

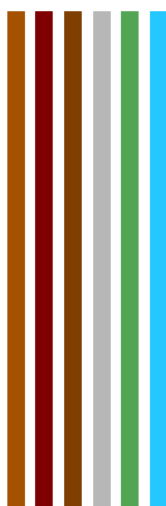
COMUNE DI SPINAZZOLA (BT)

OGGETTO

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 99,418 MWP –
PROGETTO DEFINITIVO
COMUNE DI SPINAZZOLA**

ELABORATO

RELAZIONE SULL'INDAGINE SISMICA



COMMITTENTE

Geol. Luigi Buttiglione

INDAGINI E RILIEVI

APOGEO s.r.l.

Via Caduti di Nassiriya, 170 - 70022 Altamura (BA)
Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778 REA: 472212 - Cap. Soc. € 94.628,00 i.v.
Tel. e Fax: 080/3143324 Email: apogeo.altamura@libero.it
PEC: apogeo@pec.joomlahost.it - www.apogeo.biz

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol. Pietro PEPE



OS20A Class. I
OS20B Class. IIIBis

ALLEGATO

SCALA

DATA

Giugno 2021

RIF. COMM. 154/2020

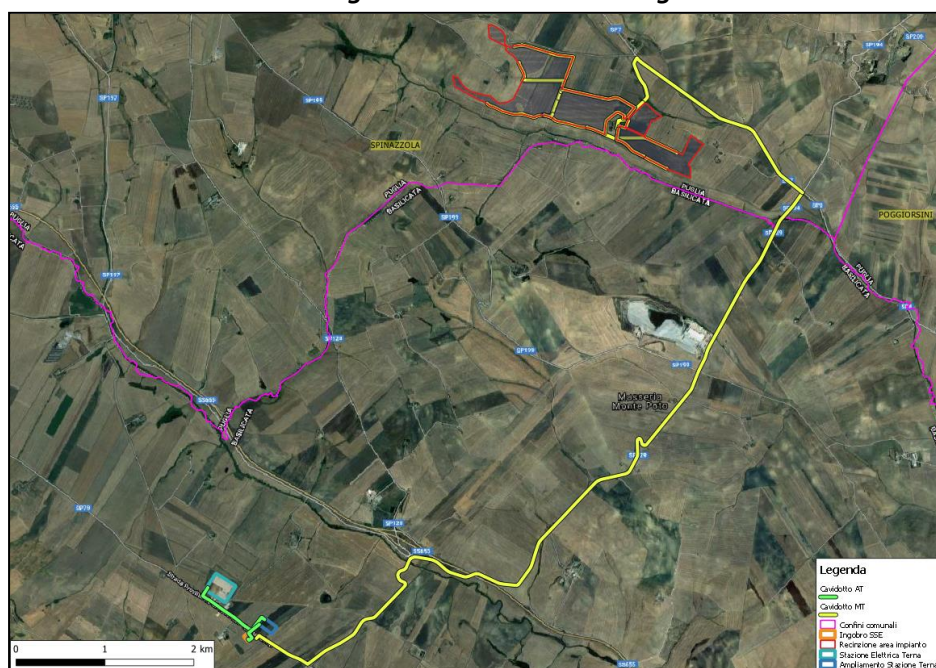
SOMMARIO

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 1.1.1 | <i>MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) - Descrizione del metodo e della strumentazione</i> | 3 |
| 1.1.2 | <i>MASW - Acquisizione dei dati</i> | 3 |
| 1.1.3 | <i>MASW- Elaborazione dei dati</i> | 3 |
| 1.1.4 | <i>MASW - Rappresentazione dei risultati</i> | 3 |
| 1.1.5 | <i>MASW – Interpretazione dei risultati</i> | 4 |
| | ALLEGATO 01 A÷01C – PLANIMETRIE UBICAZIONE INDAGINI..... | 9 |

1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione per la realizzazione di un "Impianto fotovoltaico da 99,418 MWP – Progetto Definitivo – Comune di Spinazzola (Bt)" è stata condotta una campagna geognostica a carattere geofisico per conto del Geol. Luigi Buttiglione.

Ubicazione generale dell'area di indagine



La campagna geognostica è stata finalizzata alla caratterizzazione sismica del sottosuolo, mediante l'individuazione del valore del $V_{s,eq}$ per l'attribuzione della categoria del sottosuolo secondo quanto richiesto dalla recente normativa in materia delle costruzioni "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8).

Pertanto sono stati eseguiti in tutta l'area in esame:

- n.2 prospezioni sismiche eseguite con tecnica MASW per la determinazione delle onde di taglio (S), (**MASW01**÷**MASW02**) ciascuna opportunamente orientata rispetto al Nord, per le quali sono stati utilizzati n. 24 geofoni con spaziatura inter-geofonica di 3.0m ed eseguiti due scoppi posti a 6.0m dal primo e dall'ultimo geofono; tale tecnica consentirà di stimare il valore delle $V_{s,eq}$ e quindi attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplata dalle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

Nelle pagine seguenti vengono descritte le attività e le tecniche utilizzate per tali attività; in allegato, invece, sono rappresentati i risultati delle indagini e le loro ubicazioni planimetriche.

Prospezione sismica in onde S e stima del VS,eq

1.1.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) - Descrizione del metodo e della strumentazione

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità a cui stazione il bedrock roccioso o un suolo molto rigido (VS,eq) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/1/2018 (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8), sono stati eseguiti n. 2 profili MASW, **MASW 01 ÷ MASW05** ubicati, come mostrato negli **Allegati 01A÷01C**.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando i tempi di arrivo delle onde sismiche di superficie generate artificialmente ed elaborando il segnale con un opportuno software.

A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%). È così possibile definire, con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo "VS,eq".

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in 24 geofoni verticali a 4.5Hz, in un sismografo a 24 canali della "MAE" modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati.

1.1.2 MASW - Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- Predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati di 3.0 m in linea retta, di lunghezza pari a 69m con l'esecuzione di 2 scoppi a 6m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono in modo tale da avere due profili di velocità ubicati ad 1/3 e 2/3 dello stendimento;
- osservazione del segnale che si propaga tramite onde S nel suolo per 2 secondi a seguito dell'energizzazione;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'X610/S.

1.1.3 MASW- Elaborazione dei dati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo.

È importante rilevare che il profilo di ciascun stendimento è stato ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, è più rappresentativo a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

I dati sono stati interpolati ed elaborati con i Software SWAN prodotto dalla Geostudi Astier.

1.1.4 MASW - Rappresentazione dei risultati

Nell'**Allegato 02** sono stati rappresentati, in tre grafici, le elaborazioni dei dati acquisiti con il metodo MASW e i sismogrammi medi di tutte le interazioni per ciascuna indagine svolta.

Il primo grafico, a partire dallo spettro F-K, mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo.

Nel grafico successivo, invece, è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di

sottosuolo, ottenuto per “aggiustamenti” successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

Il grafico successivo riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

1.1.5 MASW – Interpretazione dei risultati

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione NTC 2018 è stato introdotto il calcolo di un del parametrol $V_{s,eq}$, ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_{s,i}$ = 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/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio si riferisce alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell'assetto geologico del sottosuolo.

