

UNIONE DI COMUNI MONTANA “COLLINE METALLIFERE”

Provincia di Grosseto



Piano Strutturale Intercomunale

**RELAZIONE INTEGRATIVA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R/2020**

ELABORATI INTEGRATIVI A SEGUITO DI RICHIESTA INTEGRAZIONI:

**GENIO CIVILE TOSCANA SUD, PROT. N. 395096 DEL 13.11.2020
GENIO CIVILE VALDARNO INFERIORE, PROT. N. 398007 DEL 16.11.2020**

IL PRESIDENTE DELL'UNIONE DI COMUNI
SINDACO E ASSESSORE ALL'URBANISTICA
DEL COMUNE DI MASSA MARITTIMA

MARCELLO GIUNTINI

IL SINDACO E ASSESSORE ALL'URBANISTICA
DEL COMUNE DI MONTEROTONDO M.MO

GIACOMO TERMINE

IL SINDACO E ASSESSORE ALL'URBANISTICA
DEL COMUNE DI MONTIERI

NICOLA VERRUZZI

IL PROGETTISTA DI PIANO
E RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

DOTT. ING. ANTONIO GUERRINI

STUDIO ED INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

DR. GEOL. FABRIZIO FANCIULLETTI
DR. ARCH. LUCIA MACH
DR. GEOL. LORENZO FANCIULLETTI
DR. CHIM. SARA FANCIULLETTI
DR. CLAUDIO PETRONI

Sommario

GENIO CIVILE TOSCANA SUD.....	5
A. Carte della Microzonazione Sismica di primo livello	5
A.1	5
A.2	5
A.3	5
A.4	6
A.5	6
A.6	6
A.7	6
A.8	7
B. Cartografia Tematica e Dati di Base.....	8
C. Pericolosità Geologica.....	8
D. Pericolosità Idraulica.....	9
E. Pericolosità Sismica.....	9
GENIO CIVILE VALDARNO INFERIORE	10
A. Reticolo Idrografico Significativo (di cui all'art. 22, comma 2, lett. e, della L.R. 79/2012)	10
B. Report Indagini	10
C. Carta delle Frequenze fondamentali	10
D. Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT-MS) Monterotondo M.mo e Frassine; Sezioni Geologico Tecniche area Frassine - Fosso Fossone	11
E. Modifiche mappe Pericolosità da alluvione del PGRA	12
APPENDICI	13

GENIO CIVILE TOSCANA SUD

A seguito delle richieste di integrazioni (prot.n. 395096 del 13.11.2020 ricevuto dall' Unione di comuni montana Colline Metallifere con prot. n. 12413 del 13.11.2020) del Genio Civile Toscana Sud per quanto riguarda le “Indagini Geologiche di supporto al Piano Strutturale Intercomunale delle Colline Metallifere (PSI-CM) dei Comuni di Massa Marittima, Montieri e Monterotondo Marittimo” si forniscono i seguenti chiarimenti/precisazioni.

Si precisa che il Genio Civile Toscana Sud ha svolto attività istruttoria sull’ambito territoriale di competenza, ovvero per i comuni di Massa Marittima e Montieri.

A. Carte della Microzonazione Sismica di primo livello

A.1

Osservazione: “Per ogni carta dovrà essere stimato il relativo livello di qualità secondo la procedura di cui all’Allegato A delle specifiche tecniche regionali (Del. G.R.T. n. 1162/2018)”

Sulla base delle osservazioni soprariportate, sono state redatte le “Carte della Qualità” delle tavole di microzonazione sismica di primo livello (MOPS 1° livello; “Tav.G08 - Int”); il livello di qualità è stato stimato secondo la procedura descritta nell’appendice 2, Allegato A della Delibera della Giunta Regionale Toscana n. 1162 del 22 Ottobre 2018.

Le carte della qualità delle Tavole di Microzonazione sismica di primo livello (MOPS) sono riportate in appendice alla presente relazione (“Appendice I”).

A.2

Osservazione: “A corredo di ogni carta, dovranno essere realizzate delle sezioni geologico tecniche, la cui ubicazione dovrà essere scelta sulla base delle indicazioni di cui al punto 2.3.4 degli Indirizzi e criteri per la Microzonazione (ICMS)”

Sulla base delle osservazioni indicate al punto A.2, sono state redatte le tavole “Sezioni Geologico-Tecniche” alla scala 1:5000 (“Tav.G08bis - Int”); l’ubicazione delle stesse è stata scelta “[...In relazione alle caratteristiche geologiche e strutturali, alla morfologia ai rapporti tra depositi di copertura e substrato e alla distribuzione delle aree in studio...]” come indicato al punto 2.3.4 “Individuazione delle Sezioni Geolitologiche significative” delle ICMS.

Le Sezioni Geologico - Tecniche (“Tav.G08bis - Int”) fanno parte degli elaborati integrativi e costituiscono parte integrante della presente relazione.

A.3

Osservazione: “Per ogni zona stabile suscettibile di amplificazione locale dovrà essere determinato il rapporto d’impedenza sismica RI ($Vs_{bedrock} / Vs_{copertura}$) fra il bedrock e la coltre detritica sovrastante”

Sulla base delle osservazioni indicate al punto A.3, sono stati calcolati i rapporti di Impedenza sismica RI , per ogni zona suscettibile di amplificazione locale presente nelle aree di studio di MOPS dei comuni interessati.

Nell’Appendice 2 della presente relazione, sono riportate le tabelle con i calcoli dei rapporti di Impedenza, con indicate le indagini utilizzate per il calcolo stesso delle $Vs_{bedrock}$ e delle $Vs_{copertura}$.

A.4

Osservazione: “Dovrà essere realizzata la carta di Microzonazione in corrispondenza del centro abitato di Valpiana, della relativa zona artigianale e della zona produttiva in località Magrone, nel comune di Massa Marittima”

Benchè fosse già stata prodotta la carta della MS1 di un territorio ben più vasto rispetto a quello indicato nella richiesta di integrazioni, lo stesso è stato suddiviso secondo le indicazioni fornite.

Nella “Tav.G08-C - Int” si può osservare la carta della Microzonazione sismica di 1° livello MOPS della zona produttiva del Magrone, mentre nella “Tav.G08-D - Int” è riportato lo studio MOPS del centro abitato di Valpiana e della relativa zona artigianale.

Le Tavole di Microzonazione sismica di primo livello (MOPS 1° livello; “Tav.G08 - Int”) fanno parte degli elaborati integrativi e costituiscono parte integrante della presente relazione.

A.5

Osservazione: “Nella carta relativa ai centri abitati di Massa Marittima e Ghirlanda dovranno essere distinti i fenomeni di dissesto sulla base del loro stato di attività e rappresentate le eventuali aree con cavità sepolte, nonché gli orli di scarpata morfologica”

Lo stato di attività dei fenomeni di dissesto è indicato nella “Tav.G03-Carta Geomorfologica” così come le scarpate e le zone con cavità sepolte.

Nei centri abitati di Massa Marittima e Ghirlanda non sono note cavità sepolte.

A.6

Osservazione: “Nei centri abitati di Niccioleta, Prata e Tatti, dovranno essere effettuate misure di rumore almeno in corrispondenza delle zone di attenzione per instabilità di versante”

Sulla base delle osservazioni indicate al punto A.6, sono state eseguite indagini sismiche passive a stazione singola HVSR nei centri abitati di Niccioleta, Prata e Tatti in corrispondenza delle zone di attenzione per instabilità di versante; le indagini suddette sono riportate nell'Appendice 3, nella Relazione Integrativa “Indagine Geofisica mediante metodologia sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e sismica passiva a stazione singola HVSR, eseguita nel comune di Massa Marittima (GR)”.

Nello specifico, nelle aree indicate sono state effettuate le seguenti indagini di rumore HVSR:

1. Niccioleta; **HV134 - HV135**
2. Prata; **HV130 - HV131**
3. Tatti; **HV133**

Le relazioni illustrative delle indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle “Indagini sismiche per l'aggiornamento del quadro conoscitivo” sono riportate in appendice alla presente relazione (“Appendice 3”).

A.7

Osservazione: “Per il centro abitato di Boccheggiano dovranno essere resi coerenti gli spessori di copertura indicati nelle varie zone, con la stima degli spessori derivati dai valori delle frequenze di risonanza dei depositi di copertura”

Sulla base delle osservazioni indicate al punto A.7, sono state effettuate indagini sismiche integrative nel centro abitato di Boccheggiano, nel comune di Montieri (Appendice 3, Relazione Integrativa “Indagine

Geofisica mediante metodologia sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e sismica passiva a stazione singola HVSR, eseguita nel comune di Montieri”): a seguito dell’elaborazione delle suddette indagini, le colonne Sismo-Stratigrafiche delle Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale del centro abitato di Boccheggiano sono state aggiornate come osservabile nella figura sottostante.

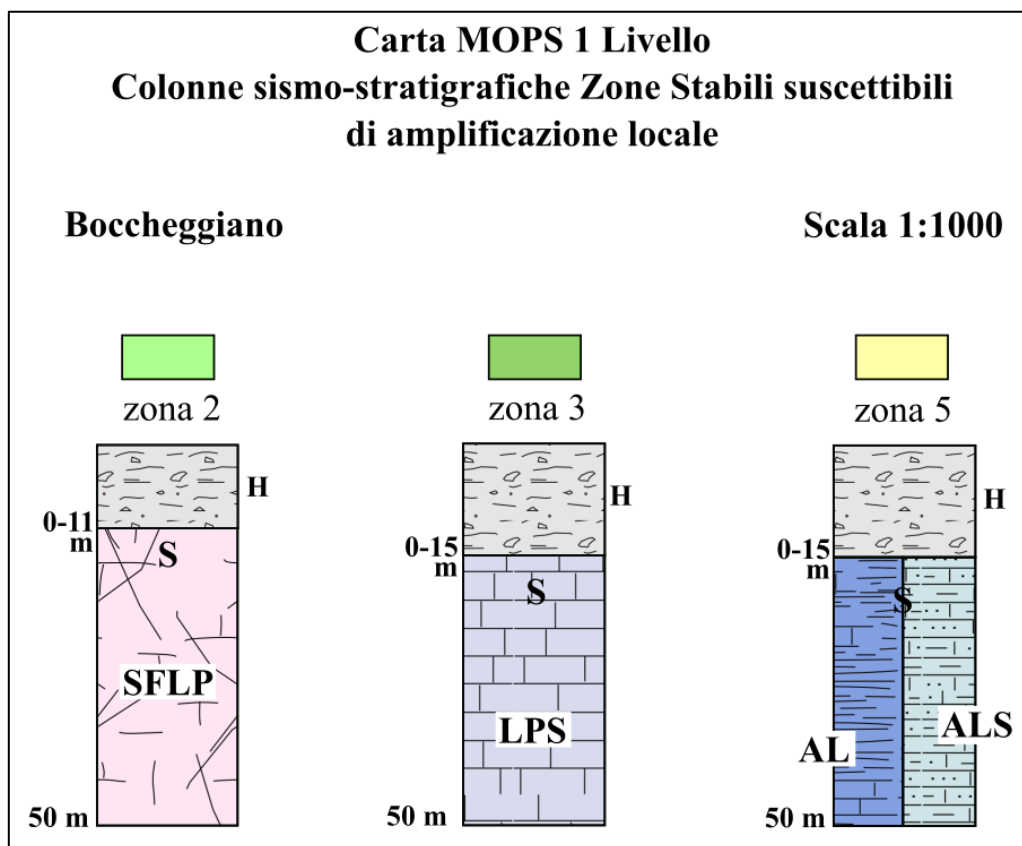


Figura 1 - Colonne Sismo-Stratigrafiche delle Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale del centro abitato di Boccheggiano (legenda in “Appendice 5”)

A.8

Osservazione: “Nei centri abitati di Montieri e Travale dovranno essere effettuate misure di rumore in corrispondenza delle falde detritiche e, nelle relative carte, dovranno essere distinti i fenomeni di dissesto sulla base del loro stato di attività”

Sulla base delle osservazioni indicate al punto A.8, sono state eseguite indagini sismiche passive a stazione singola HVSR nei centri abitati di Montieri e Travale in corrispondenza delle falde detritiche; le indagini suddette sono consultabili nell’Appendice 3, nella Relazione Integrativa “Indagine Geofisica mediante metodologia sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e sismica passiva a stazione singola HVSR, eseguita nel comune di Montieri (GR)”.

Nello specifico, nelle aree indicate sono state effettuate le seguenti indagini di rumore HVSR:

1. Montieri; **HV125 - HV126**
2. Travale; **HV127 - HV128**

Le relazioni illustrative delle indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle “Indagini sismiche per l’aggiornamento del quadro conoscitivo” sono riportate in appendice alla presente relazione (“Appendice 3”).

Lo stato di attività dei fenomeni di dissesto è indicato nella “Tav.G03-Carta Geomorfologica”.

B. Cartografia Tematica e Dati di Base

Osservazione: “La “carta delle indagini” e le “carte di microzonazione sismica di livello 1” dovranno essere prodotte in formato vettoriale (formato .shp) secondo le specifiche tecniche regionali, integrate con gli “standard di rappresentazione ed archiviazione informatica” prodotti dalla Commissione Nazionale di monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica. Per la Carta delle Frequenze dovrà essere adottata la legenda di cui all’appendice 3 delle Specifiche tecniche edizione n. 6 della Del. G.R.T. n. 1162/2018. Infine, dovranno essere allegati i report di tutte le indagini utilizzate per elaborare le carte di microzonazione sismica”

Per quanto riguarda i comuni di Massa Marittima e Montieri, sia la tavola delle “MOPS di 1° livello” (“Tav.G08 - Int”) che le tavole dei “Dati di Base” (“Tav.G01 - Int”), sono fornite in formato vettoriale (.shp) secondo le specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.2” e trasmessi digitalmente insieme alla presente relazione.

In “Appendice 4” si possono osservare Indagini puntuali e lineari come aggiornamento delle tavole dei “Dati di Base”: per quanto riguarda le indagini di privati, si fa presente che non possono essere divulgate (in quanto proprietà del privato che ha sostenuto le spese per l’esecuzione). Naturalmente le indagini che sono in archivio delle Pubbliche Amministrazioni possono essere consultate mediante procedura di accesso agli atti, mentre per quelle in possesso dei privati è necessaria l’autorizzazione degli stessi. L’ubicazione delle indagini non corredate da relativo report, nell’intenzione degli scriventi, fornisce comunque una banca dati geografica.

Sulla base delle osservazioni di cui al punto B, sono state redatte le Carte delle Frequenze fondamentali di risonanza dei depositi (“Tav.G07 - Int”); gli elementi riportati nelle tavole sono rappresentati in accordo alla legenda di cui all’appendice 3, Allegato A della Delibera della Giunta Regionale Toscana n. 1162 del 22 Ottobre 2018.

Nella tavola si possono osservare le ubicazioni di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0).

Per le metodologie di lavoro ed i risultati completi relativi alle indagini integrative HVSR, si rimanda all’appendice 3 “Indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle “Indagini sismiche per l’aggiornamento del quadro conoscitivo”.

Le Tavole delle Frequenze fondamentali di risonanza dei depositi (“Tav.G07 - Int”) fanno parte degli elaborati integrativi e costituiscono parte integrante della presente relazione.

C. Pericolosità Geologica

Osservazione: “A seguito dell’evento meteorologico intenso occorso in data 24/09/2020, si sono verificate delle colate rapide di detrito che hanno interessato il centro abitato di Montieri; si ritiene, pertanto, necessario che tali fenomeni vengano cartografati, nel rispetto delle indicazioni di cui al punto B.2 delle Direttive, e classificati, in accordo con l’Autorità di bacino di Distretto dell’Appennino Settentrionale, a pericolosità geologica molto elevata (G4) / pericolosità da dissesti di natura geomorfologica molto elevata (P4).”

Il deposito della cartografia del quadro conoscitivo del PSI, ed in particolar modo della carta Geomorfologica e della Pericolosità Geologica, è stato effettuato a seguito di iter istruttorio e di parere positivo rilasciato dall’Autorità di Bacino Distrettuale - Distretto Appennino Settentrionale - Conferenza Operativa in data 23.07.2020 e concluso con D.Dir. n° 40 del 16.10.2020 (Modifica del quadro conoscitivo PAI).

Il dissesto a cui fa riferimento la richiesta di integrazioni è avvenuto in data 24.09.2020 e quindi successivamente al parere della Conferenza Operativa ed al Deposito del quadro conoscitivo.

Il recepimento del dissesto in argomento dovrebbe essere preceduto da uno studio dedicato (indagini dirette ed indirette) tale da consentire la determinazione della sua natura, stato di attività e geometria e che dovrebbe essere successivamente validato dall'AdB-DAS. In ogni caso, sentito il RUP ed il Progettista del Piano, nonché Responsabile del Servizio di Protezione Civile Intercomunale al tempo dell'evento, si è trattato di un evento pluviometrico a carattere eccezionale che ha movimentato la porzione detritica superficiale convogliandola in alveo, dove è presente un tombamento probabilmente insufficiente segnalato anche nella tavola relativa alla pericolosità idraulica ("Tav.G11-E").

Nella attuale fase procedimentale, sentito anche il RUP e Progettista di Piano, non si ritiene di poter ottemperare alla richiesta che sarà presa in esame con successivi aggiornamenti ed adeguamenti agli strumenti sovraordinati, in primis a cura del Distretto Appennino Settentrionale, in quanto le tempistiche della pianificazione non risultano compatibili con la riattivazione di un procedimento che potrebbe reiterarsi continuamente in occasione di eventi simili e quindi non permetterebbe una definizione di quadro conoscitivo di riferimento.

D. Pericolosità Idraulica

Osservazione: "Ai sensi del punto B.4 delle Direttive, al di fuori del territorio urbanizzato, in presenza aree non riconducibili alle mappe di pericolosità da alluvione ed in assenza di studi idrologici idraulici, dovranno essere individuati in un'apposita mappa gli ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologica sfavorevole (quote altimetriche inferiori a m 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda) e le aree presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle alluvioni, come definite dall'art. 2 comma 1 lett. s della L.R. 41/2018."

Sulla base delle osservazioni di cui al punto D, sono state redatte le Tavole degli "Ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologica sfavorevole" ("Tav.G11bis - Int"); queste carte sono state definite su quanto specificato al punto B.4 delle "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche", Allegato A del D.P.G.R. 5/R/2020.

Le Tavole degli "Ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologica sfavorevole" ("Tav.G11bis - Int") fanno parte degli elaborati integrativi e costituiscono parte integrante della presente relazione.

E. Pericolosità Sismica

Osservazione: "La carta dovrà essere modificata in funzione degli eventuali cambiamenti introdotti nelle carte di microzonazione; si segnala, infine, che nella carta relativa al centro abitato di Prata, la zona 5 dovrà essere classificata a pericolosità sismica elevata."

Sulla base delle osservazioni di cui al punto E, sono state redatte le Tavole di "Pericolosità Sismica" ("Tav.G10 - Int"); le piccole variazioni presenti in queste carte (rispetto a quelle precedentemente prodotte), sono state effettuate sulla base dei Rapporti di Impedenza ("Appendice 2") calcolati tramite le indagini integrative descritte in "Appendice 3".

La valutazione delle condizioni di pericolosità sismica nelle aree in esame, è stata eseguita sulla base della classificazione descritta al punto C.3 delle "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche", Allegato A del D.P.G.R. 5/R/2020.

Si fa presente inoltre che, sulla base delle prescrizioni del Genio Civile Toscana Sud (prot.n. 395096 del 13.11.2020 ricevuto dall'Unione di comuni montana Colline Metallifere con prot. n. 12413 del 13.11.2020), la zona indicata nella Tavola delle MOPS "G08-F - Int" (F2 - carta relativa al centro abitato di Prata) come "Zona 5 - zona stabile suscettibile di amplificazione locale" è stata classificata come zona "S.3 - zona a Pericolosità Sismica locale Elevata" nella Tavola di Pericolosità Sismica "Tav.G10-F - Int" (F2 - carta relativa al centro abitato di Prata).

Le Tavole di Pericolosità Sismica ("Tav.G10 - Int") fanno parte degli elaborati integrativi e costituiscono parte integrante della presente relazione.

GENIO CIVILE VALDARNO INFERIORE

A seguito delle richieste di integrazioni (prot.n. 398007 del 16.11.2020 ricevuto dall' Unione di comuni montana Colline Metallifere con prot. n. 12518 del 17.11.2020) del Genio Civile Valdarno Inferiore per quanto riguarda le “Indagini Geologiche di supporto al Piano Strutturale Intercomunale delle Colline Metallifere (PSI-CM) dei Comuni di Massa Marittima, Montieri e Monterotondo Marittimo” si forniscono i seguenti chiarimenti/precisazioni.

Si precisa che il Genio Civile Valdarno Inferiore ha svolto attività istruttoria sull’ambito territoriale di competenza, ovvero per il comune di Monterotondo Marittimo.

A. Reticolo Idrografico Significativo (di cui all’art. 22, comma 2, lett. e, della L.R. 79/2012)

Osservazione: “Il quadro conoscitivo del Piano Strutturale Intercomunale dovrà essere integrato con la rappresentazione del reticolo idrografico di cui all’art. 22, comma 2, lett. e, della L.R. 79/2012, evidenziando nelle Norme Tecniche di Piano che allo stesso reticolo si applicano le disposizioni dell’art. 3 della L.R. 41/2018, inerenti la tutela dei corsi d’acqua.”

Sulla base delle osservazioni di cui al punto A, si specifica che il “Reticolo Idrografico Significativo, di cui all’art. 22, comma 2, lett. e, della L.R. 79/2012”, è presente nelle tavole di “Pericolosità Idraulica” (“Tav.G11”) e nelle tavole degli “Ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologica sfavorevole” (“Tav.G11bis - Int”).

Il reticolo aggiornato e attualmente vigente è stato approvato con DCR 28/2020, pubblicata sul Burt 21 del 20 maggio 2020.

Per quanto concerne il reticolo idrografico significativo dei Comuni di Massa Marittima, Montieri, Monterotondo M.mo si precisa che lo stesso non è cambiato rispetto a quello approvato con DCR 20/2019.

Il rispetto di cui all’art. 3 della LRT 41/2018 è riportato nelle NTA.

B. Report Indagini

Osservazione: “Al fine di una completa analisi dei dati si chiede di allegare i report di tutte le indagini riportate nella carta dei dati di base e che sono stati utilizzati per la redazione della carta delle MOPS.”

In “Appendice 3” sono presenti le “Indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle “Indagini sismiche per l’aggiornamento del quadro conoscitivo”, mentre sono già state trasmesse le “Indagini sismiche per l’aggiornamento del quadro conoscitivo”.

Per quanto riguarda le altre indagini riportate nella carta dei “Dati di Base” (“Tav.G01 - Int” - trasmesse allegate alla presente relazione) si fa presente che non possono essere divulgate (in quanto proprietà del privato che ha sostenuto le spese per l’esecuzione). Naturalmente le indagini che sono in archivio delle Pubbliche Amministrazioni possono essere consultate mediante procedura di accesso agli atti, mentre per quelle in possesso dei privati è necessaria l’autorizzazione degli stessi. L’ubicazione delle indagini non corredate da relativo report, nell’intenzione degli scriventi, fornisce comunque una banca dati geografica.

C. Carta delle Frequenze fondamentali

Osservazione: “Gli elementi riportati nella carta delle frequenze dovranno essere rappresentati in accordo alla legenda di cui all’Appendice 3 delle Specifiche Tecniche Edizione n. 6 di cui alla D.G.R.T. n. 1162/2018.”

Sulla base delle osservazioni suscritte, sono state redatte le Carte delle Frequenze fondamentali di risonanza dei depositi (“Tav.G07 - Int”); gli elementi riportati nelle tavole sono rappresentati in accordo alla legenda di cui all’appendice 3, Allegato A della Delibera della Giunta Regionale Toscana n. 1162 del 22 Ottobre 2018.

In tavola si possono osservare le ubicazioni di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f0).

Queste carte sono state elaborate a partire dalla campagna geofisica eseguita ad hoc per il Piano Strutturale Intercomunale dagli scriventi fra Novembre 2018 ed Aprile 2021, che prevedeva n. 84 punti di misura tramite l’impiego della tecnica HVSR.

L’elaborazione è stata completata con ulteriori n. 51 indagini sismiche passive a stazione singola HVSR relative a studi eseguiti dagli scriventi.

Per le metodologie di lavoro ed i risultati completi relativi alle indagini integrative HVSR, si rimanda all’appendice 3 “Indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle “Indagini sismiche per l’aggiornamento del quadro conoscitivo”.

Le Tavole delle Frequenze fondamentali di risonanza dei depositi (“Tav.G07 - Int”) fanno parte degli elaborati integrativi e costituiscono parte integrante della presente relazione.

D. Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT-MS) Monterotondo M.mo e Frassine; Sezioni Geologico Tecniche area Frassine - Fosso Fossone

Osservazione: “Per le aree di Monterotondo Marittimo e “Frassine e Vallata del Fosso Fossone”, così come previsto al punto B.6.4. del paragrafo 2 delle Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche, si chiede di redarre la carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, secondo le indicazioni di cui agli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.1 parte prima paragrafo 1.1.2”, recepiti dalla Regione Toscana e reperibili al link <http://www.regione.toscana.it/-/specifiche-tecnico-regionali-per-la-microzonazione-sismica>. Si fa presente sin da ora che tale carta dovrà essere coerente con la carta delle MOPS. Nella medesima cartografia geologico-tecnica, per il contesto della vallata del Fosso Fossone, si chiede di eseguire almeno 2 sezioni geologico-tecniche significative, possibilmente ortogonali tra loro, cercando di mettere in luce il contatto tra copertura e substrato in prossimità del fondovalle e, dove sia presente, almeno qualche indagine sul terreno, in modo da poter fornire un’immediata visualizzazione dei rapporti stratigrafici tra le microzone individuate e meglio tarare il modello predisposto. Sulle sezioni risulterà necessario anche indicare le indagini più significative e la colonna MOPS di riferimento. Le suddette cartografie relative alle indagini sismiche dovranno infine essere prodotte in formato vettoriale (formato .shp) secondo le specifiche tecniche di cui alla parte seconda dei sopraccitati “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.1”

Sulla base delle osservazioni di cui al punto D, è stata redatta la “Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica” (CGT-MS, “Tav.G08ter-A - Int”); nella medesima cartografia geologico-tecnica, sono allegate n. 2 sezioni geologico-tecniche ortogonali tra loro, per il contesto della “Vallata del Fosso Fossone” in prossimità del Frassine (frazione di Monterotondo Marittimo).

La “Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica” (CGT-MS, “Tav.G08ter-A - Int”) è trasmessa allegata alla presente relazione.

Per quanto riguarda il comune di Monterotondo Marittimo, sia la tavola delle “MOPS di 1° livello” (“Tav.G08-A - Int”), che le tavole dei “Dati di Base” (“Tav.G01 - Int”) che la “Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica” (CGT-MS, “Tav.G08ter-A - Int”), sono prodotte in formato vettoriale (.shp) secondo le specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.2”; questi file sono trasmessi digitalmente insieme alla presente relazione.

Sulla base delle indagini sismiche integrative eseguite nel comune di Monterotondo Marittimo (Appendice 3, Relazione Integrativa “Indagine Geofisica mediante metodologia sismica MASW”

(*Multichannel Analysis of Surface Waves*) eseguita nel comune di Monterotondo Marittimo”), le colonne Sismo-Stratigrafiche delle Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale denominate con “Zona 1 - Zona 2 - Zona 5” del comune di Monterotondo Marittimo, sono state aggiornate come osservabile nella figura seguente.

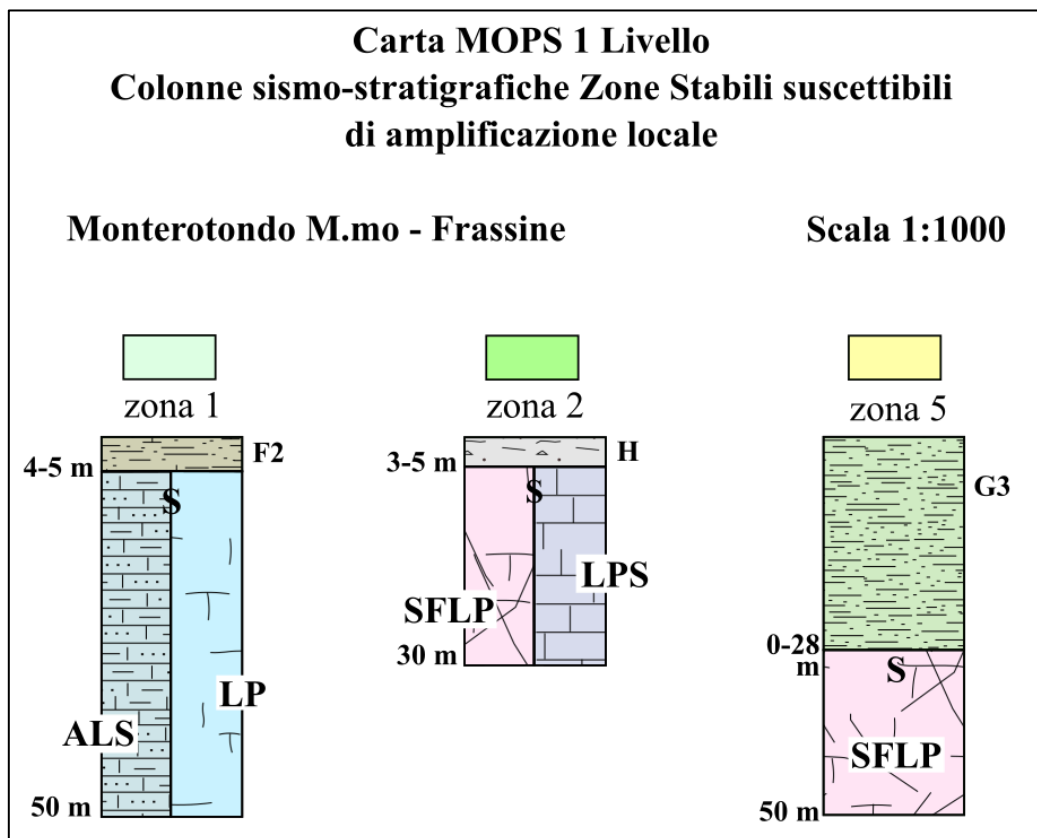


Figura 2 - Colonne Sismo-Stratigrafiche delle Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale denominate con “Zona 1 - Zona 2 - Zona 5” del comune di Monterotondo Marittimo (legenda in “Appendice 5”)

E. Modifiche mappe Pericolosità da alluvione del PGRA

Osservazione: “Con riferimento alle proposte di modifica alle mappe di pericolosità da alluvione del PGRA, si chiede di illustrare e documentare gli elementi storici e inventariali presi a riferimento per supportare tali modifiche. Si ricorda comunque che tali tipologie di modifiche possono essere anche condotte riferendosi ad approfondimenti basati su criteri morfologici (rilievo LIDAR, rilievi topografici, ecc.).”

La modifica delle mappe di pericolosità idraulica fu concordata nel corso di una riunione tenutasi presso il Distretto Appennino Settentrionale in data 9.10.2019.

In tale occasione furono visionate le carte del PGRA afferenti i tre Comuni Massa Marittima, Montieri e Monterotondo Marittimo dove avevamo indicato, in alcuni punti dei corsi d'acqua ai confini fra i Comuni, delle incongruenze riguardo alla perimetrazione delle P1, P2 e P3. Tali incongruenze erano legate per lo più a piccole aree esondabili, magari in destra idraulica, che poi scomparivano in sinistra idraulica pur trovandosi questa a quote più basse. Tale situazione era sicuramente dovuta ad una precedente pianificazione sui limiti comunali che ora poteva trovare giusta sintesi in una pianificazione intercomunale.

In ogni caso le piccole variazioni venivano proposte sempre in senso cautelativo assegnando la classe di pericolosità maggiore.

In coda alla riunione fu quindi concordato il seguente: "Viste le incongruenze presenti nella cartografia del PGRA vigente, laddove le incongruenze ai limiti comunali siano riconosciute di carattere prettamente morfologico viene concordato di modificare la cartografia PGRA senza studi idraulici".

Questo è il criterio utilizzato per le modifiche proposte.

Fra le altre cose è da aggiungere che le piccole modifiche introdotte riguardano essenzialmente aree di tutela assoluta dei corsi d'acqua e quindi ininfluenti ai fini della pianificazione urbanistica; non solo, caso mai introducono una cautela maggiore avendo aumentato la pericolosità nelle aree morfologicamente depresse.

NB - Per omogeneizzare il quadro integrativo di tutta l'area del Piano Strutturale Intercomunale delle Colline Metallifere (PSI-CM), sono state redatte le "Carte di Qualità" delle tavole di microzonazione sismica di primo livello (MOPS 1° livello) e sono stati determinati i rapporti d'impedenza sismica RI, anche per il comune di Monterotondo Marittimo; il tutto è consultabile in appendice al presente testo (Appendice 1 e 2).

