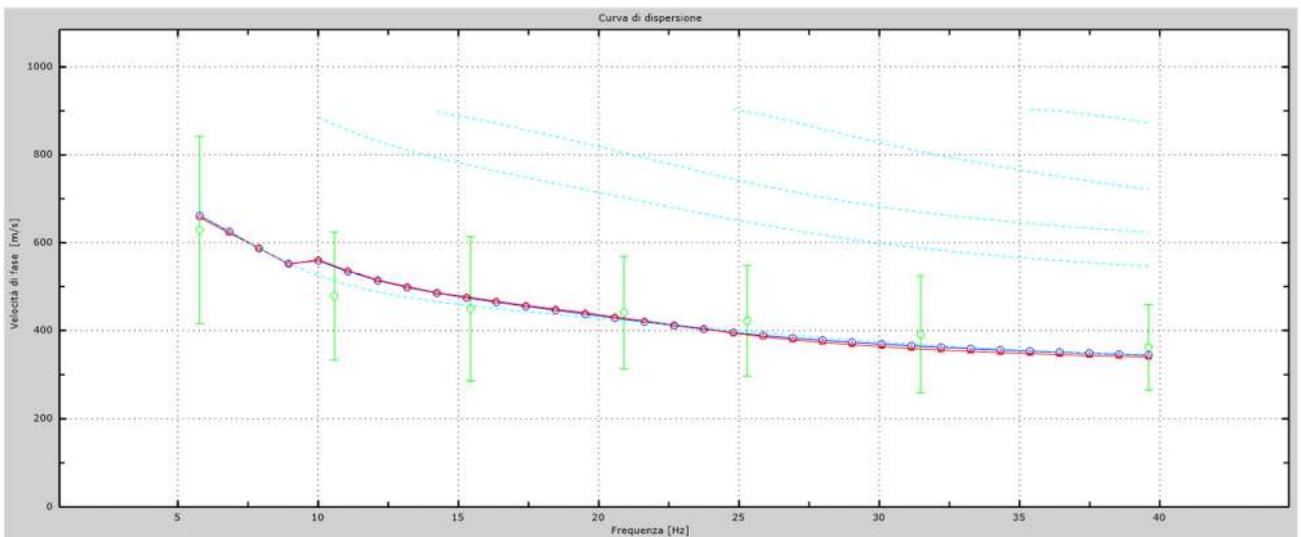


Fig.59 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

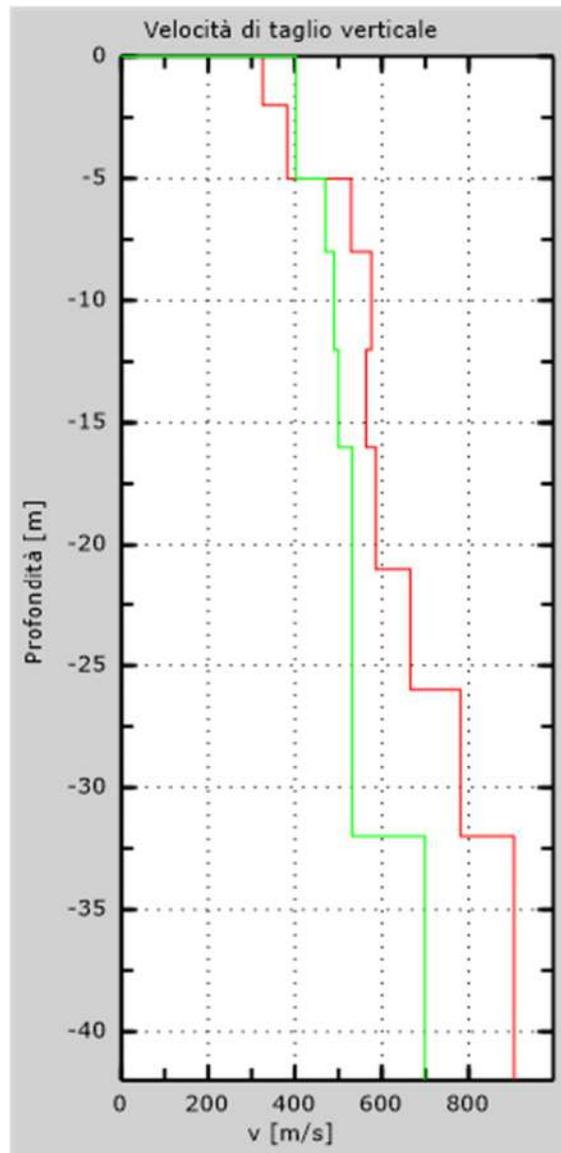


Fig. 60 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.5 Stendimento sismico EE': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.61).

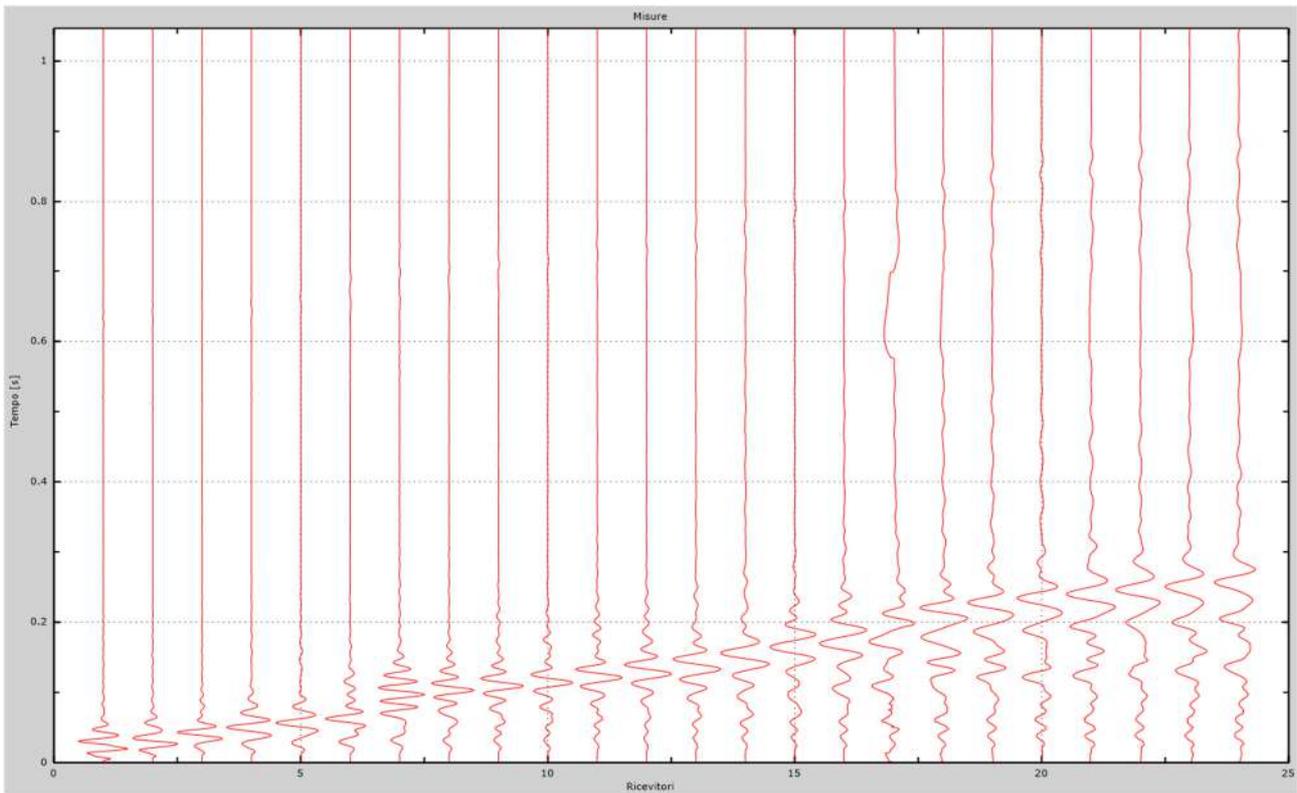


Fig. 61 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo EE'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.62) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.63). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.64). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

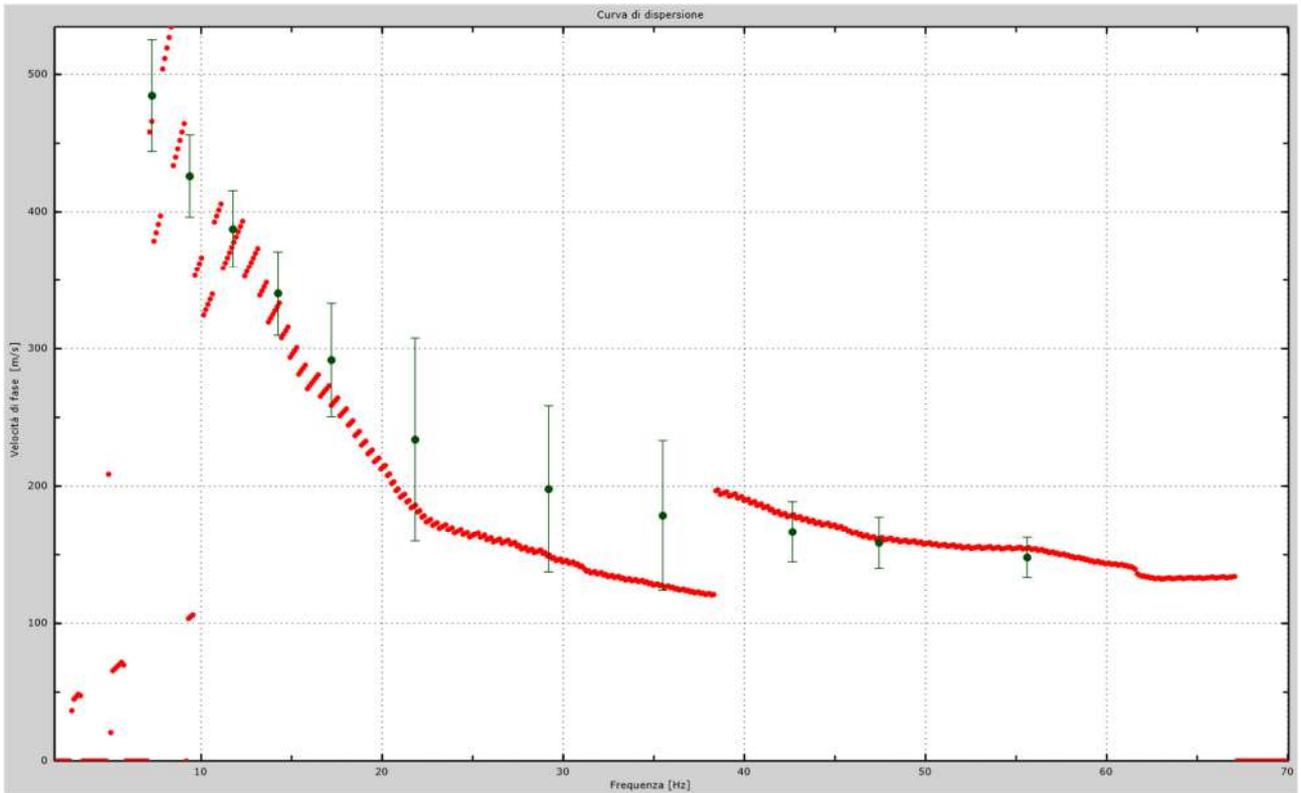


Fig.62 - Curva di dispersione sperimentale.

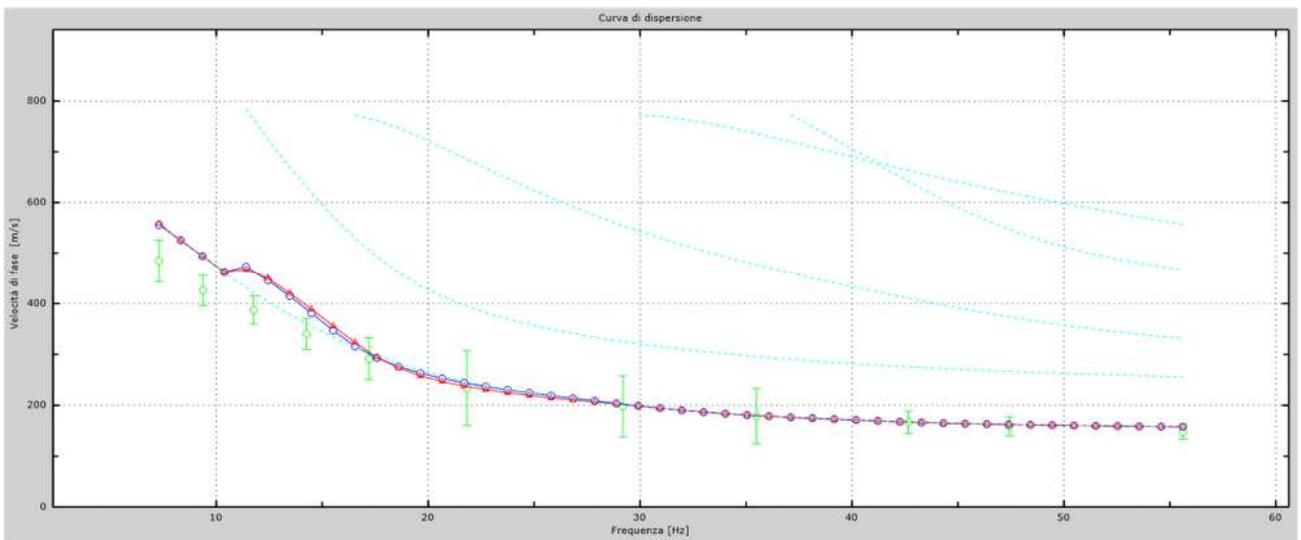


Fig.63 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

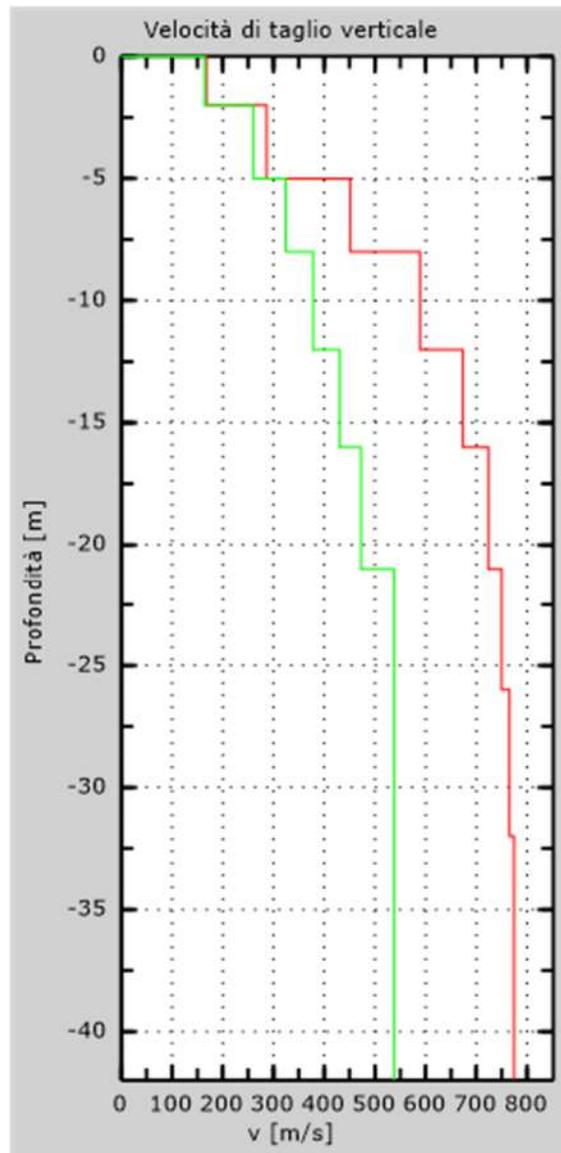


Fig. 64 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.6 Stendimento sismico FF': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.65).