Basandosi sulle indagini sismiche svolte, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. Tutte le indagini MASW, che hanno raggiunto una profondità investigativa superiore ai 30m, non hanno consentito però di individuare un substrato rigido caratterizzato da un $V_s \geq 800$ m/s e pertanto, così come enuncia la nuova norma il valore del $V_{s,eq}$ è definito dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella attuale espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

in corrispondenza del **MASW01**, è stato ricavato un valore del **V_{s,eq}** compreso tra **397m/s** e **429m/s**

| STIMA DEL V_{s,eq} - MASW 01 – scoppio 1 | | | | | |
|---|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
| h ₁ | STRATO 1 | 1.23 | 186.00 | h ₁ /V ₁ | 0.007 |
| h ₂ | STRATO 2 | 1.94 | 222.00 | h ₂ /V ₂ | 0.009 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.73 | 316.00 | h ₃ /V ₃ | 0.021 |
| h ₄ | STRATO 4 | 11.52 | 491.00 | h ₄ /V ₄ | 0.023 |
| h ₅ | STRATO 5 | 8.58 | 557.00 | h ₅ /V ₅ | 0.015 |
| H | | 30 | | Σ hi/Vi | 0.076 |
| V_{s,eq} (misurata) = m/s 397 | | | | | |
| STIMA DEL V_{s,eq} - MASW 01 – scoppio 2 | | | | | |
| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
| h ₁ | STRATO 1 | 1.31 | 193.00 | h ₁ /V ₁ | 0.007 |
| h ₂ | STRATO 2 | 2.71 | 269.00 | h ₂ /V ₂ | 0.010 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.37 | 377.00 | h ₃ /V ₃ | 0.017 |
| h ₄ | STRATO 4 | 11.06 | 523.00 | h ₄ /V ₄ | 0.021 |
| h ₅ | STRATO 5 | 8.55 | 571.00 | h ₅ /V ₅ | 0.015 |
| H | | 30 | | Σ hi/Vi | 0.070 |
| V_{s,eq} (misurata) = m/s 429 | | | | | |

In corrispondenza del **MASW02**, è stato ricavato un valore del **V_{s,eq}** compreso tra **393m/s** e **402m/s**

| STIMA DEL V_{s,eq} - MASW 02 – scoppio 1 | | | | | |
|---|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
| h ₁ | STRATO 1 | 1.38 | 180.00 | h ₁ /V ₁ | 0.008 |
| h ₂ | STRATO 2 | 2.07 | 277.00 | h ₂ /V ₂ | 0.007 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.93 | 327.00 | h ₃ /V ₃ | 0.021 |
| h ₄ | STRATO 4 | 11.38 | 473.00 | h ₄ /V ₄ | 0.024 |
| h ₅ | STRATO 5 | 8.24 | 514.00 | h ₅ /V ₅ | 0.016 |
| H | | 30 | | Σ hi/Vi | 0.076 |

V_{s,eq} (misurata) = m/s 393

| STIMA DEL V_{s,eq} - MASW 02 – scoppio 2 | | | | | |
|---|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
| h ₁ | STRATO 1 | 1.63 | 165.00 | h ₁ /V ₁ | 0.010 |
| h ₂ | STRATO 2 | 2 | 290.00 | h ₂ /V ₂ | 0.007 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.27 | 360.00 | h ₃ /V ₃ | 0.017 |
| h ₄ | STRATO 4 | 11.92 | 481.00 | h ₄ /V ₄ | 0.025 |
| h ₅ | STRATO 5 | 8.18 | 522.00 | h ₅ /V ₅ | 0.016 |
| H | | 30 | | Σ hi/Vi | 0.075 |

V_{s,eq} (misurata) = m/s 402

Da tale stima ne consegue che il sottosuolo investigato rientra, nella categoria di suolo **“B”** così definite nelle NTC 2018:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| A | <i>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.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i> |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i> |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i> |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i> |

È opportuno precisare che, in generale, mediante il metodo MASW1D, si ricavano i valori di velocità delle onde S lungo la verticale rispettivamente a 1/3 e a 2/3 della lunghezza dello stendimento essendo stati eseguiti due scoppi rispettivamente ad una distanza di 6 metri dal primo e dall'ultimo geofono; in questo caso i modelli sismostratigrafici ottenuti riportano una profondità dei sismostrati poco superiore ai 30m avendo effettuato il calcolo a partire dal piano campagna.

ALLEGATO 01 A÷01B – PLANIMETRIE UBICAZIONE INDAGINI

-
- UBICAZIONE GENERALE E DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI MASW
-

ALLEGATO 01A: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA MASW



ALLEGATO 01B: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA MASW



ALLEGATO 02 – PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL VS EQUIVALENTE