Si fa presente che le Tav.G08-Int "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS Livello 1)" sono state variate in relazione all'applicazione dello "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.2", in relazione allo stato di attività delle faglie, ovvero all'assenza di faglie attive e/o capaci.

Follonica, Agosto 2021

I Tecnici

APPENDICI

- ✓ *Appendice 1 - "Carte della Qualità" delle tavole di microzonazione sismica di primo livello (MOPS 1° livello);*
- ✓ *Appendice 2 - Calcolo dei rapporti d'impedenza sismica RI ($V_{sbedrock} / V_{scopertura}$);*
- ✓ *Appendice 3 - Indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle "Indagini sismiche per l'aggiornamento del quadro conoscitivo";*
- ✓ *Appendice 4 - Indagini puntuali e lineari in aggiornamento delle Tavole dei "Dati di Base";*
- ✓ *Appendice 5 - Legenda delle colonne sismo-stratigrafiche delle Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale - Carta MOPS 1° livello.*

*Appendice 1 - “Carte della Qualità” delle tavole di microzonazione sismica di primo livello
(MOPS I° livello)*

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI MONTEROTONDO MARITTIMO (Tav.G08A Int - A1) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Luneder, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,00	
d	0,77	
e	0,38	
f	0,16	
g	0,58	
Tot	72,1	

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74 %	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49 %	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25 %	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe B

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI FRASSINE (fraz. Monterotondo Mmo) (Tav.G08A Int - A2) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,00	
d	0,00	
e	0,27	
f	0,14	
g	0,49	
Tot	47,3	

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe C

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI MONTIERI (Tav.G08B Int - B1) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Luneder, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,00	
d	0,00	
e	0,27	
f	0,11	
g	0,41	
Tot	44,6	

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe C

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI BOCCHEGGIANO (fraz. Montieri) (Tav.G08B Int - B2) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4			
Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola					
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	24,8
c	0,00	0,0
d	0,00	0,0
e	0,27	6,8
f	0,00	0,0
g	0,41	10,3
Tot	41,9	41,9

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe C

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI GERFALCO (fraz. Montieri) (Tav.G08B Int - B3) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali	Classe D	
b	0,99			24,8
c	0,00			0,0
d	0,00			0,0
e	0,00			0,0
f	0,00			0,0
g	0,00			0,0
Tot	24,8			24,8

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI TRAVALE (fraz. Montieri) (Tav.G08B Int - B4) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 - Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Luneder, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,00	
d	0,00	
e	0,27	
f	0,00	
g	0,49	
Tot	43,9	

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74 %	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49 %	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25 %	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe C

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI MAGRONE (fraz. Massa Marittima) (Tav.G08C Int) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4
----------	------------------	----------

Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola

b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro		Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Luneder, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,00	
d	0,54	
e	0,00	
f	0,00	
g	0,49	
Tot	50,7	

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74 %	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49 %	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25 %	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI VALPIANA (fraz. Massa Marittima) (Tav.G08D Int) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,00	
d	0,00	
e	0,33	
f	0,00	
g	0,49	
Tot	45,3	

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI MASSA MARITTIMA (Tav.G08E Int) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Luneder, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	
c	0,27	
d	0,77	
e	0,38	
f	0,19	
g	0,49	
Tot	77,5	77,5

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI NICCIOLETA (fraz. Massa Marittima) (Tav.G08F Int - F1) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	0,33
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	0,66
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Luneder, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali	
b	0,99		24,8
c	0,00		0,0
d	0,00		0,0
e	0,33		8,2
f	0,11		2,7
g	0,41		10,2
Tot	45,9		45,9

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe C

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI PRATA (fraz. Massa Marittima) (Tav.G08F Int - F2) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4
----------	------------------	----------

Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola

b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,66	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,99	24,8
c	0,00	0,0
d	0,00	0,0
e	0,27	6,8
f	0,00	0,0
g	0,49	12,3
Tot	43,9	43,9

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI 1° LIV. DI TATTI (fraz. Massa Marittima) (Tav.G08F Int - F3) (Append. 2 - D.G.R.T. 1162/2018)

a	Parametro	4	Inserire il valore <u>solo</u> nelle celle colorate in viola		
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0	0	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	Allegato piano urbanistico	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali	
b	0,99		24,8
c	0,00		0,0
d	0,00		0,0
e	0,27		6,8
f	0,11		2,7
g	0,25		6,1
Tot	40,5		40,5

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 %-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 %-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	< 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS 2008 e Linee Guida Regione Toscana



L'applicazione pedissequa dell' App. 2 dell'All. A - D.G.R.T. 1162/2018, comporta una sottostima del grado di qualità delle carte di MOPS nelle aree in cui prevale la superficie di substrato sismico sulla superficie totale dello studio di MOPS.

Classe C

Appendice 2 - Calcolo dei rapporti d'impedenza sismica RI ($V_{sbedrock} / V_{scopertura}$)

Calcolo Impedenze Sismiche - Ampiezze picchi HVSR

Comune di Monterotondo Marittimo

<i>Zona stabile suscettibile di amolificazioni locali</i>	<i>Indagine</i>	<i>Località</i>	<i>Vs_b (bedrock)</i>	<i>Vs_{c,eq} (copertura)</i>	<i>RI (Rapporto di impedenza)</i>	<i>A0 (Ampiezza picco di frequenza)</i>	<i>Note</i>	
1	MW46	Ghirlanda	1247.9	278.45	4.48		Indagine effettuata in contesto geologico analogo	
2	MW28	Frassine	351.07	1230.9	3.51			
	MW33	Monterotondo M.mo	426.32	1933.2	4.53			
	<i>media</i>					4.02		
	<i>deviazione standard</i>					0.73		
3	MW18	Monterotondo M.mo	186.9	1286.5	6.88			
	HV31	Monterotondo M.mo				2.46		
	HV32	Monterotondo M.mo				2.53		
	<i>media</i>					6.88	2.50	
	<i>deviazione standard</i>						0.05	
4	MW1	Frassine	480.11	861	1.79			
5	MW29	Frassine	398.73	812	2.04			
	MW30	Frassine	318.2	1043.8	3.28			
	MW31	Frassine	319.84	1031.5	3.23			
	HV52	Frassine				1.40		
	HV53	Frassine				1.55		
	HV54	Frassine				1.35		
	HV55	Frassine				1.30		
	HV56	Frassine				1.97		
	HV57	Frassine				1.33		
	<i>media</i>					2.85	1.48	
<i>deviazione standard</i>					0.70	0.25		

Calcolo Impedenze Sismiche - Ampiezze picchi HVSR

Comune di Montieri

<i>Zona stabile suscettibile di amolificazioni locali</i>	<i>Indagine</i>	<i>Località</i>	<i>Vs_b (bedrock)</i>	<i>Vs_{c,eq} (copertura)</i>	<i>RI (Rapporto di impedenza)</i>	<i>A0 (Ampiezza picco di frequenza)</i>	<i>Note</i>
1	MW46	Ghirlanda	1247.9	278.45	4.48		Indagine effettuata in contesto geologico analogo
2	HV43	Boccheggiano	810	483	1.68	3.40	
	HV44	Boccheggiano				3.10	
	HV45	Boccheggiano				3.30	
	HV46	Boccheggiano				3.30	
	HV126	Montieri				5.53	
<i>media</i>					1.68	3.73	
<i>deviazione standard</i>						1.01	
3	HV129	Boccheggiano	1050	485	2.16	1.27	
4	SrP5	Travale	894	354.64	2.52		
	SrP8	Montieri	1570.1	273.11	5.75		
	HV127	Travale				2.17	
<i>media</i>					4.13	2.17	
<i>deviazione standard</i>					2.28		
5	MW37	Travale	960.6	403.32	2.38		
	MW38	Boccheggiano	1367.3	466.18	2.93		
	HV125	Montieri				1.98	
	HV128	Travale				3.74	
<i>media</i>					2.66	2.86	
<i>deviazione standard</i>					0.39	1.24	

Calcolo Impedenze Sismiche - Ampiezze picchi HVSR

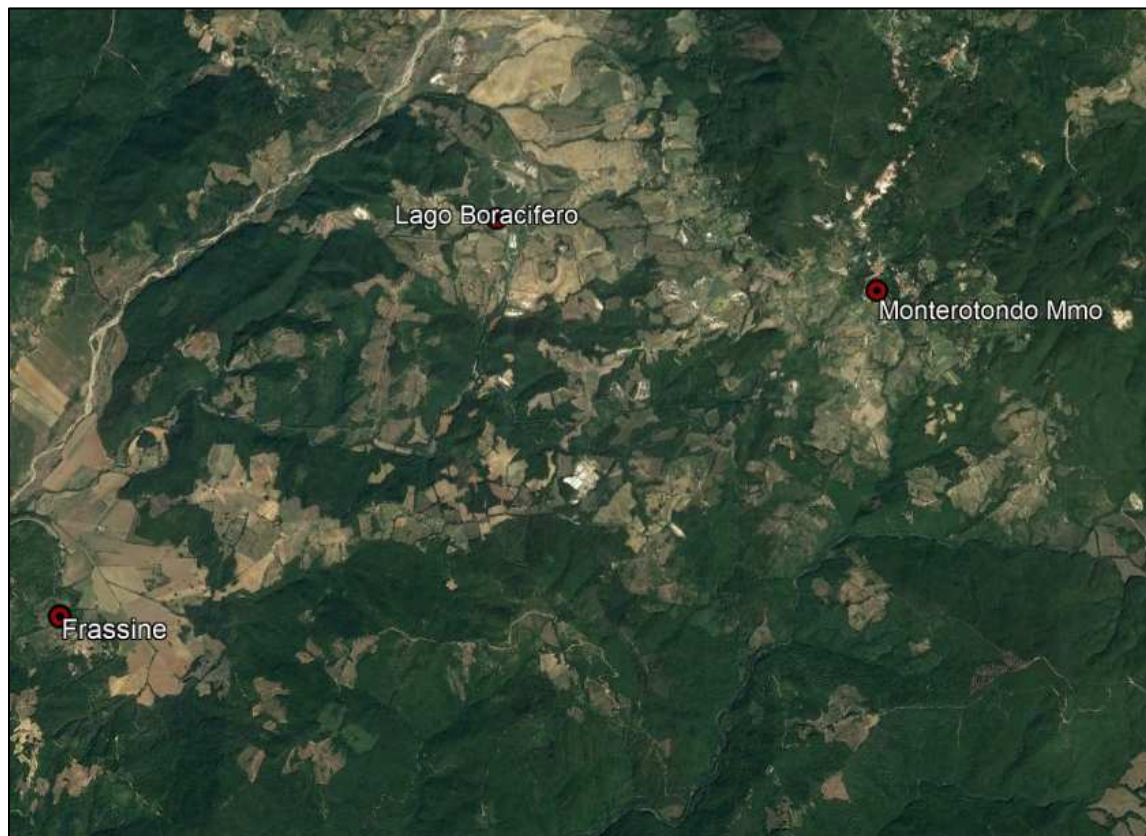
Comune di Massa Marittima

<i>Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali</i>	<i>Indagine</i>	<i>Località</i>	<i>V_{s b}</i> <i>(bedrock)</i>	<i>V_{s c,eq}</i> <i>(copertura)</i>	<i>RI</i> <i>(Rapporto di impedenza)</i>	<i>A0</i> <i>(Ampiezza picco di frequenza)</i>	<i>Note</i>
1	MW46	Ghirlanda	1247.9	278.45	4.48		
	HV40	Niccioleta				3.50	
	HV42	Niccioleta				1.60	
	HV62	Valpiana				2.25	
	HV66	Massa Marittima				2.58	
	HV70	Massa Marittima				1.98	
	HV103	Valpiana				1.44	
	HV109	Ghirlanda				2.06	
	HV110	Ghirlanda				2.57	
	HV111	Ghirlanda				2.19	
	HV113	Ghirlanda				2.90	
	HV114	Ghirlanda				2.32	
		<i>media</i>				4.48	2.31
	<i>deviazione standard</i>					0.58	
2	MW39	Prata	1650.1	525.47	3.14		
	MW48	Massa Marittima	1250.2	410.39	3.05		
	MW49	Massa Marittima	1052.6	495	2.13		
		<i>media</i>				2.77	
		<i>deviazione standard</i>				0.56	
3	SrP3	Prata	1465.4	325.18	4.51		
	HV38	Prata				3.50	
	HV39	Prata				2.90	
	HV131	Prata				1.50	
		<i>media</i>				4.51	2.63
	<i>deviazione standard</i>					1.03	
4	MW4	Massa Marittima	820	346.22	2.37		
	MW10	Massa Marittima	1116	537.15	2.08		
	HV23	Massa Marittima				3.60	
	HV26	Massa Marittima				1.50	
	HV28	Massa Marittima				2.25	
	HV29	Massa Marittima				2.15	
	HV30	Massa Marittima				2.00	
	HV130	Prata				1.71	
		<i>media</i>				2.22	2.20
	<i>deviazione standard</i>				0.21	0.74	
5	MW12	Niccioleta	1138	365.15	3.12		
	MW40	Niccioleta	1347.3	537.4	2.51		
	MW41	Valpiana	815.6	793.11	1.03		
	HV41	Niccioleta				2.60	
	HV60	Valpiana				2.38	
	HV61	Valpiana				3.55	
	HV68	Valpiana				2.05	
	HV89	Valpiana				1.46	
	HV90	Valpiana				1.31	
	HV91	Valpiana				2.97	
	HV92	Valpiana				2.23	
	HV94	Valpiana				3.97	
	HV95	Valpiana				2.29	
	HV96	Valpiana				2.66	
	HV97	Valpiana				2.24	
	HV98	Valpiana				1.79	
	HV99	Valpiana				1.58	
	HV100	Valpiana				3.92	
	HV102	Valpiana				4.37	
	HV107	Valpiana				1.23	
HV132	Prata				1.43		
	<i>media</i>				2.22	2.45	
	<i>deviazione standard</i>				1.07	0.97	
6	MW47	Massa Marittima	1336.9	698.6	1.91		

Appendice 3 - Indagini geofisiche eseguite ad integrazione delle “Indagini sismiche per l’aggiornamento del quadro conoscitivo

PSI Massa M.ma - Montieri - Monterotondo M.mo

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE METODOLOGIA SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) ESEGUITA NEL COMUNE DI MONTEROTONDO MARITTIMO (GR)



Relazione Illustrativa

Elaborati Integrativi a seguito di richiesta integrazioni:

Genio Civile Toscana Sud, prot. n. 395096 del 13.11.2020

Genio Civile Valdarno Inferiore, prot. n. 398007 del 16.11.2020

Il Geologo: *Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti*

Collaboratore: *Dr. Claudio Petroni*

Agosto 2021

**STUDIO
TALF**
STUDIO TECNICO ASSOCIATO

<i>Dr. Geol. F. Fanciulletti</i> <i>Dr. ssa Arch. L. Macii</i>	Via Meucci 4 - 58022 - Follonica (GR) Tel. 0566 090075 - Cell. 3386281063 studiostalf@gmail.com - www.studiostalf.net
---	---

Sommario

1.0 Premessa.....	5
2.0 Ubicazione studio geofisico.....	5
3.0 Cenni teorici sul metodo utilizzato	9
4.0 Strumentazione ed acquisizione.....	10
4.1 Stendimento MASW - MW28 - Frassine	13
4.2 Stendimento MASW - MW29 - Frassine	15
4.3 Stendimento MASW - MW30 - Frassine	16
4.4 Stendimento MASW - MW31 - Frassine	18
4.5 Stendimento MASW - MW33 - Monterotondo Marittimo	19
5.0 Sintesi dei risultati.....	21
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	22

1.0 Premessa

Nella presente relazione si illustrano i risultati relativi ad una campagna di indagini geofisiche con metodologia sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguite nel comune di Monterotondo Marittimo (GR), a seguito di richiesta integrazioni pervenute con prot. n. 398007 del 16.11.2020 da parte del *Genio Civile Valdarno Inferiore*, ricevuto dalla *Unione di comuni montana Colline Metallifere* con prot. n. 12518 del 17.11.2020.

2.0 Ubicazione studio geofisico

I siti di indagine sono ubicati nel comune di Monterotondo Marittimo (GR), nello specifico nella frazione di Frassine (Stendimenti MASW “MW28 - MW29 - MW30 - MW31”) e a Monterotondo Marittimo capoluogo (Stendimento MASW “MW33”). Di seguito se ne riporta l’ubicazione su immagine tratta da Google Earth e sulle Carte Tecniche Regionali disponibili sul sito Cartoteca – Regione Toscana.



Figura 1 - Ubicazione degli stendimenti MASW (MW28 - MW29 - MW30 - MW31 - MW33) su immagine tratta da Google Earth.

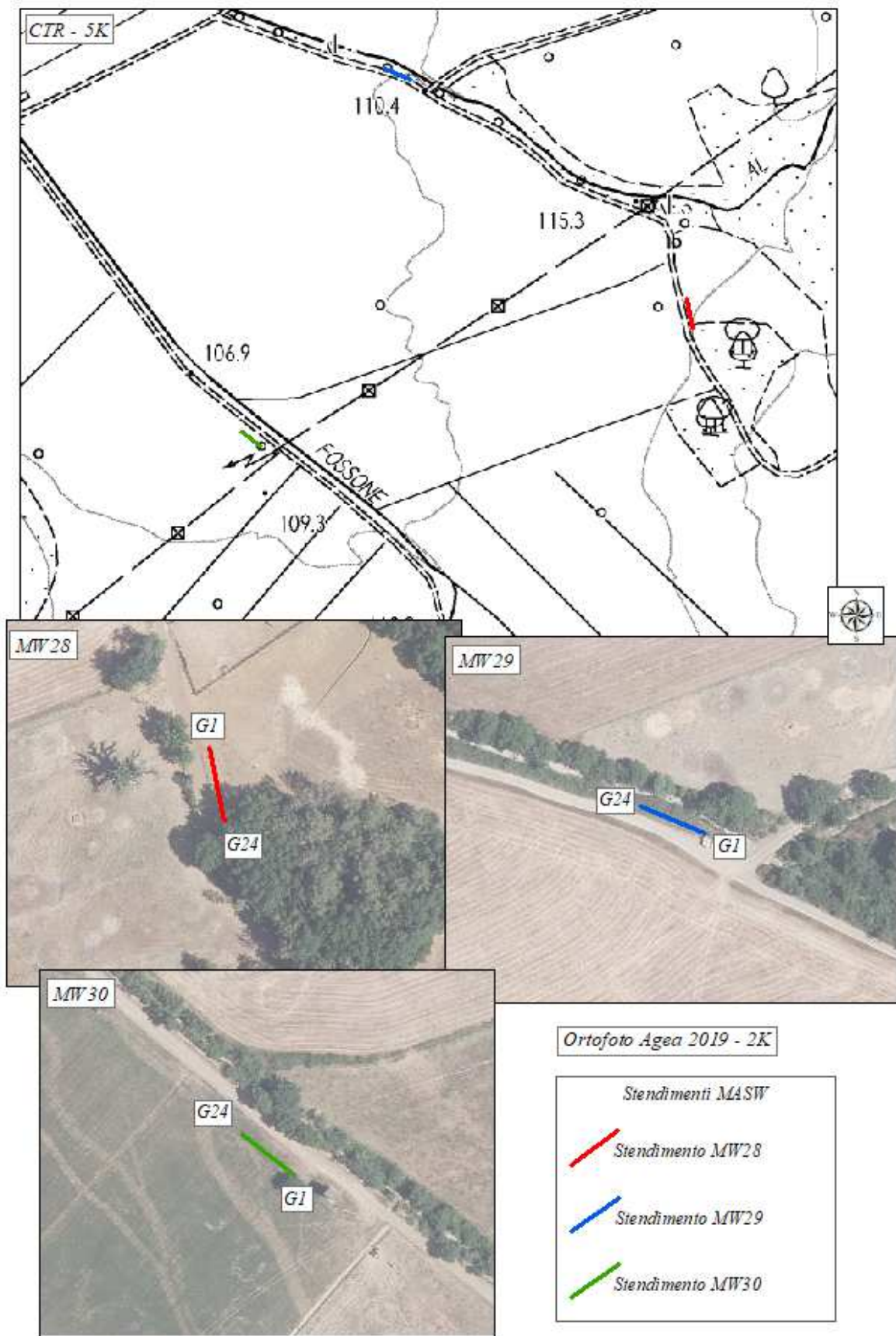


Figura 2 - Ubicazione dei siti di indagine MW28, MW29 e MW30 (frazione di Frassine) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

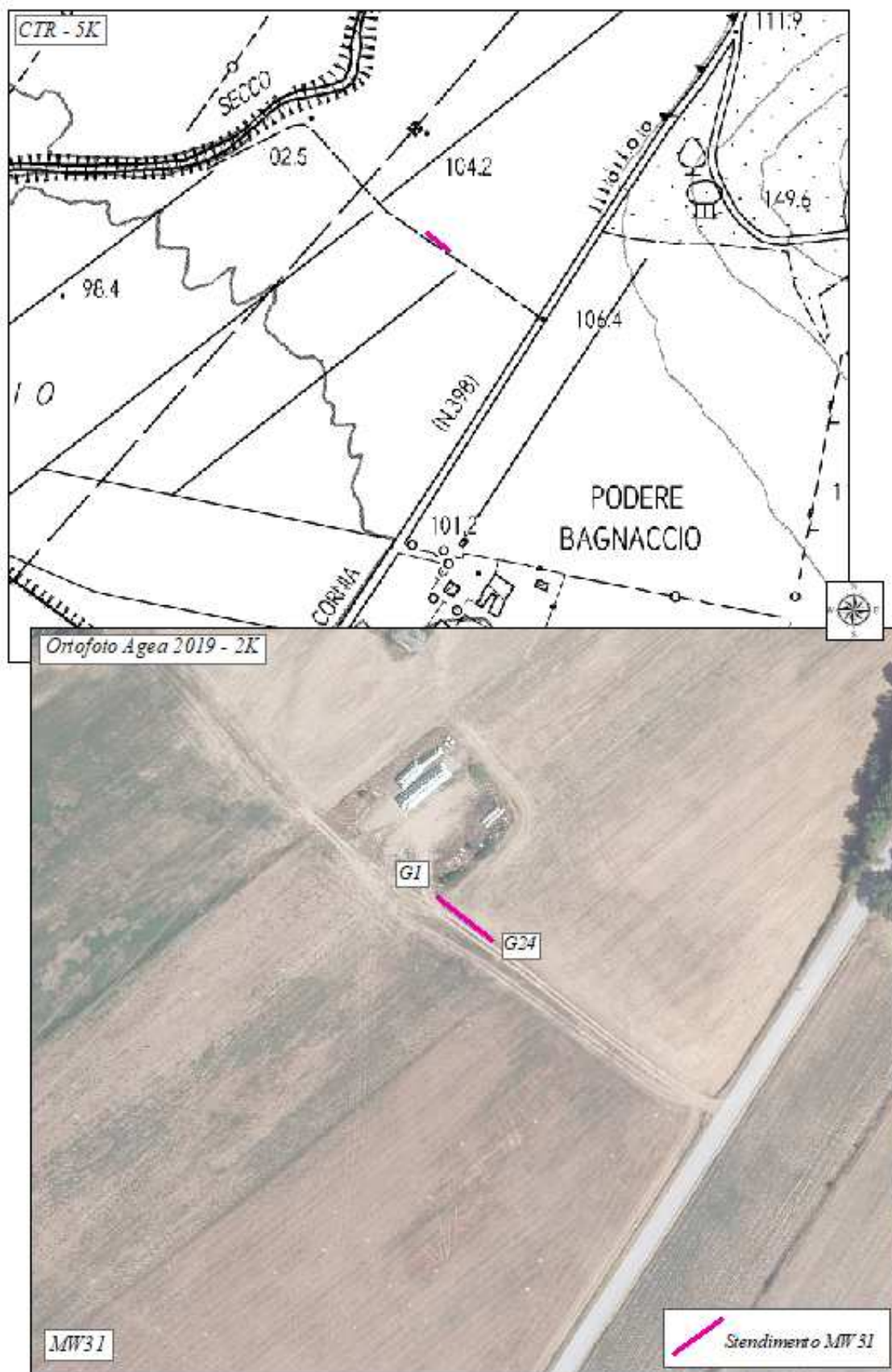


Figura 3 - Ubicazione del sito di indagine MW31 (frazione di Frassine) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

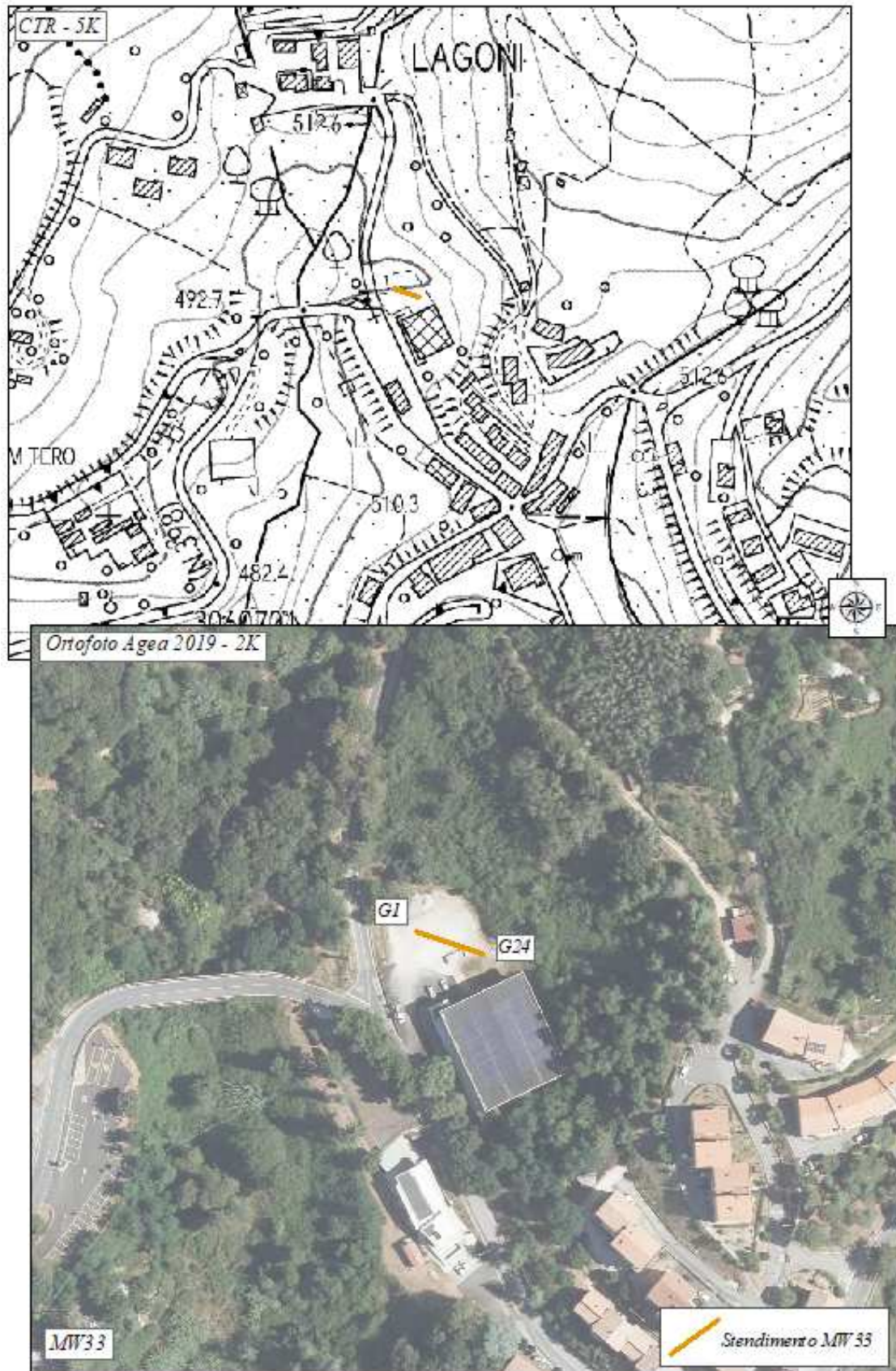


Figura 4 - Ubicazione del sito di indagine MW33 (Monterotondo Marittimo capoluogo) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

3.0 Cenni teorici sul metodo utilizzato

La geofisica studia, attraverso tecniche non invasive, l'interazione di segnali fisici con il semispazio, al fine di ricavare informazioni sulla distribuzione dei valori di grandezze fisiche nel semispazio stesso.

Il metodo sismico, come altri, può essere applicato sia con sorgenti passive che attive. Nel caso di indagini attive, la sorgente utilizzata può essere costituita da una massa battente, dalla caduta di gravi, da un fucile sismico fino all'esplosivo. Il metodo consiste nell'energizzazione del sottosuolo con onde meccaniche (sismiche) e nello studio dei percorsi e delle caratteristiche fisiche ottiche delle onde registrate da sensori in superficie (geofoni), al fine di ricavare un modello di variazione unidimensionale della velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine sismica di recente introduzione (Parker, Miller e Xia - 1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da diversi sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili Vs-Z (velocità delle onde di taglio – profondità).

Le tecniche d'indagine geofisica basate sulla registrazione ed elaborazione degli spostamenti indotti nel terreno dal passaggio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ne sfruttano in generale alcune caratteristiche particolari che le differenziano dalle onde di volume (P e S) (ProgramGEO, 2001).

1. Le onde di superficie tendono a subire un'attenuazione del loro contenuto energetico minore rispetto alle onde di volume e quindi si propagano a distanze maggiori.
2. In un mezzo elastico omogeneo la profondità massima in cui il terreno risente del passaggio delle onde di Rayleigh è circa uguale a λR . In un mezzo eterogeneo questa profondità è compresa normalmente fra $0,5\lambda R$ e $1,0\lambda R$. Questo significa che le lunghezze d'onda maggiori (frequenze minori) trasportano informazioni relative agli strati di terreno più profondi, mentre quelle minori (frequenze maggiori) coinvolgono solo i livelli più superficiali.

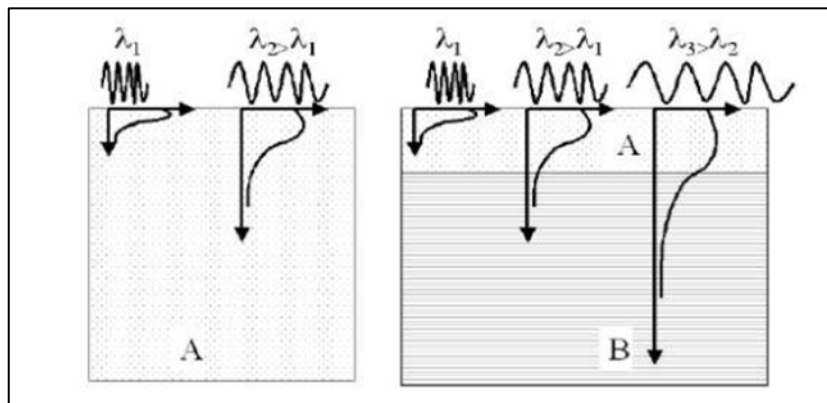


Figura 5 – Propagazione di onde a diversa lunghezza d'onda in mezzo omogeneo (a sx) ed in mezzo stratificato (a dx). Tratto da Claudio Strobbia (2001).

3. La velocità con cui si propaga un'onda di superficie di una data frequenza f (o lunghezza d'onda λ) viene detta velocità di fase. In un mezzo omogeneo la velocità di fase delle onde di superficie (V_A) non cambia al variare della frequenza d'onda. Al contrario in un mezzo stratificato, in presenza cioè di terreni sovrapposti con differenti caratteristiche meccaniche, la velocità di fase (V_B) dipende dal valore di f (o di λ).

La tecnica d'indagine MASW sfrutta queste tre caratteristiche delle onde di superficie, e in particolare di quelle di Rayleigh, per ottenere un profilo dell'andamento della velocità di fase in funzione della frequenza, da correlare con la velocità delle onde di taglio S .

La caratteristica (1) consente in pratica l'effettuazione di registrazioni delle onde generate dalla sorgente senza dover subire un disturbo significativo da parte delle onde di volume. La caratteristica (2) permette di

associare a ogni frequenza del segnale, o lunghezza d'onda, una profondità d'indagine differente: le frequenze più basse sono collegate alle profondità maggiori e viceversa. La caratteristica (3) consente infine di vincolare ogni frequenza a una velocità di fase precisa.

L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Il termine 'curva di dispersione' sta a indicare che le velocità di fase tendono a disperdersi, in un mezzo eterogeneo, in funzione della frequenza.