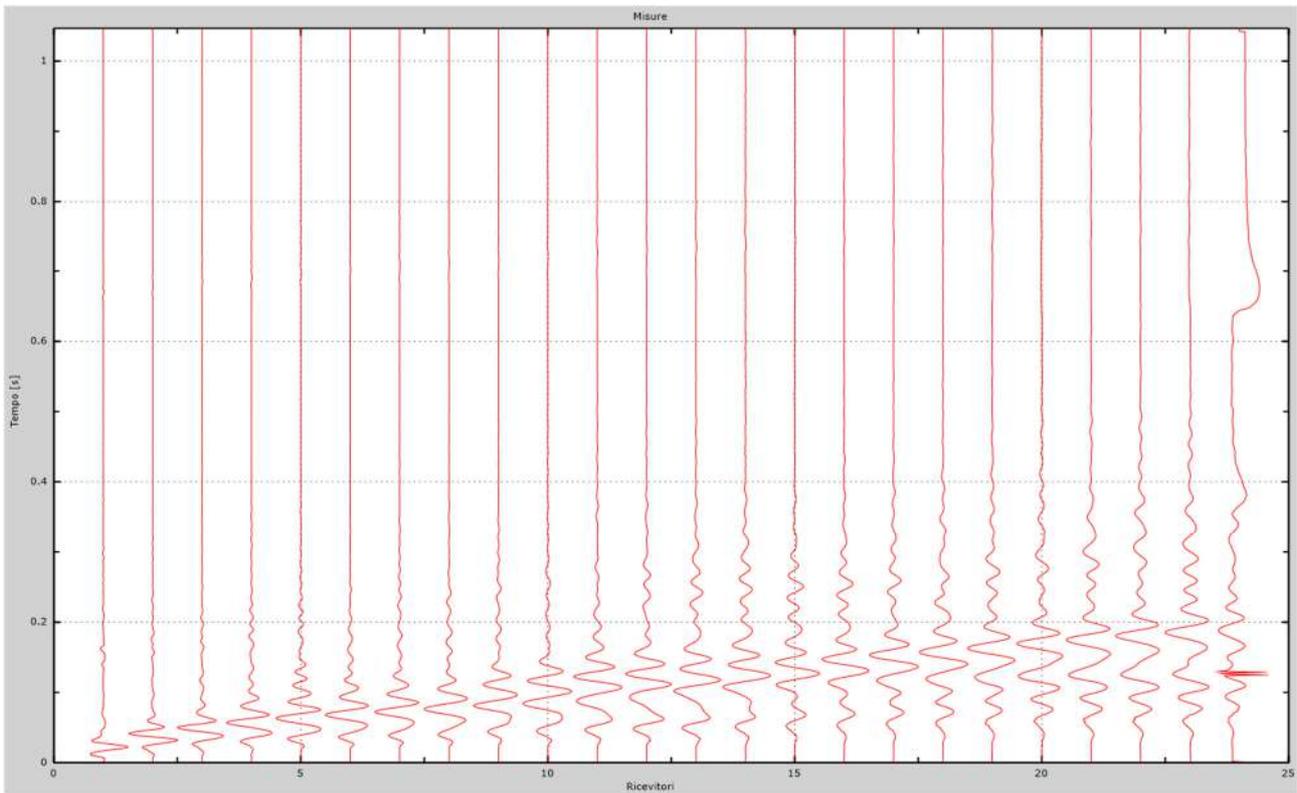


Fig. 65 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo FF'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.66) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.67). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.68). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

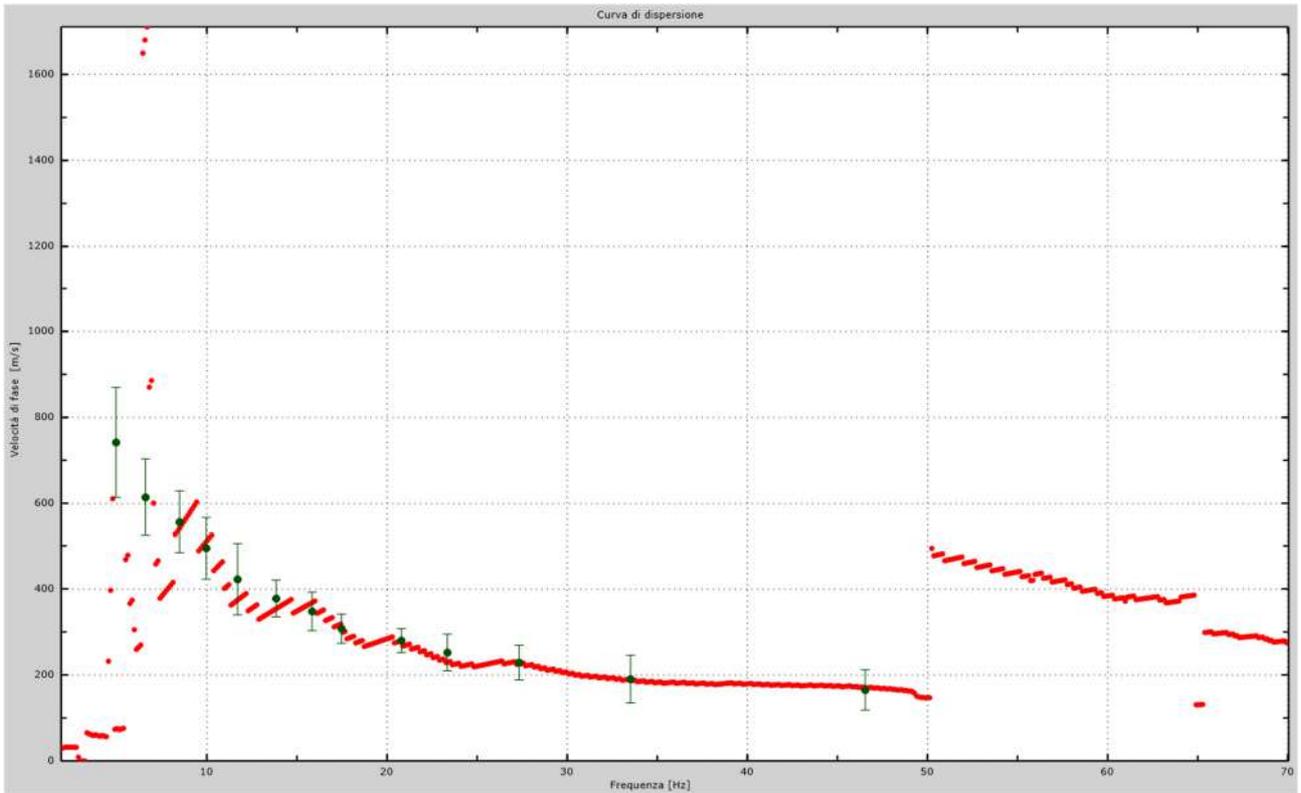


Fig.66 - Curva di dispersione sperimentale.

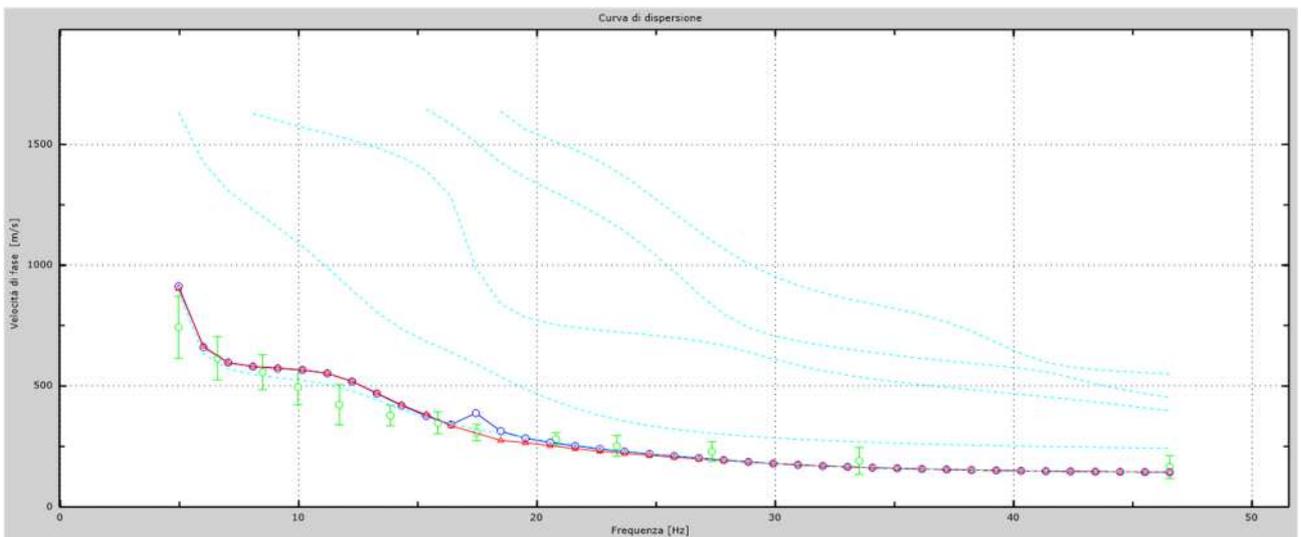


Fig.67 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

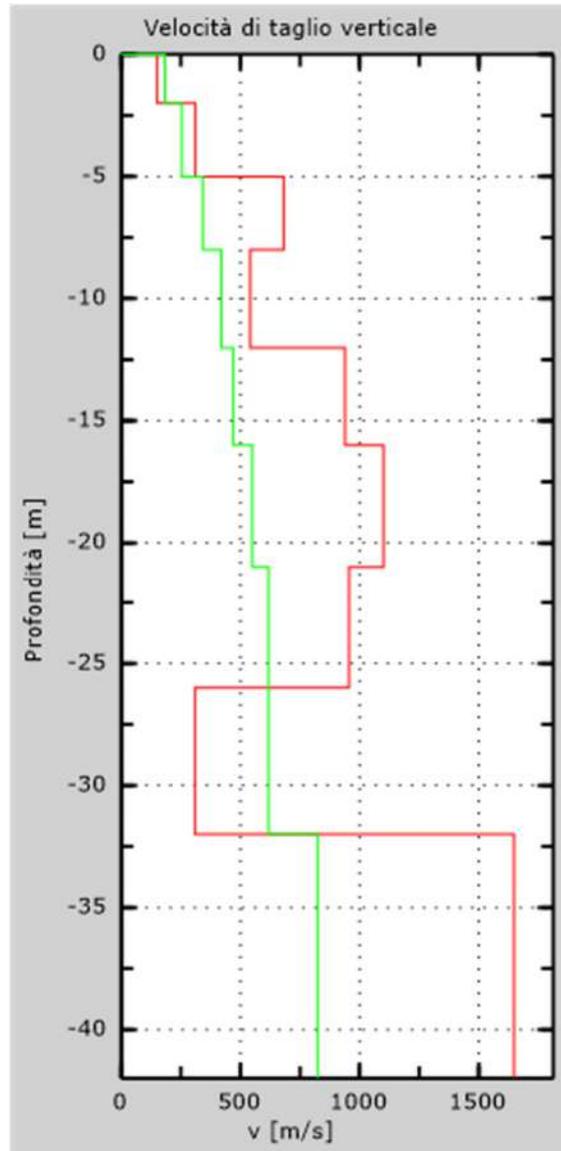


Fig. 68 - Profilo VS – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.7 Stendimento sismico GG': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.69).

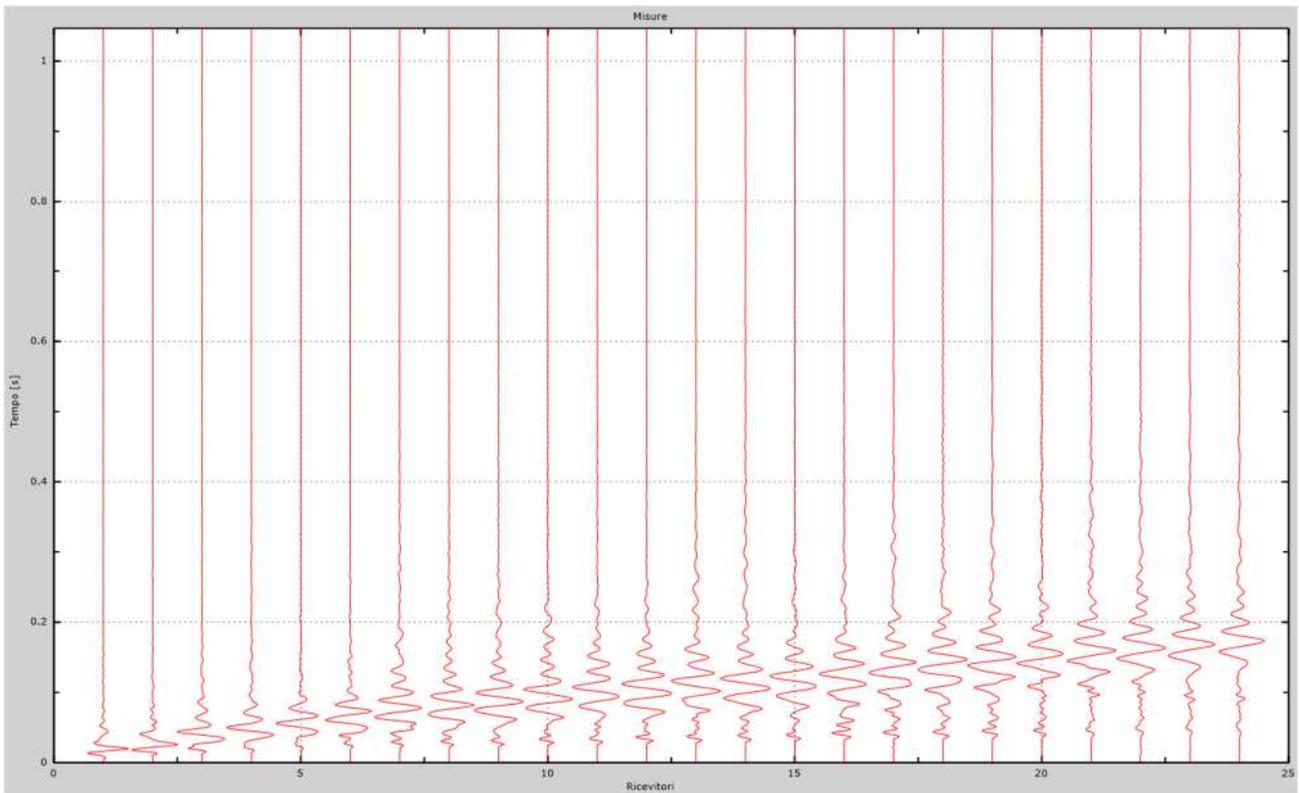


Fig. 69 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo GG'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.70) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.71). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.72). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

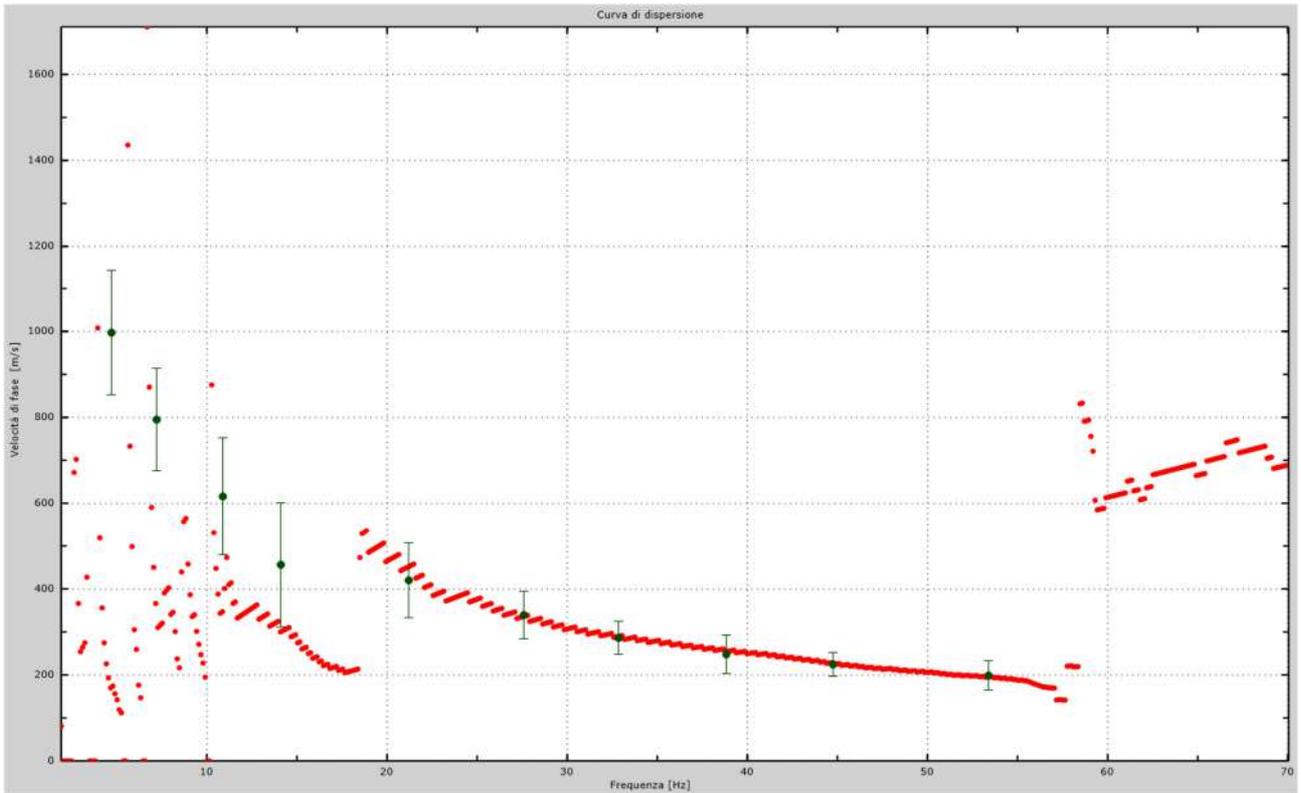


Fig.70 - Curva di dispersione sperimentale.