-
- SISMOGRAMMI MEDI
 - SPETTRI DELLE FREQUENZE
 - CURVE DI DISPERSIONE
 - PROFILI VS
-



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

Località "Spinazzola (Bt)" – MASW 01 – SCOPPIO 01

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 01

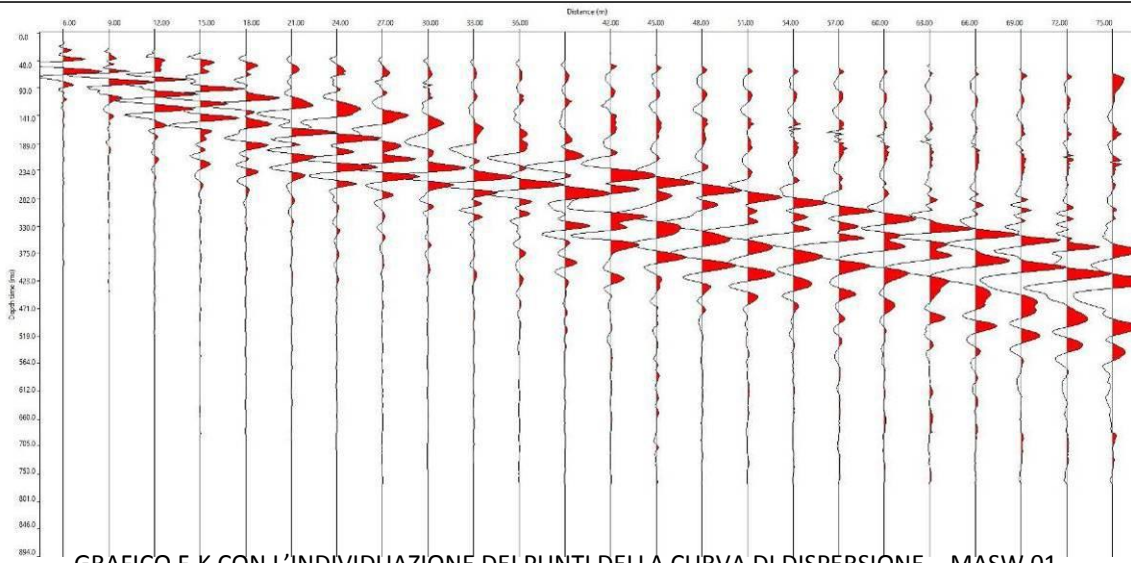
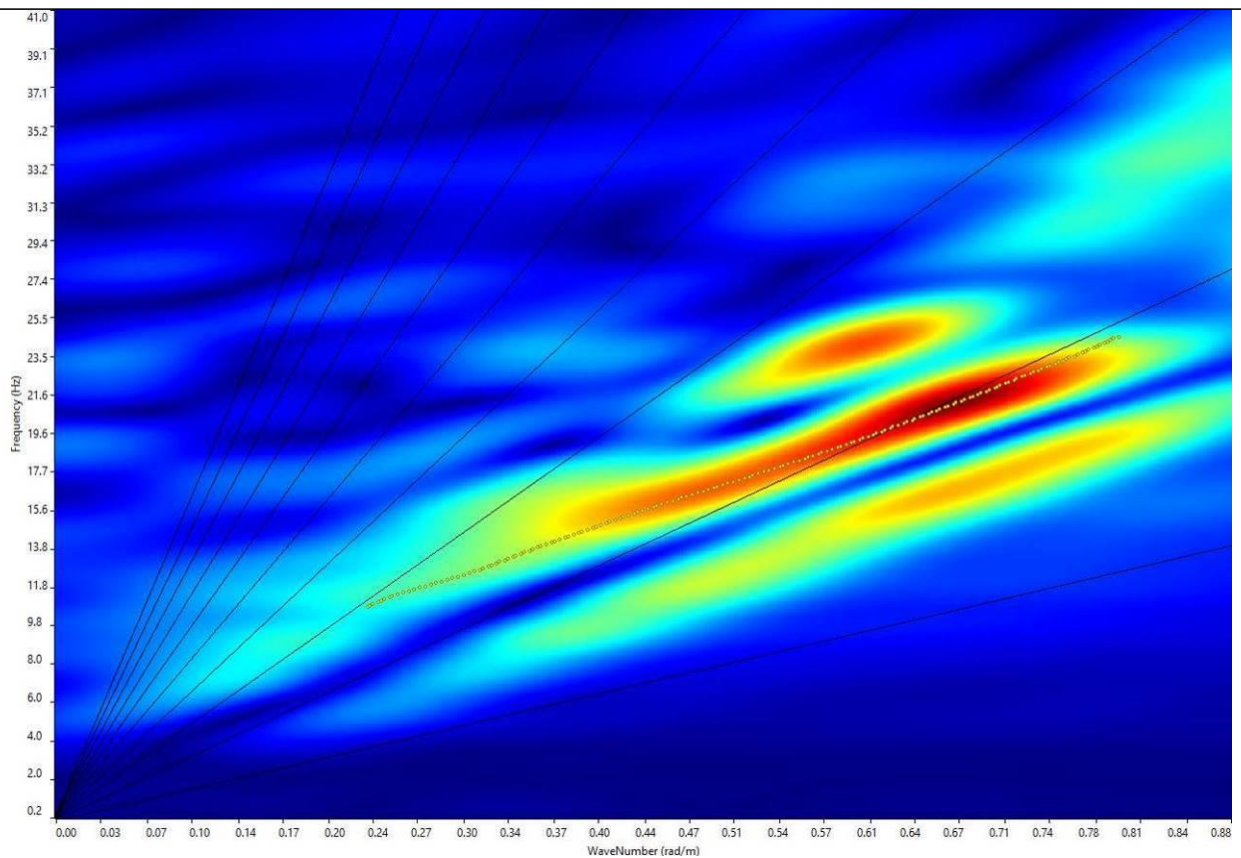
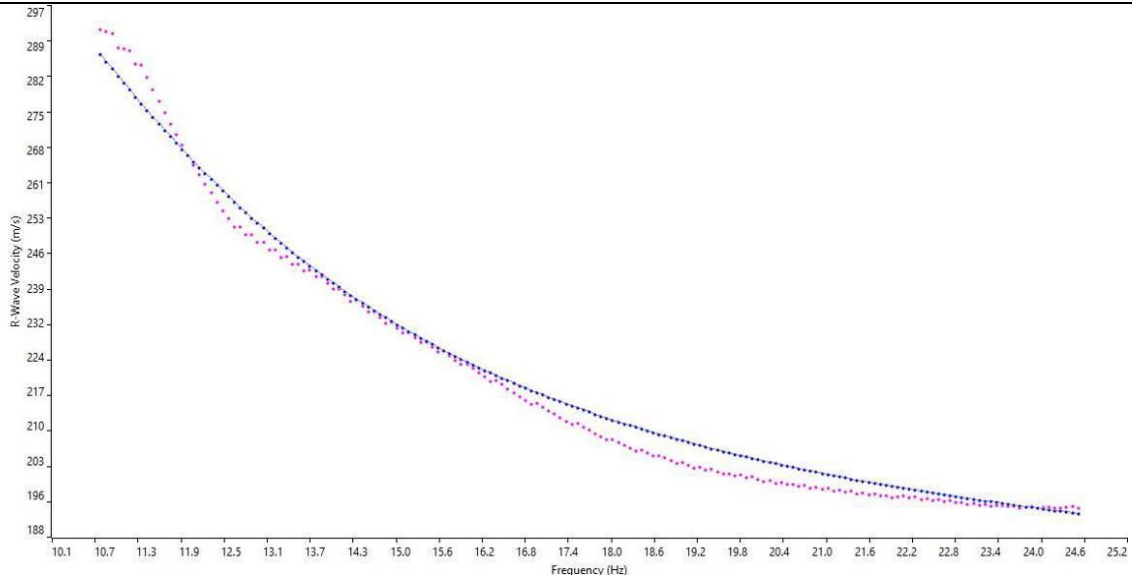


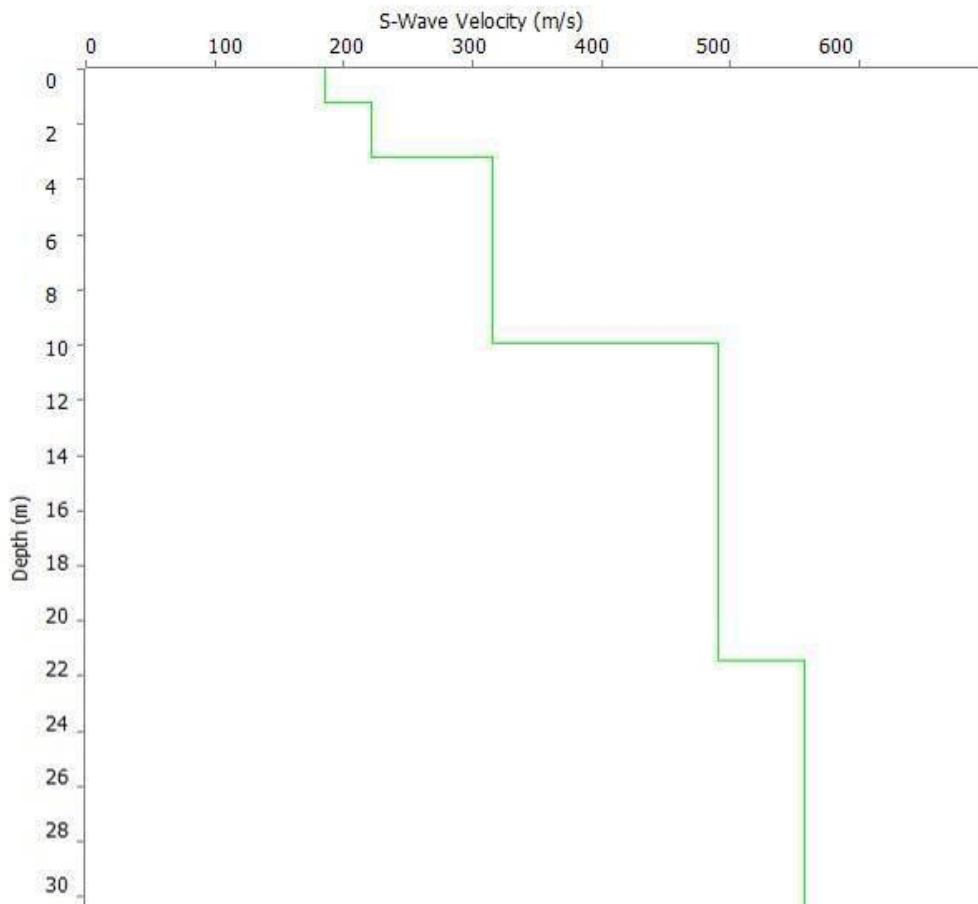
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