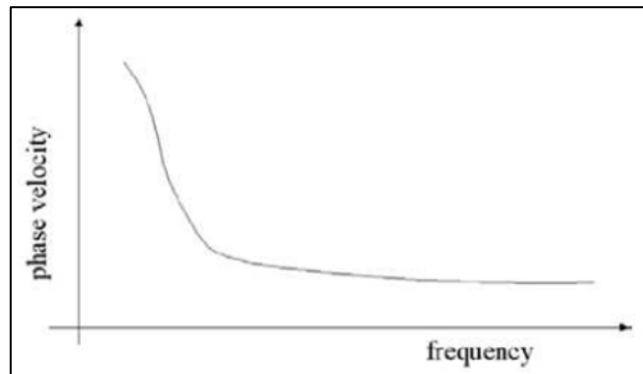


Figura 6 - Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza. Tratto da Claudio Strobbia (2001).

Nei terreni omogenei la curva di dispersione non si crea, in quanto in questi casi la velocità di fase non cambia al variare della frequenza. Questo è il motivo per cui la tecnica MASW non è indicata per l'investigazione di depositi sciolti o roccia omogenei fino a grandi profondità. Una complicazione importante nasce dal fatto che, sempre in un mezzo eterogeneo, il terreno può vibrare in modi differenti e a ognuno di questi modi è associabile una curva di dispersione differente.

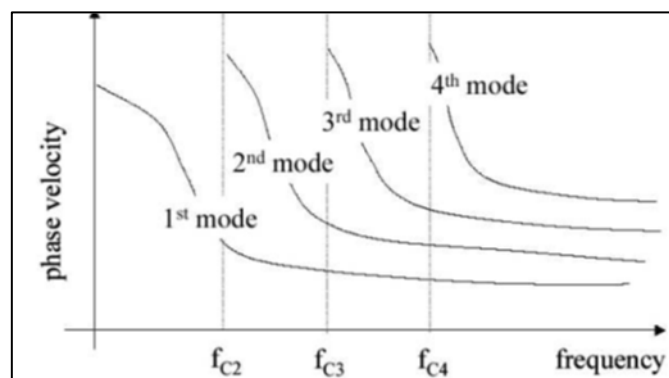


Figura 7 - Differenti modi di vibrare e relative curve di dispersione. Tratto da Claudio Strobbia (2001).

4.0 Strumentazione ed acquisizione

Sensori: n. 24 geofoni verticali da 4,5 Hz dotati di basette in polietilene per superfici rigide; cavo multicanale a 24 take-outs.

Unità di acquisizione: Sismografo Ambrogeo ECHO 12-24/2002 (alimentazione DC 12V) + laptop + Software 7.0 SEG Y.

Unità di elaborazione: Desktop PC + Software EasyMASW (GeoSTRU).

Array ed energizzazione: In base alle finalità dello studio ed alle condizioni logistiche del sito in esame, è stato utilizzato un array lineare di lunghezza complessiva 23 m, disponendo sul terreno 24 geofoni, con distanza inter-geofonica pari a 1,0 m. L'energizzazione è stata eseguita colpendo una piastra di battuta in

duralluminio con mazza da 8 Kg (con trigger incorporato). Sono state effettuate battute da diverse posizioni esterne allo stendimento (rispettivamente 10 m, 5 m e 1 m dal G1 e dal G24), sia con battuta singola, sia in modalità stacking (somma algebrica del segnale derivante da due battute al fine di aumentare il fattore SNR – Signal to Noise Ratio). Le varie registrazioni sono state elaborate e confrontate al fine di verificare la coerenza tra di esse. Infine sono state scelte le elaborazioni con il segnale in input più pulito, la cui curva di dispersione risultasse più netta.

Le coordinate dei vertici degli stendimenti sono le seguenti (sistema di riferimento EPSG 3003):

Stendimento MW28 - FRASSINE geofono 1: 1644758 - 4775261 m geofono 24: 1644763 - 4775236 m	Stendimento MW29 - FRASSINE geofono 1: 1644523 - 4775446 m geofono 24: 1644502 - 4775455 m
Stendimento MW30 - FRASSINE geofono 1: 1644398 - 4775136 m geofono 24: 1644380 - 4775150 m	Stendimento MW31 - FRASSINE geofono 1: 1643887 - 4776378 m geofono 24: 1643905 - 4776364 m

Stendimento MW33 - MONTEROTONDO Mmo geofono 1: 1650853 - 4779040 m geofono 24: 1650875 - 4779033 m

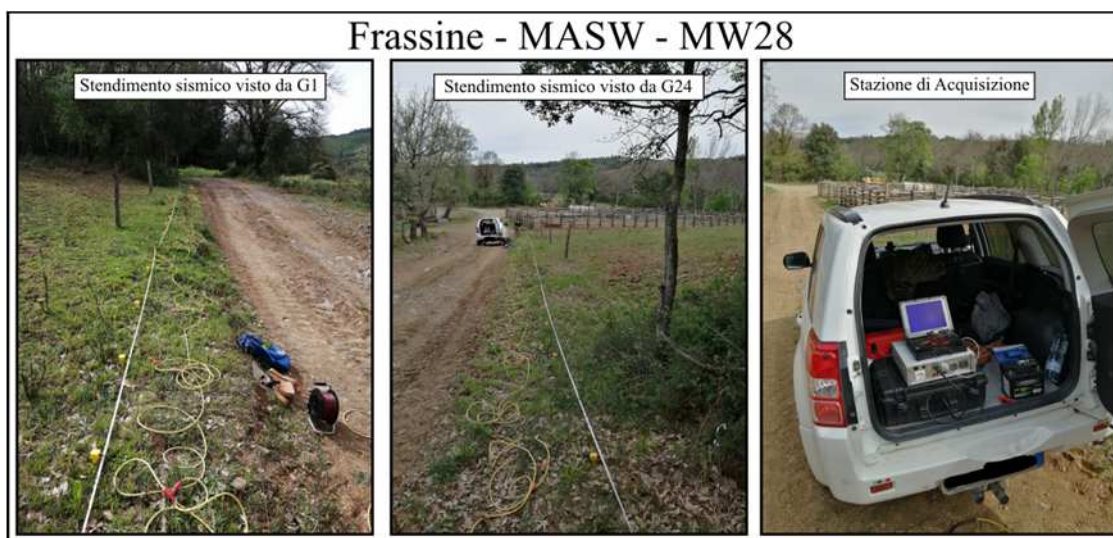


Figura 8 – Documentazione fotografica, relativa all’esecuzione dello stendimento MW28, eseguito a Frassine.

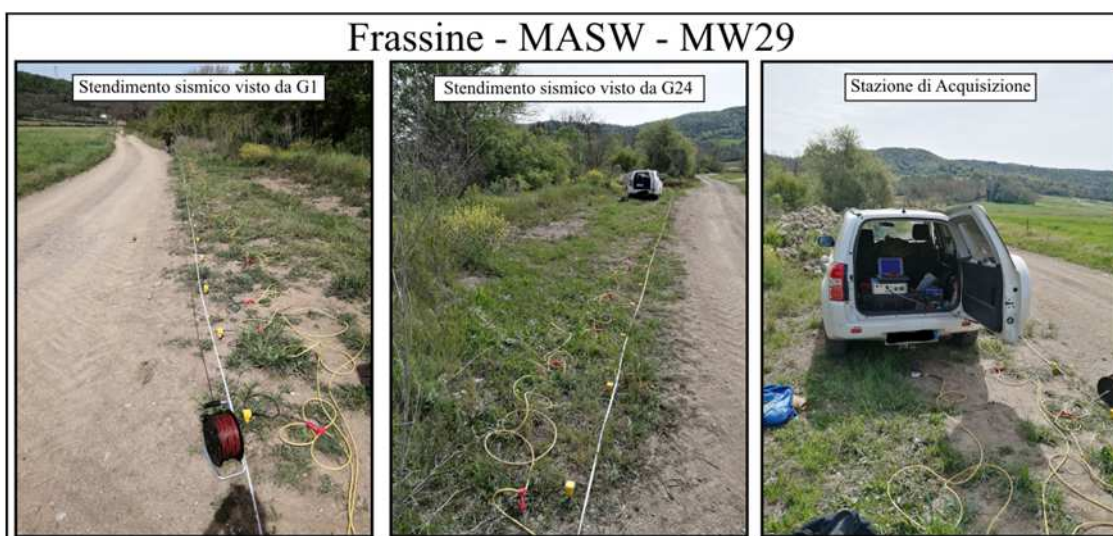


Figura 9 – Documentazione fotografica, relativa all’esecuzione dello stendimento MW29, eseguito a Frassine.

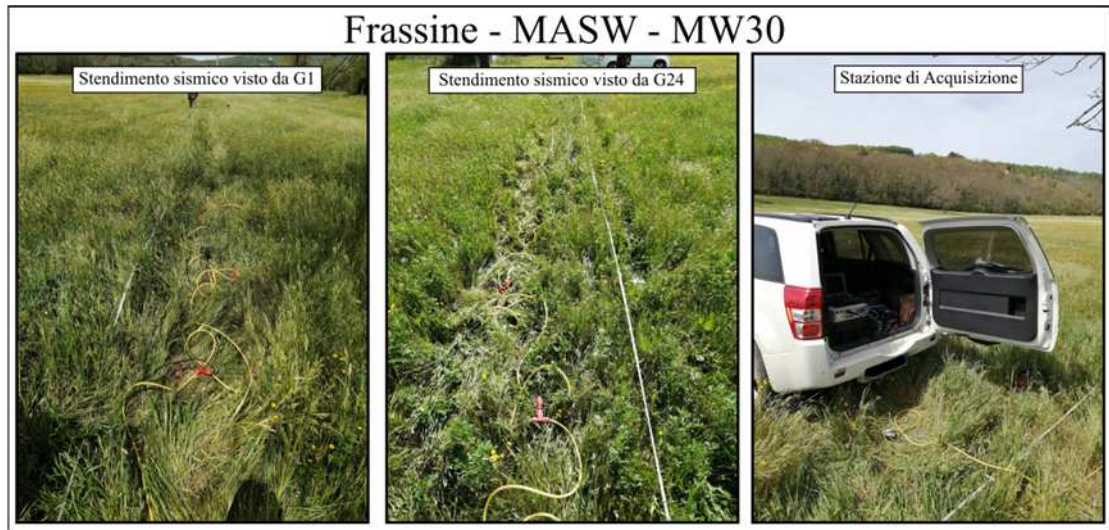


Figura 10 – Documentazione fotografica, relativa all'esecuzione dello stendimento MW30, eseguito a Frassine.

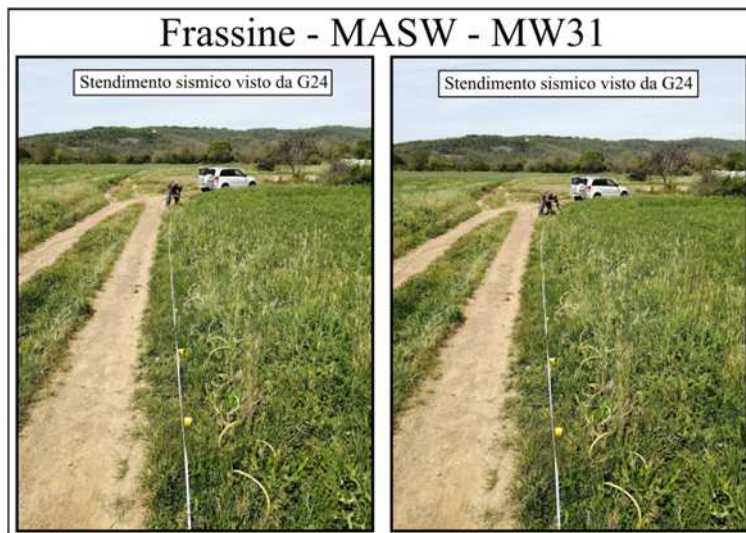


Figura 11 – Documentazione fotografica, relativa all'esecuzione dello stendimento MW31, eseguito a Frassine.



Figura 12 – Documentazione fotografica, relativa all'esecuzione dello stendimento MW33, eseguito a Monterotondo Mmo.

La prima operazione di processing eseguita è stata l'analisi del sismogramma. In questa fase, le tracce registrate dai geofoni in campagna, vengono analizzate, editate e ritagliate secondo una finestra (windowing) entro cui il segnale risulta significativo rispetto all'energizzazione indotta dallo scoppio.

Una volta selezionati i sismogrammi (accelerogrammi) di interesse, il software esegue una FFT (Fast Fourier Transform) del segnale, al fine di ottenere uno spettro relativo alla Velocità di Fase delle onde (asse Y) in funzione delle frequenze (asse x). L'intensità spettrale viene rappresentata sul grafico con gradazioni di colore al fine di meglio effettuare l'interpretazione.

Una volta ottenuto lo spettro, si procede all'operazione di "picking", attraverso la quale vengono individuati manualmente i punti di massima intensità spettrale, corrispondenti ai punti della "curva di dispersione sperimentale".

Una volta terminata la fase di interpretazione (determinazione della curva di dispersione sperimentale), si passa alla fase di inversione, attraverso la quale un processo iterativo consente la determinazione della "curva di dispersione sintetica" che meglio approssima quella sperimentale. Il software esegue un certo numero di iterazioni modificando un modello fisico di partenza (fornito dall'utente sulla base delle conoscenze geologiche pregresse), per restituire infine il modello che meglio approssima la curva di dispersione sperimentale.

Il risultato finale del processo di inversione è costituito dal modello sismo-stratigrafico di sottosuolo, relativo alla variazione unidimensionale del valore di Vs lungo la verticale di indagine.

4.1 Stendimento MASW - MW28 - Frassine

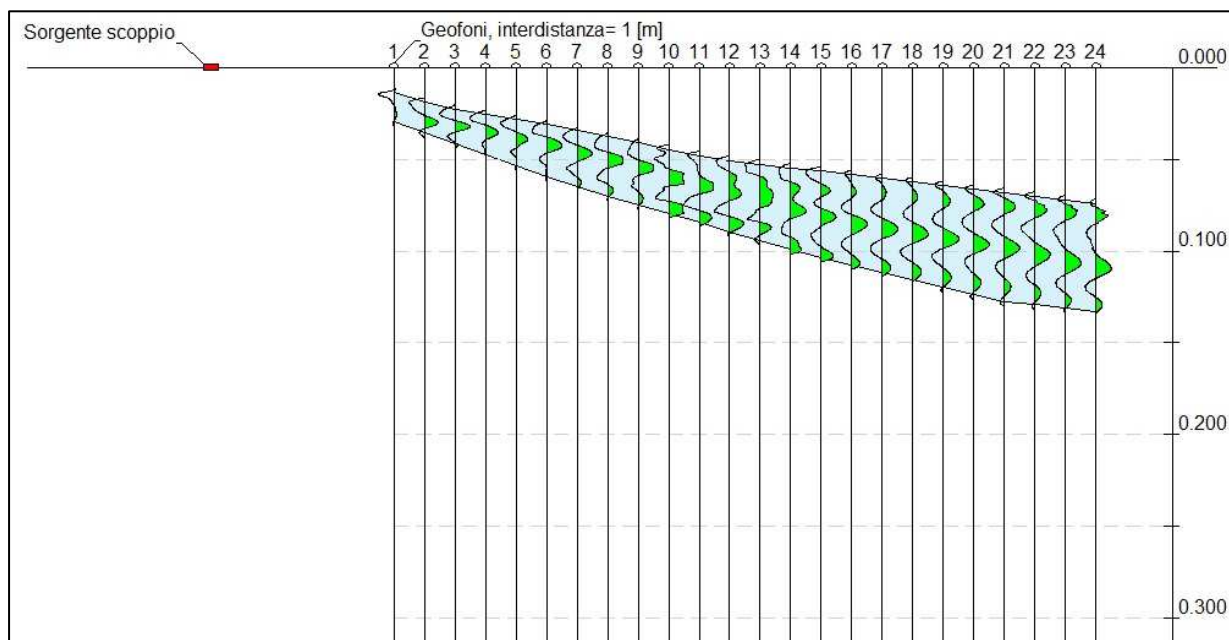


Figura 13 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW28, Frassine

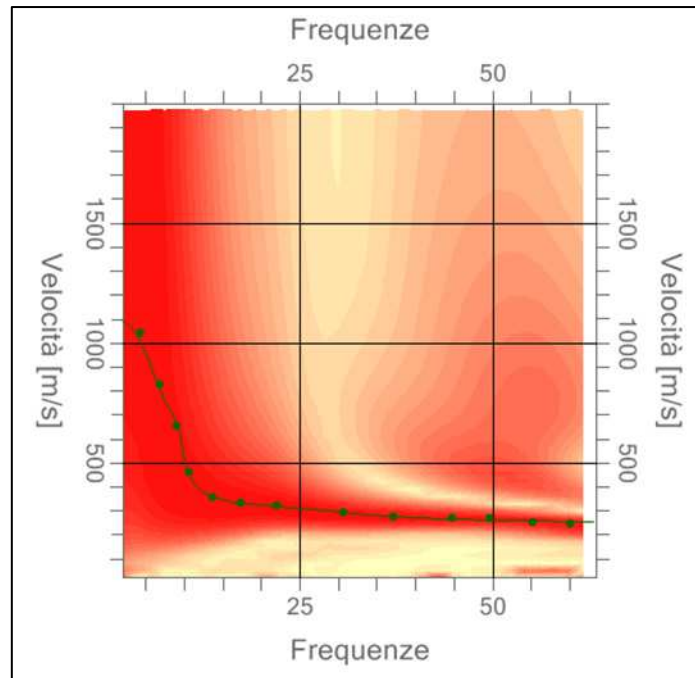


Figura 14 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW28, Frassine

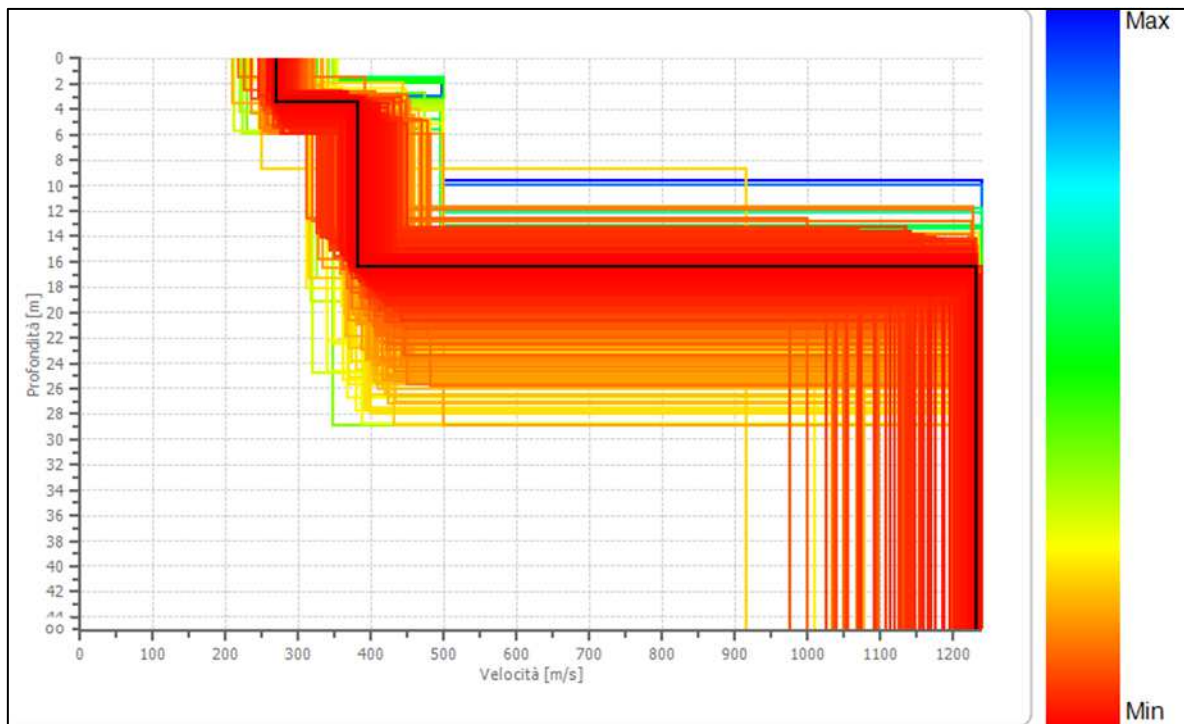


Figura 15 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW28, Frassine

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.46	3.46	269.7
2	16.47	13.01	381.7
3	oo	oo	1230.9

Percentuale di errore 0.066 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.018

4.2 Stendimento MASW - MW29 - Frassine

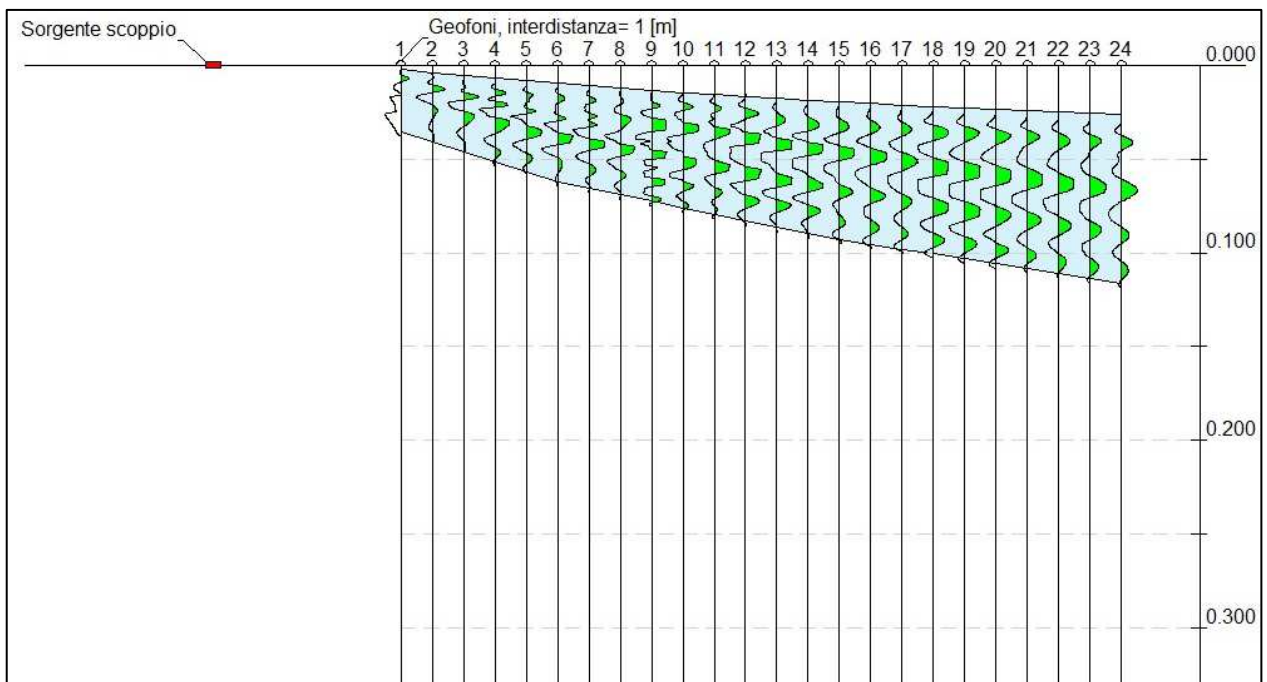


Figura 16 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW29, Frassine

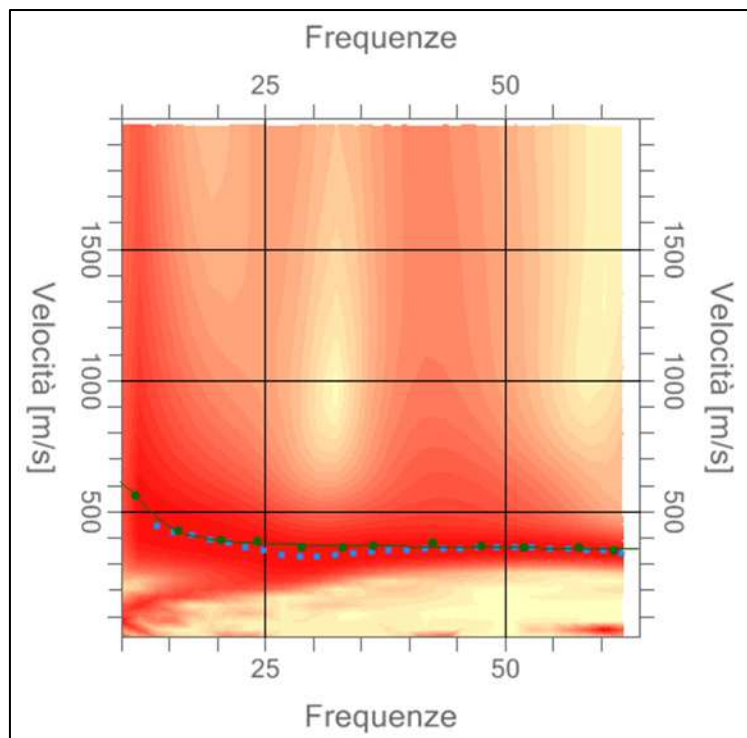


Figura 17 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW29, Frassine

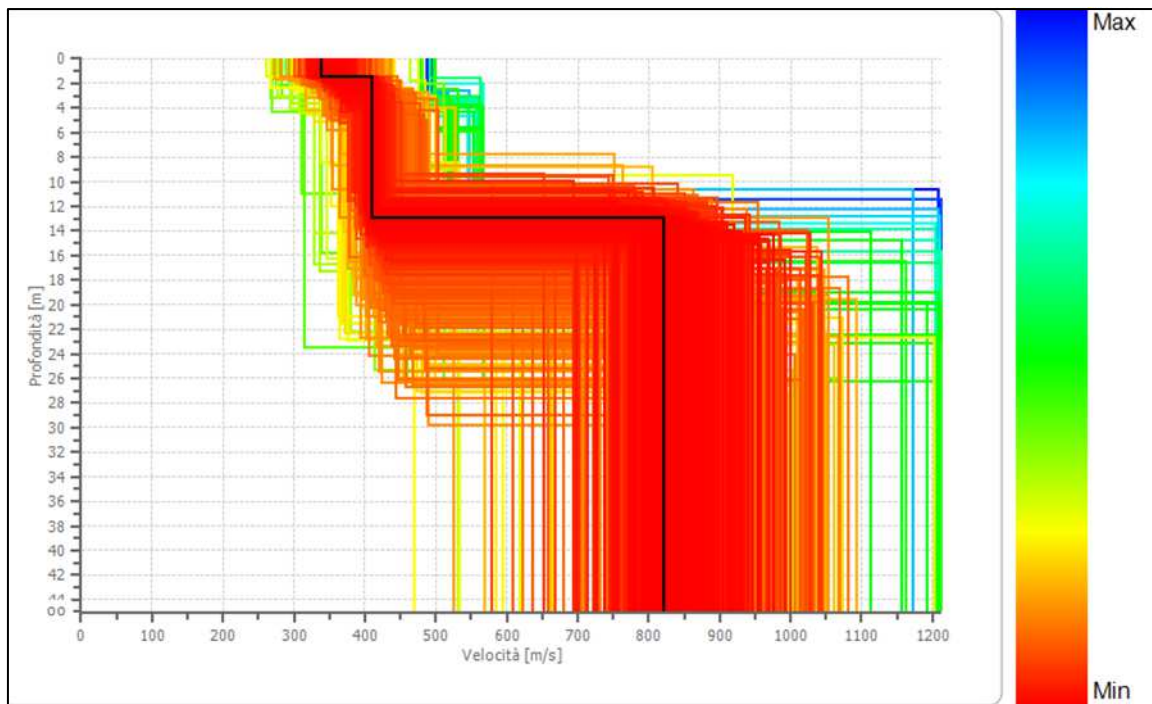


Figura 18 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW29, Frassine

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.83	1.83	357.0
2	12.74	10.91	406.7
3	∞	∞	812.0

Percentuale di errore 0.027 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.018

4.3 Stendimento MASW - MW30 - Frassine

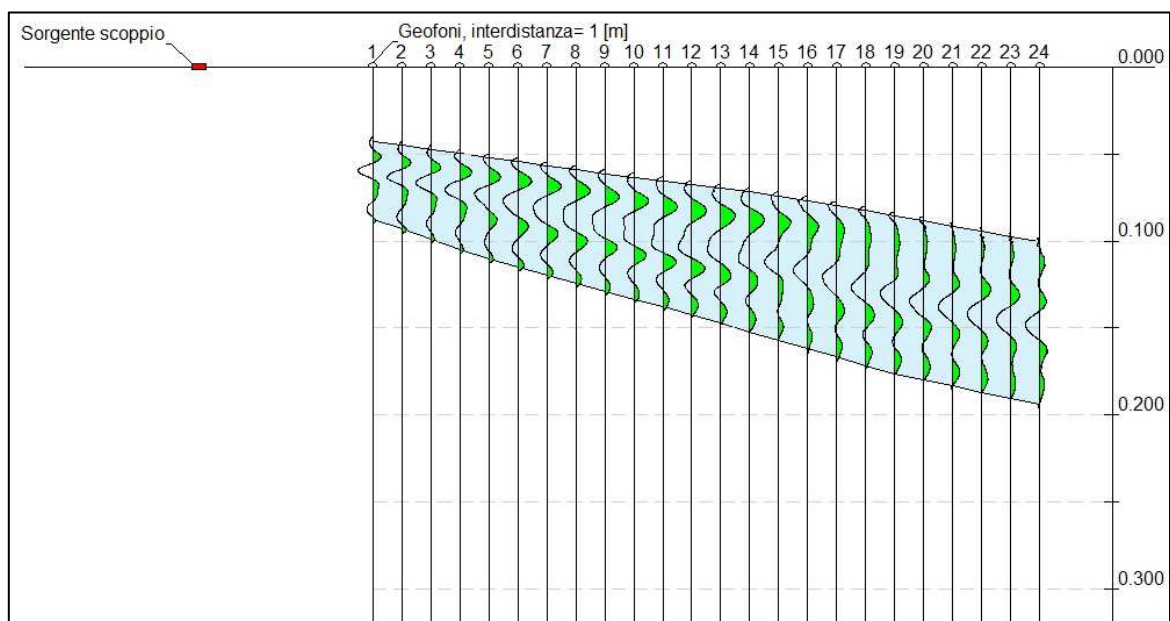


Figura 19 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW30, Frassine

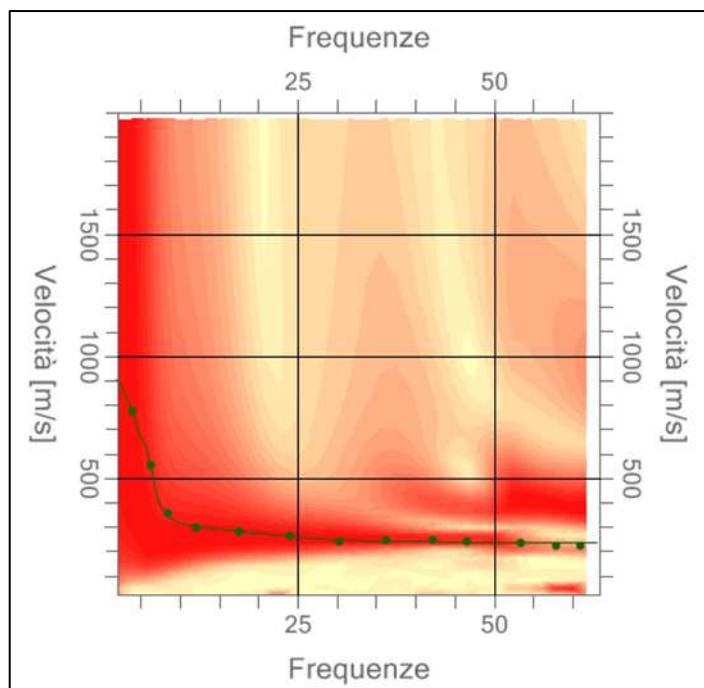


Figura 20 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW30, Frassine

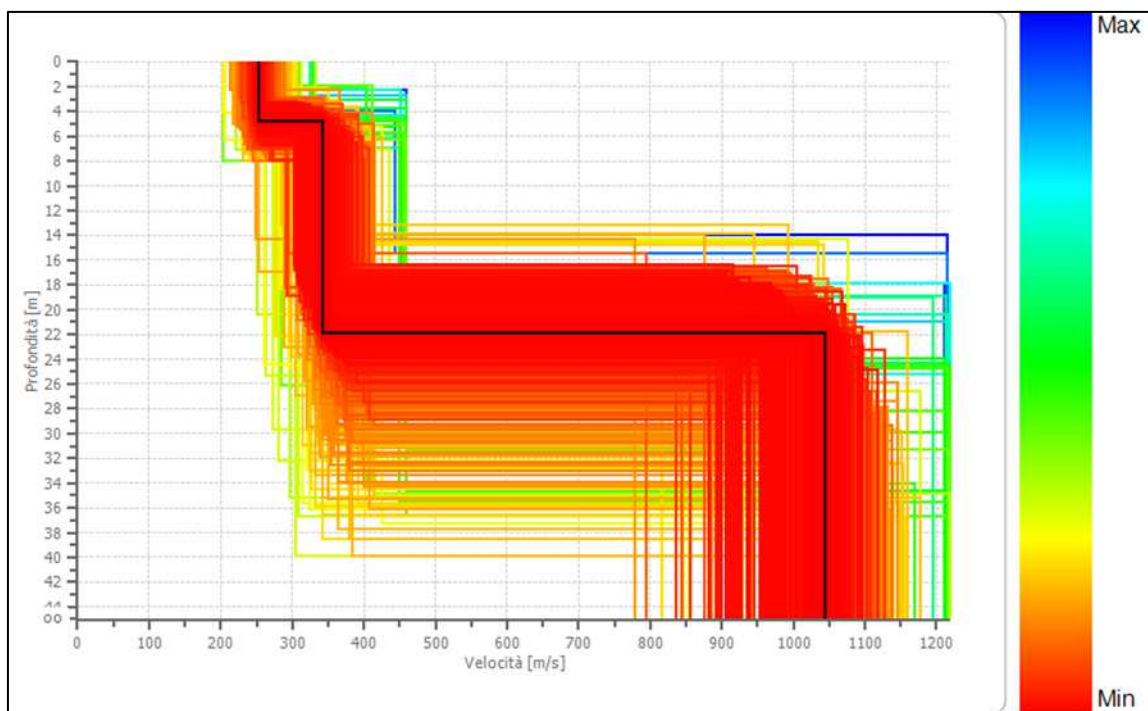


Figura 21 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW30, Frassine

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	4.81	4.81	253.1
2	21.92	17.11	343.0
3	oo	oo	1043.8