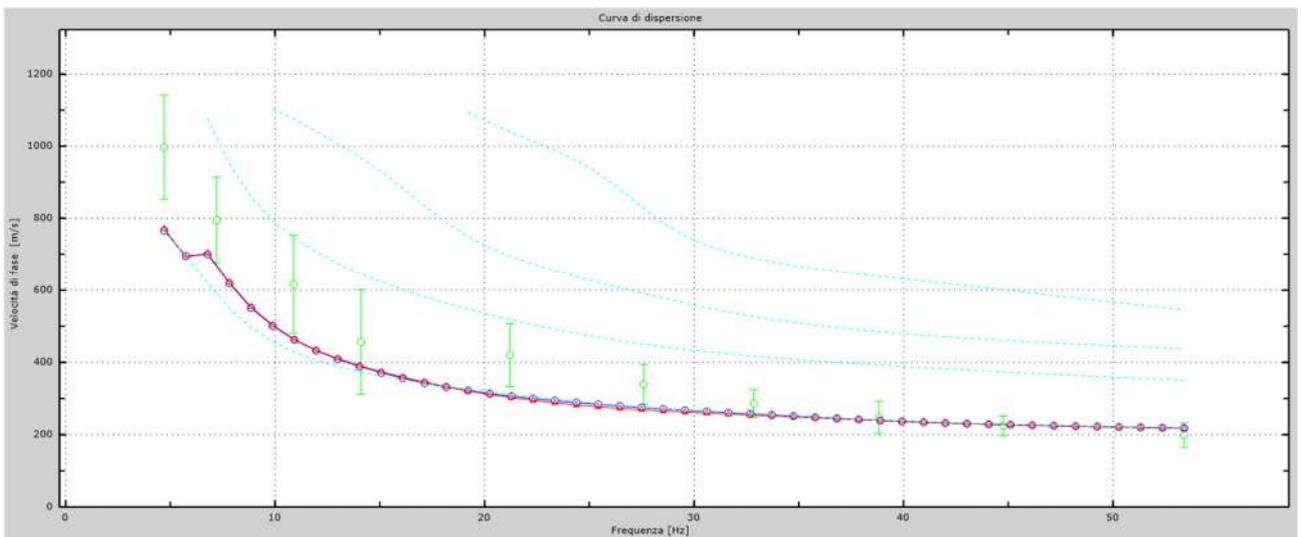


Fig.71 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

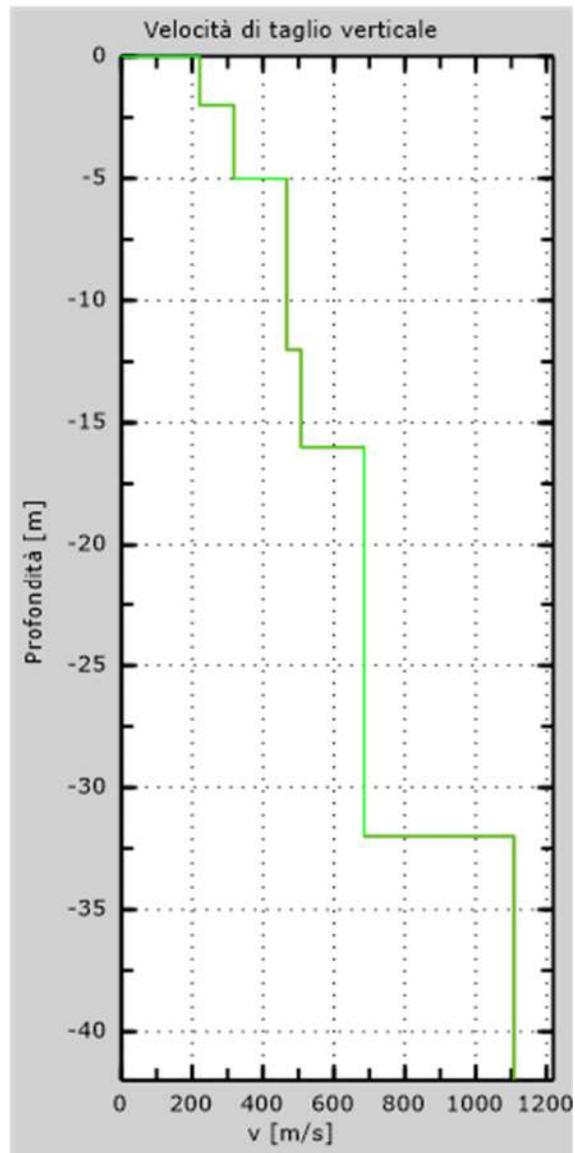


Fig. 72 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.8 Stendimento sismico HH': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.73).

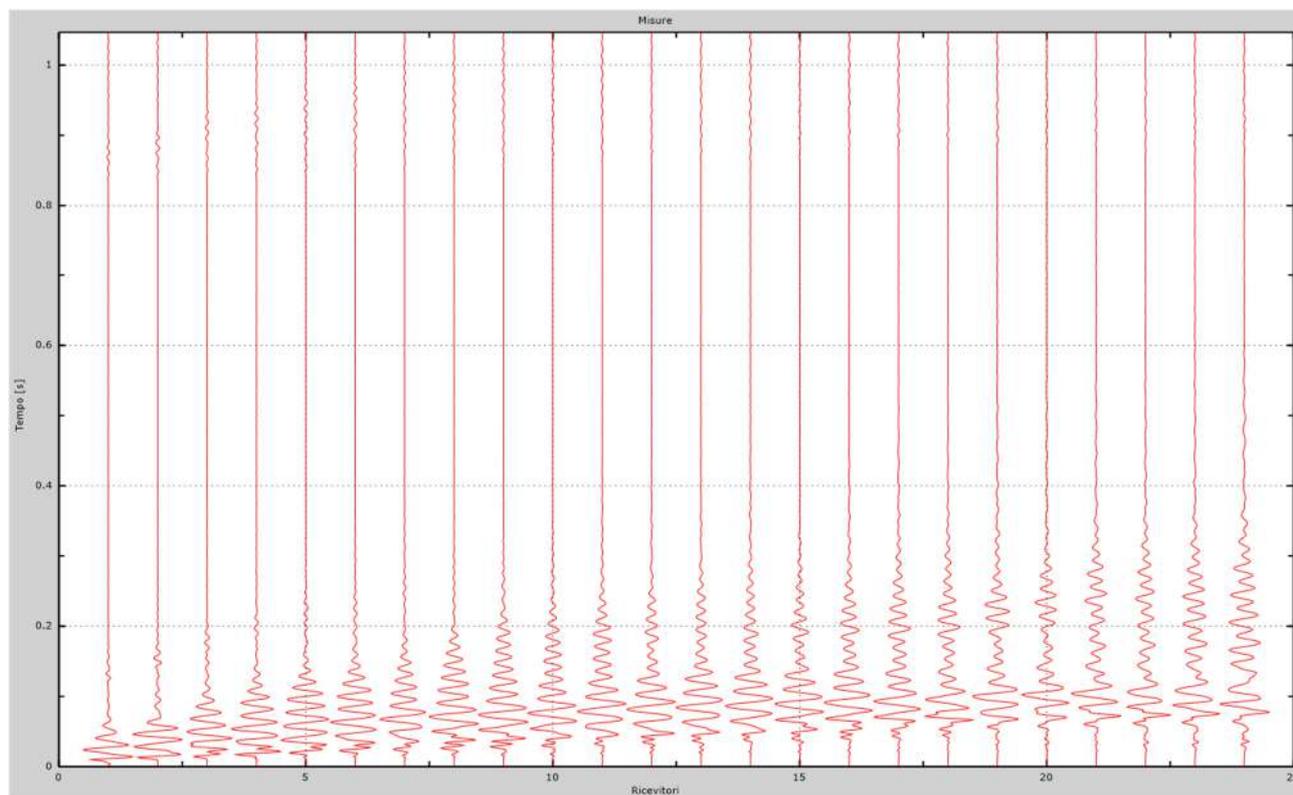


Fig. 73 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo HH'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.74) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.75). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.76). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

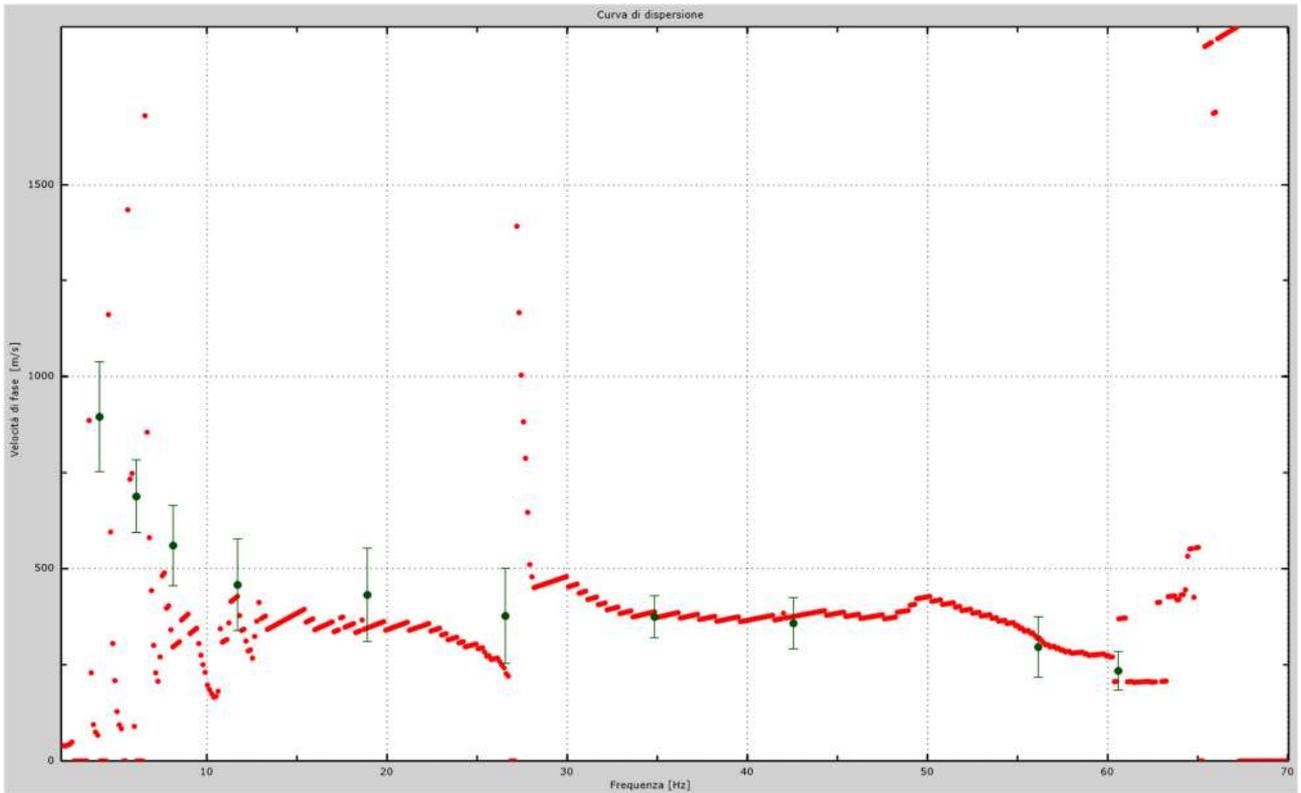


Fig.74 - Curva di dispersione sperimentale.

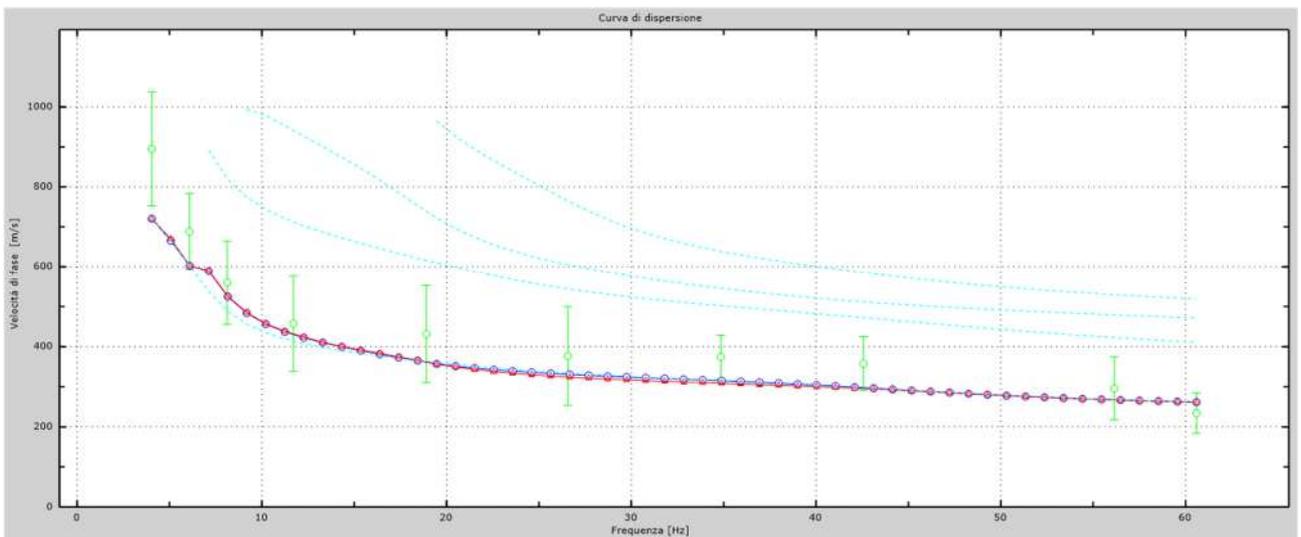


Fig.75 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso).

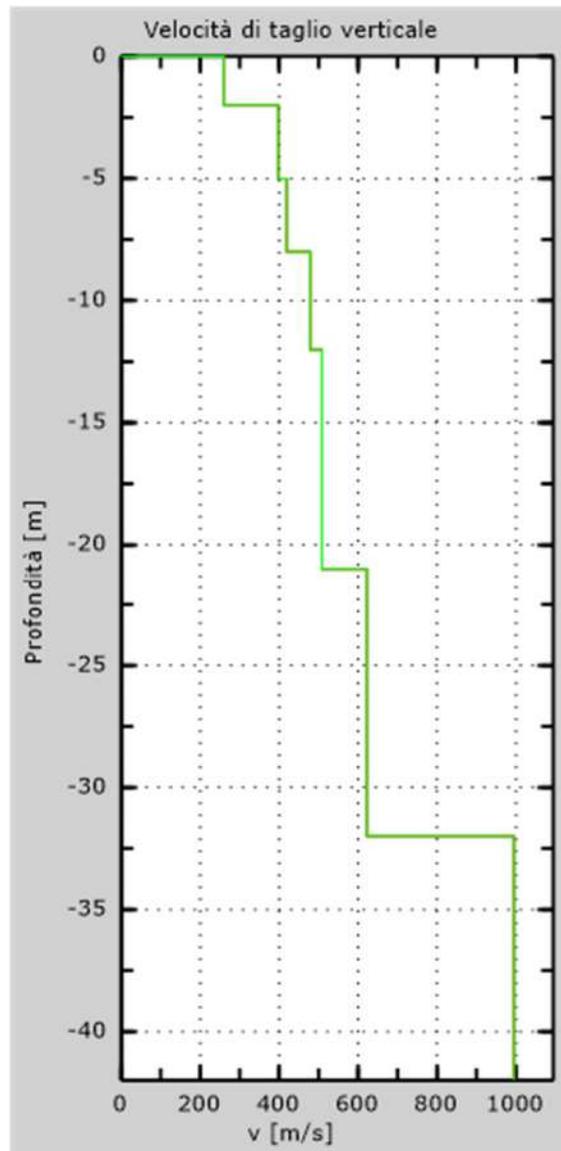


Fig. 76 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

5.9 Stendimento sismico II': interpretazione dei dati

Per il profilo in questione sono stati eseguiti alcuni scoppi effettuati a 1.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono. Il treno di onde generato da ciascun colpo di massa battente è stato campionato con intervallo temporale di 2.44 secondi (Fig.77).