PROFILO VS – MASW 01



Categoria "B" - $V_{s,eq} = V_{s,30} = 397 \text{ m/s}$ calcolato a partire dal p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

| | | Thickness | Depth | | Vs |
|---------|--------------------------|-----------|-------|--------------------------|-----|
| Layer 1 | <input type="checkbox"/> | 1.23 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | 185 |
| Layer 2 | <input type="checkbox"/> | 1.94 | 1.23 | <input type="checkbox"/> | 222 |
| Layer 3 | <input type="checkbox"/> | 6.73 | 3.18 | <input type="checkbox"/> | 316 |
| Layer 4 | <input type="checkbox"/> | 11.52 | 9.91 | <input type="checkbox"/> | 491 |
| Layer 5 | <input type="checkbox"/> | INF | 21.43 | <input type="checkbox"/> | 557 |

Località "Spinazzola (Bt)" – MASW 01 – SCOPPIO 02

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 01

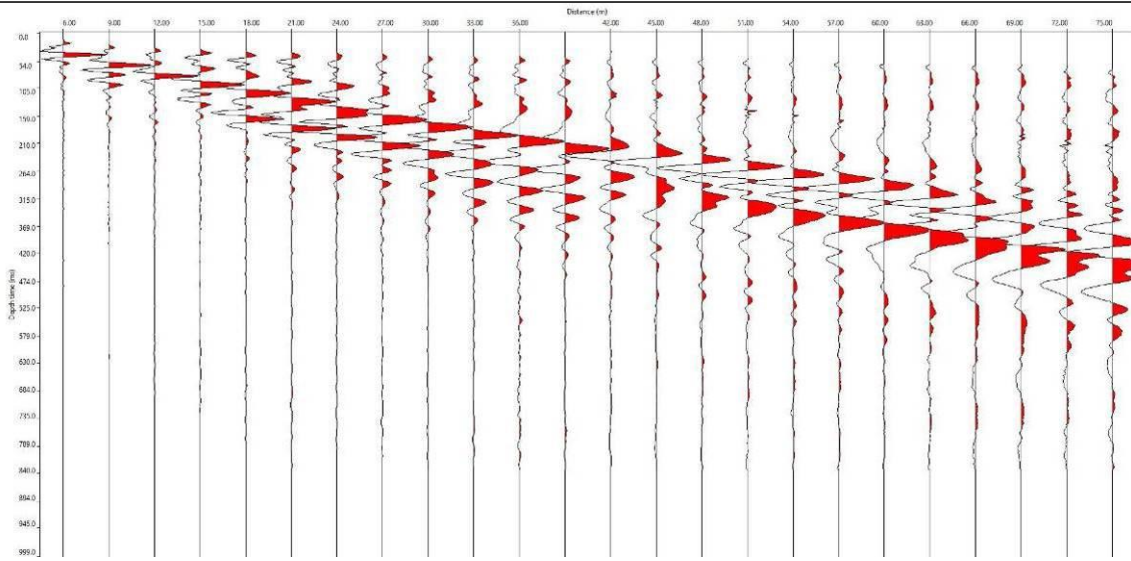
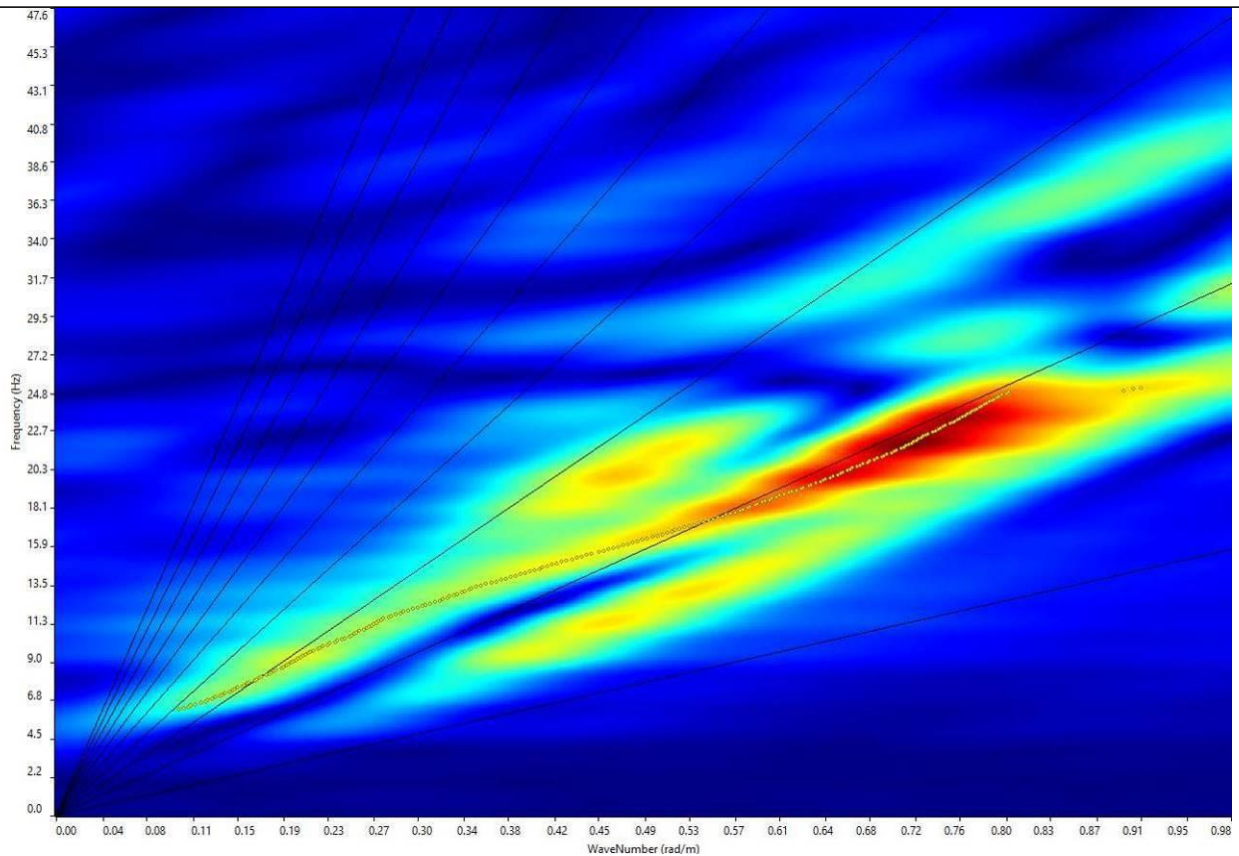
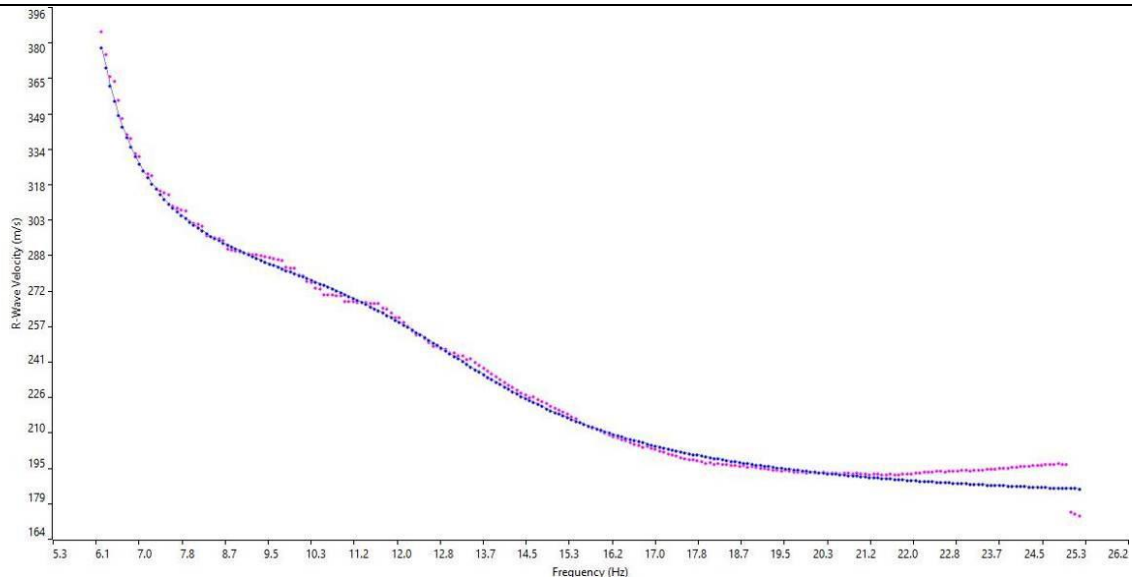