Percentuale di errore 0.043 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.028

4.4 Stendimento MASW - MW31 - Frassine

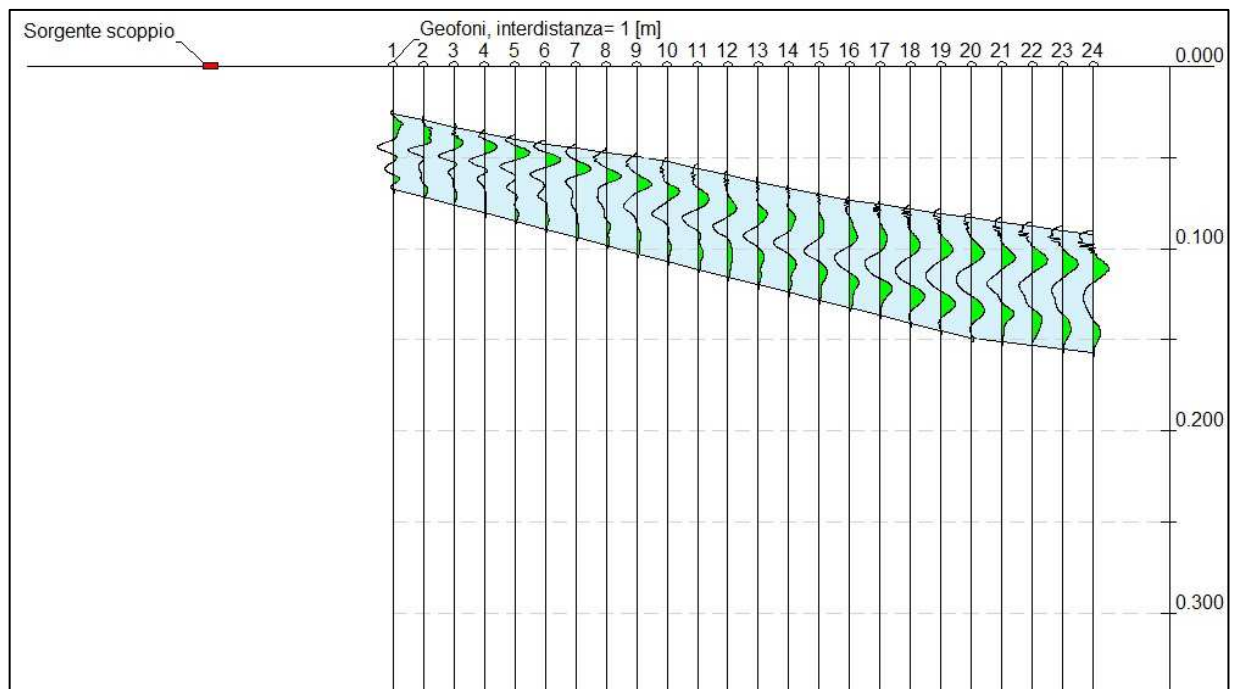


Figura 22 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW31, Frassine

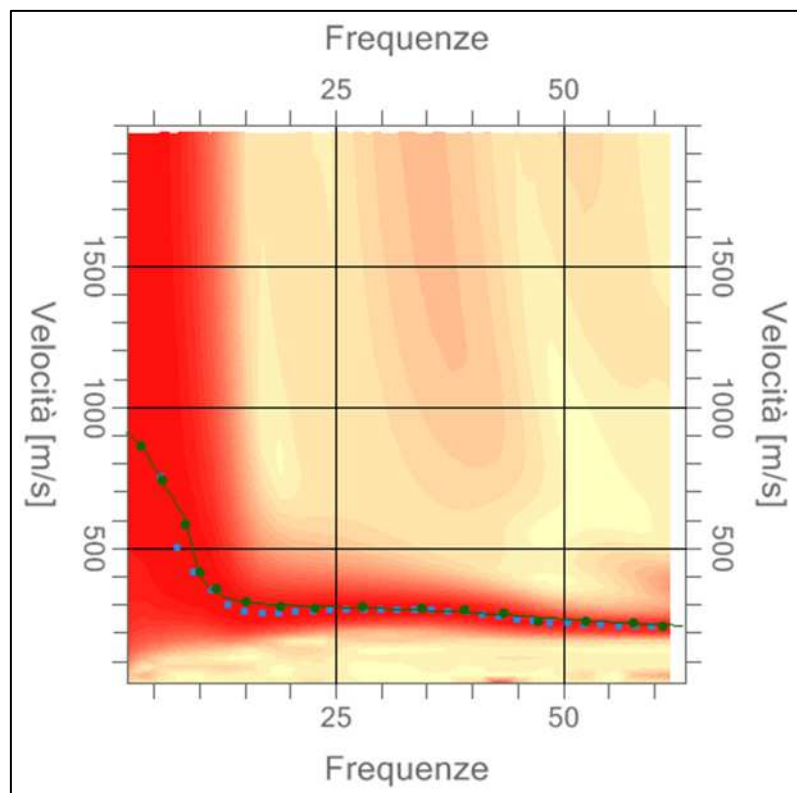


Figura 23 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW31, Frassine

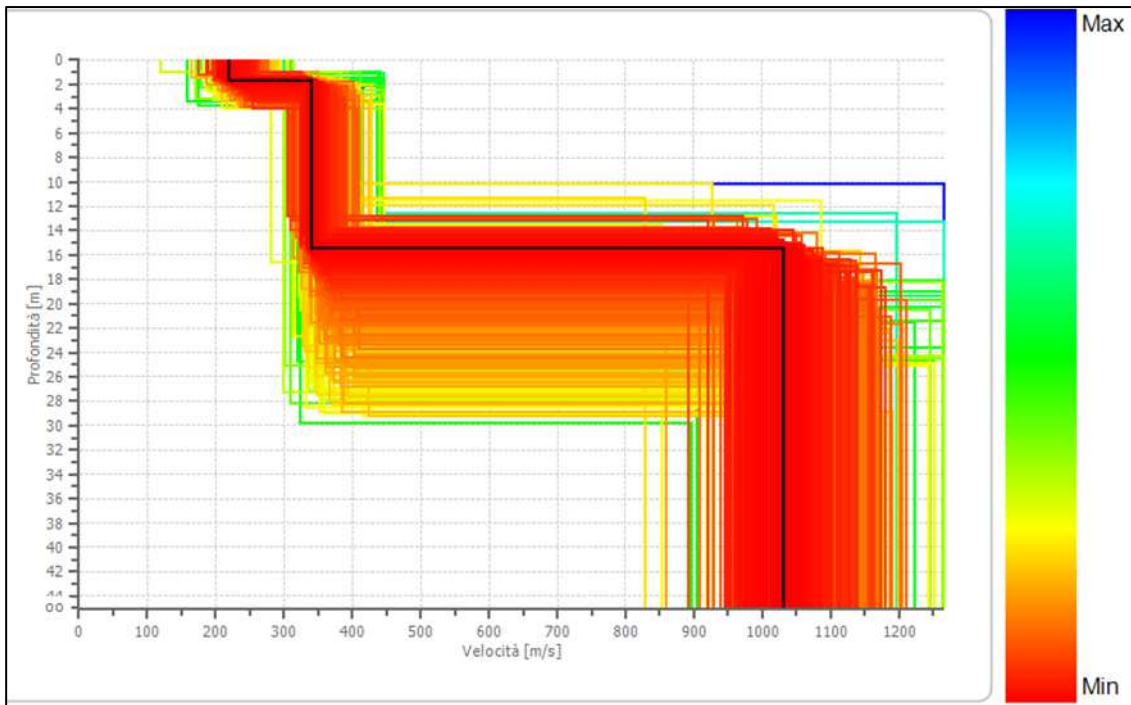


Figura 24 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW31, Frassineto

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.75	1.75	218.9
2	15.49	13.74	339.8
3	∞	∞	1031.5

Percentuale di errore 0.028 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.022

4.5 Stendimento MASW - MW33 - Monterotondo Marittimo

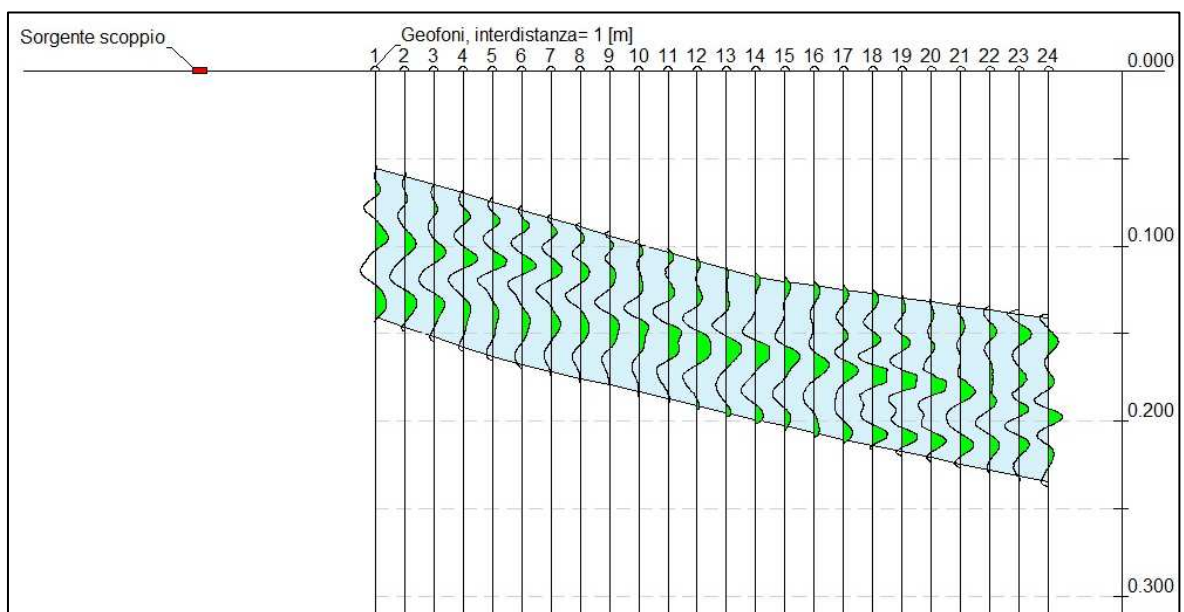


Figura 25 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW33, Monterotondo Mmo

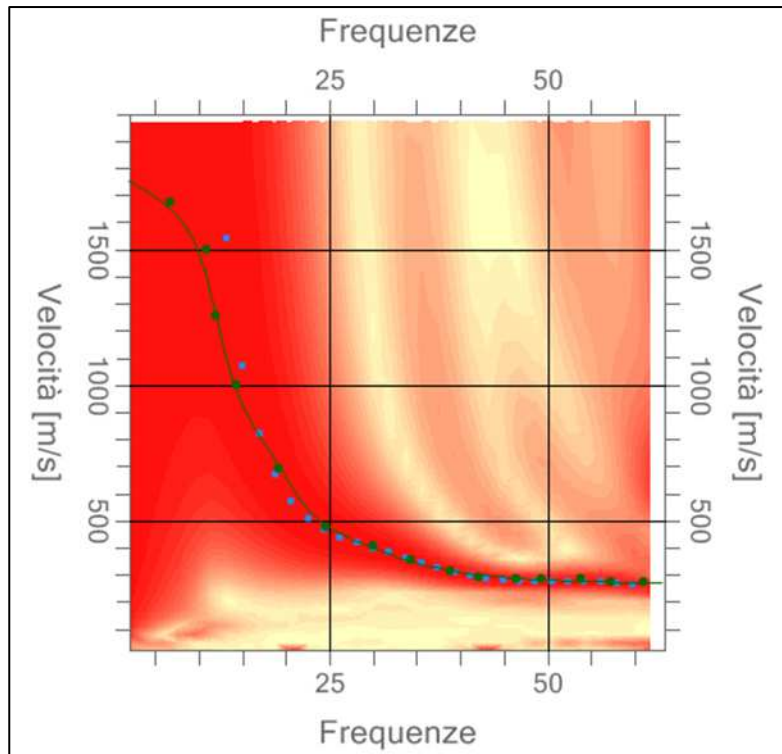


Figura 26 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW33, Monterotondo Mmo

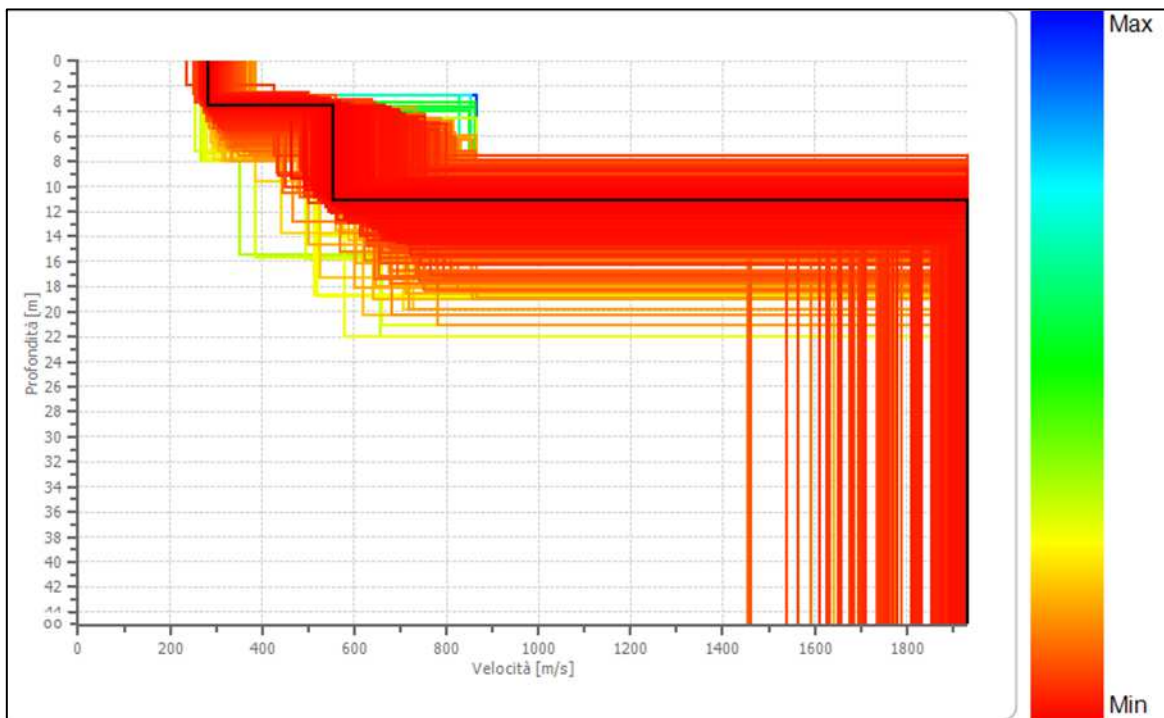


Figura 27 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW33, Monterotondo Mmo

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.51	3.51	283.7
2	11.13	7.62	554.8
3	oo	oo	1933.2

Percentuale di errore	0.086 %
Fattore di disadattamento della soluzione	0.021

5.0 Sintesi dei risultati

L'indagine geofisica eseguita nel comune di Monterotondo Marittimo (GR), nello specifico nella frazione di Frassine e a Monterotondo M.mo capoluogo, ha permesso di ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico delle aree in esame e di un loro intorno significativo.

L'analisi della curva di dispersione sintetica, descritta al paragrafo 4.0, e del modello di inversione che ne deriva, permette di descrivere la seguente sismo-stratigrafia di sottosuolo, relativa alla variazione unidimensionale del valore di Vs lungo la verticale di indagine.

Frassine - Stendimento MASW - MW28

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.46	3.46	269.7
2	16.47	13.01	381.7
3	oo	oo	1230.9

Frassine - Stendimento MASW - MW29

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.83	1.83	357.0
2	12.74	10.91	406.7
3	oo	oo	812.0

Frassine - Stendimento MASW - MW30

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	4.81	4.81	253.1
2	21.92	17.11	343.0
3	oo	oo	1043.8

Frassine - Stendimento MASW - MW31

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.75	1.75	218.9
2	15.49	13.74	339.8
3	oo	oo	1031.5

Monterotondo Marittimo - Stendimento MASW - MW33

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.51	3.51	283.7
2	11.13	7.62	554.8
3	oo	oo	1933.2

Follonica, Agosto 2021

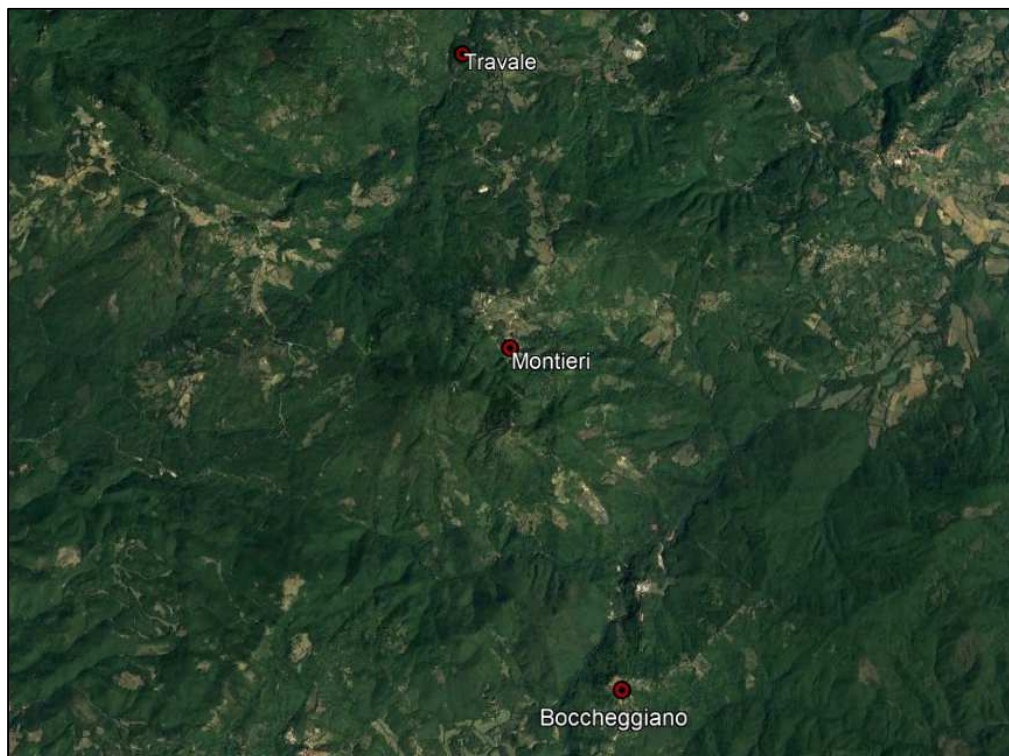
*Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti
Dr. Claudio Petroni*

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Strobbia C. (2001) – *Surface Waves Methods, acquisition, processing and inversion. Tesi di dottorato di ricerca in Geingegneria Ambientale. Politecnico di Torino.*

PSI Massa M.ma - Montieri - Monterotondo M.mo

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE METODOLOGIA SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) E SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR, ESEGUITA NEL COMUNE DI MONTIERI (GR)



Relazione Illustrativa

Elaborati Integrativi a seguito di richiesta integrazioni:

Genio Civile Toscana Sud, prot. n. 395096 del 13.11.2020

Genio Civile Valdarno Inferiore, prot. n. 398007 del 16.11.2020

Il Geologo: *Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti*
Collaboratore: *Dr. Claudio Petroni*

Agosto 2021



Sommario

1.0 Premessa.....	5
2.0 Ubicazione studio geofisico.....	5
3.0 Cenni teorici sui metodi utilizzati	10
3.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	10
3.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).....	11
4.0 Strumentazione ed acquisizione.....	13
4.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	13
4.1.1 Stendimento MASW - MW37 - Travale.....	15
4.1.2 Stendimento MASW - MW38 - Boccheggiano.....	17
4.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).....	18
4.2.2 Misura n°1 - “HV125” - Montieri	21
4.2.3 Misura n°2 - “HV126” - Montieri	24
4.2.4 Misura n°3 - “HV127” - Travale.....	27
4.2.5 Misura n°4 - “HV128” - Travale.....	30
4.2.1 Misura n°5 - “HV129” - Boccheggiano.....	33
4.3 Valutazione della qualità delle misure HVSr	36
5.0 Sintesi dei risultati.....	37
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	38

1.0 Premessa

Nella presente relazione si illustrano i risultati relativi ad una campagna di indagini geofisiche con metodologie sismiche (metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e sismica passiva a stazione singola HVSR), eseguite nel comune di Montieri (GR), a seguito di richiesta integrazioni pervenute con prot. n. 395096 del 13.11.2020 da parte del *Genio Civile Toscana Sud*, ricevuto dalla *Unione di comuni montana Colline Metallifere* con prot. n. 12413 del 13.11.2020.

2.0 Ubicazione studio geofisico

I siti di indagine sono ubicati nel comune di Montieri (GR), nello specifico nelle frazioni di Travale (Stendimento MASW “MW37” e HVSR “HV127 - HV128”), a Montieri capoluogo (HVSR “HV125 - HV126”) e nella frazione di Boccheggiano (Stendimento MASW “MW38” e HVSR “HV129”). Di seguito se ne riporta l’ubicazione su immagine tratta da Google Earth e sulle Carte Tecniche Regionali disponibili sul sito Cartoteca – Regione Toscana.

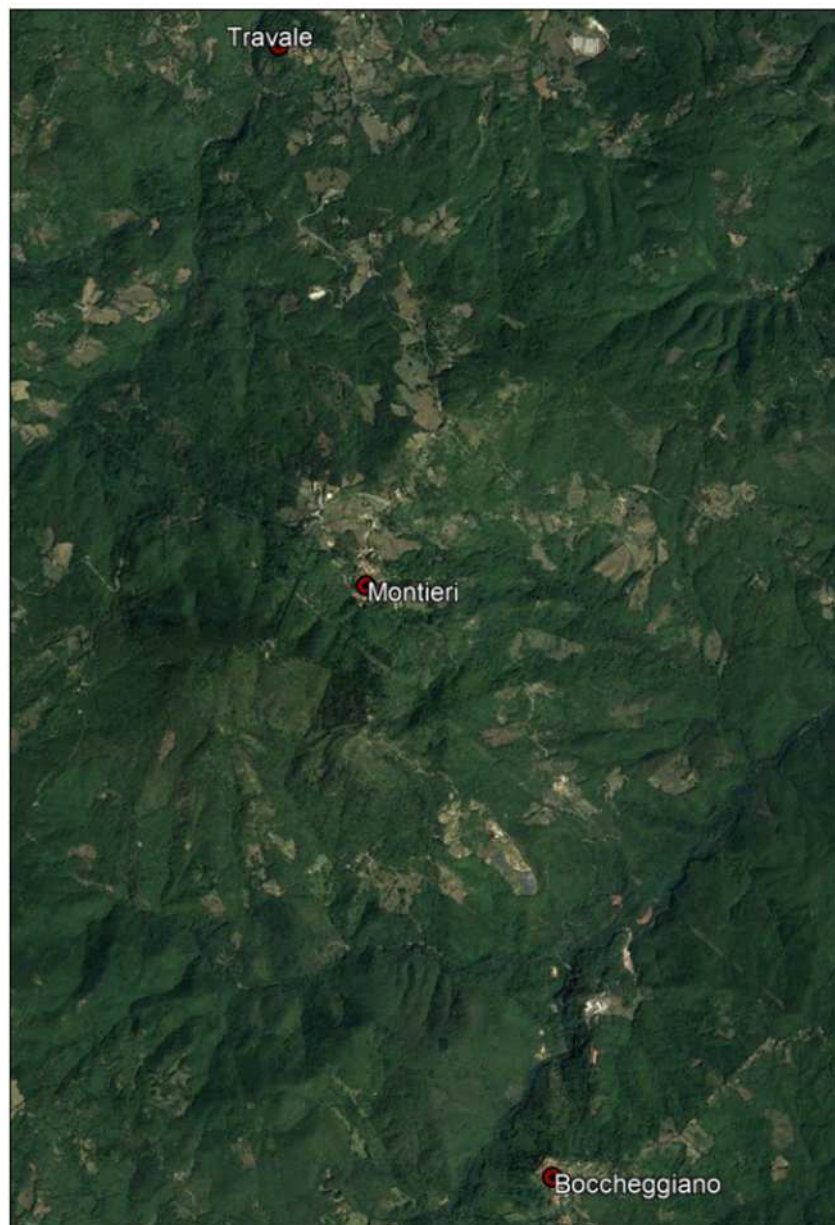


Figura 1 - Ubicazione del capoluogo comunale e delle due frazioni su immagine tratta da Google Earth.



Figura 2 - Ubicazione degli stendimenti MASW (Stendim. MW37 - MW38) e delle HVSR (HV125 - HV126 - HV127 - HV128 - HV129) su immagine tratta da Google Earth.

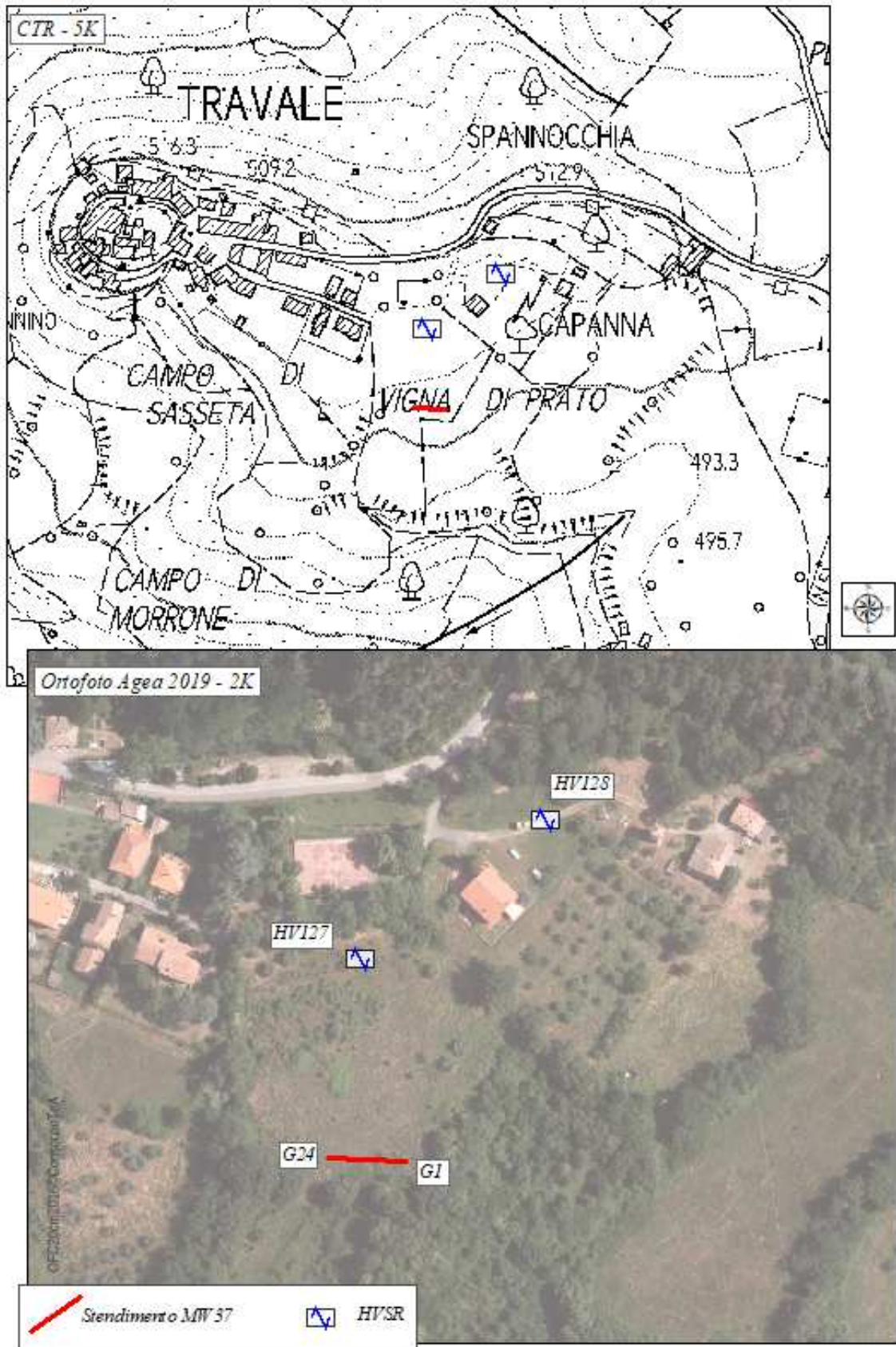


Figura 3 - Ubicazione del sito di indagine (frazione di Travale) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

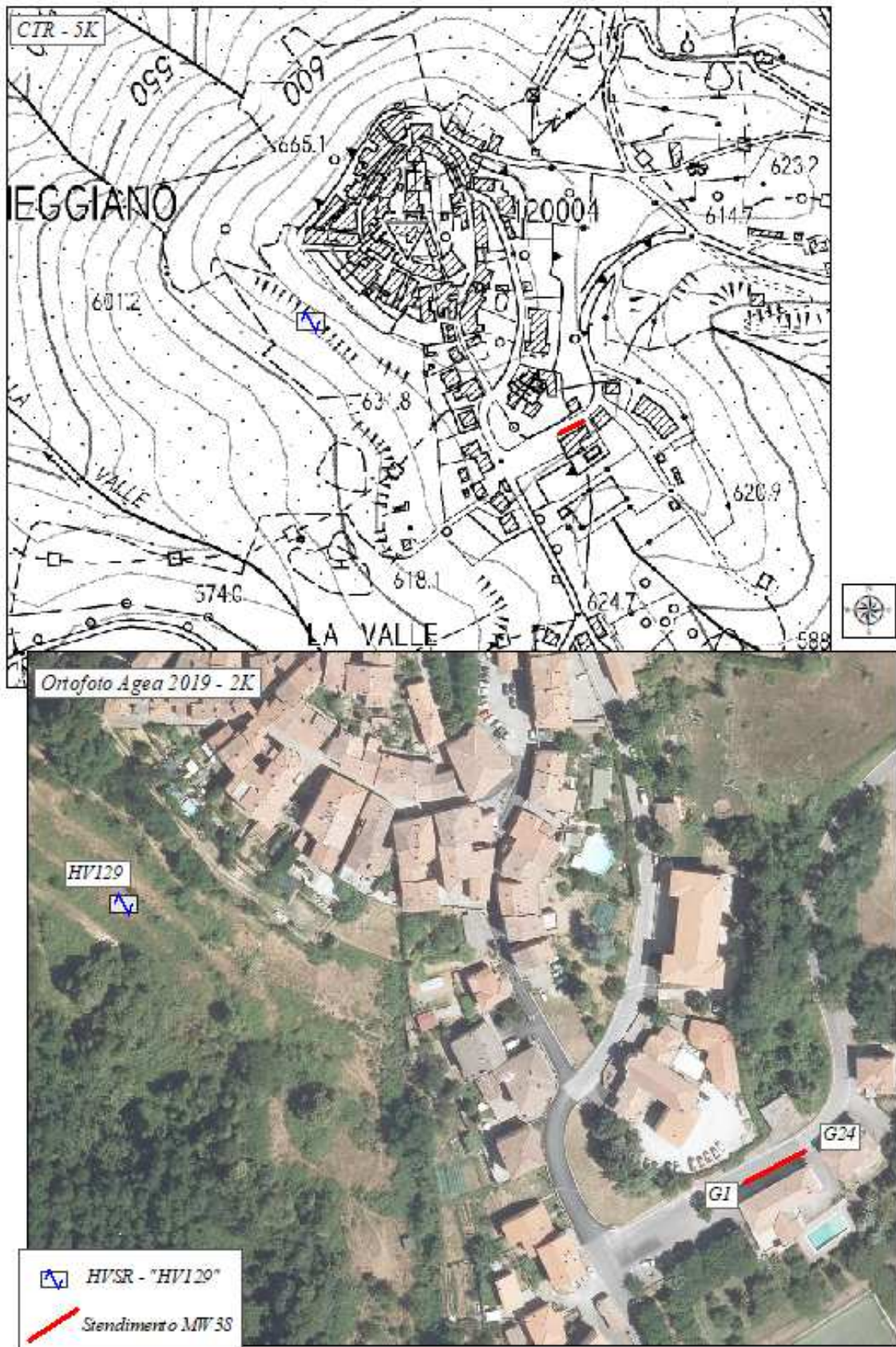


Figura 5 - Ubicazione del sito di indagine (frazione di Boccheggiano) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

3.0 Cenni teorici sui metodi utilizzati

La geofisica studia, attraverso tecniche non invasive, l'interazione di segnali fisici con il semispazio, al fine di ricavare informazioni sulla distribuzione dei valori di grandezze fisiche nel semispazio stesso.