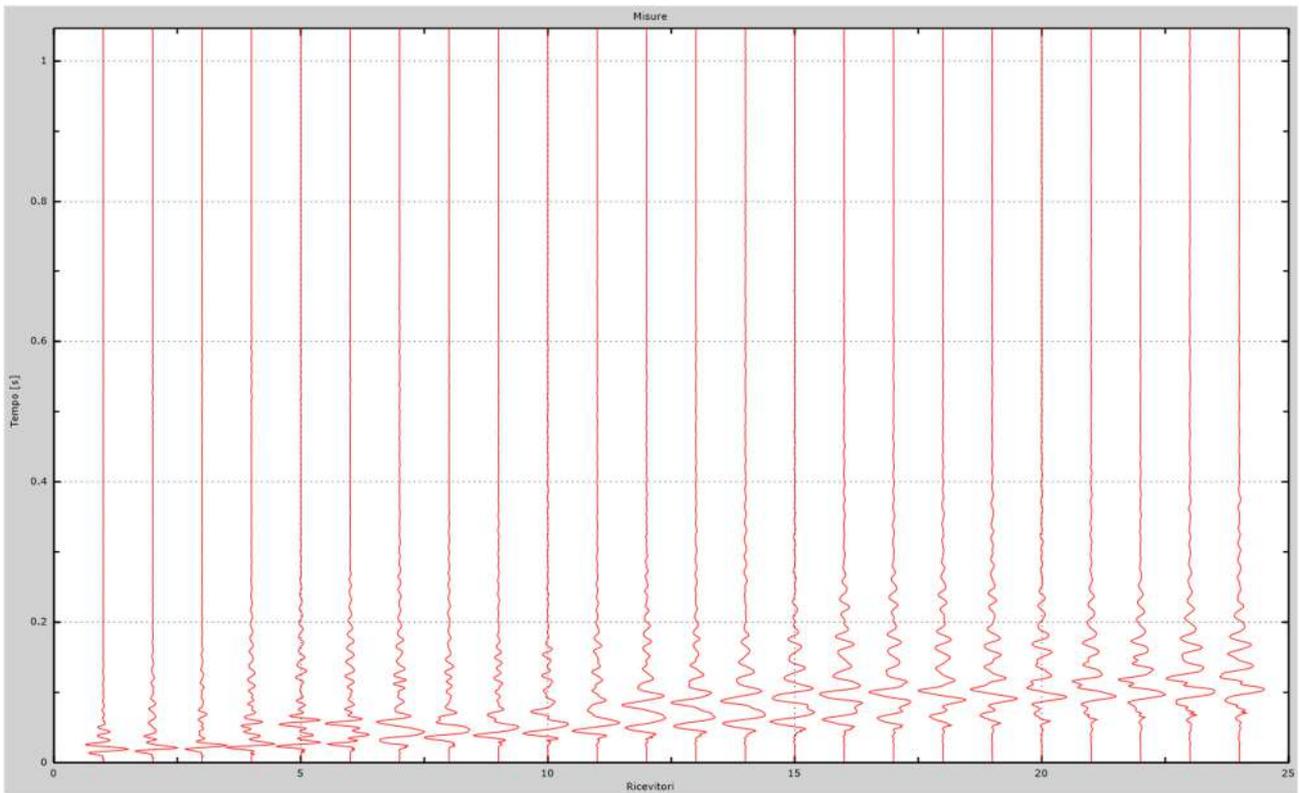


Fig. 77 – Sismogrammi dello scoppio considerato per l'analisi MASW del profilo II'

L'individuazione del profilo Vs in funzione della profondità è stato desunto individuando la differenza (errore massimo) tra la curva di dispersione sperimentale (Fig.78) e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig.79). Minore appare tale imprecisione, maggiore risulta la probabilità che il profilo delle onde di taglio individuato sia quello giusto.

L'analisi dello spettro "velocità di fase -frequenza" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità (Fig.80). Si precisa infine che, come esposto sinteticamente nel paragrafo inerente la metodologia M.A.S.W., il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità rilevata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione.

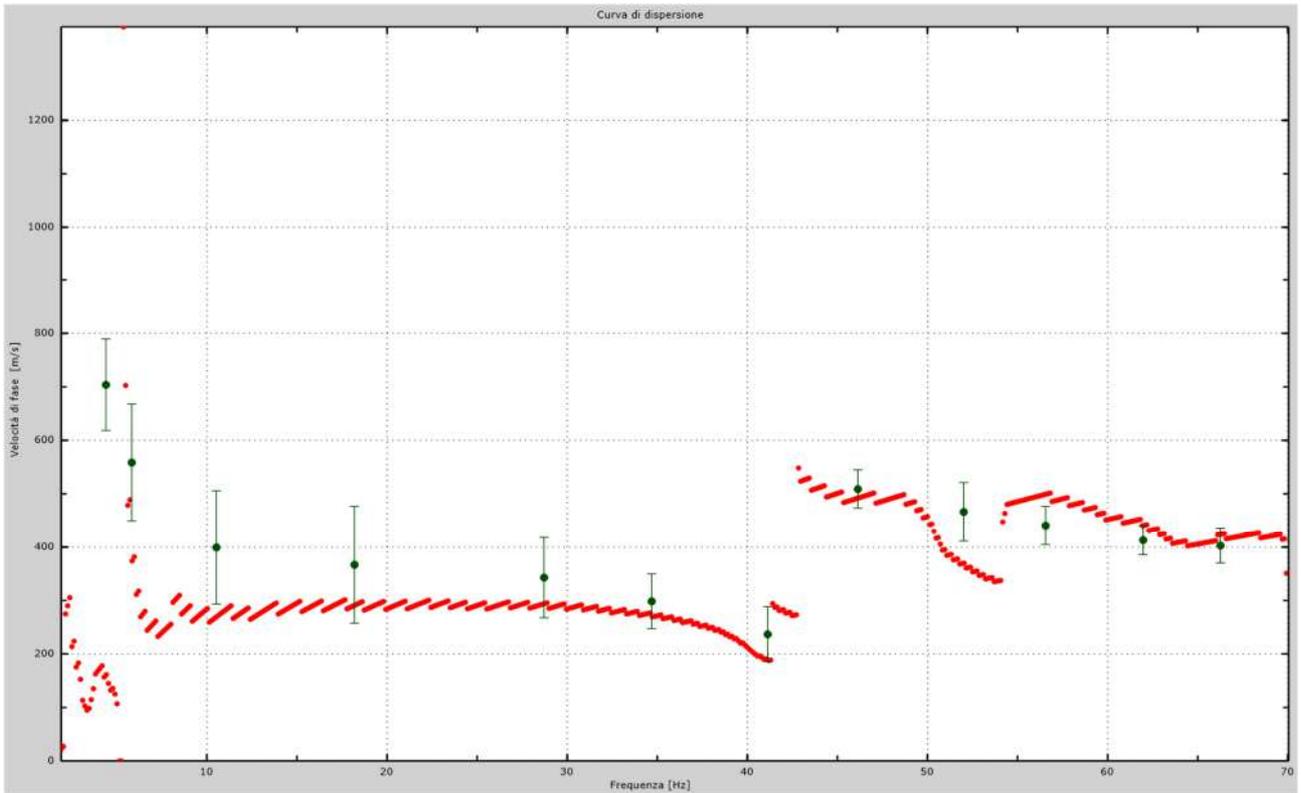


Fig.78 - Curva di dispersione sperimentale.

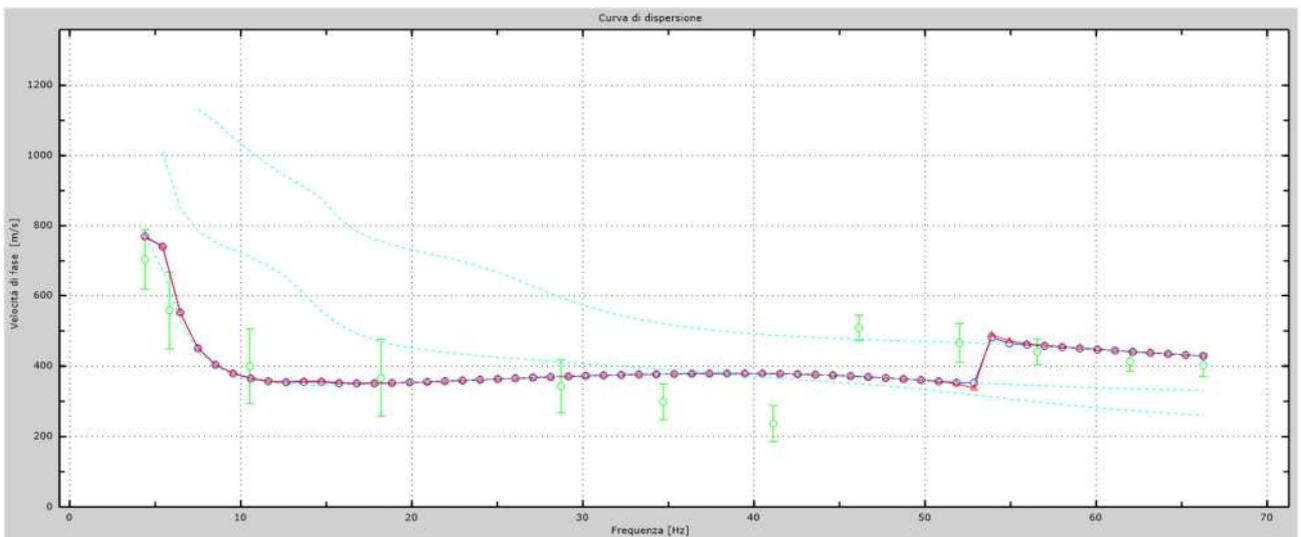


Fig.79 - Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

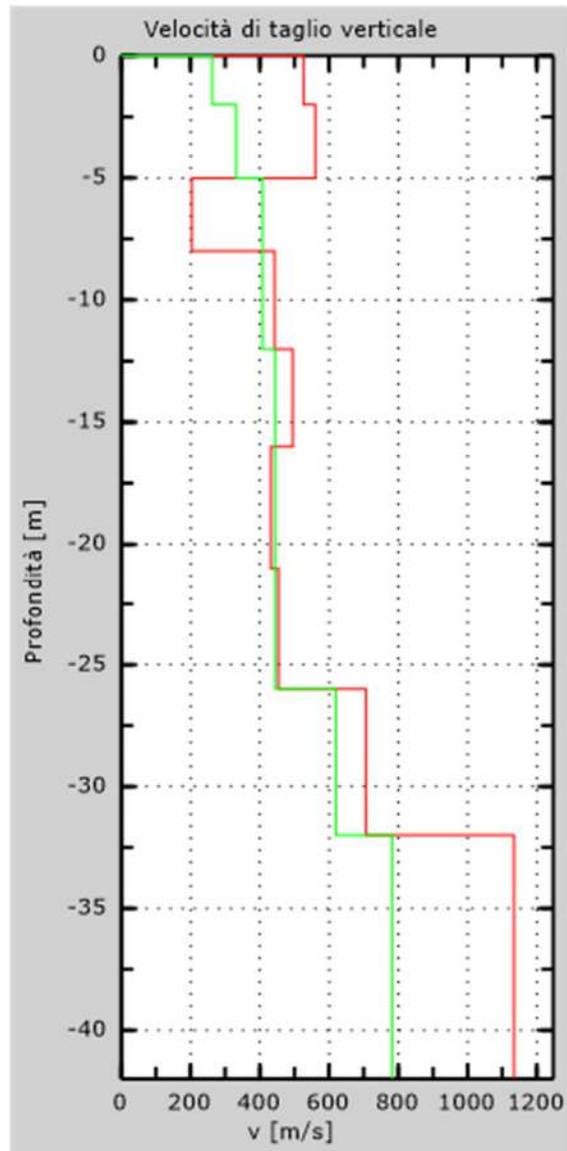


Fig. 80 - Profilo Vs – calcolato a partire dall'attuale p.c.

6. CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotte nell'area oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004; DGR Puglia 2 marzo 2004 e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n.3431 del 03.05.2005, DM 17/01/2018).

L'indagine M.A.S.W. ha consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della $V_{s,eq}$ risultante, applicando la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

in cui $V_{s,i}$ e h_i indicano la velocità delle onde di taglio (in m/s) e lo spessore (in m) del sismostrato i-esimo per un totale di N sismostrati presenti.

6.1 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo AA'

Per l'acquisizione AA', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1.00	223
2	3.00	284
3	3.00	317
4	4.00	340
5	9.00	415
6	5.00	512
7	6.00	650

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq 397.77 m/s
Categoria del suolo B

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.2 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo BB'

Per l'acquisizione BB', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	273
2	3.00	310
3	3.00	457
4	24.00	517

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **570.88 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.3 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo CC'

Per l'acquisizione CC', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	383
2	3.00	391
3	3.00	412
4	8.00	422
5	16.00	454

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs, eq **425.75 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.4 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo DD'

Per l'acquisizione DD', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati		
Numero di strati		5
Profondità piano di posa		0 m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	5.00	402
2	3.00	470
3	4.00	490
4	4.00	500
5	16.00	532

- +

Calcola

Profondità complessiva		32 m
V _{s, eq}		489.40 m/s
Categoria del suolo		B

V_{s, eq} **489.40 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.5 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo EE'

Per l'acquisizione EE', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

7

Profondità piano di posa

0

m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1.00	164
2	4.00	260
3	3.00	324
4	4.00	378
5	4.00	430
6	5.00	473
7	11.00	538

- +

Calcola

Profondità complessiva

32

m

Vs, eq

384.98

m/s

Categoria del suolo

B

Vs, eq

384.98 m/s

Categoria del suolo

B

Sulla base della $V_{s,eq}$ calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.6 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo FF'

Per l'acquisizione FF', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1.00	183
2	4.00	254
3	3.00	342
4	4.00	420
5	4.00	469
6	5.00	550
7	11.00	618

- +

Calcola

Profondità complessiva m

V_{s,eq} m/s

Categoria del suolo

V_{s,eq} **418.46 m/s**
Categoria del suolo **B**

Sulla base della V_{s,eq} calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

6.7 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo GG'

Per l'acquisizione GG', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	221
2	3.00	318
3	7.00	467
4	4.00	507
5	16.00	685

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs,eq: 510.76 m/s

Categoria del suolo: B

Sulla base della Vs,eq calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla **Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

6.8 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo HH'

Per l'acquisizione DD', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	260
2	3.00	398
3	3.00	419
4	4.00	479
5	9.00	508
6	11.00	622

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs,eq: 494.33 m/s

Categoria del suolo: B

Sulla base della Vs,eq calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla **Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

6.9 Categoria di sottosuolo di fondazione: Profilo II'

Per l'acquisizione AA', sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2.00	263
2	3.00	332
3	7.00	408
4	14.00	444
5	6.00	620

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Vs,eq: 431.09 m/s

Categoria del suolo: B

Sulla base della Vs,eq calcolata, è possibile assegnare il sottosuolo di fondazione alla **Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

7. CARATTERIZZAZIONE ELASTICO-MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel dettaglio quindi si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per per gli stendimenti sismici realizzati. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalla prova MASW. I parametri elaborati sono i seguenti: g = densità sismica calcolata mediante la seguente formula: $0.51 V_p^{0.19}$; G_0 = Modulo di taglio; K = Modulo di volume; E = Modulo di Young; M = Modulo di contrasto; IS = Impedenza sismica; μ = modulo di Poisson.

Stendimento sismico AA'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G_0 (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	112.00	1.46	184.9	674.6	508.1	921.0	0.37	2.23	163.08
7.00/8.00	A - LETTO	750.00	317.00	1.79	1824.6	7780.6	5076.9	10213.4	0.39	2.37	568.71
7.00/8.00	B - TETTO	750.00	317.00	1.79	1824.6	7780.6	5076.9	10213.4	0.39	2.37	568.71
14.00	B - LETTO	2000.00	650.00	2.16	9242.9	75183.1	26637.2	87507.0	0.44	3.08	1405.01

Stendimento sismico BB'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G_0 (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	111.00	1.46	181.6	678.9	500.1	921.0	0.38	2.25	161.62
4.00	A - LETTO	750.00	457.00	1.79	3792.1	5157.3	9136.9	10213.4	0.20	1.64	819.88
4.00	B - TETTO	750.00	457.00	1.79	3792.1	5157.3	9136.9	10213.4	0.20	1.64	819.88
10.00	B - LETTO	2000.00	717.00	2.16	11246.6	72511.5	32081.2	87507.0	0.43	2.79	1549.83

Stendimento sismico CC'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G_0 (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	117.00	1.46	201.7	652.1	548.6	921.0	0.36	2.14	170.36
2.00	A - LETTO	750.00	412.00	1.79	3082.1	6104.0	7914.2	10213.4	0.28	1.82	739.14
2.00	B - TETTO	750.00	412.00	1.79	3082.1	6104.0	7914.2	10213.4	0.28	1.82	739.14
8.00	B - LETTO	1750.00	794.00	2.11	13446.4	47390.6	36853.6	65319.1	0.37	2.20	1673.28

Stendimento sismico DD'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G_0 (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	119.00	1.46	208.7	642.8	564.9	921.0	0.35	2.10	173.27
2.00/3.00	A - LETTO	750.00	470.00	1.79	4010.9	4865.5	9439.1	10213.4	0.18	1.60	843.20
2.00/3.00	B - TETTO	750.00	470.00	1.79	4010.9	4865.5	9439.1	10213.4	0.18	1.60	843.20
8.00	B - LETTO	2000.00	788.00	2.16	13584.2	69394.6	38256.4	87507.0	0.41	2.54	1703.30

Stendimento sismico EE'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	121.00	1.46	215.8	633.4	581.3	921.0	0.35	2.07	176.18
2.00	A - LETTO	750.00	473.00	1.79	4062.3	4797.0	9504.1	10213.4	0.17	1.59	848.58
2.00	B - TETTO	750.00	473.00	1.79	4062.3	4797.0	9504.1	10213.4	0.17	1.59	848.58
7.00	B - LETTO	2000.00	769.00	2.16	12937.0	70257.6	36566.7	87507.0	0.41	2.60	1662.23