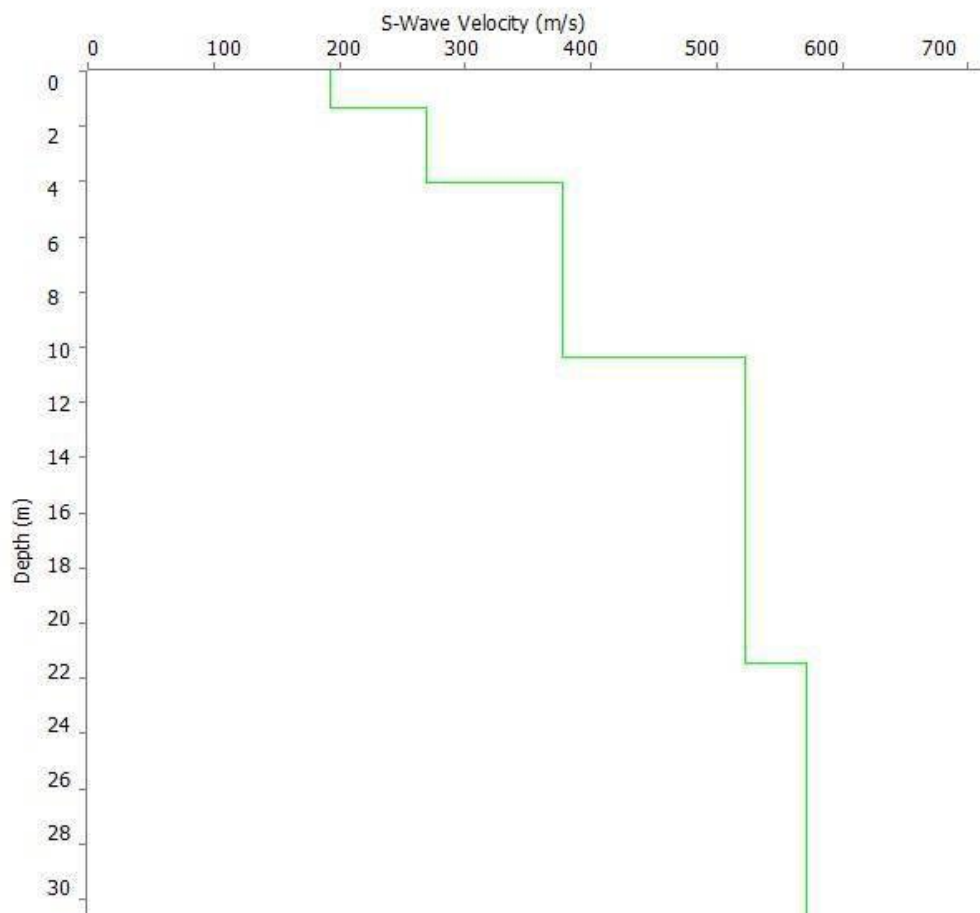
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



PROFILO VS – MASW 01



Categoria "B" - $V_{s,eq} = V_{s,30} = 429 \text{ m/s}$ calcolato a partire dal p.c.



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

| | | Thickness | Depth | Vs |
|---------|--------------------------|-----------|--------------------------------|-----|
| Layer 1 | <input type="checkbox"/> | 1.31 | 0.00 <input type="checkbox"/> | 193 |
| Layer 2 | <input type="checkbox"/> | 2.71 | 1.31 <input type="checkbox"/> | 269 |
| Layer 3 | <input type="checkbox"/> | 6.37 | 4.02 <input type="checkbox"/> | 377 |
| Layer 4 | <input type="checkbox"/> | 11.06 | 10.39 <input type="checkbox"/> | 523 |
| Layer 5 | <input type="checkbox"/> | INF | 21.45 <input type="checkbox"/> | 571 |