La campagna di indagini geofisiche ha compreso sia tecniche di natura attiva (MASW), sia tecniche di natura passiva (HVSr).

3.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Il metodo sismico, come altri, può essere applicato sia con sorgenti passive che attive. Nel caso di indagini attive, la sorgente utilizzata può essere costituita da una massa battente, dalla caduta di gravi, da un fucile sismico fino all'esplosivo. Il metodo consiste nell'energizzazione del sottosuolo con onde meccaniche (sismiche) e nello studio dei percorsi e delle caratteristiche fisiche ottiche delle onde registrate da sensori in superficie (geofoni), al fine di ricavare un modello di variazione unidimensionale della velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine sismica di recente introduzione (Parker, Miller e Xia - 1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da diversi sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili Vs-Z (velocità delle onde di taglio – profondità).

Le tecniche d'indagine geofisica basate sulla registrazione ed elaborazione degli spostamenti indotti nel terreno dal passaggio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ne sfruttano in generale alcune caratteristiche particolari che le differenziano dalle onde di volume (P e S) (ProgramGEO, 2001).

1. Le onde di superficie tendono a subire un'attenuazione del loro contenuto energetico minore rispetto alle onde di volume e quindi si propagano a distanze maggiori.
2. In un mezzo elastico omogeneo la profondità massima in cui il terreno risente del passaggio delle onde di Rayleigh è circa uguale a λR . In un mezzo eterogeneo questa profondità è compresa normalmente fra $0,5\lambda R$ e $1,0\lambda R$. Questo significa che le lunghezze d'onda maggiori (frequenze minori) trasportano informazioni relative agli strati di terreno più profondi, mentre quelle minori (frequenze maggiori) coinvolgono solo i livelli più superficiali.

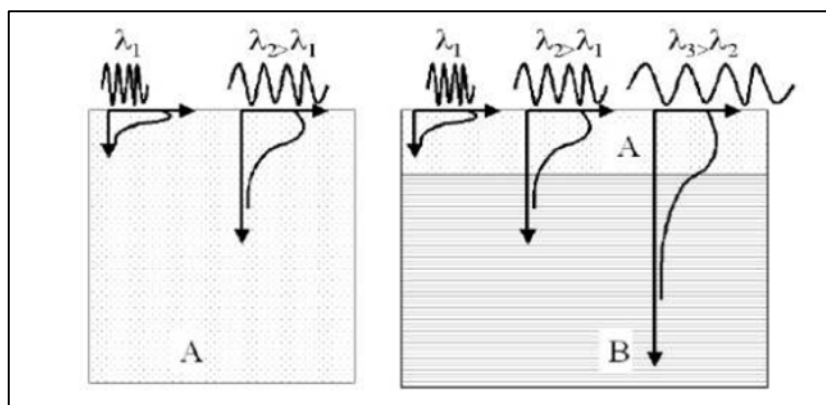


Figura 6 – Propagazione di onde a diversa lunghezza d'onda in mezzo omogeneo (a sx) ed in mezzo stratificato (a dx). Tratto da Claudio Strobbia (2001).

3. La velocità con cui si propaga un'onda di superficie di una data frequenza f (o lunghezza d'onda λ) viene detta velocità di fase. In un mezzo omogeneo la velocità di fase delle onde di superficie (V_A) non cambia al variare della frequenza d'onda. Al contrario in un mezzo stratificato, in presenza cioè di terreni sovrapposti con differenti caratteristiche meccaniche, la velocità di fase (V_B) dipende dal valore di f (o di λ).

La tecnica d'indagine MASW sfrutta queste tre caratteristiche delle onde di superficie, e in particolare di quelle di Rayleigh, per ottenere un profilo dell'andamento della velocità di fase in funzione della frequenza, da correlare con la velocità delle onde di taglio S.

La caratteristica (1) consente in pratica l'effettuazione di registrazioni delle onde generate dalla sorgente senza dover subire un disturbo significativo da parte delle onde di volume. La caratteristica (2) permette di associare a ogni frequenza del segnale, o lunghezza d'onda, una profondità d'indagine differente: le frequenze più basse sono collegate alle profondità maggiori e viceversa. La caratteristica (3) consente infine di vincolare ogni frequenza a una velocità di fase precisa.

L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Il termine 'curva di dispersione' sta a indicare che le velocità di fase tendono a disperdersi, in un mezzo eterogeneo, in funzione della frequenza.

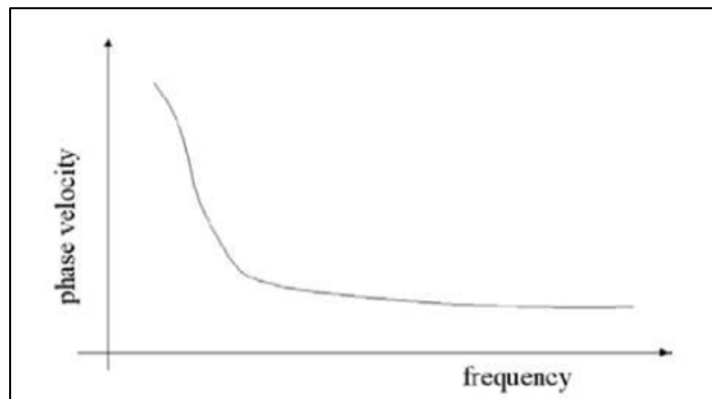


Figura 7 - Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza. Tratto da Claudio Strobbia (2001).

Nei terreni omogenei la curva di dispersione non si crea, in quanto in questi casi la velocità di fase non cambia al variare della frequenza. Questo è il motivo per cui la tecnica MASW non è indicata per l'investigazione di depositi sciolti o roccia omogenei fino a grandi profondità. Una complicazione importante nasce dal fatto che, sempre in un mezzo eterogeneo, il terreno può vibrare in modi differenti e a ognuno di questi modi è associabile una curva di dispersione differente.

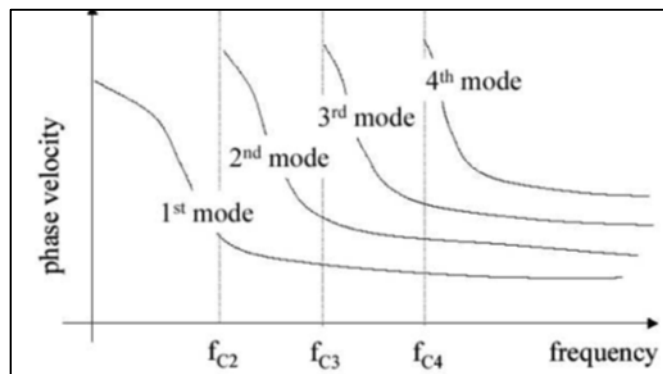


Figura 8 - Differenti modi di vibrare e relative curve di dispersione. Tratto da Claudio Strobbia (2001).

3.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

La prova, comunemente nota con il termine H/V, fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti: per questo motivo la prova assume anche la denominazione di prova **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Nel campo delle vibrazioni ambientali sono presenti sia onde di volume (P e S) che onde di superficie (Love e Rayleigh): la frazione di energia associata alla componenti di onde di volume rispetto a quelle di onde superficiali varia da caso a caso e dipende dall'intervallo di frequenze considerato.

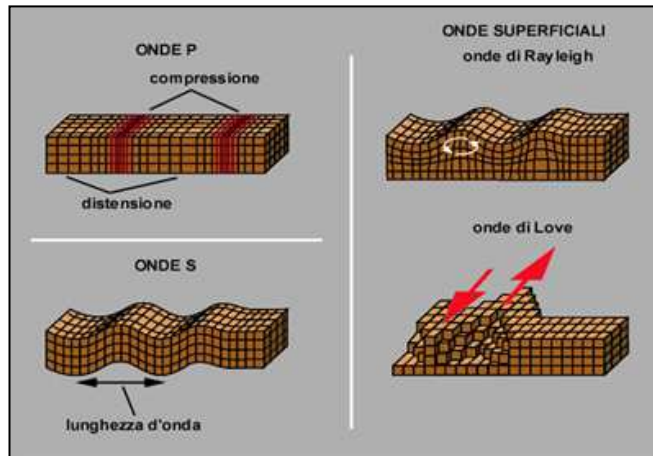


Figura 9 - Onde P, onde S, onde di Rayleigh, onde di Love

Indipendentemente dalla natura del campo d'onde, la funzione H/V sarà sempre caratterizzata da valori massimi in corrispondenza della frequenza di risonanza delle onde S. In assenza di contrasti di impedenza alla base della copertura, il rapporto H/V sarà all'incirca unitario, sia nel caso di rumore ambientale dominato da onde di volume, che da onde di superficie. Studi teorici e osservazioni sperimentali mostrano che esiste una relazione non lineare tra l'ampiezza dei massimi della curva H/V e l'entità del contrasto di impedenza sismica alla base della copertura. Altri fattori che influenzano l'ampiezza dei massimi H/V sono il contributo delle diverse fasi sismiche, lo smorzamento, il rapporto di Poisson nelle coperture e la distribuzione delle sorgenti attorno al ricevitore (*"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola-D. Albarello, S. Castellaro-2011"*).

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione:

1. della forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti "s" dei microtremori;
2. della modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali;
3. del percorso dell'onda dalle sorgenti "s" fino alla posizione "x" del sito oggetto di indagine e dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda.

Proprio in considerazione di quest'ultimo punto, si denota l'importanza della scelta del posizionamento dello strumento.

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura; in generale, la stima della frequenza di risonanza sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno (*"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola-D. Albarello, S. Castellaro-2011"*).

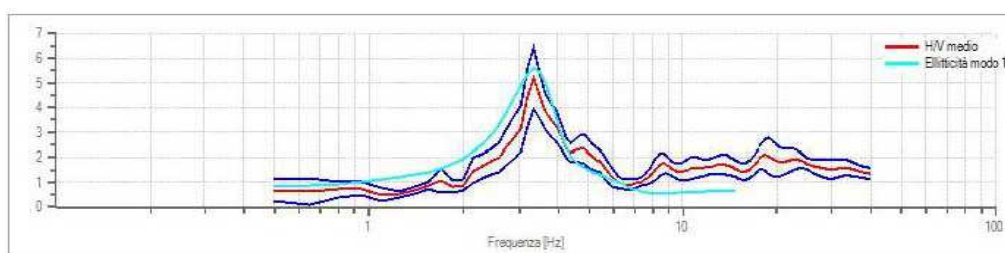


Figura 10 - Esempio di rapporto spettrale H/V

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una indagine HVSR sono i seguenti:

- frequenza caratteristica di risonanza del sito (f_0), che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici. La f_0 è necessaria per la redazione della carta di Microzonazione sismica (MS) e per quella delle MOPS di 1° livello ("Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica"), elaborati di supporto alla pianificazione urbanistica;
- frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso.
- sismo-stratigrafia (comprendente il parametro $V_{s,eq}$) con un ampio range di profondità di indagine. Tale interpretazione deriva dall'inversione del dato HVSR e quindi necessita di conoscenze approfondite dell'assetto geologico locale.

La conoscenza delle frequenze fondamentali di risonanza dei terreni di fondazione e delle strutture antropiche che vi si trovano, è di cruciale importanza in quanto, se questi due parametri dovessero coincidere, in caso di sisma, si creerebbe il cosiddetto fenomeno della "doppia risonanza".

Le frequenze fondamentali di risonanza di terreni e strutture possono essere misurate direttamente (tramite l'impiego della tecnica HVSR), oppure ricavati, in modo approssimato, attraverso relazioni empiriche:

- In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra la profondità H del substrato sismico, la velocità media delle onde S all'interno dello strato superficiale (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f_0 :

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$

- Grossolanamente, la frequenza fondamentale di un edificio può essere ricavata come di seguito ("*Effetti di sito e V_{s30} : una risposta alla normativa antisismica-Francesco Mulargia, Silvia Castellaro e Piermaria Luigi Rossi*"):

$$f_0 = \frac{10 \text{ Hz}}{n}$$

Dove $n = n^\circ$ piani dell'edificio.

4.0 Strumentazione ed acquisizione

4.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Sensori: n. 24 geofoni verticali da 4,5 Hz dotati di basette in polietilene per superfici rigide; cavo multicanale a 24 take-outs.

Unità di acquisizione: Sismografo Ambrogeo ECHO 12-24/2002 (alimentazione DC 12V) + laptop + Software 7.0 SEG Y.

Unità di elaborazione: Desktop PC + Software EasyMASW (GeoSTRU).

Array ed energizzazione: In base alle finalità dello studio ed alle condizioni logistiche del sito in esame, è stato utilizzato un array lineare di lunghezza complessiva 23 m, disponendo sul terreno 24 geofoni, con distanza inter-geofonica pari a 1,0 m. L'energizzazione è stata eseguita colpendo una piastra di battuta in duralluminio con mazza da 8 Kg (con trigger incorporato). Sono state effettuate battute da diverse posizioni esterne allo stendimento (rispettivamente 10 m, 5 m e 1 m dal G1 e dal G24), sia con battuta singola, sia in

modalità stacking (somma algebrica del segnale derivante da due battute al fine di aumentare il fattore SNR – Signal to Noise Ratio). Le varie registrazioni sono state elaborate e confrontate al fine di verificare la coerenza tra di esse. Infine sono state scelte le elaborazioni con il segnale in input più pulito, la cui curva di dispersione risultasse più netta.

Le coordinate dei vertici degli stendimenti sono le seguenti (sistema di riferimento EPSG 3003):

Stendimento MW37 - TRAVALE geofono 1: 1663492 - 4781237 m geofono 24: 1663466 - 4781238 m	Stendimento MW38 - BOCHEGGIANO geofono 1: 1665638 - 4772782 m geofono 24: 1665657 - 4772792 m
---	---

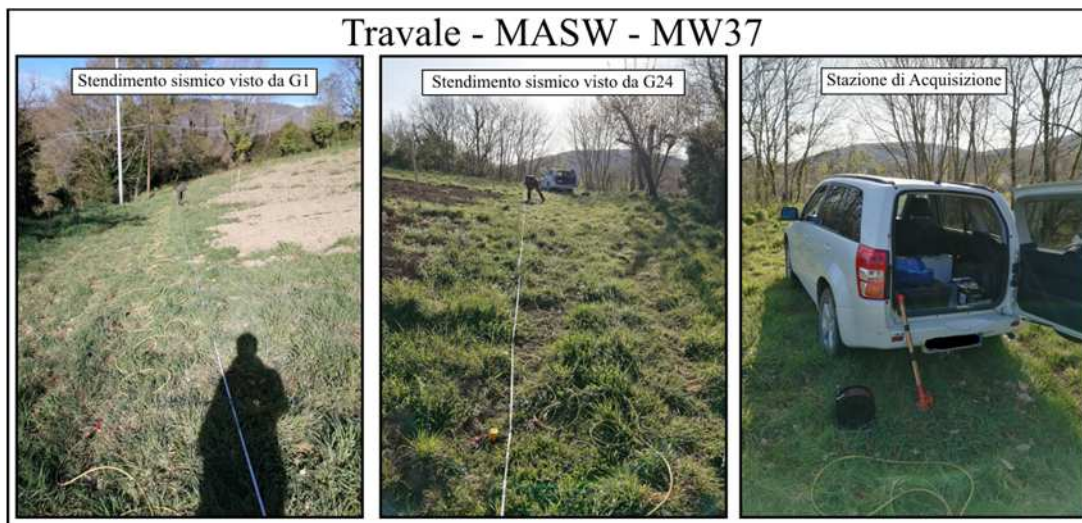


Figura 11 – Documentazione fotografica relativa all’esecuzione dello stendimento MW37 eseguita a Travale.



Figura 12 – Documentazione fotografica relativa all’esecuzione dello stendimento MW38 eseguito a Boccheggiano.

La prima operazione di processing eseguita è stata l’analisi del sismogramma. In questa fase, le tracce registrate dai geofoni in campagna, vengono analizzate, editate e ritagliate secondo una finestra (windowing) entro cui il segnale risulta significativo rispetto all’energizzazione indotta dallo scoppio.

Una volta selezionati i sismogrammi (accelerogrammi) di interesse, il software esegue una FFT (Fast Fourier Transform) del segnale, al fine di ottenere uno spettro relativo alla Velocità di Fase delle onde (asse Y) in funzione delle frequenze (asse x). L’intensità spettrale viene rappresentata sul grafico con gradazioni di colore al fine di meglio effettuare l’interpretazione.

Una volta ottenuto lo spettro, si procede all'operazione di "picking", attraverso la quale vengono individuati manualmente i punti di massima intensità spettrale, corrispondenti ai punti della "curva di dispersione sperimentale".

Una volta terminata la fase di interpretazione (determinazione della curva di dispersione sperimentale), si passa alla fase di inversione, attraverso la quale un processo iterativo consente la determinazione della "curva di dispersione sintetica" che meglio approssima quella sperimentale. Il software esegue un certo numero di iterazioni modificando un modello fisico di partenza (fornito dall'utente sulla base delle conoscenze geologiche pregresse), per restituire infine il modello che meglio approssima la curva di dispersione sperimentale.

Il risultato finale del processo di inversione è costituito dal modello sismo-stratigrafico di sottosuolo, relativo alla variazione unidimensionale del valore di V_s lungo la verticale di indagine.

4.1.1 Stendimento MASW - MW37 - Travale

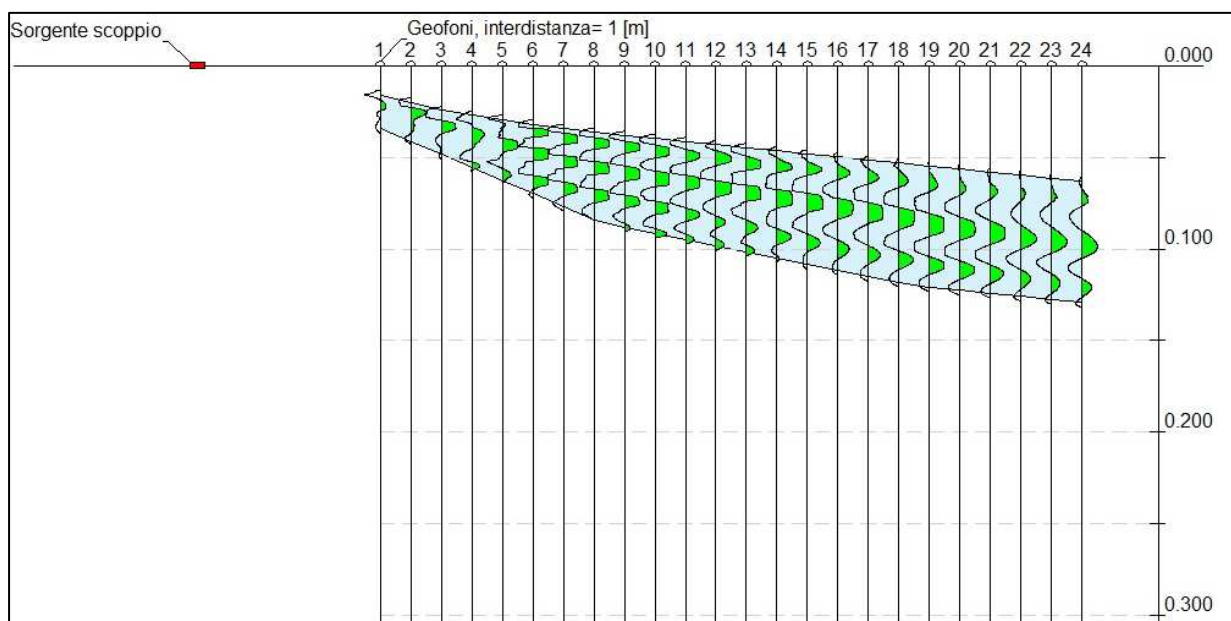


Figura 13 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW37, Travale

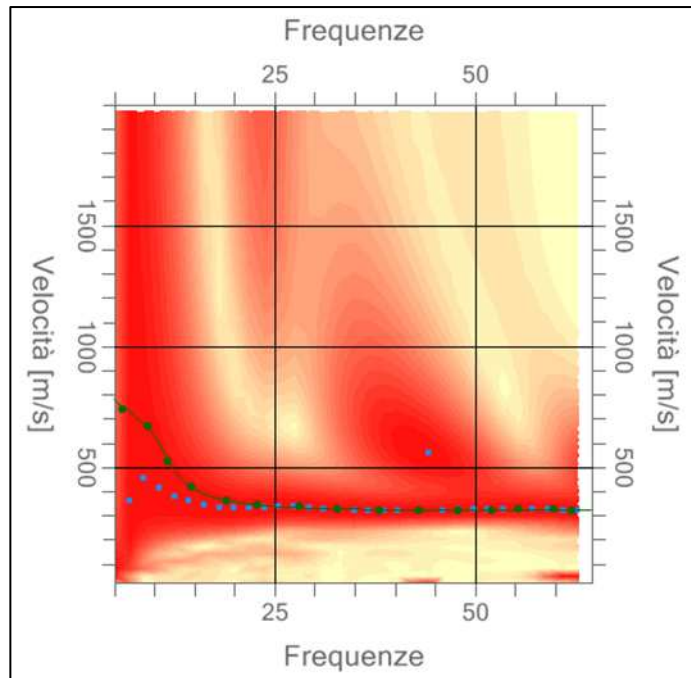


Figura 14 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW37, Travale

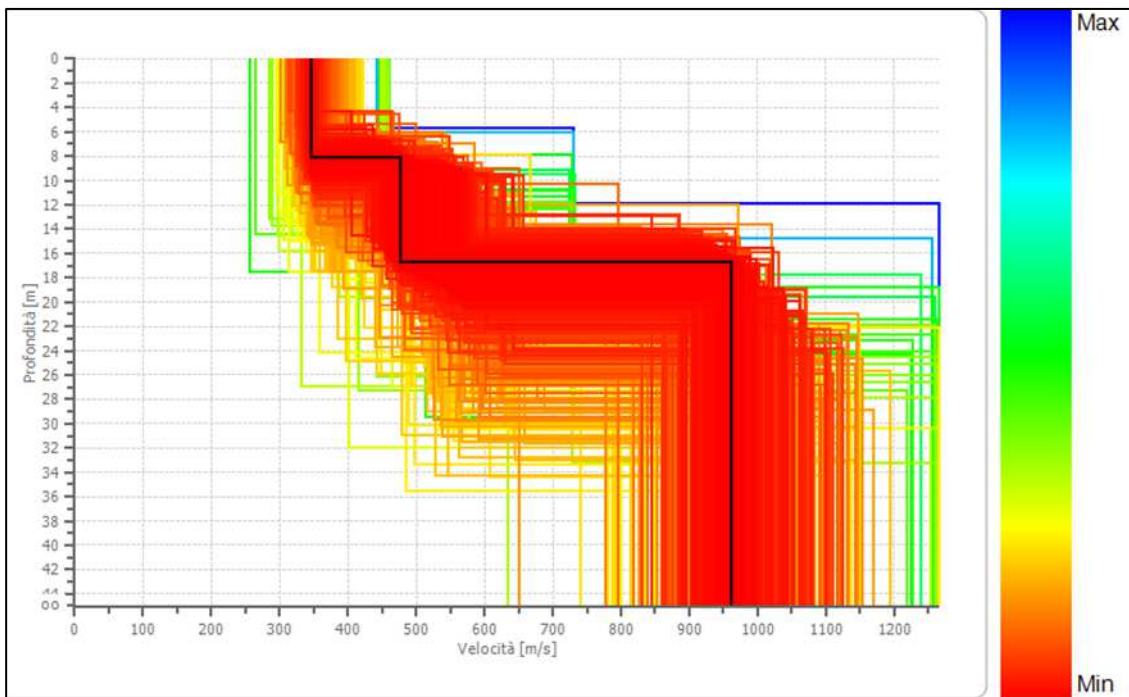


Figura 15 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW37, Travale

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	8.11	8.11	346.3
2	16.76	8.65	477.0
3	oo	oo	960.6

Percentuale di errore 0.012 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.010

4.1.2 Stendimento MASW - MW38 - Boccheggiano

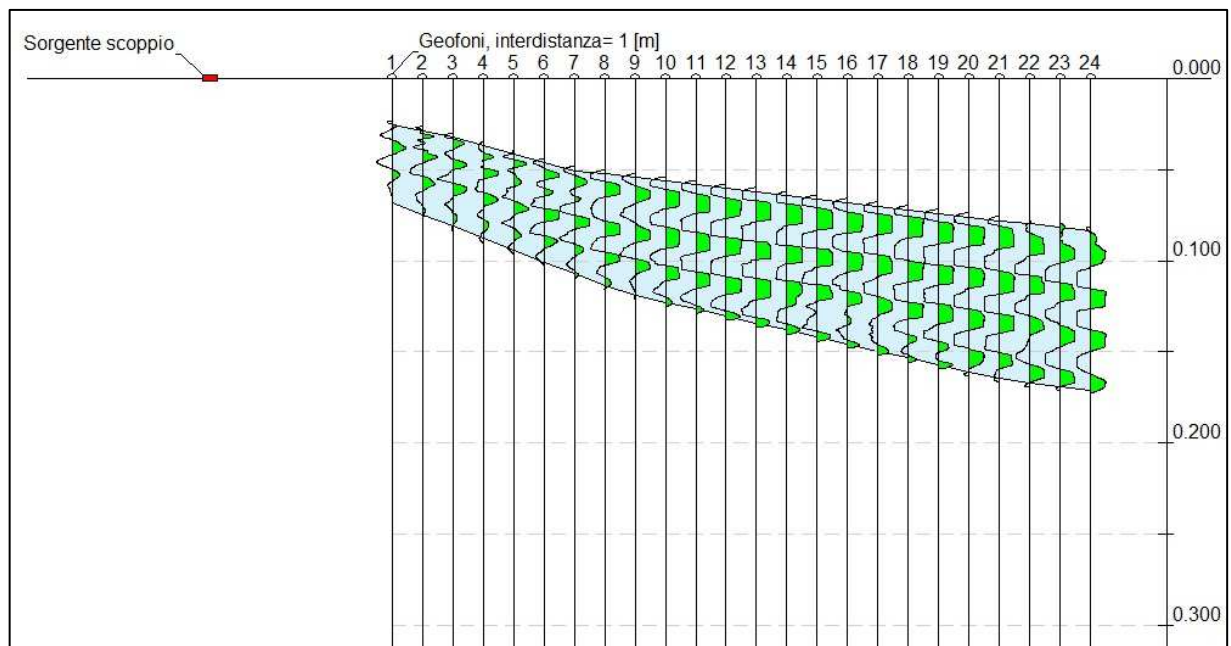


Figura 16 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW38, Boccheggiano

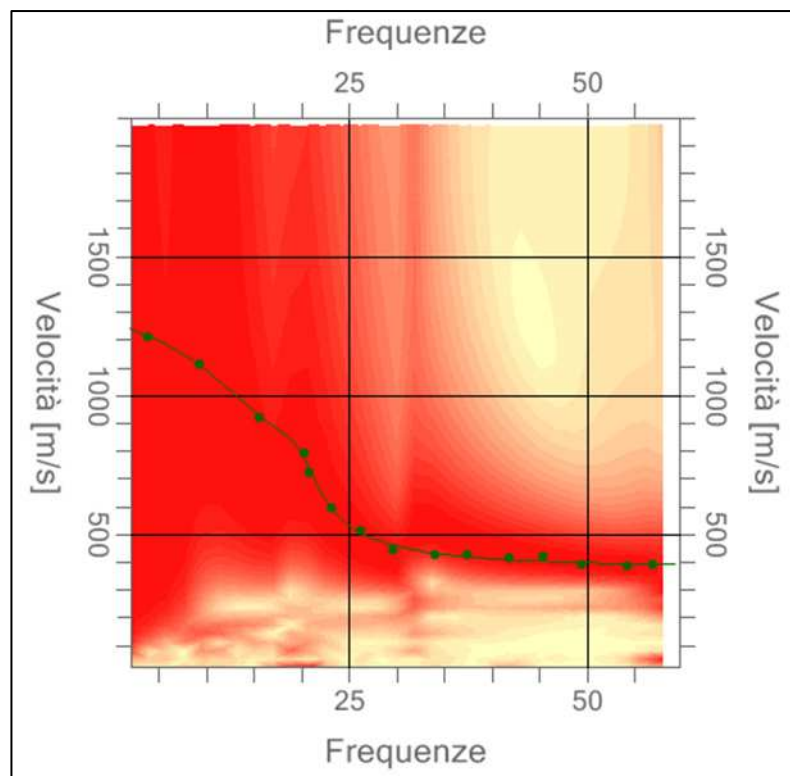


Figura 17 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW38, Boccheggiano

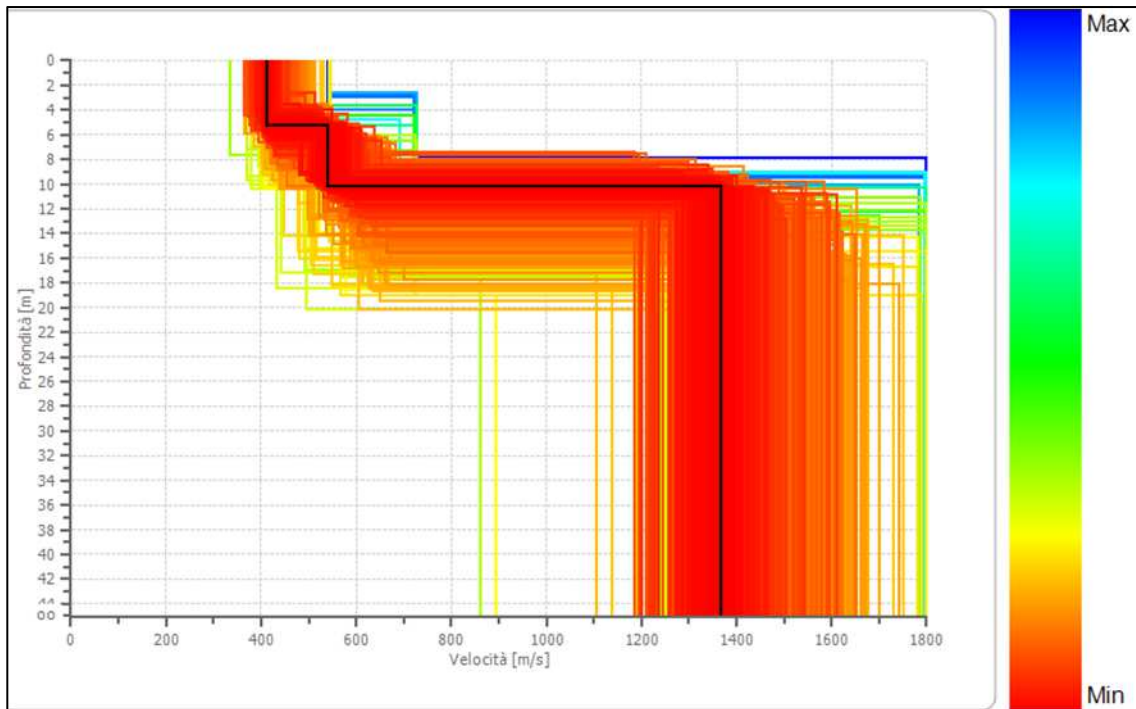


Figura 18 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW38, Boccheggiano

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	5.26	5.26	413.3
2	10.22	4.96	539.3
3	oo	oo	1367.3

Percentuale di errore 0.022 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.020

4.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

Lo strumento utilizzato è un “*EchoTromo HVSr 3*” della AMBROGEO, un sismografo a 3 canali per la registrazione passiva (H/V) ed attiva (MASW a 3 canali). I dati acquisiti in campagna sono stati processati attraverso l'utilizzo del software “*Easy HVSr*” della GEOSTRU.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche del sismografo:

- Numero di canali - 3 con input differente;
- Conversione AD - 24 bit;
- Range dinamico - 130 dB @ 1 ms PG>0 dB / 120 dB @ 1 ms PG>18 dB;
- Cross Talk > 90 dB;
- Preamplificazione Gain - 1-2-4-8-16-32;
- Frequenza di lavoro MASW - da 0 a 400 Hz (1KSPS);
- Frequenza di lavoro HVSr - selezionabile / 78-157-311-415-622-1244 Hz;
- Intervallo campionamento - 12.8-6.4-3.2-2.4-1.6-0.8 ms;
- Record Length - dipende dalla capacità della SD Card;
- Distorsione (THD) - 0.0004 %;
- Segnale Max di Input - 1 Vpp, 0 dB;
- CMR - 110 dB (fCM-60 Hz / fDATA – 30 kSPS);
- Noise - 0.25 uV, 2 ms / 36 dB;
- Delay dell'inizio registrazione - da 0 a 100 sec;

- Range di Temperatura - da -30 °C a + 70°C;
- Power - 9.6 Volt;
- Formato Output - SEG Y / SAF (Sesame ASCII Format).