Stendimento sismico FF'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	121.00	1.46	215.8	633.4	581.3	921.0	0.35	2.07	176.18
3.00/4.00	A - LETTO	750.00	469.00	1.79	3993.9	4888.3	9417.0	10213.4	0.18	1.60	841.40
3.00/4.00	B - TETTO	750.00	469.00	1.79	3993.9	4888.3	9417.0	10213.4	0.18	1.60	841.40
10.00	B - LETTO	2000.00	777.00	2.16	13207.6	69896.8	37275.0	87507.0	0.41	2.57	1679.53

Stendimento sismico GG'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	125.00	1.46	230.3	614.0	614.0	921.0	0.33	2.00	182.01
2.00	A - LETTO	500.00	318.00	1.66	1700.0	1936.1	3945.2	4202.7	0.16	1.57	528.20
2.00	B - TETTO	500.00	318.00	1.66	1700.0	1936.1	3945.2	4202.7	0.16	1.57	528.20
10.00	B - LETTO	2000.00	685.00	2.16	10265.1	73820.1	29431.1	87507.0	0.43	2.92	1480.66

Stendimento sismico HH'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	125.00	1.46	230.3	614.0	614.0	921.0	0.33	2.00	182.01
1.00	A - LETTO	500.00	398.00	1.66	2662.9	652.2	3383.6	4202.7	-0.36	1.26	661.09
1.00	B - TETTO	500.00	398.00	1.66	2662.9	652.2	3383.6	4202.7	-0.36	1.26	661.09
10.00	B - LETTO	2000.00	745.00	2.16	12142.1	71317.4	34470.2	87507.0	0.42	2.68	1610.36

Stendimento sismico II'

Prof. (m da p.c.)	Unità	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	g (gr/cm ³)	G ₀ (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	μ	V _p /V _s	IS (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
0.10	A - TETTO	250.00	125.00	1.46	230.3	614.0	614.0	921.0	0.33	2.00	182.01
5.00	A - LETTO	750.00	408.00	1.79	3022.5	6183.4	7797.1	10213.4	0.29	1.84	731.97
5.00	B - TETTO	750.00	408.00	1.79	3022.5	6183.4	7797.1	10213.4	0.29	1.84	731.97
12.00	B - LETTO	2000.00	789.00	2.16	13618.7	69348.6	38346.0	87507.0	0.41	2.53	1705.47

8. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

STENDIMENTO AA'



STENDIMENTO BB'



STENDIMENTO CC'



STENDIMENTO DD'



STENDIMENTO EE'



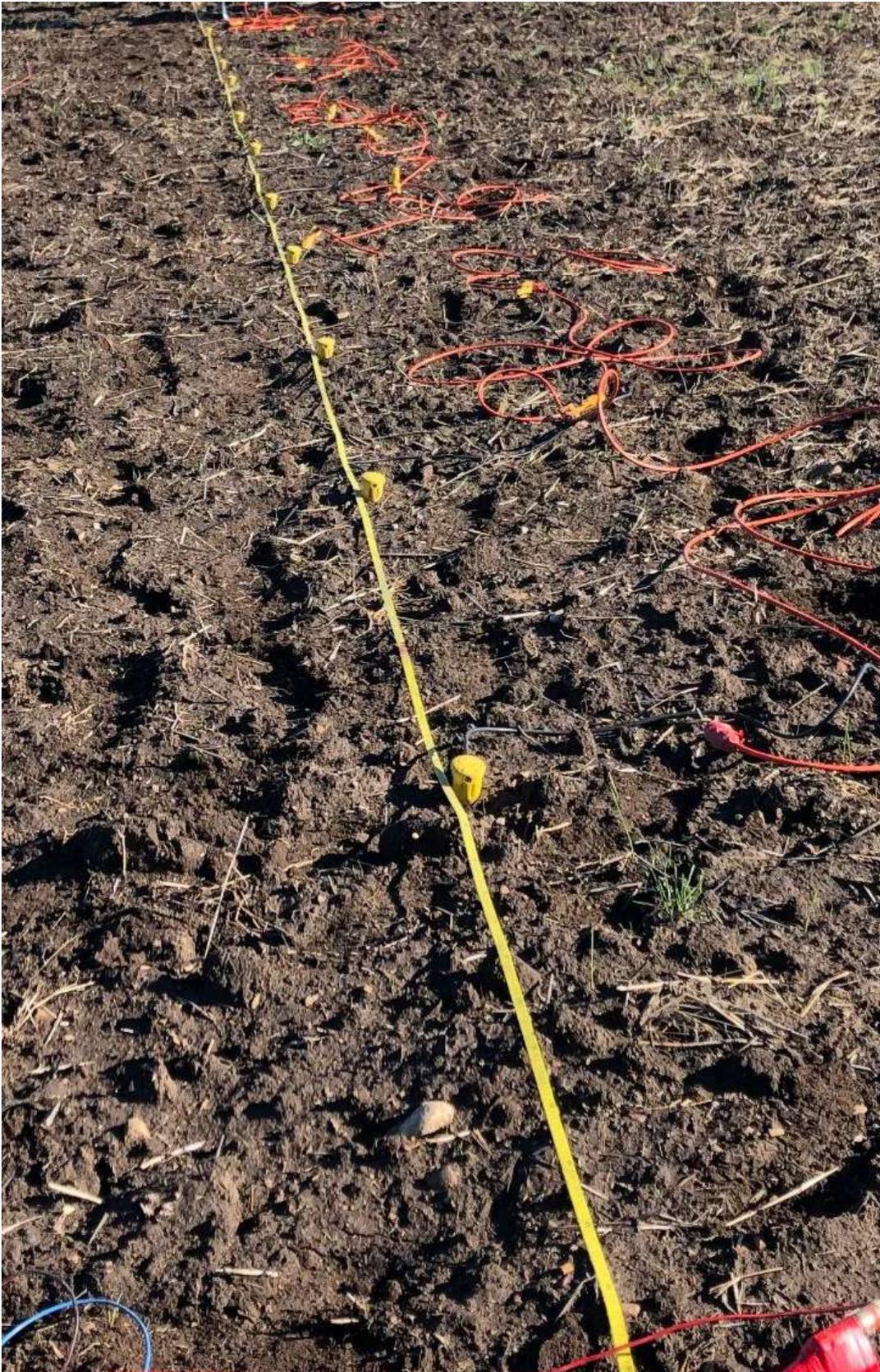
STENDIMENTO FF'



STENDIMENTO GG'



STENDIMENTO HH'



STENDIMENTO II'



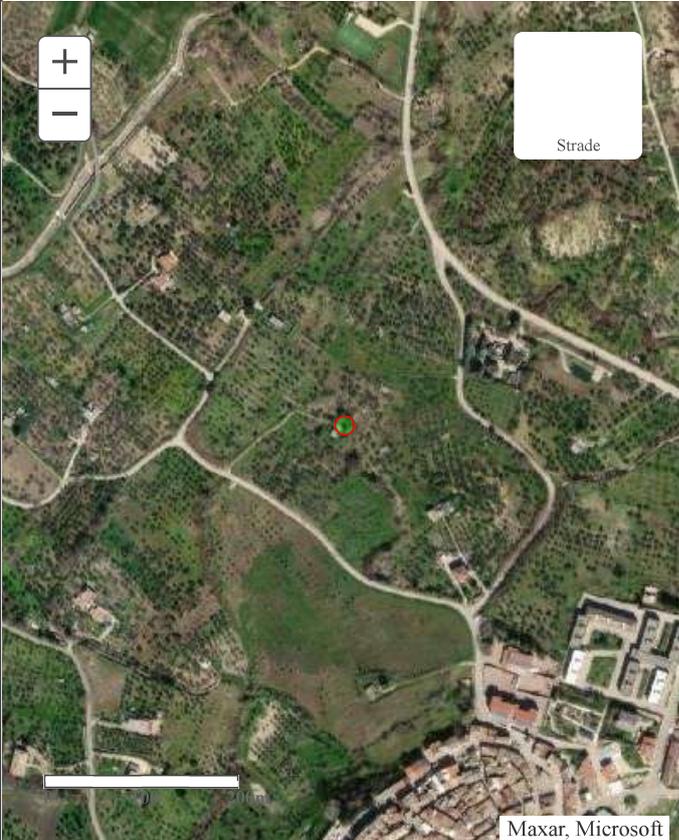
Alberobello, 14.12.2022

ALLEGATO 2

ARCHIVIO NAZIONALE DELLE INDAGINI NEL SOTTOSUOLO – SCHEDE POZZI

 	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
---	---

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p> Codice: 199003 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: BICCARI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO A GRANDE DIAMETRO Profondità (m): 18,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 2 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 0 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 4 Longitudine WGS84 (dd): 15,194633 Latitudine WGS84 (dd): 41,401997 Longitudine WGS84 (dms): 15° 11' 40.69" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 24' 07.19" N </p> <p>(*Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia)</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

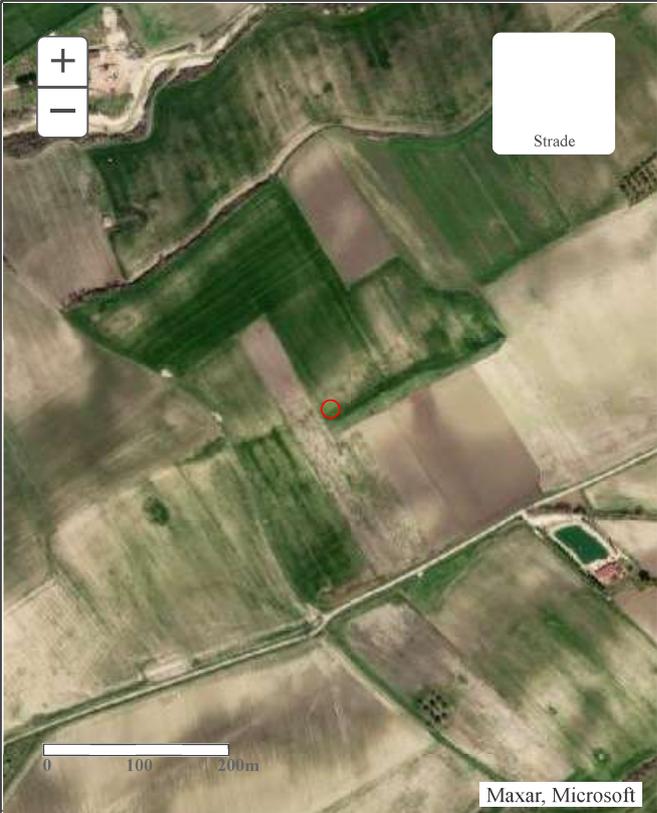
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	18,00	18,00	1000

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	7,00	7,00	0,00
2	12,00	12,00	0,00

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,70	1,70		TERRENO VEGETALE
2	1,70	7,90	6,20		CONGLOMERATO CON ARGILLA SABBIOSA
3	7,90	12,00	4,10		ARGILLA SABBIOSA
4	12,00	18,00	6,00		ARGILLA CON VENATURE BLUASTRE

  <p>ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p> <p>Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente</p>	<p>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p>																																				
<p>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</p>																																					
<p style="text-align: center;">Dati generali</p> <p>Codice: 199004 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: BICCARI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 18,00 Quota pc slm (m): 222,00 Anno realizzazione: 2002 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 0,150 Portata esercizio (l/s): 0,100 Numero falde: 0 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 15,188339 Latitudine WGS84 (dd): 41,417319 Longitudine WGS84 (dms): 15° 11' 18.03" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 25' 02.36" N</p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	<p style="text-align: center;">Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</p> 																																				
<p>DIAMETRI PERFORAZIONE</p>																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>18,00</td> <td>18,00</td> <td>1200</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	0,00	18,00	18,00	1200																										
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																	
1	0,00	18,00	18,00	1200																																	
<p>MISURE PIEZOMETRICHE</p>																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Data rilevamento</th> <th>Livello statico (m)</th> <th>Livello dinamico (m)</th> <th>Abbassamento (m)</th> <th>Portata (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mar/2002</td> <td>8,00</td> <td>11,50</td> <td>3,50</td> <td>ND</td> </tr> </tbody> </table>		Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	mar/2002	8,00	11,50	3,50	ND																										
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)																																	
mar/2002	8,00	11,50	3,50	ND																																	
<p>STRATIGRAFIA</p>																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Spessore (m)</th> <th>Età geologica</th> <th>Descrizione litologica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td></td> <td>TERRENO SCURO CON TROVANTI</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1,00</td> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td></td> <td>CIOTTOLI ETERODIMENSIONALI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,00</td> <td>12,00</td> <td>9,00</td> <td></td> <td>LIMO ARGILLOSA A VOLTE SABBIOSO CON TROVANTI LITOIDI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA ETERODIMENSIONALI</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12,00</td> <td>14,00</td> <td>2,00</td> <td></td> <td>ARGILLA GIALLA CON LIVELLI SABBIOSI</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>14,00</td> <td>18,00</td> <td>4,00</td> <td></td> <td>ARGILLA GRIGIO AZZURRA MARNOSA COMPATTA</td> </tr> </tbody> </table>		Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica	1	0,00	1,00	1,00		TERRENO SCURO CON TROVANTI	2	1,00	3,00	2,00		CIOTTOLI ETERODIMENSIONALI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA	3	3,00	12,00	9,00		LIMO ARGILLOSA A VOLTE SABBIOSO CON TROVANTI LITOIDI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA ETERODIMENSIONALI	4	12,00	14,00	2,00		ARGILLA GIALLA CON LIVELLI SABBIOSI	5	14,00	18,00	4,00		ARGILLA GRIGIO AZZURRA MARNOSA COMPATTA
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica																																
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO SCURO CON TROVANTI																																
2	1,00	3,00	2,00		CIOTTOLI ETERODIMENSIONALI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA																																
3	3,00	12,00	9,00		LIMO ARGILLOSA A VOLTE SABBIOSO CON TROVANTI LITOIDI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA ETERODIMENSIONALI																																
4	12,00	14,00	2,00		ARGILLA GIALLA CON LIVELLI SABBIOSI																																
5	14,00	18,00	4,00		ARGILLA GRIGIO AZZURRA MARNOSA COMPATTA																																

ALLEGATO 3
REPORT VERIFICA STABILITA' DEI VERSANTI

Verifica di stabilità pre_opera WTG01

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.416386/15.183406 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	271.07 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	501.98 m
Ascissa vertice destro superiore xs	520.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	590.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.403	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.502	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.443
S.L.C.	975.0	1.795	2.624	0.501

Coefficients sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0115

Coefficiente azione sismica verticale 0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	173.31	425.13
2	208.92	429.43
3	244.53	432.37
4	280.14	430.11
5	315.74	427.77
6	351.35	424.11
7	386.96	418.62
8	422.57	412.52
9	458.18	405.55
10	493.79	399.74
11	529.4	394.54
12	565.01	394.02

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	173.31	414.46
2	173.81	414.53
3	191.77	417.09
4	219.99	419.66
5	243.07	421.67
6	280.09	419.47
7	329.01	415.99
8	355.21	412.7
9	389.29	407.75
10	423.01	401.34
11	468.45	392.72
12	487.32	389.43
13	521.03	384.29
14	546.69	383.56
15	563.36	383.93
16	565.01	383.96

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	173.31	417.13
2	208.92	421.43
3	244.53	424.37
4	280.14	422.11
5	315.74	419.77
6	351.35	416.11
7	386.96	410.62
8	422.57	404.52
9	458.18	397.55
10	493.79	391.74
11	529.4	386.54
12	565.01	386.02

Coefficientsi parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficientsi parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso- argillosa
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbiosa

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	9.41
Ascissa centro superficie	451.54 m
Ordinata centro superficie	588.39 m
Raggio superficie	181.33 m

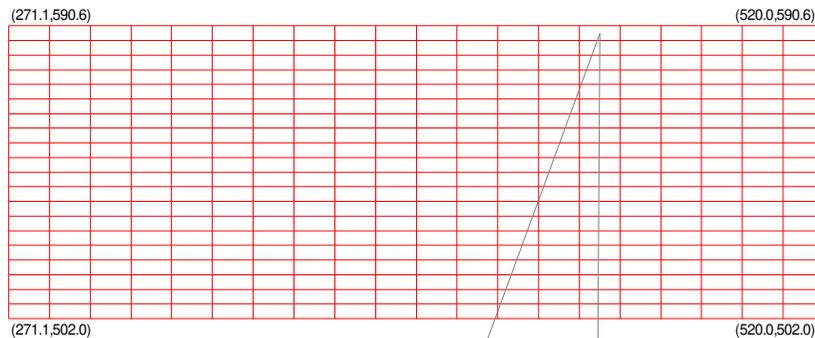
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 451.44 \quad y_c = 588.388 \quad R_c = 181.328 \quad F_s = 9.413$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6.18	19.3	6.67617.86	87.61	44.18	0.61	19.9	0.0	6502.4	4483.0	
2	6.18	17.2	6.520416.35	234.79	118.41	0.61	19.9	0.019841.1	4947.5		
3	6.18	15.2	6.430053.28	345.61	174.31	0.61	19.9	0.029706.2	5284.8		
4	6.18	13.2	6.436626.91	421.21	212.44	0.61	19.9	0.036328.4	5503.5		
5	9.24	10.7	9.460743.04	698.54	352.31	0.61	19.9	0.060230.2	8396.6		
6	3.13	8.7	3.220287.76	233.31	117.67	0.61	19.9	0.020092.5	2818.9		
7	6.18	7.2	6.236689.83	421.93	212.8	0.61	19.9	0.036295.8	5426.2		
8	6.18	5.2	6.229680.11	341.32	172.14	0.61	19.9	0.029332.9	5142.7		
9	6.18	3.3	6.219882.29	228.65	115.32	0.61	19.9	0.019642.1	4758.9		
10	6.18	1.3	6.27316.38	84.14	42.44	0.61	19.9	0.0	7219.4	4274.4	