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

Località "Genzano di Lucania (PZ)" – MASW 02 – SCOPPIO 01

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 02

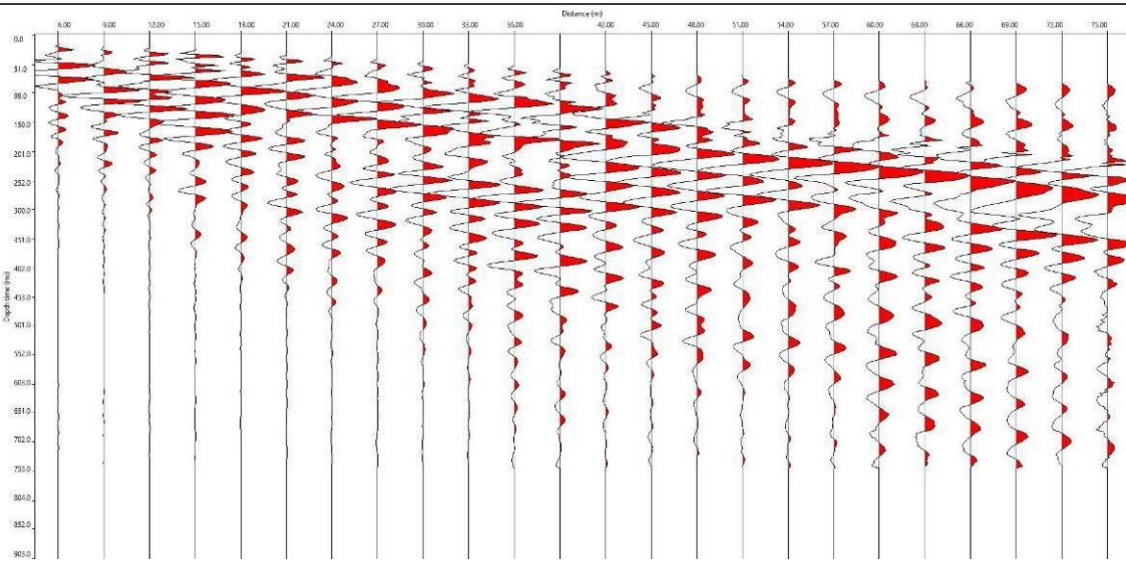
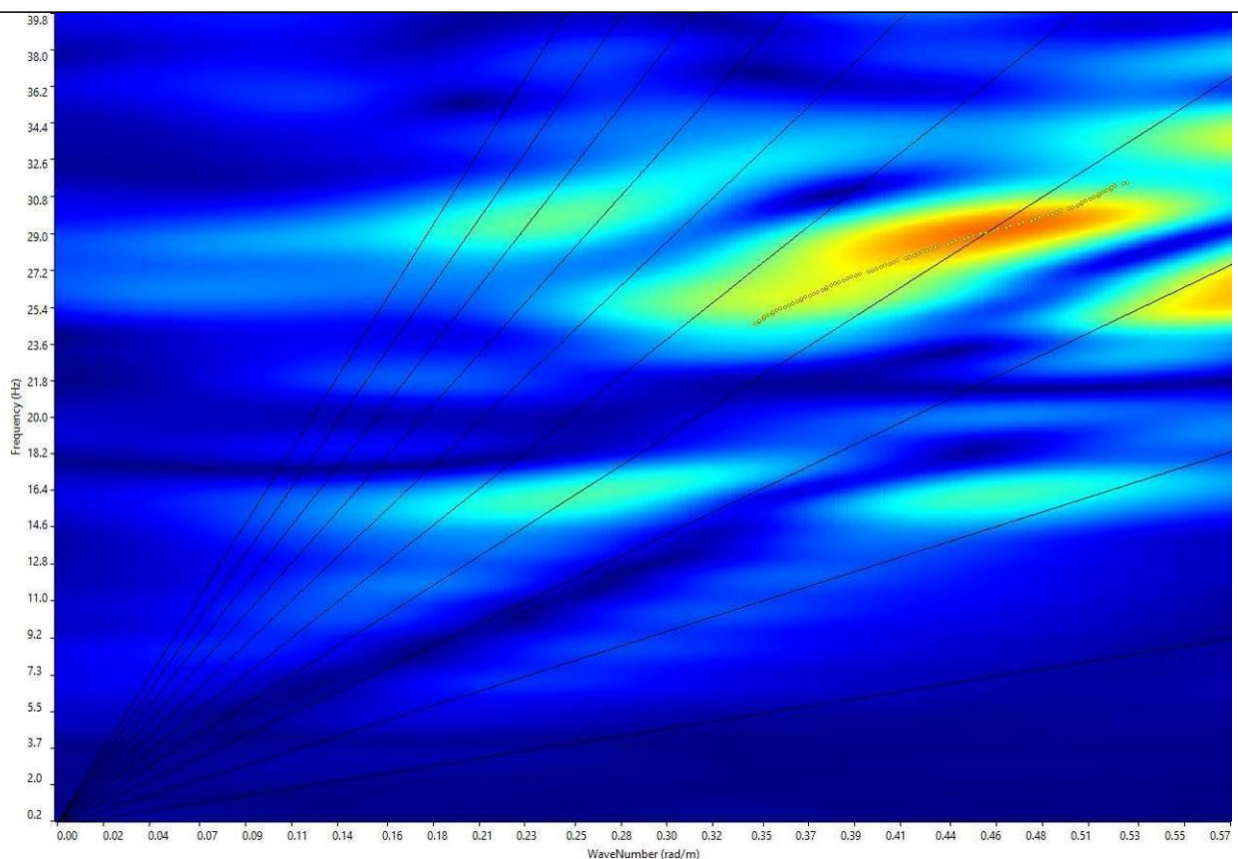
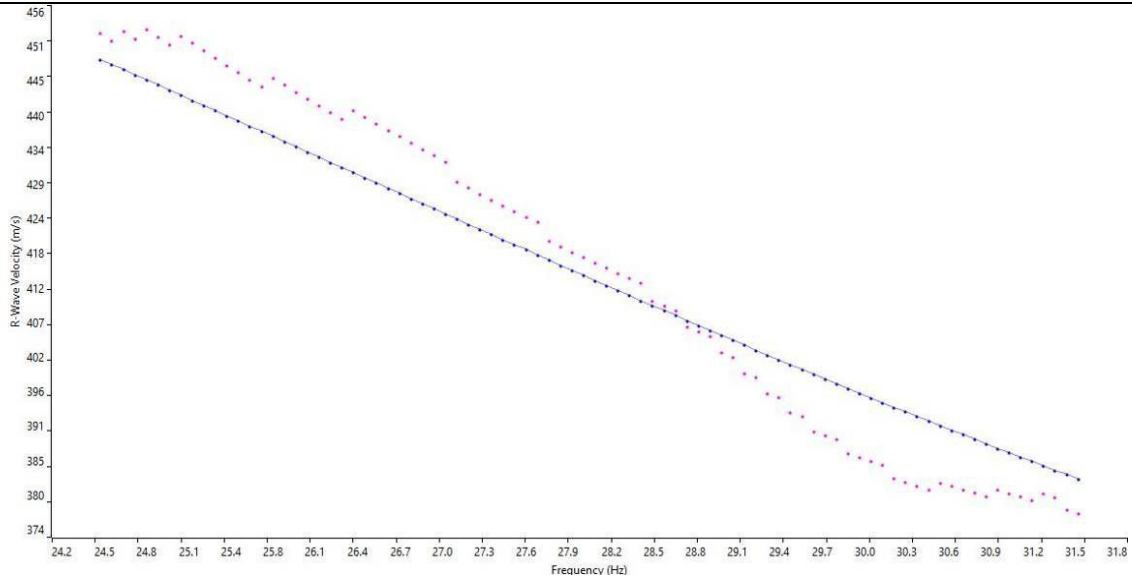


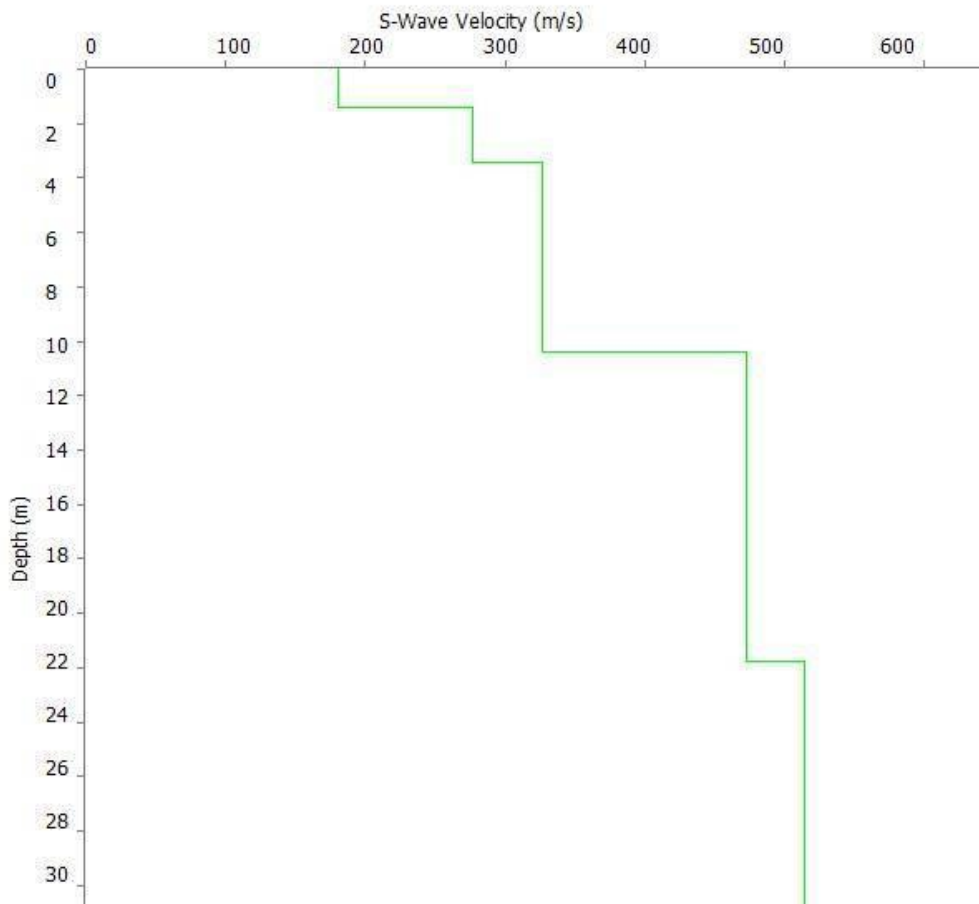
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 02