Figura 19 - EchoTromo HVSr 3" AMBROGEO, con geofono da 2 Hz

Per l'acquisizione è stato utilizzato un geofono tridirezionale da 2 Hz.

Le misure sono state eseguite secondo i dettami delle linee guida del progetto SESAME (progetto europeo, Site Effects Assessment Using Ambient Excitations). Tale progetto, che ha coinvolto 14 istituti di ricerca e 85 ricercatori, costituisce attualmente uno dei riferimenti tecnici più seguiti in ambito europeo per il metodo HVSr.

L'acquisizione è stata effettuata mediante registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) su singola stazione. Tale registrazione è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

E' stata poi eseguita un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate sono state suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si è ottenuto così un insieme di finestre "long", sincronizzate fra le tracce. Queste finestre sono state filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, è stato ricavato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo è stato sottoposto a tapering e lisciamento secondo delle tecniche note in letteratura e ritenute idonee.

Successivamente sono stati presi in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie è stata eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro è stato usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo ha permesso quindi di ottenere il

ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui è stata suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si è ottenuto il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco f_0 (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito: per quanto riguarda invece l'ampiezza del picco H/V (A_0) questo al momento non sembra essere direttamente relazionabile all'amplificazione sismica in senso assoluto, ma debba essere interpretato per distinguere quali siti amplificano più di altri.

Di seguito sono riportate le misure effettuate nel corso della campagna geofisica del 9 e del 12 aprile 2021. Durante tale campagna sono state eseguite cinque misure, di cui si riportano in tabella le coordinate metriche (sistema di riferimento "Gauss-Boaga Roma40", EPSG 3003):

HVSR ID	Coordinata x	Coordinata y
"HV125" - Montieri	1663948	4777169
"HV126" - Montieri	1664162	4777096
"HV127" - Travale	1663477	4781303
"HV128" - Travale	1663538	4781349
"HV129" - Boccheggiano	1665433	4772875

Tabella 1 - Coordinate metriche misure HVSR



Figura 20 - Documentazione fotografica indagine HVSR Boccheggiano

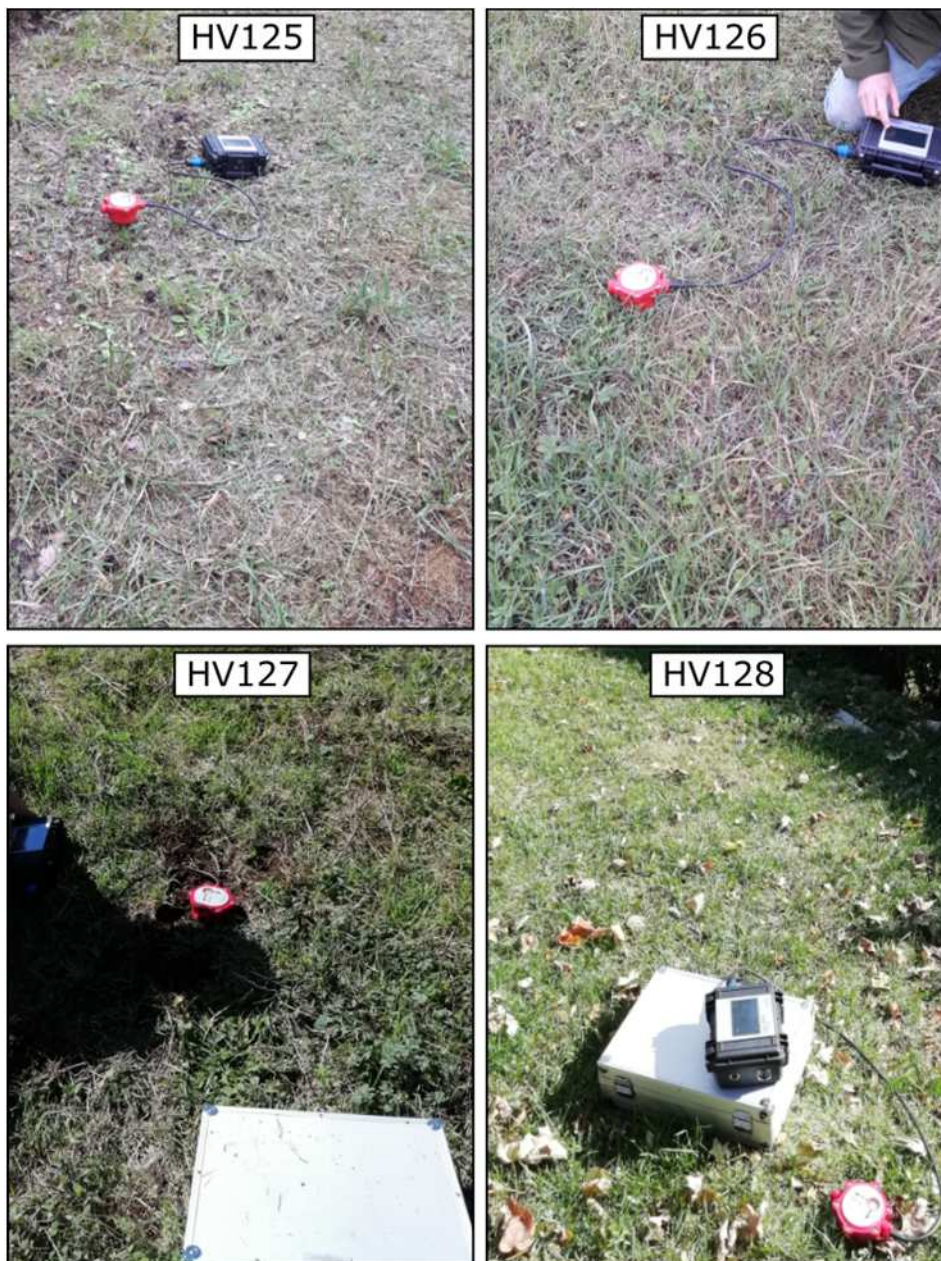


Figura 21 - Documentazione fotografica indagine HVSr Montieri - Travale

4.2.2 Misura n°1 - “HV125” - Montieri

Data: 12/04/2021 - 09:47

Coordinata x: 1663948 m Est “Gauss-Boaga Roma40”

Coordinata y: 4777169 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	157.00 Hz
Numero campioni:	188400
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 49
Numero finestre incluse nel calcolo: 49
Dimensione temporale finestre: 20.00 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 40.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

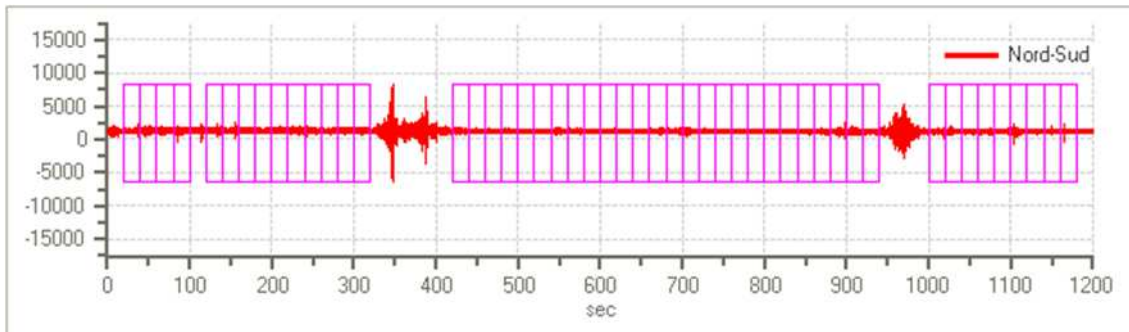


Figura 22 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

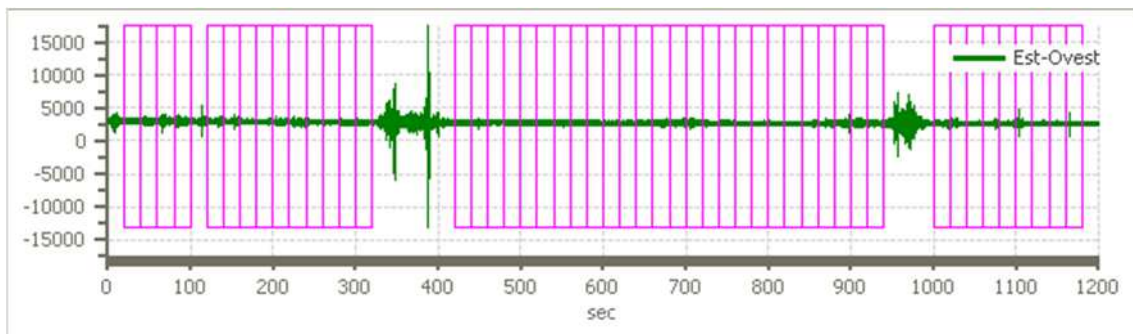


Figura 23 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

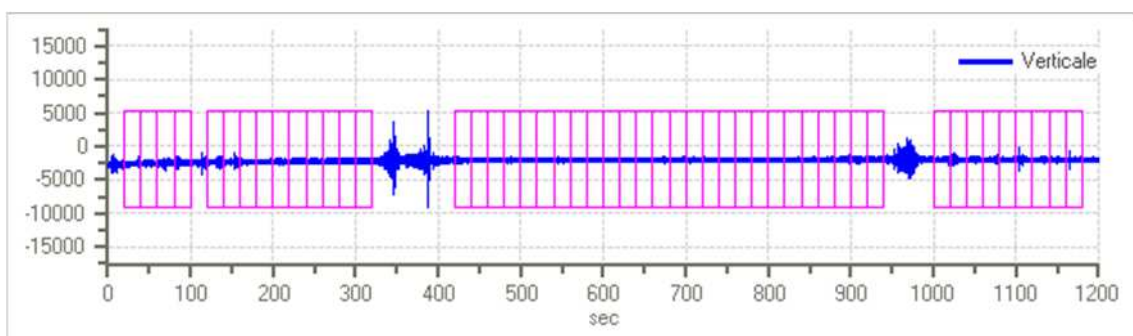


Figura 24 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

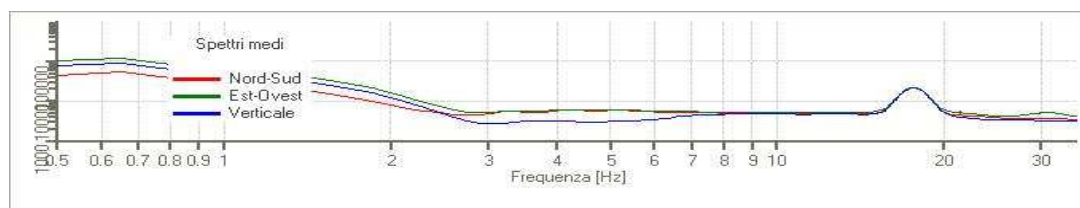


Figura 25 - Spettri medi nelle tre direzioni

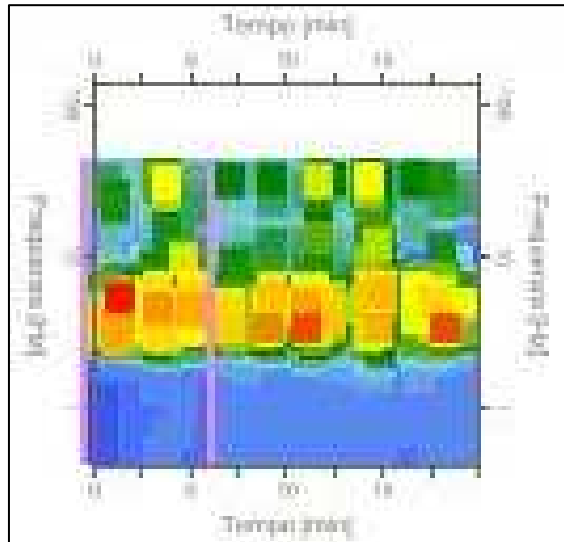


Figura 26 - Mappa della stazionarietà degli spettri

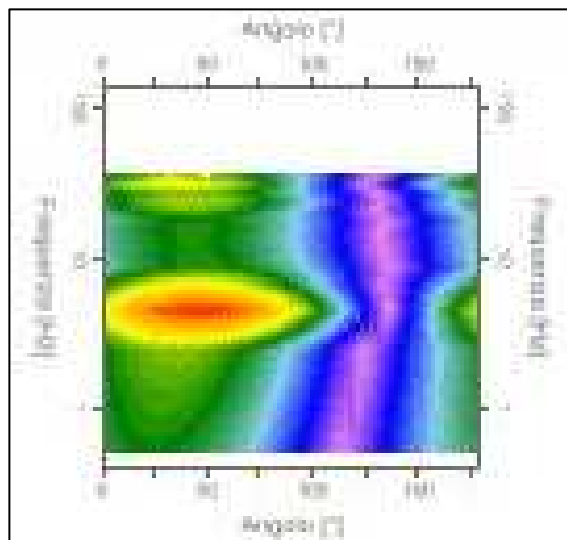


Figura 27 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	35.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	40.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 4.55 Hz \pm 0.18 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

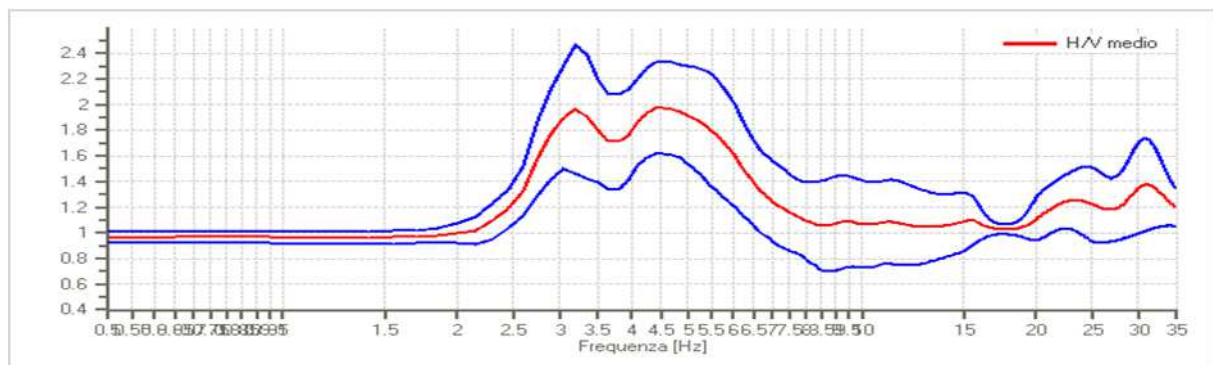


Figura 28 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; **3 Criteri verificati su 3**
- Criteria per un picco H/V chiaro; **4 Criterio verificato su 6**

4.2.3 Misura n°2 - "HV126" - Montieri

Data: 12/04/2021 - 10:56

Coordinata x: 1664162 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4777096 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 41
Numero finestre incluse nel calcolo: 41
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di liscio: Konno & Ohmachi
Percentuale di liscio: 35.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

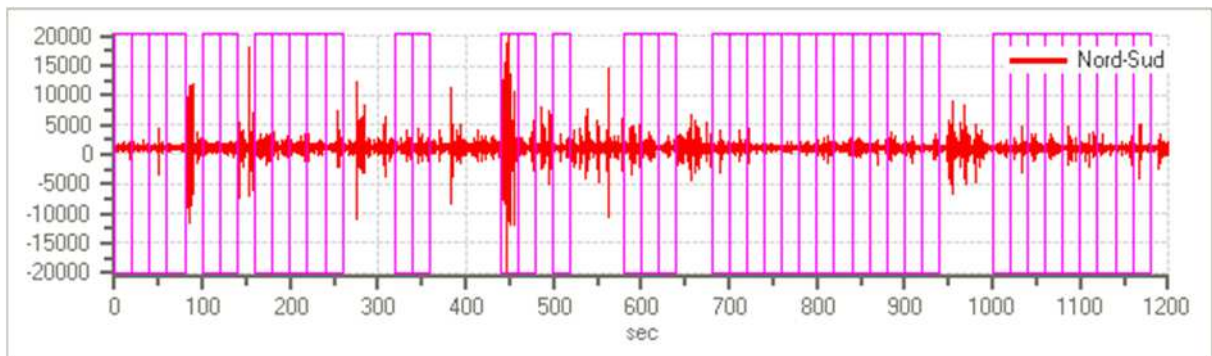


Figura 29 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

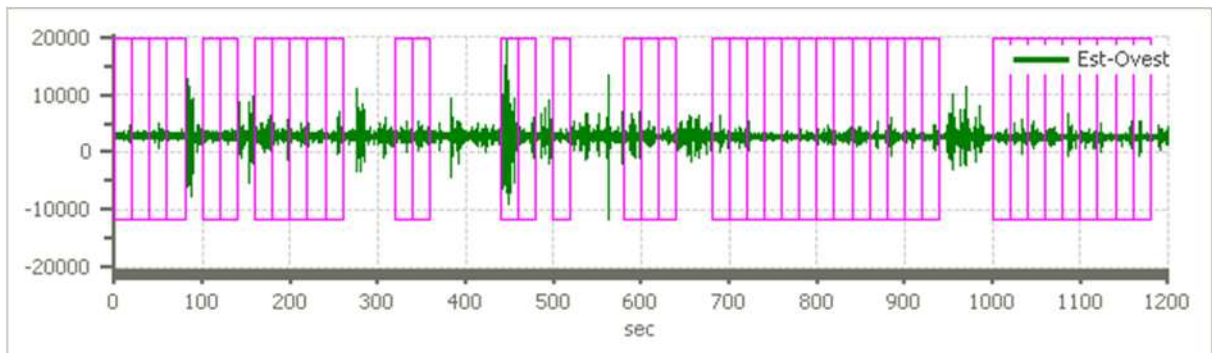


Figura 30 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

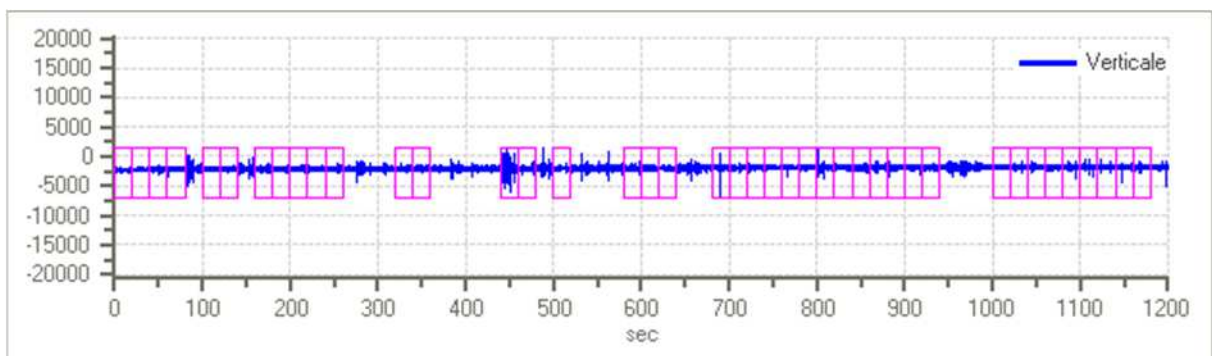


Figura 31 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

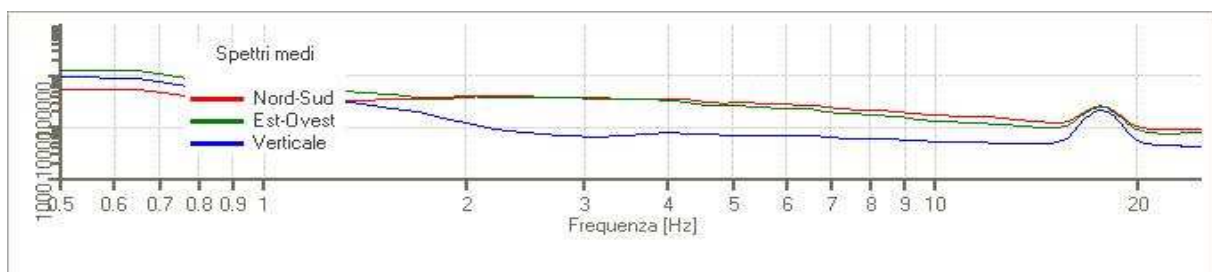


Figura 32 - Spettri medi nelle tre direzioni

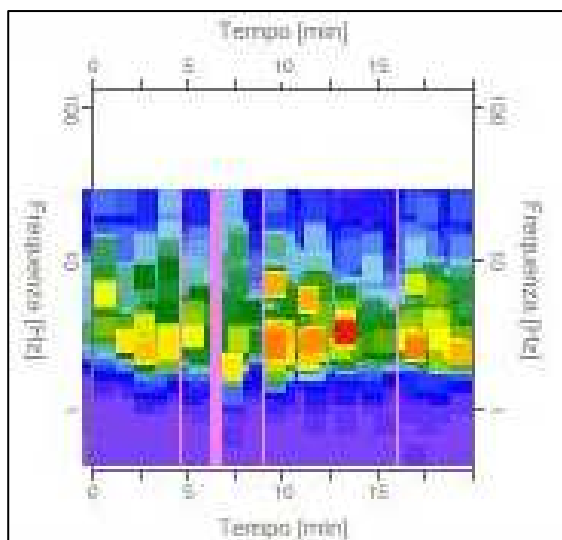


Figura 33 - Mappa della stazionarietà degli spettri

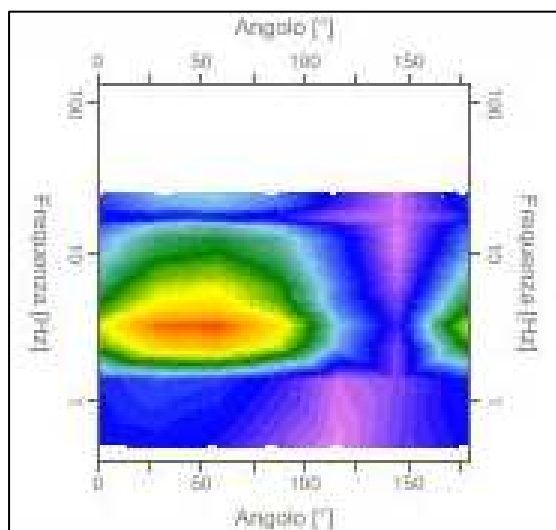


Figura 34 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	25.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	35.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 2.90 Hz \pm 0.30 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

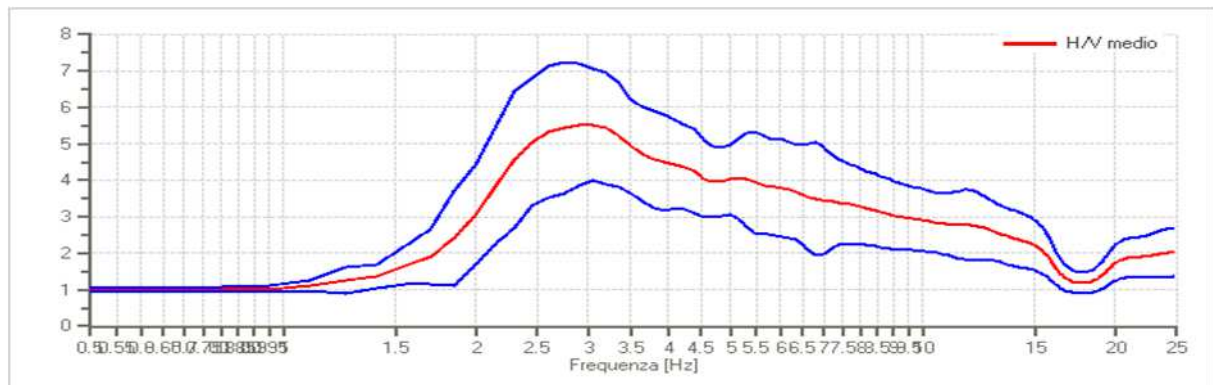


Figura 35 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 4 Criterio verificato su 6

4.2.4 Misura n°3 - "HV127" - Travale

Data: 12/04/2021 - 12:45

Coordinata x: 1663477 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4781303 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 45
Numero finestre incluse nel calcolo: 45
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento: 35.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

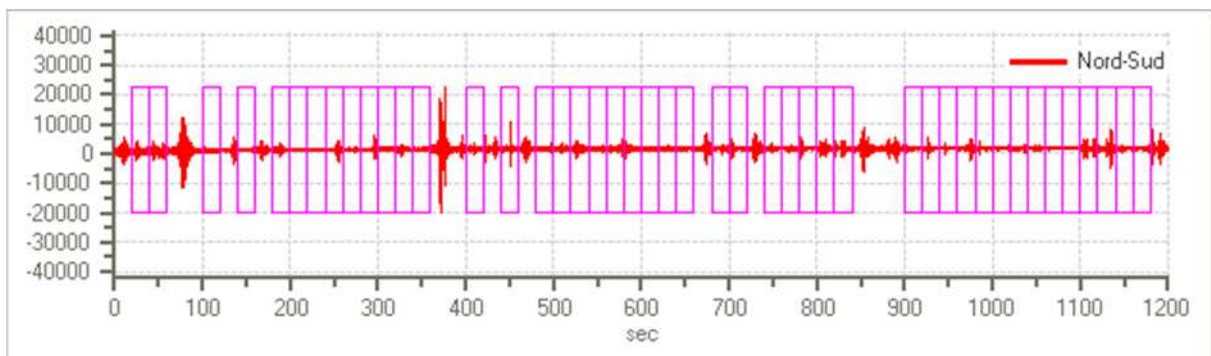


Figura 36 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

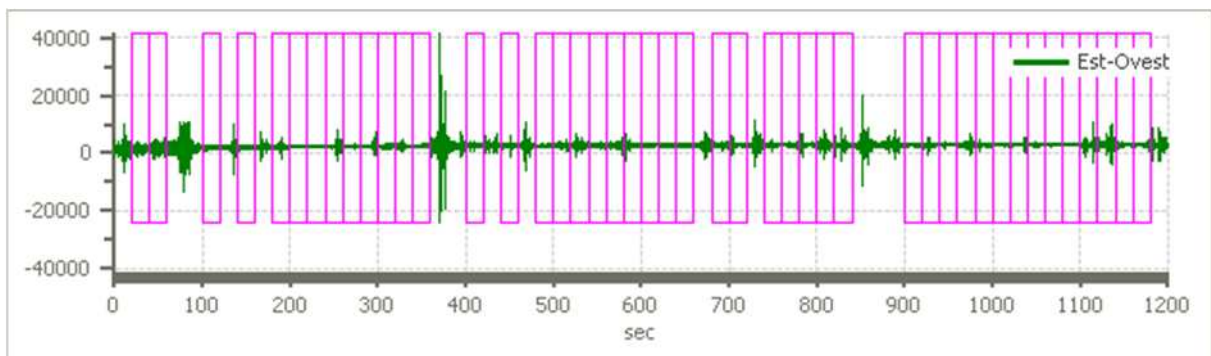


Figura 37 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

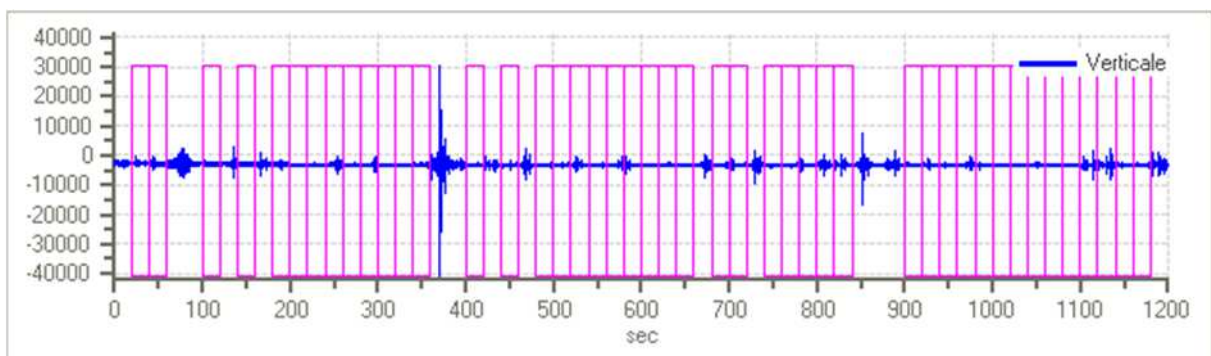


Figura 38 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

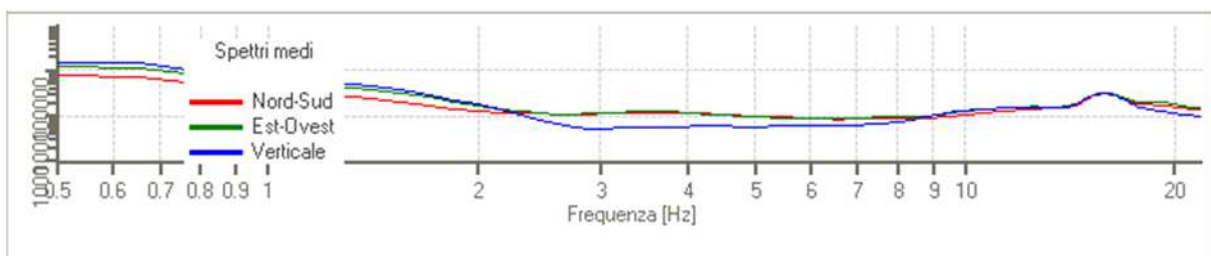


Figura 39 - Spettri medi nelle tre direzioni

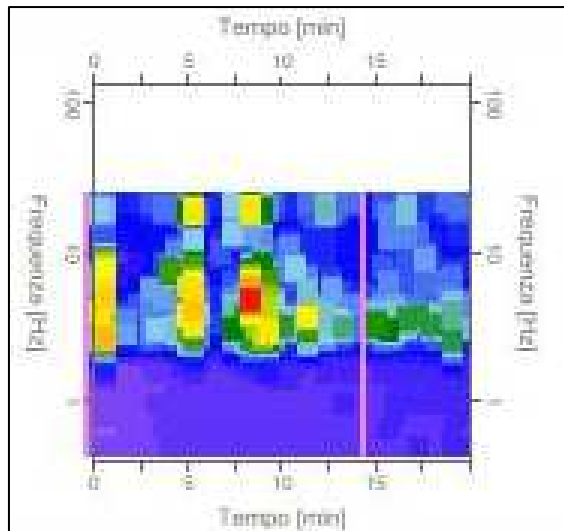


Figura 40 - Mappa della stazionarietà degli spettri

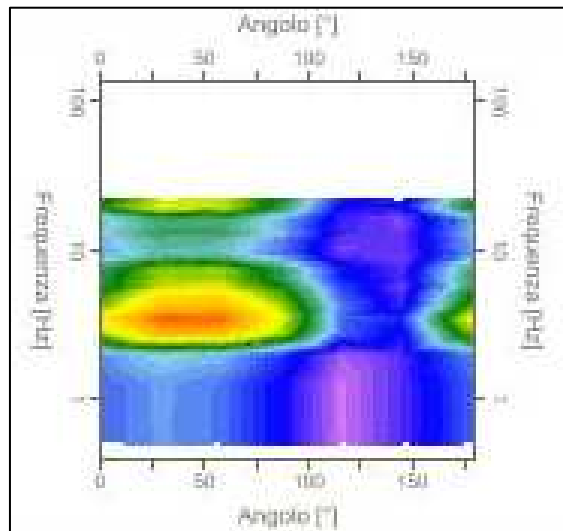


Figura 41 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	22.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamiento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento:	35.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 3.05 Hz \pm 0.37 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