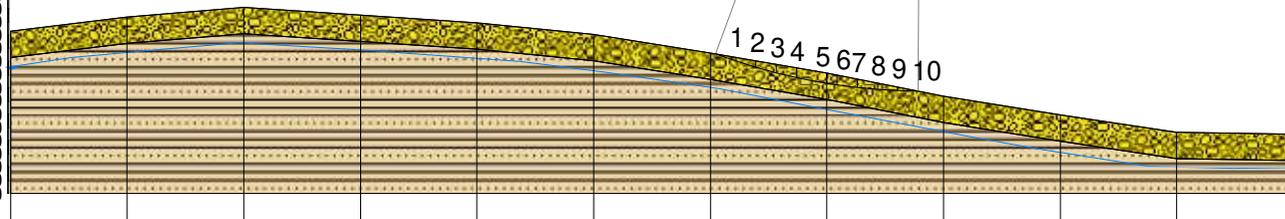
Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 9.413$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc= 451.54 yc= 588.39 Rc= 181.33 Fs=9.41

436.00
432.00
428.00
424.00
420.00
416.00
412.00
408.00
404.00
400.00
396.00
392.00
388.00
384.00
380.00
376.00
372.00
368.00
364.00
360.00
356.00
352.00
348.00
344.00
340.00
336.00
332.00
328.00
324.00
320.00
316.00
312.00
308.00
304.00
300.00
296.00
292.00
288.00
284.00
280.00
276.00
272.00
268.00
264.00
260.00
256.00
252.00
248.00
244.00
240.00
236.00
232.00
228.00
224.00
220.00
216.00
212.00
208.00
204.00
200.00
196.00
192.00
188.00
184.00
180.00
176.00
172.00
168.00
164.00
160.00
156.00
152.00
148.00
144.00
140.00
136.00
132.00
128.00
124.00
120.00
116.00
112.00
108.00
104.00
100.00
96.00
92.00
88.00
84.00
80.00
76.00
72.00
68.00
64.00
60.00
56.00
52.00
48.00
44.00
40.00
36.00
32.00
28.00
24.00
20.00
16.00
12.00
8.00
4.00
0.00



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
g=2110 Kg/m3
gs=2300 Kg/m3
Fi=24.40°
c=0.76 kg/cm2

 argilla sabbiosa
g=2160 Kg/m3
gs=2400 Kg/m3
Fi=30.80°
c=0.99 kg/cm2

Quote	425.13	429.43	432.37	430.11	427.77	424.11	418.62	412.52	405.55	399.74	394.54	394.02
Distanze Parziali	0.00	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61
Distanze Progressive	0.00	35.61	71.22	106.83	142.44	178.05	213.66	249.27	284.87	320.48	356.09	391.70

Verifica di stabilità post_opera WTG01

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.416386/15.183406 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	236.88 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	492.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	485.81 m
Ordinata vertice destro superiore ys	581.23 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.403	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.502	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.443
S.L.C.	975.0	1.795	2.624	0.501

Coefficientsi sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0115

Coefficiente azione sismica verticale 0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	173.31	425.13
2	208.92	429.43
3	244.53	432.37
4	280.14	430.11
5	315.74	427.77
6	351.35	424.11
7	386.96	418.62
8	422.57	412.52
9	458.18	405.55
10	493.79	399.74
11	529.4	394.54
12	565.01	394.02

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	173.31	414.46
2	173.81	414.53
3	191.77	417.09
4	219.99	419.66
5	243.07	421.67
6	280.09	419.47
7	329.01	415.99
8	355.21	412.7
9	389.29	407.75
10	423.01	401.34
11	468.45	392.72
12	487.32	389.43
13	521.03	384.29
14	546.69	383.56
15	563.36	383.93
16	565.01	383.96

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	173.31	417.13
2	208.92	421.43
3	244.53	424.37
4	280.14	422.11
5	315.74	419.77
6	351.35	416.11
7	386.96	410.62
8	422.57	404.52
9	458.18	397.55
10	493.79	391.74
11	529.4	386.54
12	565.01	386.02

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbiosa

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	289.5161	425.6094	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
2	291.7599	425.5527	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
3	293.6399	425.6035	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
4	295.8248	425.6035	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
5	297.7047	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
6	299.5847	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
7	301.6679	425.8068	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
8	303.7512	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
9	305.9868	425.7051	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
10	308.1717	425.756	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
11	310.2549	425.8068	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
12	312.2365	425.8068	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	x _i (m)	y _i (m)	x _f (m)	y _f (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	290	427	314	425.4201	0.6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	8.27
Ascissa centro superficie	448.47 m
Ordinata centro superficie	581.23 m
Raggio superficie	174.3 m

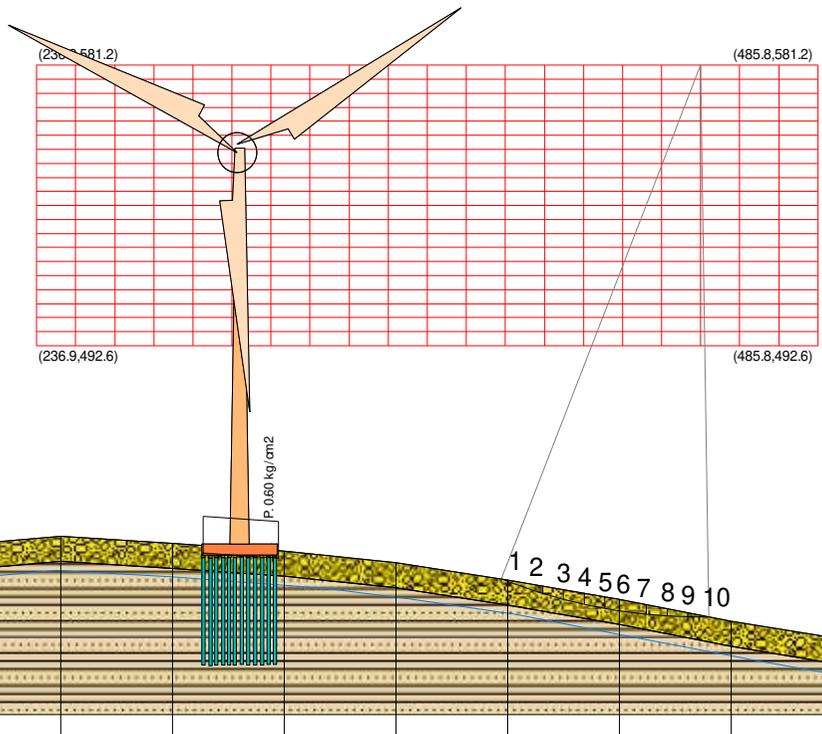
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 448.469 \quad y_c = 581.234 \quad R_c = 174.299 \quad F_s = 8.266$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.04	21.0	2.2	1028.6	11.83	5.97	0.61	19.9	0.0	475.4	1630.3
2	11.17	18.7	11.83567627	410.28	206.92	0.61	19.9	0.034219.1	10180.8		
3	6.61	15.7	6.938219.8	439.53	221.67	0.61	19.9	0.037812.4	6708.1		
4	6.61	13.4	6.846333.68	532.84	268.74	0.61	19.9	0.045960.0	7014.8		
5	6.61	11.2	6.750651.18	582.49	293.78	0.61	19.9	0.050216.3	7159.5		
6	4.61	9.3	4.735854.32	412.32	207.96	0.61	19.9	0.035514.2	4994.6		
7	8.61	7.1	8.761807.81	710.79	358.49	0.61	19.9	0.061155.8	9065.3		
8	6.61	4.6	6.637553.84	431.87	217.81	0.61	19.9	0.037151.4	6507.5		
9	6.61	2.4	6.625159.42	289.33	145.92	0.61	19.9	0.024929.5	5959.6		
10	6.61	0.3	6.6	9260.1	106.49	53.71	0.61	19.9	0.0	9237.0	5266.3

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \text{ min} = 8.266$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=448.47 yc=581.23 Rc= 174.30 Fs=8.27

4.3
4.2
4.1
4.0
3.9
3.8
3.7
3.6
3.5
3.4
3.3
3.2
3.1
3.0
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2.0
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0

 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2

 argilla sabbiosa
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	425.13	429.43	432.37	430.11	427.77	424.11	418.62	412.52	405.55	399.74	394.54	394.02
Distanze Parziali	0.00	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61	35.61
Distanze Progressive	0.00	35.61	71.22	106.83	142.44	178.05	213.66	249.27	284.87	320.48	356.09	391.70

Verifica di stabilità pre_opera WTG02

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.413686/15.1889 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	197.46 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	536.71 m
Ascissa vertice destro superiore xs	580.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	618.15 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.402	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.501	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.444
S.L.C.	975.0	1.795	2.623	0.501

Coefficientsi sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.012

Coefficiente azione sismica verticale

0.006

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	174.31	425.56
2	175.37	425.84
3	176.99	425.61
4	179.86	425.33
5	181.89	425.33
6	184.01	424.99
7	187.05	424.58
8	188.13	424.68
9	192.45	424.06
10	194.83	423.9
11	199.75	423.0
12	202.08	422.87
13	206.46	422.01
14	212.45	420.95
15	213.54	420.88
16	219.44	419.72
17	226.47	418.72
18	232.14	417.63
19	238.17	416.77
20	246.06	415.46
21	288.04	409.71
22	340.81	403.2
23	415.22	397.86
24	457.45	394.78
25	520.72	392.86
26	637.67	389.61
27	672.78	387.64

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	174.32	415.46
2	183.24	414.1
3	197.86	413.35
4	218.81	409.51
5	231.82	407.65
6	248.42	405.05
7	257.72	403.94
8	280.15	400.59
9	293.16	398.86
10	323.89	395.26
11	347.43	392.41
12	385.73	390.68
13	413.61	388.45
14	447.19	386.09
15	471.85	384.36
16	500.47	383.99
17	527.36	383.24
18	553.64	382.5
19	579.41	381.76
20	609.15	381.38
21	650.54	379.77
22	672.97	378.04

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	174.31	417.56
2	175.37	417.84
3	176.99	417.61
4	179.86	417.33
5	181.89	417.33
6	184.01	416.99
7	187.05	416.58
8	188.13	416.68
9	192.45	416.06
10	194.83	415.9
11	199.75	415.0
12	202.08	414.87
13	206.46	414.01
14	212.45	412.95
15	213.54	412.88
16	219.44	411.72
17	226.47	410.72
18	232.14	409.63
19	238.17	408.77
20	246.06	407.46
21	288.04	401.71
22	340.81	395.2
23	415.22	389.86
24	457.45	386.78
25	520.72	384.86
26	637.67	381.61
27	672.78	379.64

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	6.88
Ascissa centro superficie	264.4 m
Ordinata centro superficie	579.47 m
Raggio superficie	173.08 m

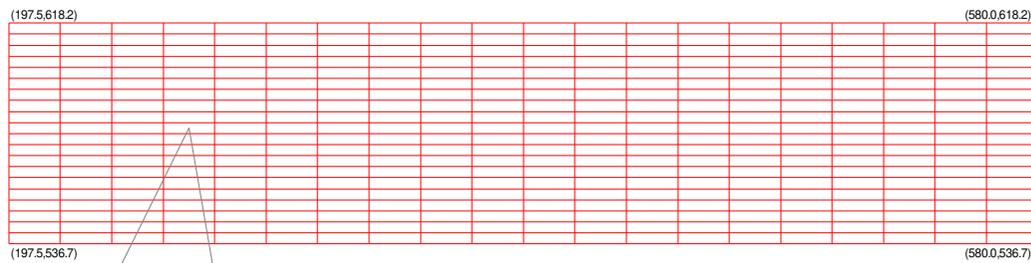
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 264.404 \quad y_c = 579.466 \quad R_c = 173.08 \quad F_s = 6.882$$

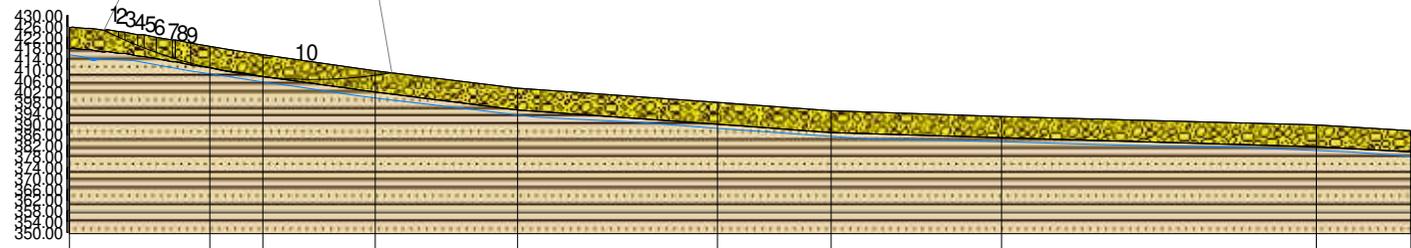
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.99	26.3	1.1	609.42	7.31	3.66	0.61	19.9	0.0	191.9	986.1
2	4.32	25.4	4.81	1987.82	143.85	71.93	0.61	19.9	0.010987.9	4806.7	
3	2.38	24.1	2.61	2360.56	148.33	74.16	0.61	19.9	0.012225.0	2944.9	
4	4.92	22.8	5.33	6476.53	437.72	218.86	0.61	19.9	0.036775.3	6651.2	
5	2.34	21.5	2.52	2083.06	265.0	132.5	0.61	19.9	0.022397.7	3398.7	
6	4.38	20.3	4.74	8790.18	585.48	292.74	0.61	19.9	0.049533.9	6742.1	
7	5.98	18.5	6.37	7488.8	929.87	464.93	0.61	19.9	0.078466.3	9710.4	
8	1.09	17.3	1.11	5498.12	185.98	92.99	0.61	19.9	0.015659.0	1837.4	
9	5.9	16.1	6.18	9043.37	1068.52	534.26	0.61	19.9	0.089738.8	10159.6	
10	74.7	2.6	74.81	171694.01	14060.33	7030.17	0.61	19.9	0.01167130.01	27606.9	

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $FS_{\min} = 6.882$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc= 264.40 yc= 579.47 Rc= 173.08 Fs= 6.88



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi= 24.40°
 c= 0.76 kg/cm2

 argille sabbiose
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi= 30.80°
 c= 0.99 kg/cm2

Quote	425.56	418.72	415.46	409.71	403.19	397.86	394.78	392.86	389.61	387.64
Distanze Parziali	0.00	7.03	7.89	41.98	52.77	74.41	42.22	63.28	116.95	35.11
Distanze Progressive	0.00	52.16	71.75	113.73	166.50	240.91	283.14	346.41	463.36	498.47

Verifica di stabilità post_opera WTG02

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.413686/15.1889 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	165.78 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	548.75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	554.68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	630.18 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.402	0.298
S.L.D.	50.0	0.588	2.501	0.333
S.L.V.	475.0	1.402	2.621	0.444
S.L.C.	975.0	1.795	2.623	0.501

Coefficientsi sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6824	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.154	0.24	0.0527	0.0264

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.012

Coefficiente azione sismica verticale

0.006

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	174.31	425.56
2	175.37	425.84
3	176.99	425.61
4	179.86	425.33
5	181.89	425.33
6	184.01	424.99
7	187.05	424.58
8	188.13	424.68
9	192.45	424.06
10	194.83	423.9
11	199.75	423.0
12	202.08	422.87
13	206.46	422.01
14	212.45	420.95
15	213.54	420.88
16	219.44	419.72
17	226.47	418.72
18	232.14	417.63
19	238.17	416.77
20	246.06	415.46
21	288.04	409.71
22	340.81	403.2
23	415.22	397.86
24	457.45	394.78
25	520.72	392.86
26	637.67	389.61
27	672.78	387.64

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	174.32	415.46
2	183.24	414.1
3	197.86	413.35
4	218.81	409.51
5	231.82	407.65
6	248.42	405.05
7	257.72	403.94
8	280.15	400.59
9	293.16	398.86
10	323.89	395.26
11	347.43	392.41
12	385.73	390.68
13	413.61	388.45
14	447.19	386.09
15	471.85	384.36
16	500.47	383.99
17	527.36	383.24
18	553.64	382.5
19	579.41	381.76
20	609.15	381.38
21	650.54	379.77
22	672.97	378.04