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 02



PROFILO VS – MASW 02



Categoria "B" - $V_{s,eq} = V_{s,30} = 393 \text{ m/s}$ calcolato a partire dal p.c.



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. IIIBis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

| | | Thickness | Depth | Vs |
|---------|--------------------------|-----------|--------------------------------|-----|
| Layer 1 | <input type="checkbox"/> | 1.38 | 0.00 <input type="checkbox"/> | 180 |
| Layer 2 | <input type="checkbox"/> | 2.07 | 1.38 <input type="checkbox"/> | 277 |
| Layer 3 | <input type="checkbox"/> | 6.93 | 3.45 <input type="checkbox"/> | 327 |
| Layer 4 | <input type="checkbox"/> | 11.38 | 10.38 <input type="checkbox"/> | 473 |
| Layer 5 | <input type="checkbox"/> | INF | 21.76 <input type="checkbox"/> | 514 |

Località "Genzano di Lucania (Pz)" – MASW 02 – SCOPPIO 02

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 02

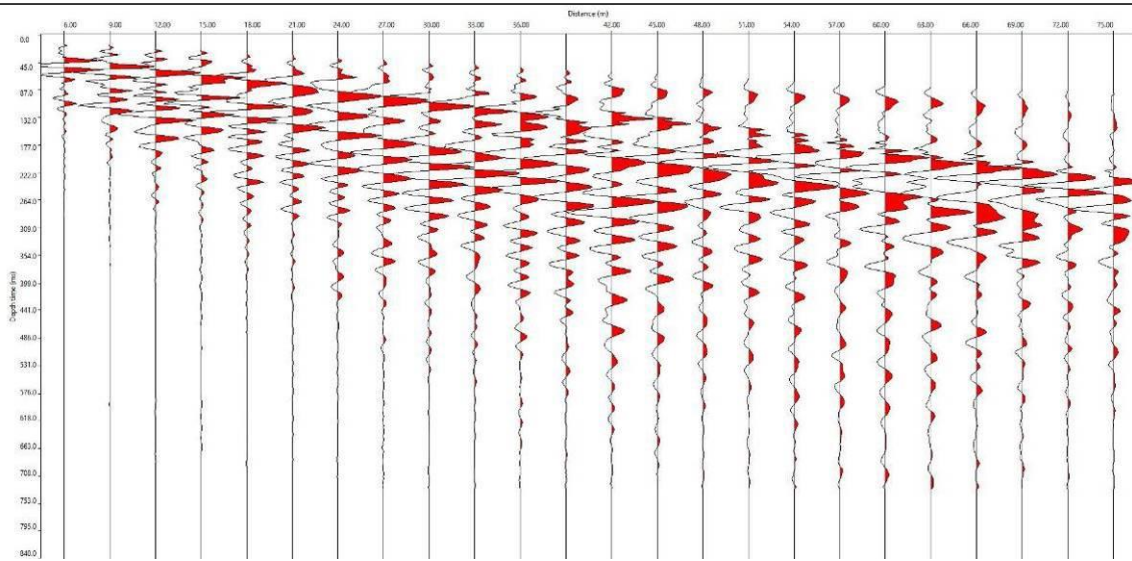
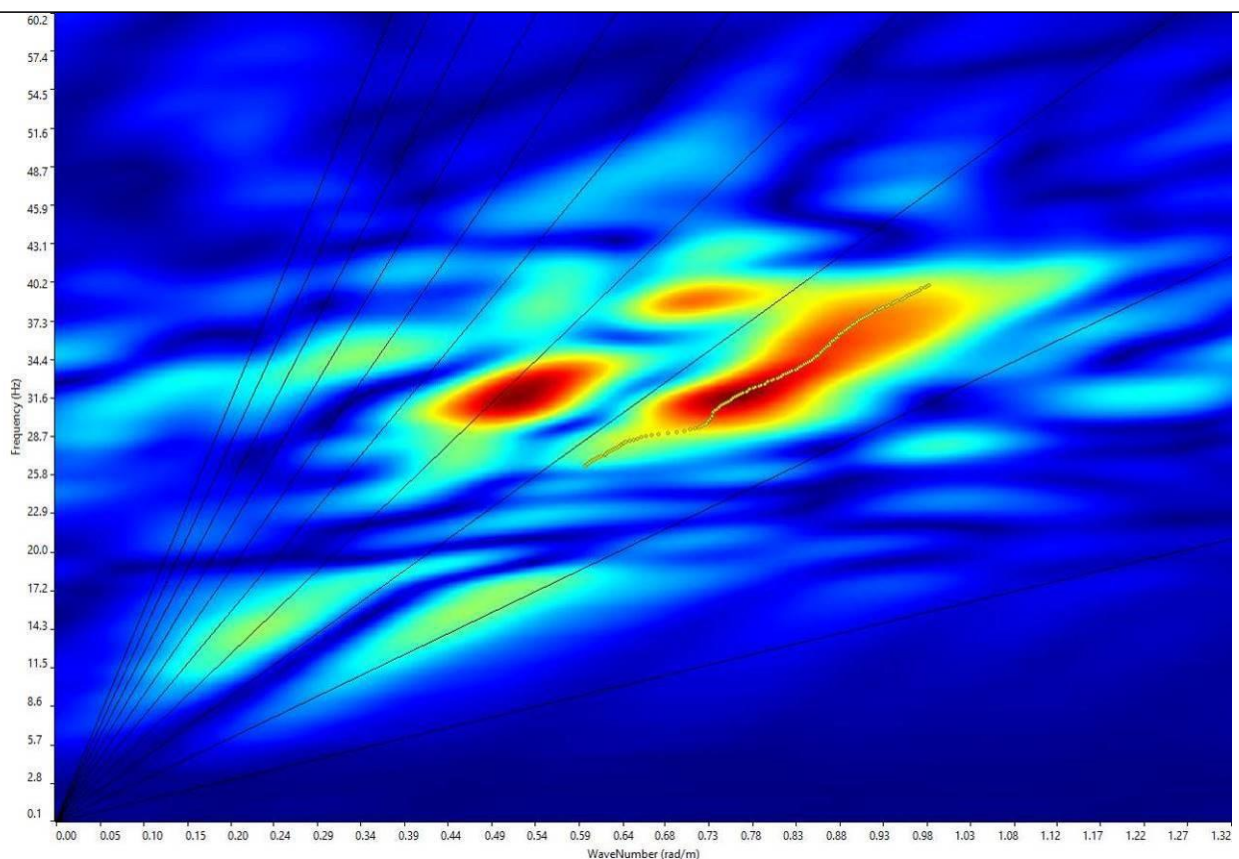
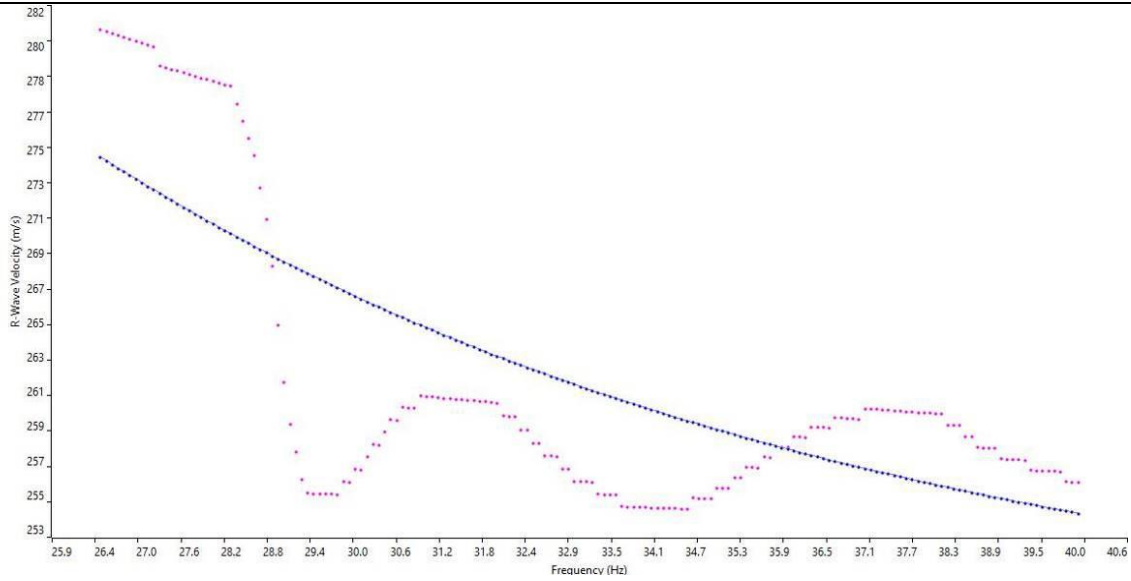