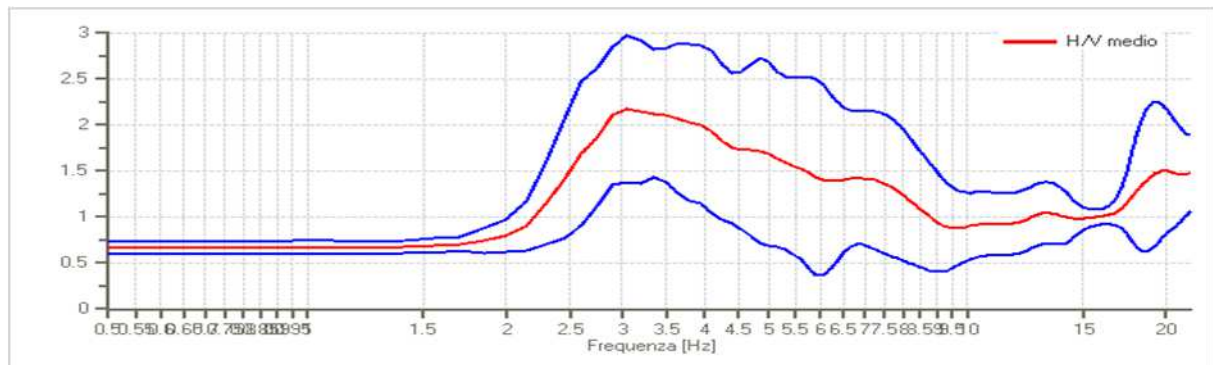


Figura 42 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 6 Criterio verificato su 6

4.2.5 Misura n°4 - "HV128" - Travale

Data: 12/04/2021 - 14:10

Coordinata x: 1663538 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4781349 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 38
Numero finestre incluse nel calcolo: 38
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 40.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

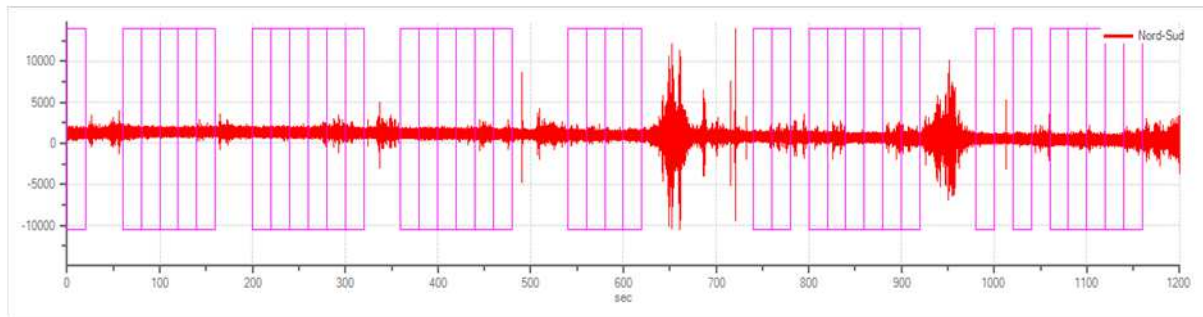


Figura 43 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

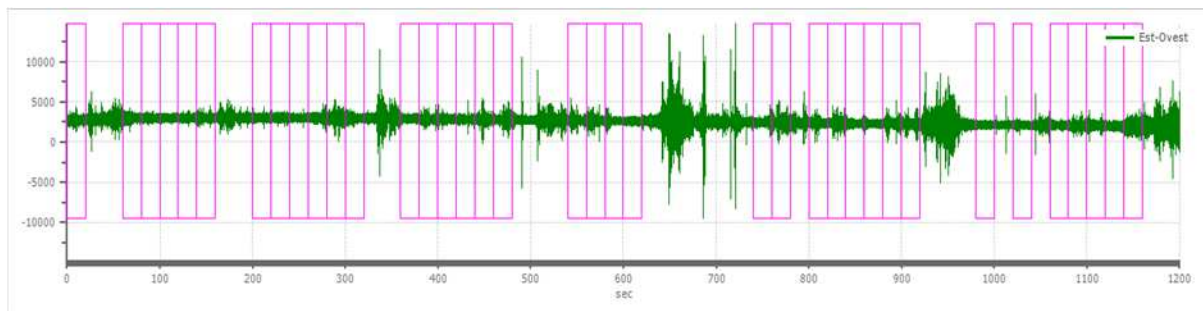


Figura 44 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

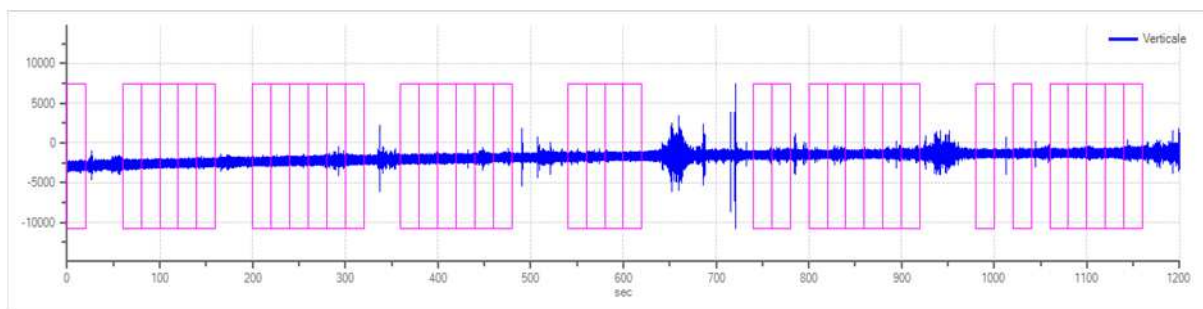


Figura 45 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

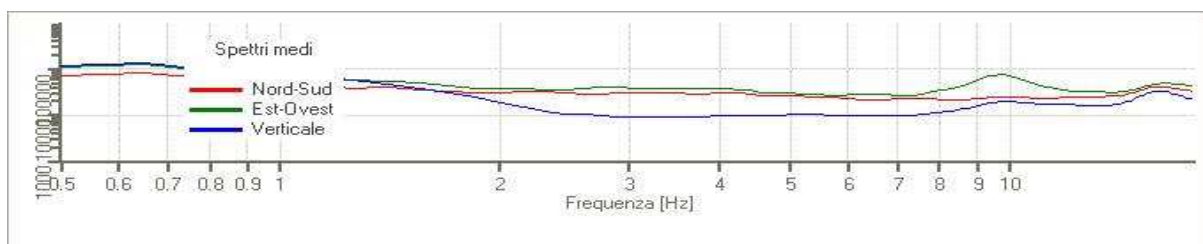


Figura 46 - Spettri medi nelle tre direzioni

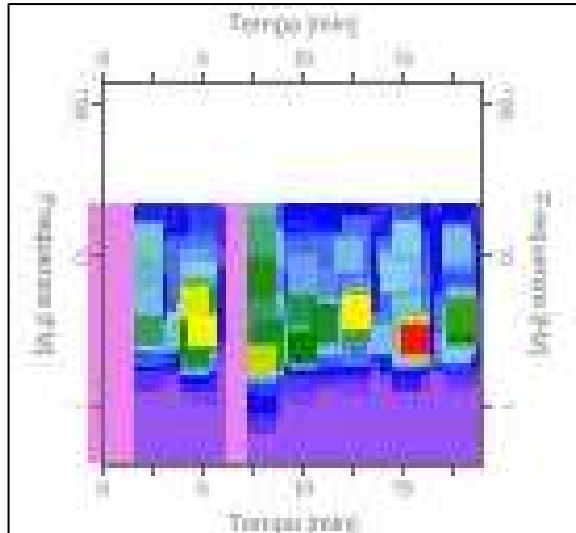


Figura 47 - Mappa della stazionarietà degli spettri

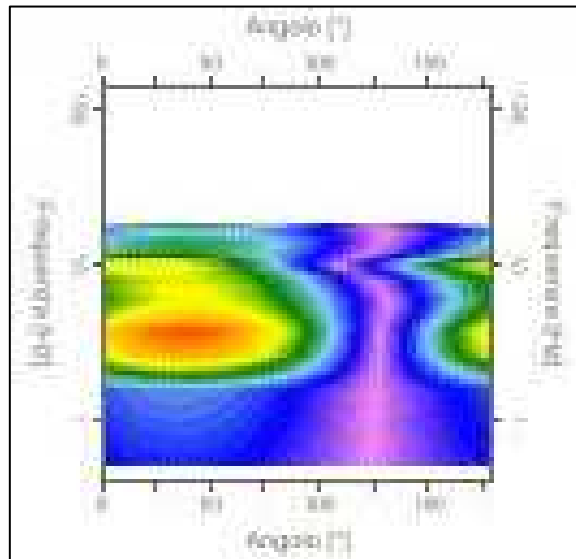


Figura 48 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	18.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamiento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento:	40.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 3.20 Hz \pm 0.39 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

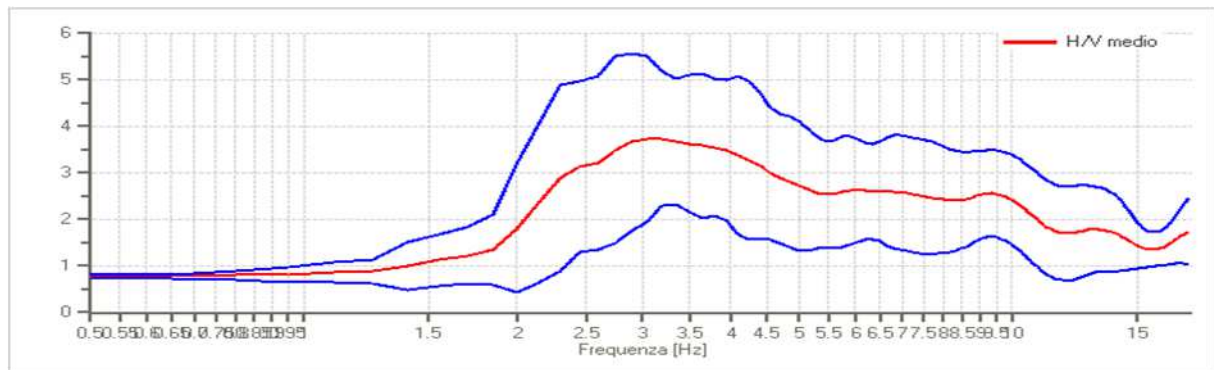


Figura 49 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 6 Criterio verificato su 6

4.2.1 Misura n°5 - "HV129" - Boccheggiano

Data: 09/04/2021 - 10:55

Coordinata x: 1665433 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4772875 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 42
Numero finestre incluse nel calcolo: 42
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento: 20.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

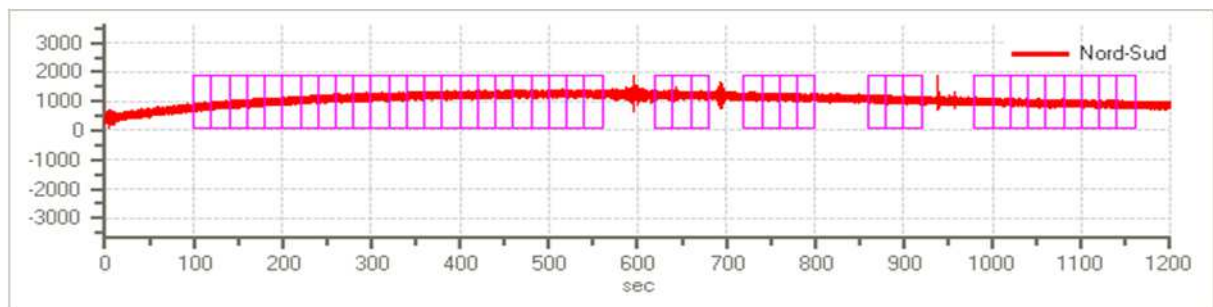


Figura 50 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

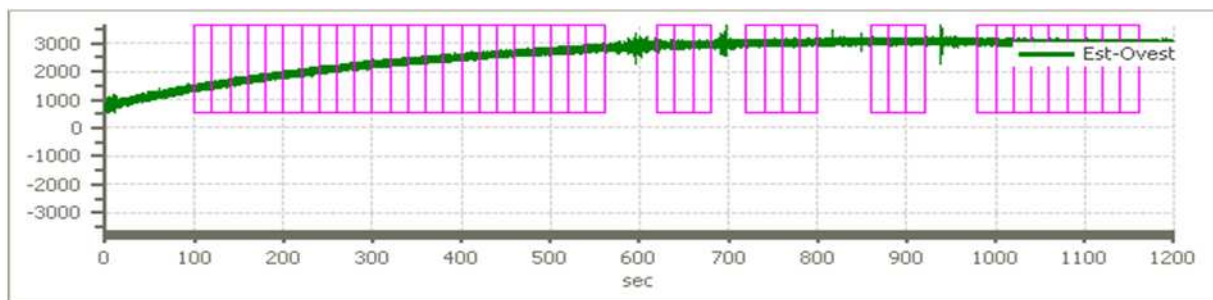


Figura 51 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

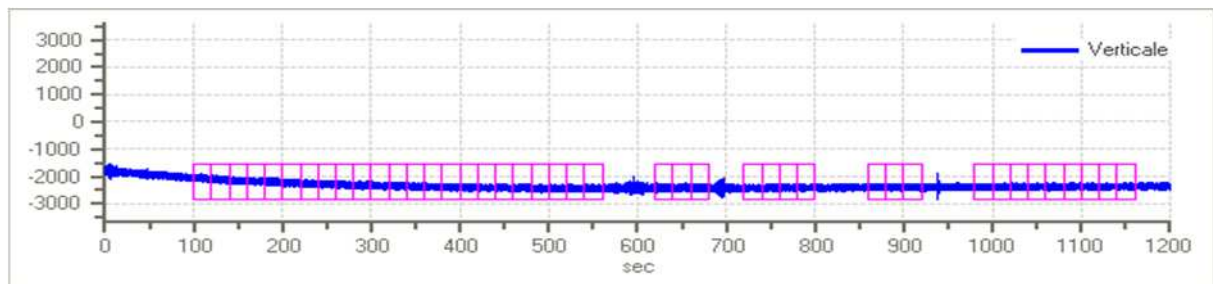


Figura 52 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

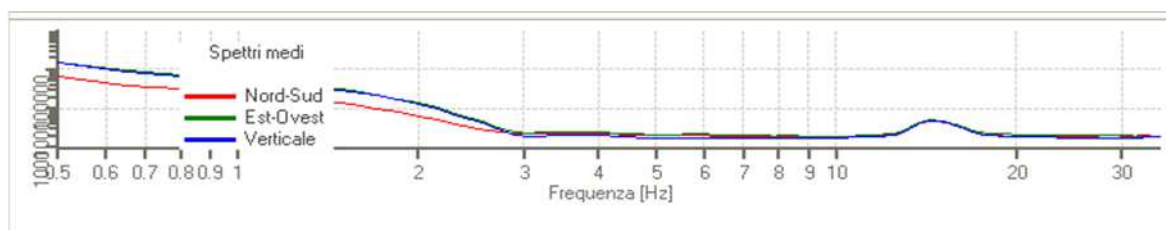


Figura 53 - Spettri medi nelle tre direzioni

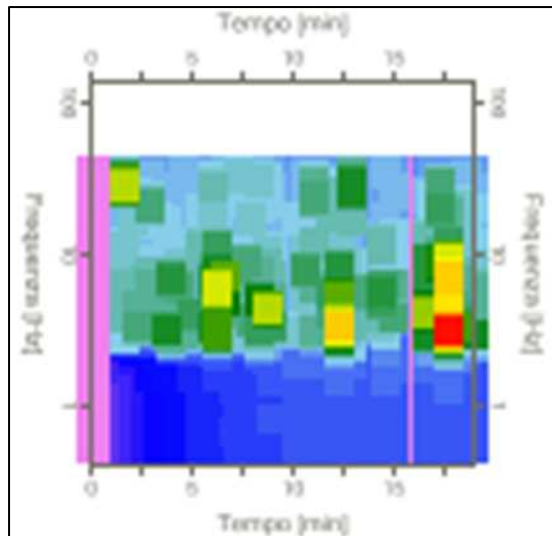


Figura 54 - Mappa della stazionarietà degli spettri

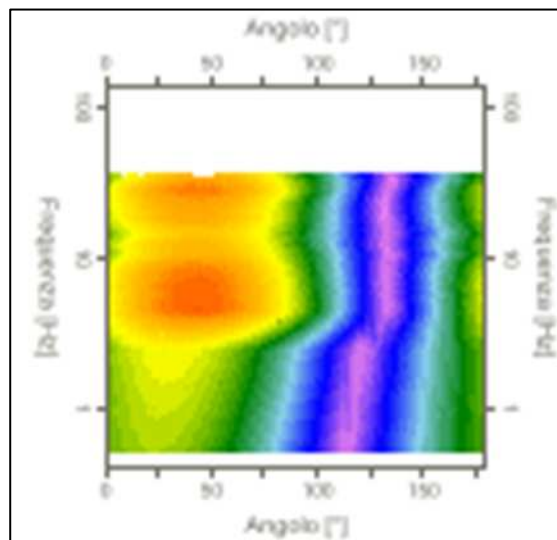


Figura 55 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	35.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamto::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamto:	20.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 3.05 Hz \pm 0.34 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

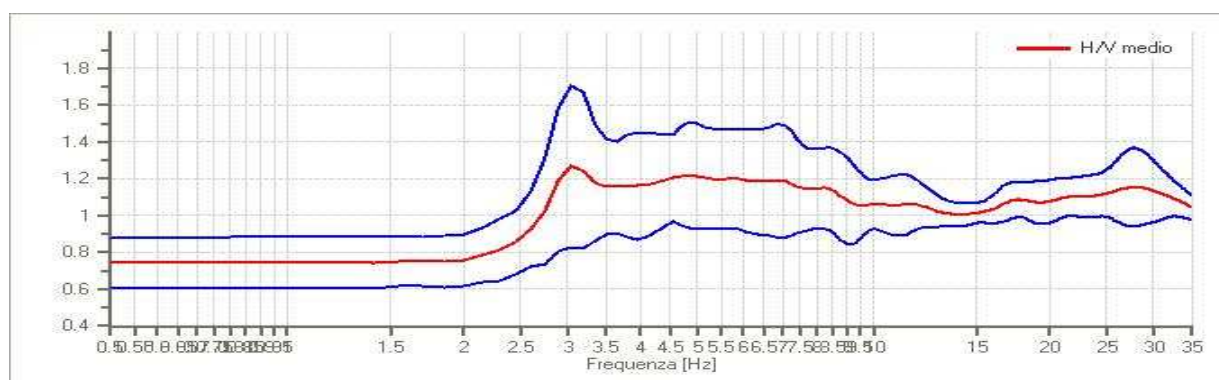


Figura 56 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; **3 Criteri verificati su 3**
- Criteria per un picco H/V chiaro; **4 Criterio verificato su 6**

4.3 Valutazione della qualità delle misure HVSR

Per la valutazione della qualità delle misure HVSR eseguite, si utilizza la classificazione proposta da Albarello et alii, 2010: l'obiettivo è quello di fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e di elaborazione dei dati. Questa classificazione prevede 3 classi principali: **Classe A**, **Classe B** e **Classe C**.

Classe A: curva H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*).
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi).
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica).
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica).
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata).

ECCEZIONE per la **Classe A**: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata.

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura.
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole **Classi A e B** si possono pertanto definire due sottoclassi, ossia:

Tipo 1. Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

Tipo 2. Non presenta picchi “chiari” nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

La principale informazione fornita dai rapporti spettrali H/V, quindi, è rappresentata dalla frequenza naturale di oscillazione del sottosuolo (f_0), data dal picco della curva H/V, la cui variabilità aumenta con la larghezza della sua base.

Non sempre però la curva H/V mostra dei picchi netti, talora sono poco chiari o allargati, e non soddisfano le condizioni SESAME; 2 dei 6 criteri per la verifica di attendibilità del picco di frequenza SESAME, riguardano proprio la deviazione standard massima che possono avere un picco di f_0 e la sua ampiezza $A_0(f_0)$ e sono i seguenti:

1. la deviazione standard del picco in frequenza f_0 , deve essere inferiore ad una soglia massima $\varepsilon(f_0)$;
2. la deviazione standard del picco in ampiezza $A_0(f_0)$, deve essere inferiore ad una soglia massima $\theta(f_0)$;

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $A_0(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella 2: valori massimi accettabili per la deviazione standard a diversi range di frequenza del picco (“SESAME HVSR User Guidelines”)

I casi in cui lo spettro H/V non mostra un picco netto di frequenza, e quindi con deviazioni standard maggiori, sono imputabili a diversi fattori quali: un contrasto di impedenza moderato, condizioni meteo ventose e/o perturbate, disaccoppiamento suolo-sensore, disturbi a bassa frequenza (camion, macchine a grande distanza), parametri di “liscciamento” inadeguati.

5.0 Sintesi dei risultati

L'indagine geofisica eseguita nel comune di Montieri (GR), nello specifico nelle frazioni di Travale e di Boccheggiano ed a Montieri capoluogo, ha permesso di ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico delle aree in esame e di un loro intorno significativo, nonché di ricavarne la frequenza di risonanza fondamentale.

L'analisi della curva di dispersione sintetica descritta al paragrafo 4.1 e del modello di inversione che ne deriva, permette di descrivere la seguente sismo-stratigrafia di sottosuolo, relativa alla variazione unidimensionale del valore di Vs lungo la verticale di indagine.

Travale - Stendimento MASW - MW37

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	8.11	8.11	346.3
2	16.76	8.65	477.0
3	oo	oo	960.6

Boccheggiano - Stendimento MASW - MW38

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	5.26	5.26	413.3
2	10.22	4.96	539.3
3	oo	oo	1367.3

La tabella seguente contiene il sunto dei dati ottenuti nei punti di misurazione con le indagini passive a stazione singola HVSR, nonché la classificazione della qualità delle misure secondo *Albarello et alii* (2010).

HVSR ID	Coord. x	Coord. y	f0 - frequenza caratteristica (Hz)	A0 - Ampiezza caratteristica	Classe (Albarello et alii. 2010)
“HV125” - Montieri	1663948	4777169	4.55 ± 0.18	1.98	A2
“HV126” - Montieri	1664162	4777096	2.90 ± 0.30	5.53	A2
“HV127” - Travale	1663477	4781303	3.05 ± 0.37	2.17	A1
“HV128” - Travale	1663538	4781349	3.20 ± 0.39	3.74	A1
“HV129” - Boccheggiano	1665424	4772894	3.05 ± 0.34	1.27	A2

Tabella 3: indagine HVSR con relativa f caratteristica di risonanza del sito (f_0), l'Ampiezza caratteristica e la "Classificazione delle misure HVSR secondo Albarello et alii.2010". X e Y in coordinate metriche Gauss-Boaga Roma40 (EPSG 3003).

Follonica, Agosto 2021

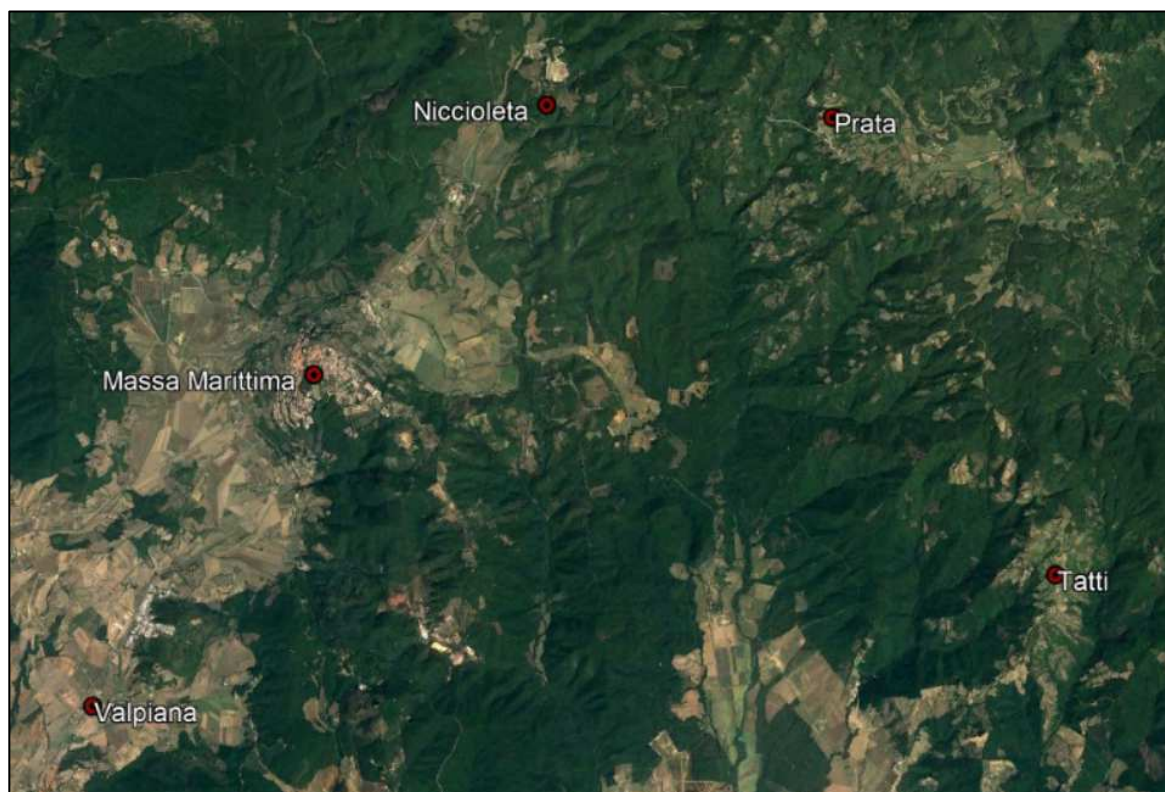
Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti
Dr. Claudio Petroni

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010) - *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3).
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. INGEGNERIA SISMICA; vol. 28, 2; pp. 32-62.
- Nakamura Y., (1989) - *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. Quarterly Report Railway Tech. Res. Inst., vol. 30.1, pp. 25-30.
- Nogoshi M. & Igarashi T., (1970) - *On the propagation characteristics of microtremors*. J. Seism. Soc. Japan vol. 23, pp. 264-280.
- SESAME Working Group (2004) - *Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation*. <ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/SESAME/USER-GUIDELINES/SESAME-HV-User-Guidelines.pdf>
- Strobbia C. (2001) – *Surface Waves Methods, acquisition, processing and inversion. Tesi di dottorato di ricerca in Geingegneria Ambientale. Politecnico di Torino*.

PSI Massa M.ma - Montieri - Monterotondo M.mo

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE METODOLOGIA SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) E SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR, ESEGUITA NEL COMUNE DI MASSA MARITTIMA (GR)



Relazione Illustrativa

Elaborati Integrativi a seguito di richiesta integrazioni:

Genio Civile Toscana Sud, prot. n. 395096 del 13.11.2020

Genio Civile Valdarno Inferiore, prot. n. 398007 del 16.11.2020

Il Geologo: *Dr. Geol. Fabrizio Fanciulletti*

Collaboratore: *Dr. Claudio Petroni*

Agosto 2021



Dr. Geol. F. Fanciulletti
Dr. ssa Arch. L. Macii

Via Meucci 4 - 58022 - Follonica (GR)
Tel. 0566 090075 - Cell. 3386281063
studiostalf@gmail.com - www.studiostalf.net

Sommario

1.0 Premessa.....	5
2.0 Ubicazione studio geofisico.....	5
3.0 Cenni teorici sui metodi utilizzati	14
3.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	14
3.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).....	15
4.0 Strumentazione ed acquisizione.....	17
4.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	17
4.1.1 Stendimento MASW - MW46 - Massa Marittima	21
4.1.2 Stendimento MASW - MW47 - Massa Marittima	22
4.1.3 Stendimento MASW - MW48 - Massa Marittima	24
4.1.4 Stendimento MASW - MW49 - Massa Marittima	25
4.1.5 Stendimento MASW - MW39 - Prata.....	27
4.1.6 Stendimento MASW - MW41 - Valpiana.....	28
4.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).....	30
4.2.1 Misura n°1 - “HV130” - Prata.....	33
4.2.2 Misura n°2 - “HV131” - Prata.....	35
4.2.3 Misura n°3 - “HV132” - Prata.....	38
4.2.4 Misura n°4 - “HV134” - Niccioleta	40
4.2.5 Misura n°5 - “HV135” - Niccioleta	43
4.2.6 Misura n°6 - “HV133” - Tatti	46
4.3 Valutazione della qualità delle misure HVSr	49
5.0 Sintesi dei risultati.....	50
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	52

1.0 Premessa

Nella presente relazione si illustrano i risultati relativi ad una campagna di indagini geofisiche con metodologie sismiche (metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e sismica passiva a stazione singola HVSR), eseguite nel comune di Massa Marittima (GR), a seguito di richiesta integrazioni pervenute con prot. n. 395096 del 13.11.2020 da parte del *Genio Civile Toscana Sud*, ricevuto dalla *Unione di comuni montana Colline Metallifere* con prot. n. 12413 del 13.11.2020.

2.0 Ubicazione studio geofisico

I siti di indagine sono ubicati nel comune di Massa Marittima (GR), nello specifico nelle frazioni di Niccioleta (HVSR “HV134 - HV135”), di Tatti (HVSR “HV133”), a Massa Marittima capoluogo (Stendimenti MASW “MW46 - MW47 - MW48 - MW49”) e nelle frazioni di Prata (Stendimento MASW “MW39” e HVSR “HV130 - HV131 - HV132”) e Valpiana (Stendimento MASW “MW41”). Di seguito se ne riporta l’ubicazione su immagine tratta da Google Earth e sulle Carte Tecniche Regionali disponibili sul sito Cartoteca – Regione Toscana.



Figura 1 - Ubicazione degli stendimenti MASW nell’area di Massa Marittima (Stendimenti “MW46 - MW47 - MW48 - MW49”) su immagine tratta da Google Earth.



Figura 2 - Ubicazione degli stendimenti MASW ed HVSr nell'area di Prata (Stendim. MASW "MW39"; HVSr "HV130 - HV131 - HV132") su immagine tratta da Google Earth.



Figura 3 - Ubicazione dello stendimento MASW nell'area di Valpiana (Stendim. "MW41") su immagine tratta da Google Earth.

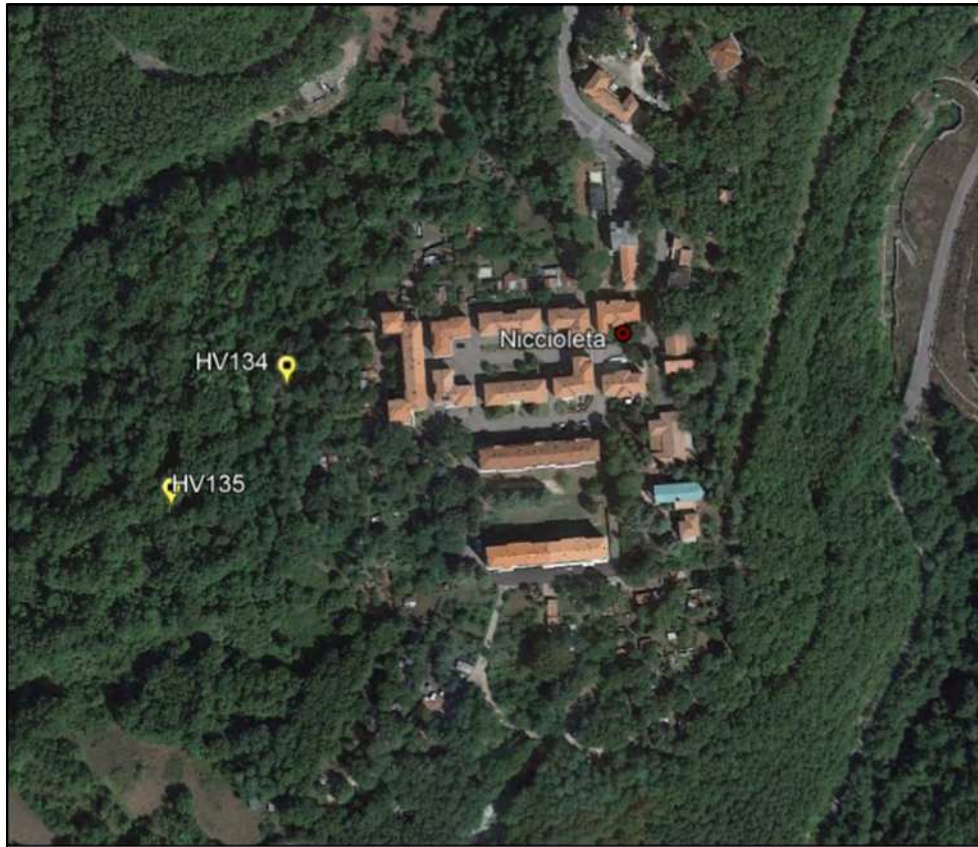


Figura 4 - Ubicazione degli HVSR nell'area di Niccioleta (HVSR "HV134 - HV135") su immagine tratta da Google Earth.