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	174.31	417.56
2	175.37	417.84
3	176.99	417.61
4	179.86	417.33
5	181.89	417.33
6	184.01	416.99
7	187.05	416.58
8	188.13	416.68
9	192.45	416.06
10	194.83	415.9
11	199.75	415.0
12	202.08	414.87
13	206.46	414.01
14	212.45	412.95
15	213.54	412.88
16	219.44	411.72
17	226.47	410.72
18	232.14	409.63
19	238.17	408.77
20	246.06	407.46
21	288.04	401.71
22	340.81	395.2
23	415.22	389.86
24	457.45	386.78
25	520.72	384.86
26	637.67	381.61
27	672.78	379.64

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;

OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	341.1366	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
2	343.1566	399.3185	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
3	345.1093	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
4	347.3986	399.3185	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
5	349.3513	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
6	351.3039	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
7	353.5259	399.4532	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
8	355.4786	399.4532	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
9	357.3639	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
10	359.6533	399.5879	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
11	362.4139	399.4532	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale
12	364.0973	399.3859	1	34	90	1	3.06	520243	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	x _i (m)	y _i (m)	x _f (m)	y _f (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	340	400	364	397.0356	0.6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

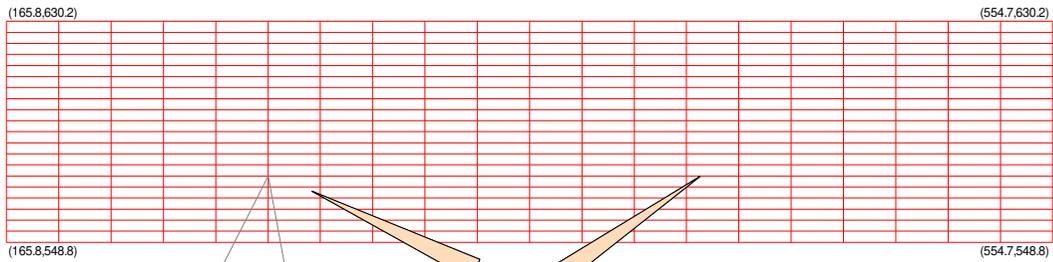
Fs minimo individuato	6.74
Ascissa centro superficie	263.0 m
Ordinata centro superficie	573.18 m
Raggio superficie	167.0 m

$x_c = 263.003$ $y_c = 573.183$ $R_c = 167.001$ $F_s = 6.743$

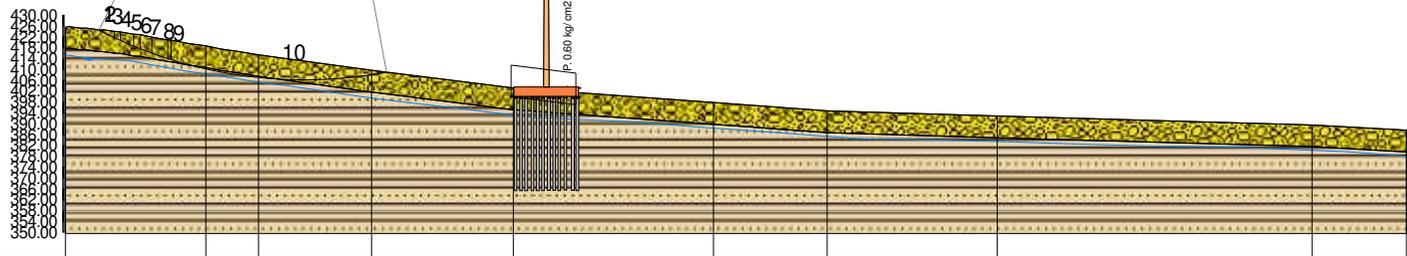
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.33	27.1	0.4	44.61	0.54	0.27	0.61	19.9	0.0	-120.2	332.7
2	1.08	26.8	1.2	1030.49	12.37	6.18	0.61	19.9	0.0	585.6	1125.1
3	4.32	25.8	4.8	13944.86	167.34	83.67	0.61	19.9	0.0	13055.9	5033.3
4	2.38	24.5	2.6	13590.2	163.08	81.54	0.61	19.9	0.0	13531.9	3083.3
5	4.92	23.2	5.3	39321.35	471.86	235.93	0.61	19.9	0.0	39792.3	6962.9
6	2.34	21.8	2.5	23555.08	282.66	141.33	0.61	19.9	0.0	23949.3	3556.8
7	4.38	20.6	4.7	51729.59	620.76	310.38	0.61	19.9	0.0	52610.2	7053.2
8	5.98	18.7	6.3	81789.59	981.48	490.74	0.61	19.9	0.0	82912.3	10155.5
9	1.09	17.4	1.1	16310.84	195.73	97.87	0.61	19.9	0.0	16492.3	1920.8
10	80.12	3.3	80.3	1348577.0	16182.92	8091.46	0.61	19.9	0.0	1342448.0	144601.8

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 6.743$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



$x_c=263.00$ $y_c=573.18$ $R_c=167.00$ $F_s=6.74$



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 $g=2110$ Kg/m³
 $g_s=2300$ Kg/m³
 $F_i=24.40^\circ$
 $c=0.76$ kg/cm²

 argille sabbiose
 $g=2160$ Kg/m³
 $g_s=2400$ Kg/m³
 $F_i=30.80^\circ$
 $c=0.99$ kg/cm²

Quote	425.56	418.72	415.46	409.71	403.19	397.86	394.78	392.86	389.61	387.64
Distanze Parziali	0.00	7.03	7.89	41.98	52.77	74.41	42.22	63.28	116.95	35.11
Distanze Progressive	0.00	52.16	71.75	113.73	166.50	240.91	283.14	346.41	463.36	498.47

Verifica di stabilità pre_opera WTG03

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.419424/15.212777 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	264.32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	517.22 m
Ascissa vertice destro superiore xs	656.89 m
Ordinata vertice destro superiore ys	680.52 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.396	0.302
S.L.D.	50.0	0.588	2.497	0.332
S.L.V.	475.0	1.383	2.627	0.444
S.L.C.	975.0	1.765	2.626	0.507

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6596	0.24	0.0406	0.0203
S.L.C.	2.118	0.24	0.0518	0.0259

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.0115
0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.25	325.9
2	172.15	325.57
3	181.84	325.66
4	193.61	324.99
5	200.49	324.84
6	202.14	324.16
7	205.96	322.57
8	208.82	322.47
9	211.2	323.73
10	213.47	325.86
11	237.61	327.28
12	267.72	333.61
13	296.64	343.51
14	342.0	352.81
15	388.35	354.4
16	422.53	354.45
17	476.21	354.45
18	514.04	351.08
19	592.68	345.94
20	632.94	345.34
21	690.05	344.16
22	725.46	343.97
23	739.46	343.04
24	743.67	342.76
25	747.49	344.46

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.12	315.01
2	164.39	314.67
3	178.52	314.9
4	195.24	314.67
5	201.91	312.19
6	211.62	313.32
7	237.84	316.71
8	268.34	323.26
9	296.7	333.09
10	309.47	335.58
11	329.36	338.97
12	344.05	341.56
13	372.75	342.81
14	392.74	343.71
15	421.67	343.49
16	452.97	344.05
17	487.88	343.03
18	505.17	341.79
19	525.39	340.43
20	546.3	339.42
21	578.05	337.27
22	592.28	336.48
23	611.49	335.8
24	624.03	335.8
25	642.11	334.9
26	649.36	334.57
27	657.14	334.67
28	673.97	334.67
29	681.53	334.89
30	688.32	334.5
31	698.36	334.5
32	705.53	334.5
33	719.3	334.22
34	726.09	334.31
35	733.16	333.64
36	739.38	333.26
37	747.16	333.78

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.25	317.9
2	172.15	317.57
3	181.84	317.66
4	193.61	316.99
5	200.49	316.84
6	202.14	316.16
7	205.96	314.57
8	208.82	314.47
9	211.2	315.73
10	213.47	317.86
11	237.61	319.28
12	267.72	325.61
13	296.64	335.51
14	342.0	344.81
15	388.35	346.4
16	422.53	346.45
17	476.21	346.45
18	514.04	343.08
19	592.68	337.94
20	632.94	337.34
21	690.05	336.16
22	725.46	335.97
23	739.46	335.04
24	743.67	334.76
25	747.49	336.46

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-argillosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3.26
Ascissa centro superficie	264.32 m
Ordinata centro superficie	517.22 m
Raggio superficie	194.78 m

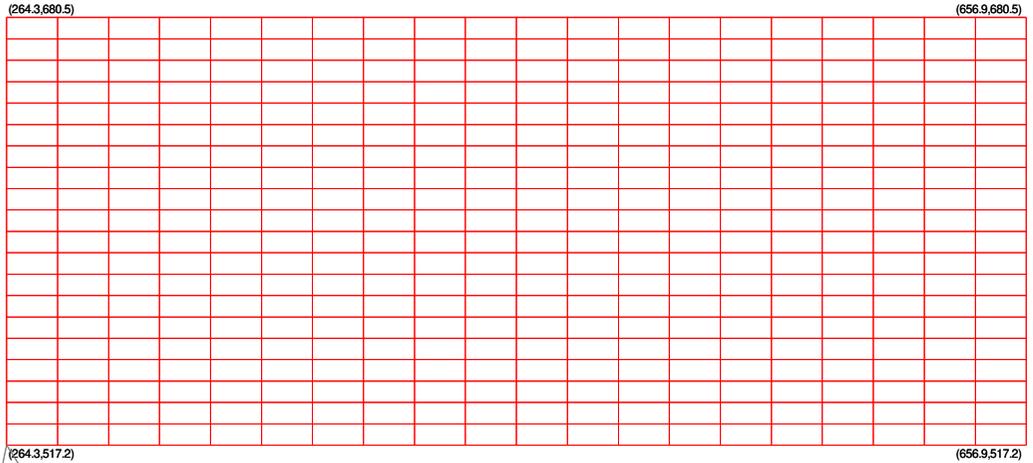
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 264.321 \quad y_c = 517.22 \quad R_c = 194.776 \quad F_s = 3.256$$

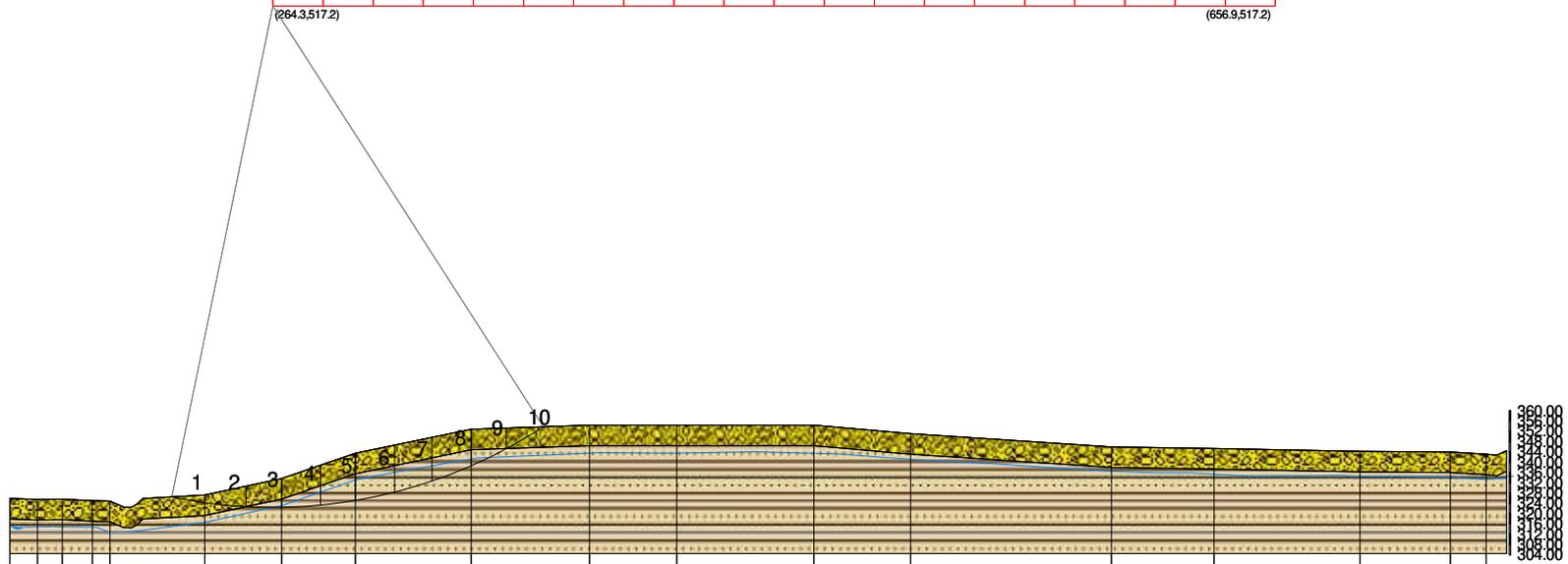
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	12.92	-9.8	13.143849.46	504.27	254.33	0.61	19.9	0.049691.4	30024.5		
2	16.19	-5.5	16.3192900.6	2218.36	1118.82	0.61	19.9	0.0198836.7	52545.1		
3	13.91	-1.0	13.9285082.1	3278.44	1653.48	0.79	25.5	0.0286514.9	75820.2		
4	15.2	3.2	15.2446449.3	5134.17	2589.41	0.79	25.544429.0397272.695229.4				
5	13.72	7.5	13.8521287.6	5994.81	3023.47	0.79	25.590283.7422139.795495.6				
6	15.4	11.9	15.7638133.5	7338.54	3701.17	0.79	25.5122744.2503117.5111966.2				
7	14.56	16.4	15.2577643.0	6642.9	3350.33	0.79	25.5100295.6466618.3105266.3				
8	15.41	21.1	16.5535345.3	6156.47	3105.0	0.79	25.567642.7459796.7107516.1				
9	13.71	25.7	15.2329259.8	3786.49	1909.71	0.79	25.5 443.8324291.3 84521.4				
10	14.56	30.5	16.9130404.9	1499.66	756.35	0.61	19.9 0.0124573.1 45425.7				

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 3.256$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=264.32 yc=517.22 Rc= 194.78 Fs=3.26



 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.4°
 c=0.76 kg/cm2

 argille sabbiose
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.8°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	0.00	325.90	325.57	325.66	324.99	324.84	327.28	333.61	343.51	352.81	354.40	354.45	351.08	345.94	345.34	344.16	343.97	343.04
Distanze Parziali	0.00	10.89	9.69	11.77	6.88	24.14	30.11	28.92	45.36	46.35	34.18	53.68	37.83	78.64	40.26	57.12	35.40	14.00
Distanze Progressive	0.00	10.89	20.58	32.36	39.24	76.36	106.47	135.39	180.75	227.10	261.28	314.96	352.79	431.43	471.68	528.80	564.21	578.21

Verifica di stabilità post_opera WTG03

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.419424/15.212777 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	264.35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	448.49 m
Ascissa vertice destro superiore xs	656.92 m
Ordinata vertice destro superiore ys	611.79 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.396	0.302
S.L.D.	50.0	0.588	2.497	0.332
S.L.V.	475.0	1.383	2.627	0.444
S.L.C.	975.0	1.765	2.626	0.507

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6596	0.24	0.0406	0.0203
S.L.C.	2.118	0.24	0.0518	0.0259

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.0115
0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.25	325.9
2	172.15	325.57
3	181.84	325.66
4	193.61	324.99
5	200.49	324.84
6	202.14	324.16
7	205.96	322.57
8	208.82	322.47
9	211.2	323.73
10	213.47	325.86
11	237.61	327.28
12	267.72	333.61
13	296.64	343.51
14	342.0	352.81
15	388.35	354.4
16	422.53	354.45
17	476.21	354.45
18	514.04	351.08
19	592.68	345.94
20	632.94	345.34
21	690.05	344.16
22	725.46	343.97
23	739.46	343.04
24	743.67	342.76
25	747.49	344.46

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.12	315.01
2	164.39	314.67
3	178.52	314.9
4	195.24	314.67
5	201.91	312.19
6	211.62	313.32
7	237.84	316.71
8	268.34	323.26
9	296.7	333.09
10	309.47	335.58
11	329.36	338.97
12	344.05	341.56
13	372.75	342.81
14	392.74	343.71
15	421.67	343.49
16	452.97	344.05
17	487.88	343.03
18	505.17	341.79
19	525.39	340.43
20	546.3	339.42
21	578.05	337.27
22	592.28	336.48
23	611.49	335.8
24	624.03	335.8
25	642.11	334.9
26	649.36	334.57
27	657.14	334.67
28	673.97	334.67
29	681.53	334.89
30	688.32	334.5
31	698.36	334.5
32	705.53	334.5
33	719.3	334.22
34	726.09	334.31
35	733.16	333.64
36	739.38	333.26
37	747.16	333.78

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.25	317.9
2	172.15	317.57
3	181.84	317.66
4	193.61	316.99
5	200.49	316.84
6	202.14	316.16
7	205.96	314.57
8	208.82	314.47
9	211.2	315.73
10	213.47	317.86
11	237.61	319.28
12	267.72	325.61
13	296.64	335.51
14	342.0	344.81
15	388.35	346.4
16	422.53	346.45
17	476.21	346.45
18	514.04	343.08
19	592.68	337.94
20	632.94	337.34
21	690.05	336.16
22	725.46	335.97
23	739.46	335.04
24	743.67	334.76
25	747.49	336.46