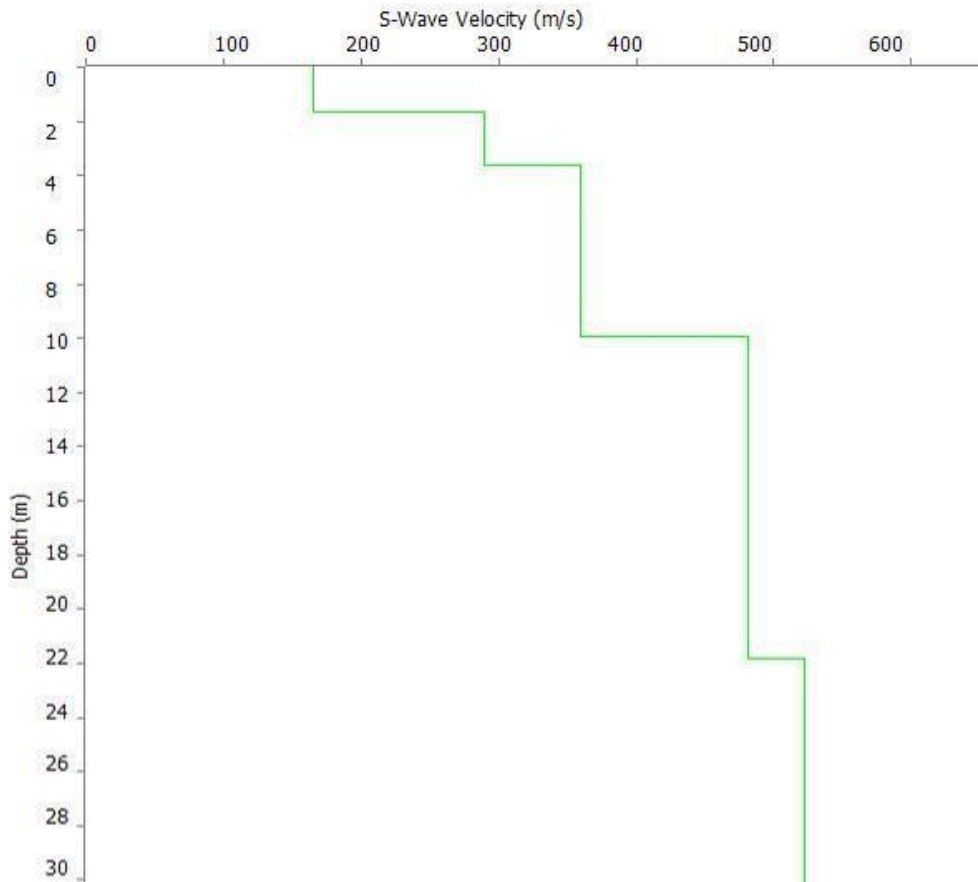
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 02



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 02



PROFILO VS – MASW 02



Categoria "B" - $V_{s,eq} = V_{s,30} = 402 \text{ m/s}$ calcolato a partire dal p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

| | | Thickness | Depth | | Vs |
|---------|--------------------------|-----------|-------|--------------------------|-----|
| Layer 1 | <input type="checkbox"/> | 1.63 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | 165 |
| Layer 2 | <input type="checkbox"/> | 2.00 | 1.63 | <input type="checkbox"/> | 290 |
| Layer 3 | <input type="checkbox"/> | 6.27 | 3.63 | <input type="checkbox"/> | 360 |
| Layer 4 | <input type="checkbox"/> | 11.92 | 9.90 | <input type="checkbox"/> | 481 |
| Layer 5 | <input type="checkbox"/> | INF | 21.82 | <input type="checkbox"/> | 522 |



Cat. OS20A Class. I
Cat. OS20B Class. III Bis



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

ALLEGATO 03 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SULLE INDAGINI SISMICHE

-
- PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL VS,EQ – INDAGINE MASW
-

INDAGINI SISMICHE DI SUPERFICIE: BS01 ÷ BS02 – MASW01 ÷ MASW02

MASW 01 e MASW 02 - Località "Poggiorsini (Ba)"

MASW01, con p.to di vista dal geofono G1



MASW01, con p.to di vista dal geofono G24



MASW01, particolare della strumentazione



MASW02, con p.to di vista dal geofono G1



MASW02, con p.to di vista dal geofono G24



MASW02, particolare della strumentazione



MASW 03 - Località "Spinazzola (Bt)" – MASW 04 - Località "Poggiorsini (Ba)"

MASW01, con p.to di vista dal geofono G1



MASW03, con p.to di vista dal geofono G24



MASW03, particolare della strumentazione



MASW04, con p.to di vista dal geofono G24



Località "Genzano di Lucania(Pz)"

MASW05, con p.to di vista dal geofono G1



MASW05, con p.to di vista dal geofono G24



MASW05, particolare della strumentazione