Coefficientsi parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficientsi parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm2)	Coesione non drenata (kg/cm2)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m3)	Peso saturo (Kg/m3)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argille sabbiose	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm2)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	591.4913	340.1831	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
2	593.2995	340.0838	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
3	595.5997	340.0277	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
4	597.7316	339.9716	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
5	599.8636	340.0277	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
6	601.4906	340.0838	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
7	603.5664	339.9716	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
8	605.6983	339.8594	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
9	607.9986	339.9155	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
10	610.6354	340.0838	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
11	612.4868	340.0277	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale
12	614.1138	339.9716	1	34	90	1	3.06	518763	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm2)
1	590	340	614	338.4292	0.6

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

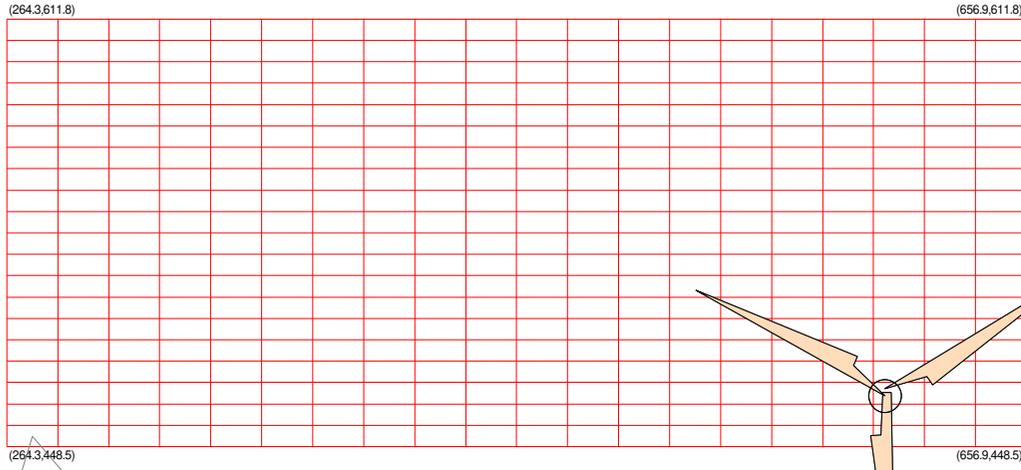
Fs minimo individuato	2.94
Ascissa centro superficie	274.16 m
Ordinata centro superficie	452.57 m
Raggio superficie	131.2 m

$x_c = 274.159$ $y_c = 452.574$ $R_c = 131.201$ $F_s = 2.938$

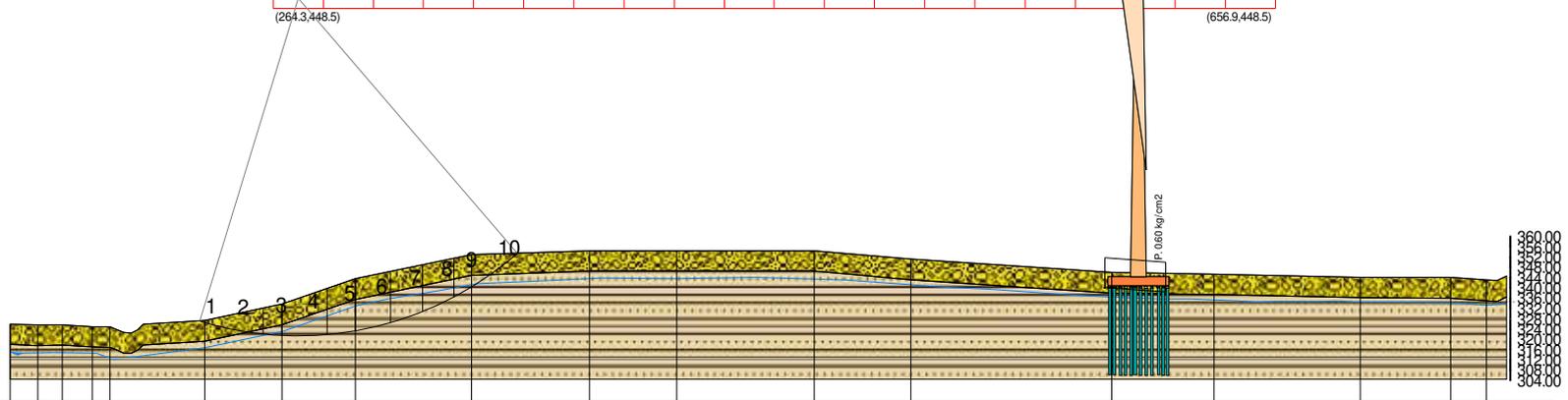
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm2)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.99	-16.6	2.11514.07	17.41	8.78	0.61	19.9	0.0	2974.5	4669.2	
2	22.9	-11.1	23.3284695.6	3274.0	1651.23	0.61	19.9	0.0306961.4	86201.0		
3	7.21	-4.4	7.2170859.9	1964.89	990.99	0.79	25.54299.2170673.6	47182.0			
4	17.69	1.1	17.7595338.6	6846.39	3452.96	0.79	25.583356.3509671.2130408.5				
5	11.23	7.4	11.3482860.9	5552.9	2800.59	0.79	25.597318.0376876.891697.3				
6	13.66	12.9	14.0623144.7	7166.16	3614.24	0.79	25.5132748.8476715.7115158.7				
7	12.45	18.9	13.2535891.8	6162.76	3108.17	0.79	25.5104315.3420632.6103726.4				
8	12.45	24.7	13.7462389.1	5317.48	2681.86	0.79	25.568860.7387299.099799.6				
9	6.8	29.4	7.8204250.5	2348.88	1184.65	0.79	25.515743.1187399.851472.0				
10	18.09	36.0	22.4261827.0	3011.01	1518.6	0.61	19.9	0.0266176.0	79161.8		

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \text{ min} = 2.938$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc= 274.16 yc= 452.57 Rc= 131.20 Fs= 2.94



- conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2
- argille sabbiose
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	325.90	325.57	325.66	324.99	324.84	327.28	333.61	343.51	352.81	354.40	354.45	354.45	351.08	345.94	345.34	344.16	343.97	343.04
Distanze Parziali	0.00	10.89	9.69	11.77	6.88	24.14	30.11	28.92	45.36	46.35	34.18	53.68	37.83	78.64	40.26	57.12	35.40	14.00
Distanze Progressive	0.00	10.89	20.58	32.36	39.24	76.36	106.47	135.39	180.75	227.10	261.28	314.96	352.79	431.43	471.68	528.80	564.21	578.21

Verifica di stabilità pre_opera WTG09

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.41038/15.214754 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	220.79 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	501.58 m
Ascissa vertice destro superiore xs	600.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	609.36 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.398	0.301
S.L.D.	50.0	0.588	2.498	0.332
S.L.V.	475.0	1.393	2.625	0.444
S.L.C.	975.0	1.775	2.624	0.505

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6716	0.24	0.0409	0.0205
S.L.C.	2.13	0.24	0.0521	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.0115

Coefficiente azione sismica verticale

0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.78	370.88
2	195.36	368.93
3	234.95	362.53
4	289.73	352.94
5	423.28	343.75
6	487.26	342.95
7	593.22	342.15
8	722.91	340.16
9	842.87	338.57
10	913.24	340.56
11	913.24	340.56
12	913.24	340.56
13	913.24	340.56
14	913.24	340.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.68	359.43
2	185.77	356.18
3	217.43	352.44
4	256.45	347.39
5	279.8	343.41
6	295.22	341.97
7	328.21	339.68
8	356.14	337.87
9	392.02	334.5
10	421.88	333.42
11	457.89	332.82
12	490.88	332.7
13	532.3	332.22
14	598.04	331.13
15	634.4	331.25
16	684.49	329.45
17	753.49	329.45
18	817.66	328.0
19	874.62	328.96
20	913.51	329.93

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.78	362.88
2	195.36	360.93
3	234.95	354.53
4	289.73	344.94
5	423.28	335.75
6	487.26	334.95
7	593.22	334.15
8	722.91	332.16
9	842.87	330.57
10	913.24	332.56
11	913.24	332.56
12	913.24	332.56
13	913.24	332.56
14	913.24	332.56

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbioso	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;
OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	7.48
Ascissa centro superficie	277.67 m
Ordinata centro superficie	609.36 m
Raggio superficie	254.98 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 277.672 \quad y_c = 609.36 \quad R_c = 254.976 \quad F_s = 7.481$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.08	19.2	3.32929.95	33.69	16.99	0.61	19.9	0.0	2144.8	2750.4	
2	14.74	17.1	15.465012.19	747.64	377.07	0.61	19.9	0.063220.8	15597.2		
3	8.91	14.3	9.265902.22	757.88	382.23	0.61	19.9	0.065301.5	10638.1		
4	8.91	12.3	9.178447.02	902.14	454.99	0.61	19.9	0.077849.4	11183.6		
5	7.04	10.4	7.266666.16	766.66	386.66	0.61	19.9	0.066126.1	9024.2		
6	10.77	8.4	10.9101326.8	1165.26	587.7	0.61	19.9	0.0100399.8	13721.3		
7	8.91	6.2	9.075096.32	863.61	435.56	0.61	19.9	0.074355.8	10887.2		
8	8.91	4.2	8.960987.59	701.36	353.73	0.61	19.9	0.060405.5	10187.3		
9	8.91	2.2	8.940985.52	471.33	237.72	0.61	19.9	0.040664.7	9215.7		
10	8.91	0.2	8.915123.2	173.92	87.71	0.61	19.9	0.015098.9	7970.3		

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 7.481$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$

(220.8,609.4)

(600.0,609.4)

$x_C=277.67$ $y_C=609.36$ $R_C=254.98$ $F_S=7.48$

(220.8,591.6)

(600.0,591.6)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

377
376
375
374
373
372
371
370
369
368
367
366
365
364
363
362
361
360
359
358
357



- 
 conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 $g=2110 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=2300 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=24.40^\circ$
 $c=0.76 \text{ kg/cm}^2$
- 
 argilla sabbioso
 $g=2160 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=2400 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=30.80^\circ$
 $c=0.99 \text{ kg/cm}^2$

Verifica di stabilità post_opera WTG09

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.41038/15.214754 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	192.68 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	500.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	725.19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	637.83 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	20.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.471	2.398	0.301
S.L.D.	50.0	0.588	2.498	0.332
S.L.V.	475.0	1.393	2.625	0.444
S.L.C.	975.0	1.775	2.624	0.505

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5652	0.2	0.0115	0.0058
S.L.D.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.V.	1.6716	0.24	0.0409	0.0205
S.L.C.	2.13	0.24	0.0521	0.0261

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.0115
0.0058

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	161.78	370.88
2	195.36	368.93
3	234.95	362.53
4	289.73	352.94
5	423.28	343.75
6	487.26	342.95
7	593.22	342.15
8	722.91	340.16
9	842.87	338.57
10	913.24	340.56
11	913.24	340.56
12	913.24	340.56
13	913.24	340.56
14	913.24	340.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	161.68	359.43
2	185.77	356.18
3	217.43	352.44
4	256.45	347.39
5	279.8	343.41
6	295.22	341.97
7	328.21	339.68
8	356.14	337.87
9	392.02	334.5
10	421.88	333.42
11	457.89	332.82
12	490.88	332.7
13	532.3	332.22
14	598.04	331.13
15	634.4	331.25
16	684.49	329.45
17	753.49	329.45
18	817.66	328.0
19	874.62	328.96
20	913.51	329.93

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	161.78	362.88
2	195.36	360.93
3	234.95	354.53
4	289.73	344.94
5	423.28	335.75
6	487.26	334.95
7	593.22	334.15
8	722.91	332.16
9	842.87	330.57
10	913.24	332.56
11	913.24	332.56
12	913.24	332.56
13	913.24	332.56
14	913.24	332.56

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.76		24.40	2110	2300	conglomerati in matrice sabbioso-arg illosa	
2	0.99		30.80	2160	2400	argilla sabbioso	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;
OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	1102954	827215.5	0	1	0
2	1006653	754989.8	0	1	0

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	652.2578	336.076	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
2	654.0933	336.0801	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
3	656.1692	336.1273	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
4	658.2627	336.0838	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
5	663.3527	336.1241	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
6	660.9022	336.1286	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
7	665.235	336.1795	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
8	667.0067	336.0688	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
9	668.7783	336.0688	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
10	670.6052	336.1241	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
11	672.8197	336.1241	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale
12	674.9235	336.2348	1	34	90	1	3.06	5716	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	653	335	677	334.6318	0.6

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	7.15
Ascissa centro superficie	285.87 m
Ordinata centro superficie	620.6 m
Raggio superficie	267.68 m

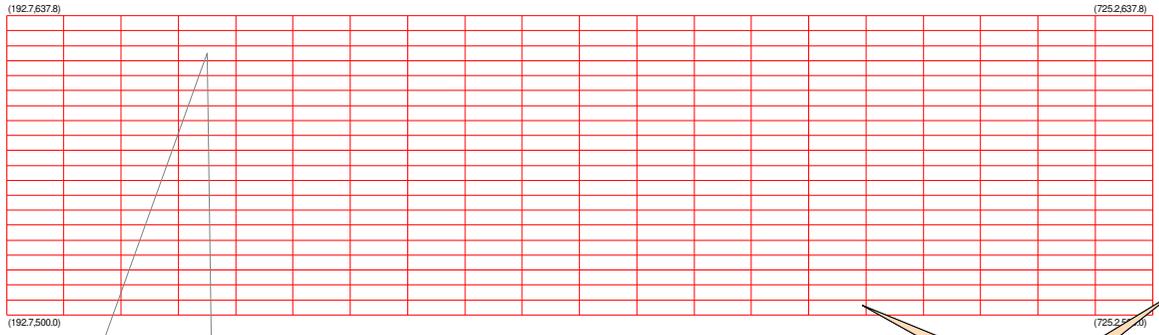
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 285.869 \quad y_c = 620.601 \quad R_c = 267.677 \quad F_s = 7.152$$

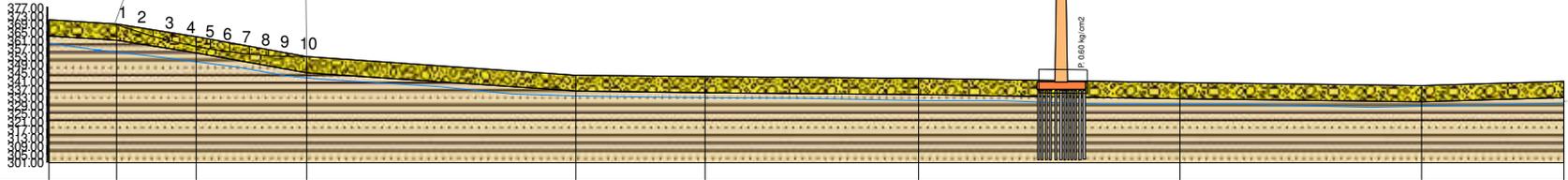
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.78	19.8	0.8	196.54	2.26	1.14	0.61	19.9	0.0	-45.7	705.4
2	18.24	17.7	19.171	1439.43	821.55	414.35	0.61	19.9	0.068	683.2	19761.2
3	9.51	14.6	9.872	2933.58	838.74	423.01	0.61	19.9	0.072	237.5	12020.9
4	11.84	12.3	12.111	1423.1	1281.37	646.25	0.61	19.9	0.011	10566.5	15910.6
5	7.18	10.2	7.372	162.54	829.87	418.54	0.61	19.9	0.071	1551.2	9833.5
6	9.51	8.4	9.693	610.77	1076.52	542.94	0.61	19.9	0.092	2724.0	12877.4
7	9.51	6.3	9.684	811.05	975.33	491.9	0.61	19.9	0.083	956.7	12394.8
8	9.51	4.3	9.569	103.84	794.69	400.8	0.61	19.9	0.068	430.7	11580.0
9	9.51	2.2	9.546	558.91	535.43	270.04	0.61	19.9	0.046	186.6	10434.9
10	9.51	0.2	9.517	214.87	197.97	99.85	0.61	19.9	0.017	183.3	8957.0

Dai dati delle verifiche eseguite è risultato che la **stabilità globale** del versante è **verificata**.

Infatti, il valore minimo del coefficiente di sicurezza è pari a $F_s \min = 7.152$ che risulta maggiore di $F_s = 1,3$



xc=285.87 yc=620.60 Rc=267.68 Fs=7.15



- conglomerati in matrice sabbioso-argillosa
 g=2110 Kg/m3
 gs=2300 Kg/m3
 Fi=24.40°
 c=0.76 kg/cm2

- argilla sabbioso
 g=2160 Kg/m3
 gs=2400 Kg/m3
 Fi=30.80°
 c=0.99 kg/cm2

Quote	370.88	368.93	362.53	352.94	343.75	342.85	342.15	340.16	338.57	340.56
Distanze Parziali	0.00	33.58	39.59	54.78	133.55	63.98	105.96	129.69	119.96	70.37
Distanze Progressive	0.00	33.58	73.17	127.95	261.50	325.48	431.44	561.13	681.08	751.46