Figura 5 - Ubicazione dell'HVSR eseguito nell'area di Tatti (HVSR "HV133") su immagine tratta da Google Earth.

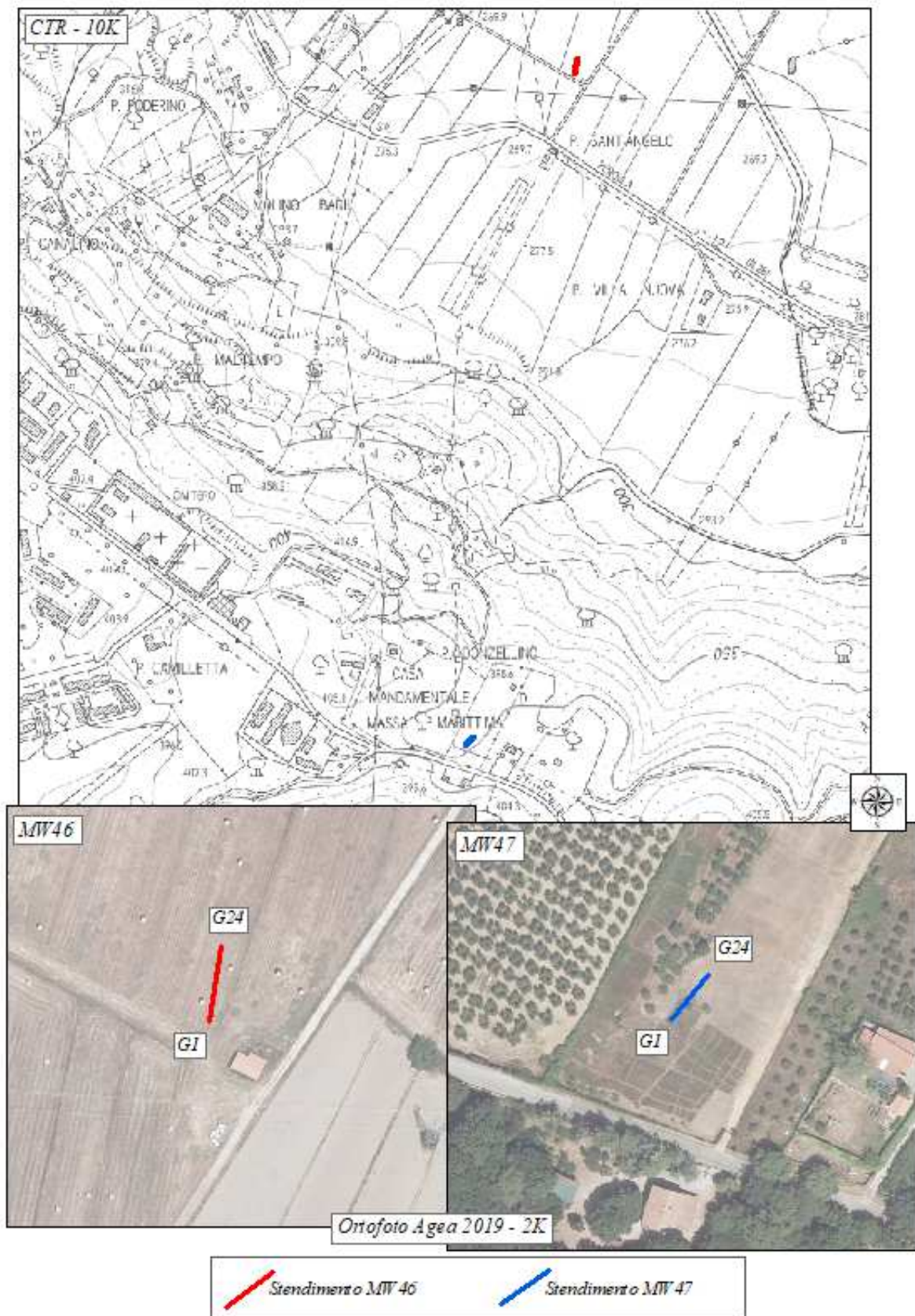


Figura 6 - Ubicazione del sito di indagine (Massa Marittima capoluogo) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

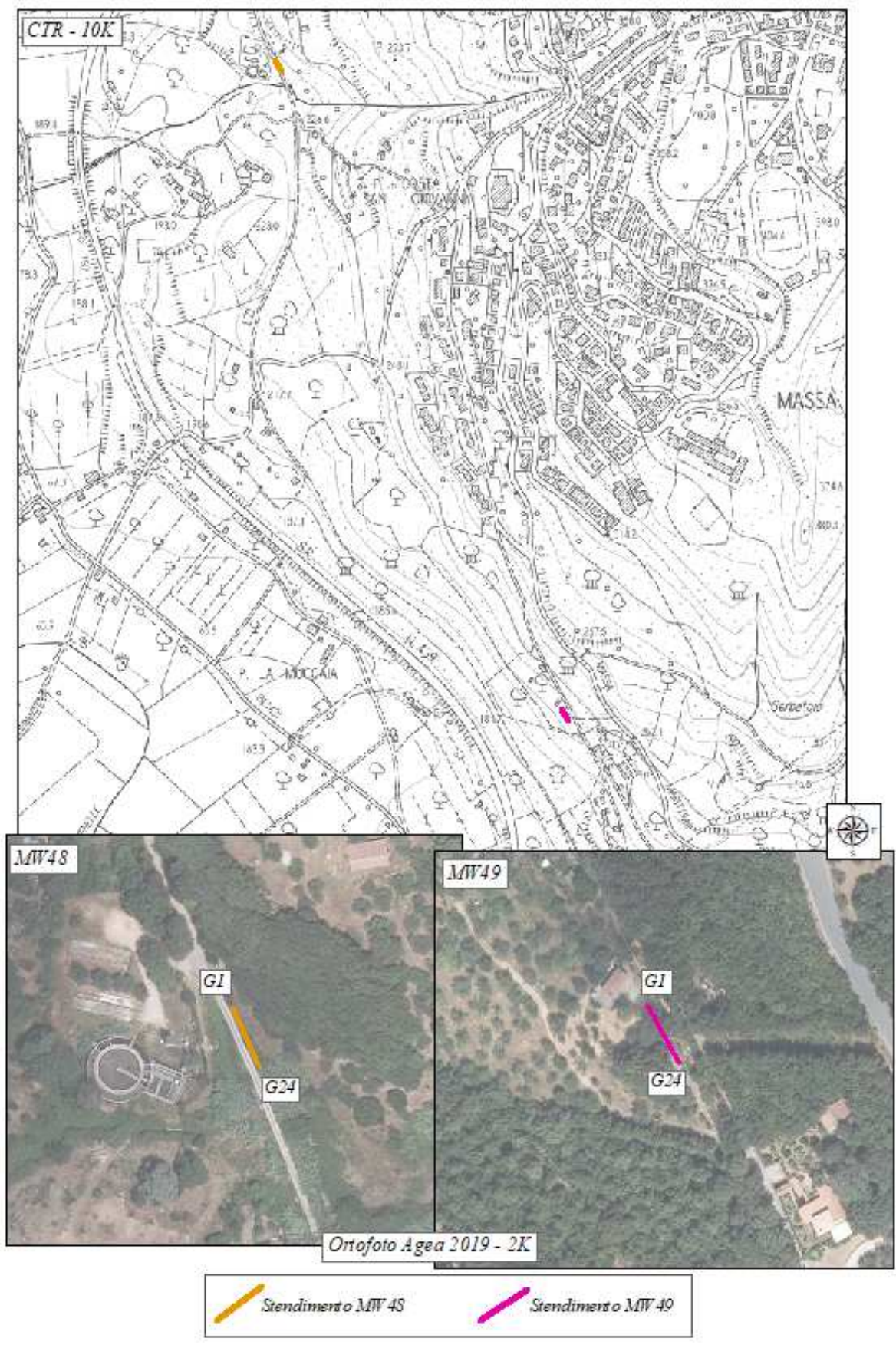


Figura 7 - Ubicazione del sito di indagine (Massa Marittima capoluogo) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

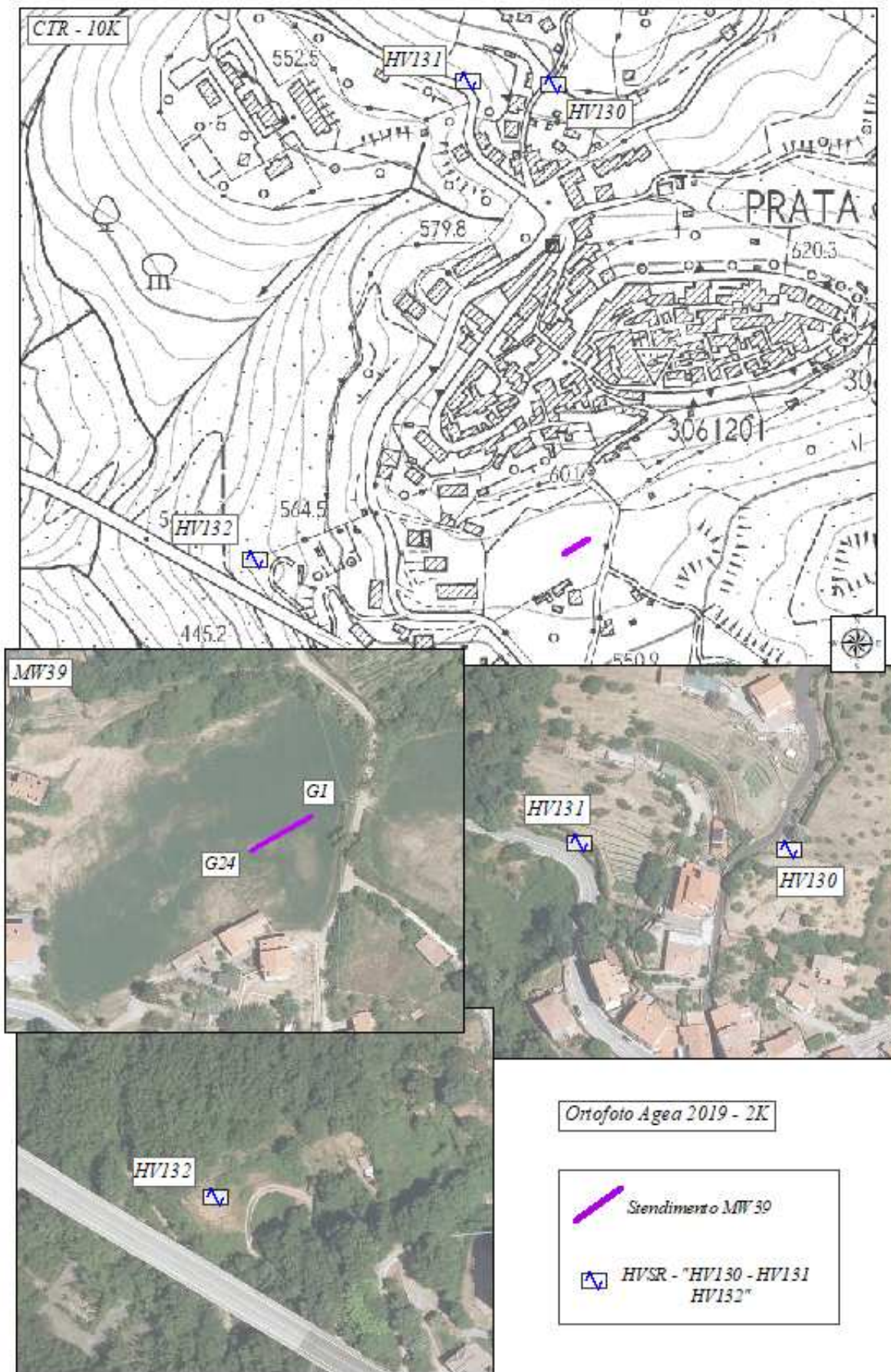


Figura 8 - Ubicazione del sito di indagine (frazione di Prata) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.



Figura 9 - Ubicazione del sito di indagine (frazione di Valpiana) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

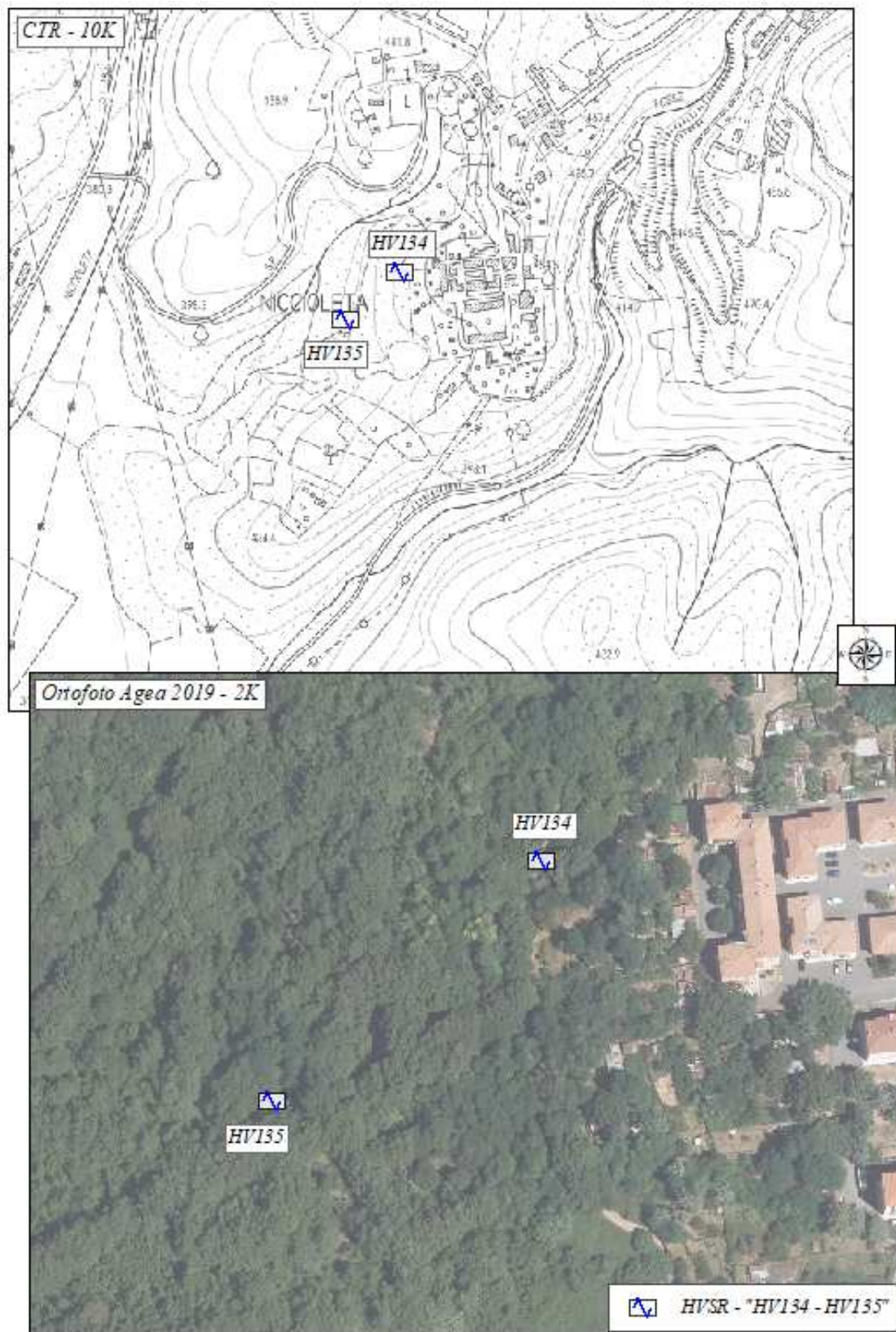


Figura 10 - Ubicazione del sito di indagine (frazione di Niccioletta) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

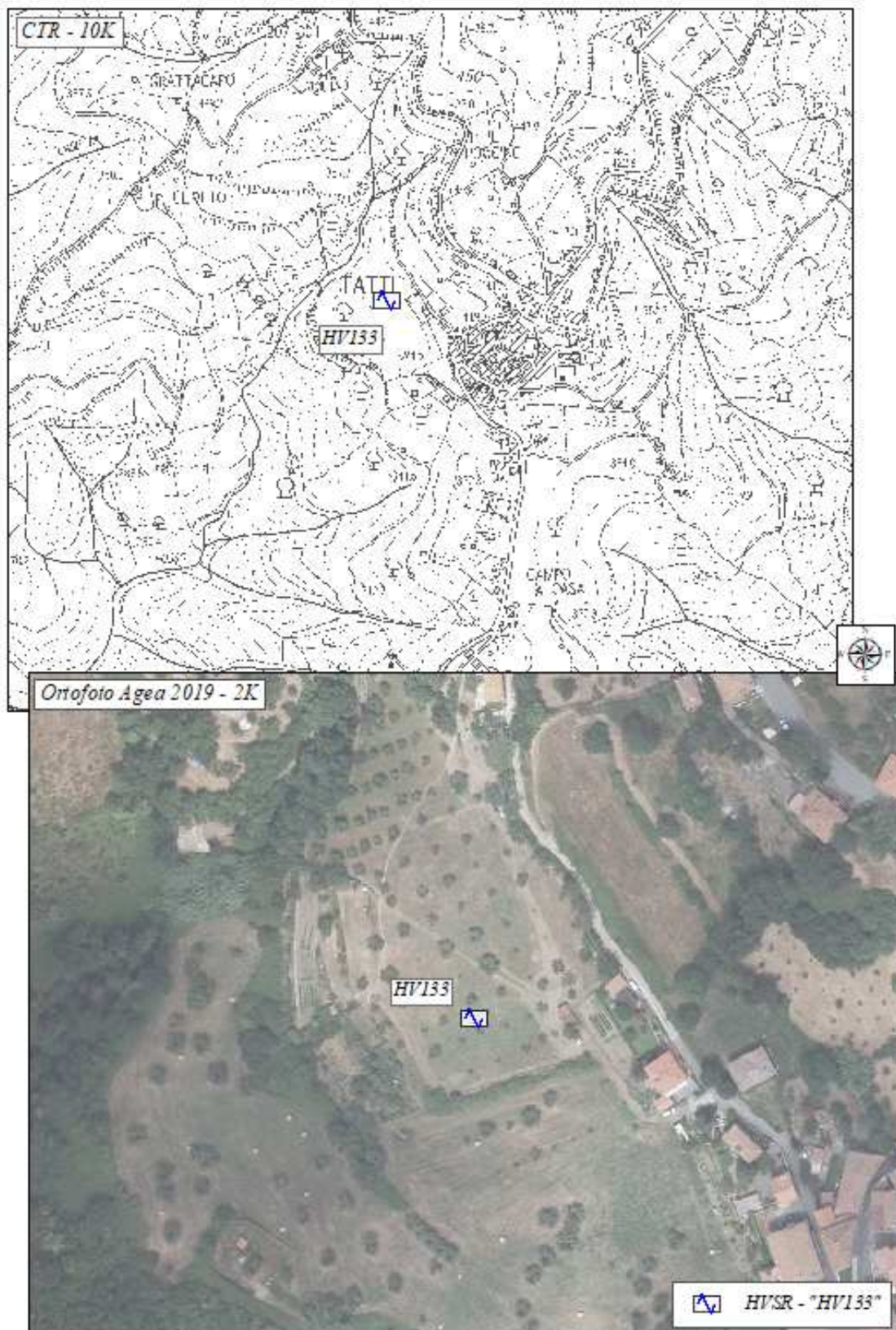


Figura 11 - Ubicazione del sito di indagine (frazione di Tatti) sulla CTR e sulla Ortofoto disponibili sul sito Regione Toscana/Cartoteca.

3.0 Cenni teorici sui metodi utilizzati

La geofisica studia, attraverso tecniche non invasive, l'interazione di segnali fisici con il semispazio, al fine di ricavare informazioni sulla distribuzione dei valori di grandezze fisiche nel semispazio stesso.

La campagna di indagini geofisiche ha compreso sia tecniche di natura attiva (MASW), sia tecniche di natura passiva (HVSr).

3.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Il metodo sismico, come altri, può essere applicato sia con sorgenti passive che attive. Nel caso di indagini attive, la sorgente utilizzata può essere costituita da una massa battente, dalla caduta di gravi, da un fucile sismico fino all'esplosivo. Il metodo consiste nell'energizzazione del sottosuolo con onde meccaniche (sismiche) e nello studio dei percorsi e delle caratteristiche fisiche ottiche delle onde registrate da sensori in superficie (geofoni), al fine di ricavare un modello di variazione unidimensionale della velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine sismica di recente introduzione (Parker, Miller e Xia - 1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da diversi sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili Vs-Z (velocità delle onde di taglio – profondità).

Le tecniche d'indagine geofisica basate sulla registrazione ed elaborazione degli spostamenti indotti nel terreno dal passaggio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ne sfruttano in generale alcune caratteristiche particolari che le differenziano dalle onde di volume (P e S) (ProgramGEO, 2001).

1. Le onde di superficie tendono a subire un'attenuazione del loro contenuto energetico minore rispetto alle onde di volume e quindi si propagano a distanze maggiori.
2. In un mezzo elastico omogeneo la profondità massima in cui il terreno risente del passaggio delle onde di Rayleigh è circa uguale a λR . In un mezzo eterogeneo questa profondità è compresa normalmente fra $0,5\lambda R$ e $1,0\lambda R$. Questo significa che le lunghezze d'onda maggiori (frequenze minori) trasportano informazioni relative agli strati di terreno più profondi, mentre quelle minori (frequenze maggiori) coinvolgono solo i livelli più superficiali.

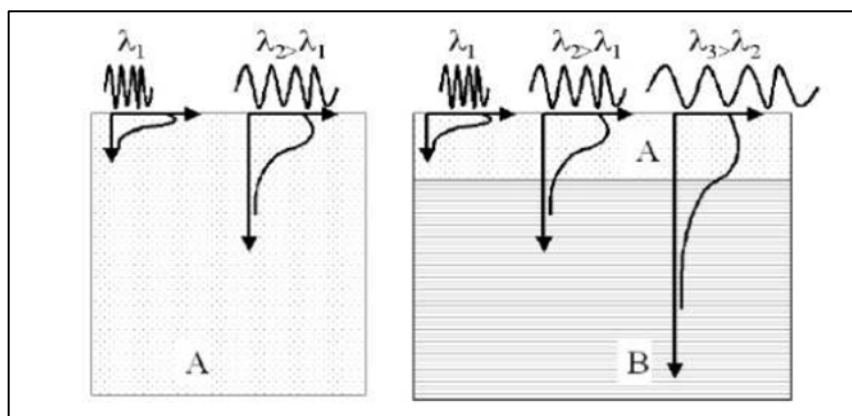


Figura 12 – Propagazione di onde a diversa lunghezza d'onda in mezzo omogeneo (a sx) ed in mezzo stratificato (a dx). Tratto da Claudio Strobbia (2001).

3. La velocità con cui si propaga un'onda di superficie di una data frequenza f (o lunghezza d'onda λ) viene detta velocità di fase. In un mezzo omogeneo la velocità di fase delle onde di superficie (V_A) non cambia al variare della frequenza d'onda. Al contrario in un mezzo stratificato, in presenza cioè di terreni sovrapposti con differenti caratteristiche meccaniche, la velocità di fase (V_B) dipende dal valore di f (o di λ).

La tecnica d'indagine MASW sfrutta queste tre caratteristiche delle onde di superficie, e in particolare di quelle di Rayleigh, per ottenere un profilo dell'andamento della velocità di fase in funzione della frequenza, da correlare con la velocità delle onde di taglio S.

La caratteristica (1) consente in pratica l'effettuazione di registrazioni delle onde generate dalla sorgente senza dover subire un disturbo significativo da parte delle onde di volume. La caratteristica (2) permette di associare a ogni frequenza del segnale, o lunghezza d'onda, una profondità d'indagine differente: le frequenze più basse sono collegate alle profondità maggiori e viceversa. La caratteristica (3) consente infine di vincolare ogni frequenza a una velocità di fase precisa.

L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Il termine 'curva di dispersione' sta a indicare che le velocità di fase tendono a disperdersi, in un mezzo eterogeneo, in funzione della frequenza.

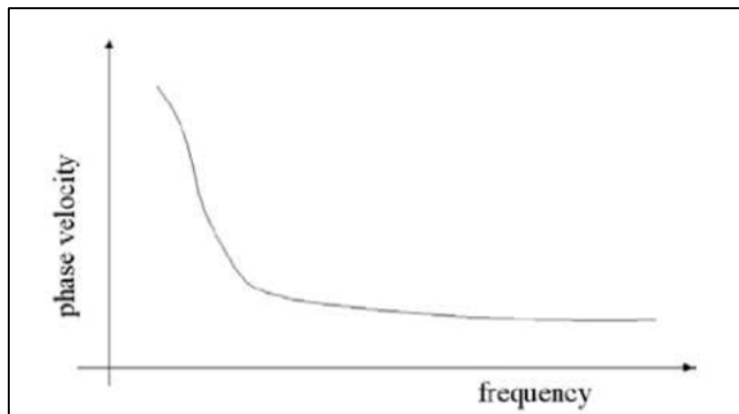


Figura 13 - Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza. Tratto da Claudio Strobbia (2001).

Nei terreni omogenei la curva di dispersione non si crea, in quanto in questi casi la velocità di fase non cambia al variare della frequenza. Questo è il motivo per cui la tecnica MASW non è indicata per l'investigazione di depositi sciolti o roccia omogenei fino a grandi profondità. Una complicazione importante nasce dal fatto che, sempre in un mezzo eterogeneo, il terreno può vibrare in modi differenti e a ognuno di questi modi è associabile una curva di dispersione differente.

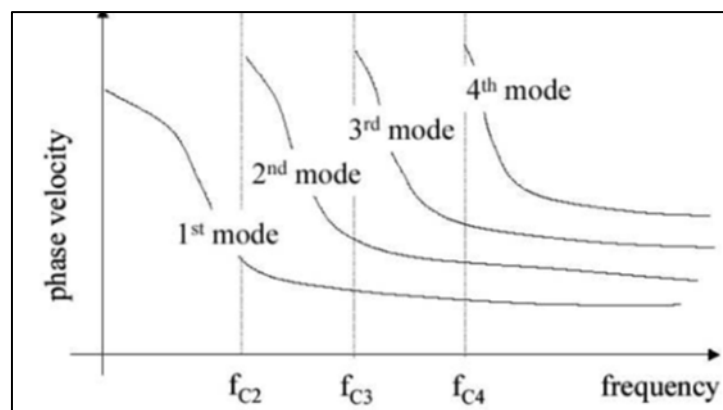


Figura 14 - Differenti modi di vibrare e relative curve di dispersione. Tratto da Claudio Strobbia (2001).

3.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

La prova, comunemente nota con il termine H/V, fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti: per questo motivo la prova assume anche la denominazione di prova **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Nel campo delle vibrazioni ambientali sono presenti sia onde di volume (P e S) che onde di superficie (Love e Rayleigh): la frazione di energia associata alla componenti di onde di volume rispetto a quelle di onde superficiali varia da caso a caso e dipende dall'intervallo di frequenze considerato.

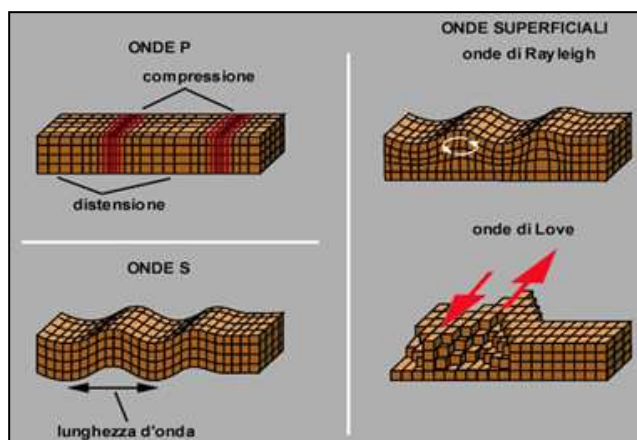


Figura 15 - Onde P, onde S, onde di Rayleigh, onde di Love

Indipendentemente dalla natura del campo d'onde, la funzione H/V sarà sempre caratterizzata da valori massimi in corrispondenza della frequenza di risonanza delle onde S. In assenza di contrasti di impedenza alla base della copertura, il rapporto H/V sarà all'incirca unitario, sia nel caso di rumore ambientale dominato da onde di volume, che da onde di superficie. Studi teorici e osservazioni sperimentali mostrano che esiste una relazione non lineare tra l'ampiezza dei massimi della curva H/V e l'entità del contrasto di impedenza sismica alla base della copertura. Altri fattori che influenzano l'ampiezza dei massimi H/V sono il contributo delle diverse fasi sismiche, lo smorzamento, il rapporto di Poisson nelle coperture e la distribuzione delle sorgenti attorno al ricevitore (*"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola-D. Albarello, S. Castellaro-2011"*).

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione:

1. della forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti "s" dei microtremori;
2. della modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali;
3. del percorso dell'onda dalle sorgenti "s" fino alla posizione "x" del sito oggetto di indagine e dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda.

Proprio in considerazione di quest'ultimo punto, si denota l'importanza della scelta del posizionamento dello strumento.

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura; in generale, la stima della frequenza di risonanza sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno (*"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola-D. Albarello, S. Castellaro-2011"*).

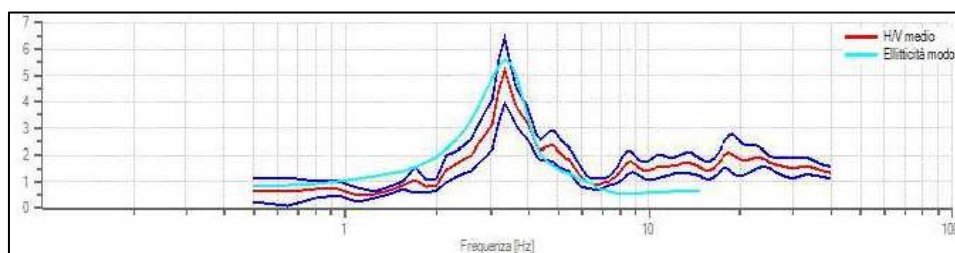


Figura 16 - Esempio di rapporto spettrale H/V

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una indagine HVSR sono i seguenti:

- frequenza caratteristica di risonanza del sito (f_0), che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici. La f_0 è necessaria per la redazione della carta di Microzonazione sismica (MS) e per quella delle MOPS di 1° livello ("Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica"), elaborati di supporto alla pianificazione urbanistica;
- frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso.
- sismo-stratigrafia (comprendente il parametro V_{seq}) con un ampio range di profondità di indagine. Tale interpretazione deriva dall'inversione del dato HVSR e quindi necessita di conoscenze approfondite dell'assetto geologico locale.

La conoscenza delle frequenze fondamentali di risonanza dei terreni di fondazione e delle strutture antropiche che vi si trovano, è di cruciale importanza in quanto, se questi due parametri dovessero coincidere, in caso di sisma, si creerebbe il cosiddetto fenomeno della "doppia risonanza".

Le frequenze fondamentali di risonanza di terreni e strutture possono essere misurate direttamente (tramite l'impiego della tecnica HVSR), oppure ricavati, in modo approssimato, attraverso relazioni empiriche:

- In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra la profondità H del substrato sismico, la velocità media delle onde S all'interno dello strato superficiale (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f_0 :

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$

- Grossolanamente, la frequenza fondamentale di un edificio può essere ricavata come di seguito ("*Effetti di sito e V_{s30} : una risposta alla normativa antisismica-Francesco Mulargia, Silvia Castellaro e Piermaria Luigi Rossi*"):

$$f_0 = \frac{10 \text{ Hz}}{n}$$

Dove $n = n^\circ$ piani dell'edificio.

4.0 Strumentazione ed acquisizione

4.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Sensori: n. 24 geofoni verticali da 4,5 Hz dotati di basette in polietilene per superfici rigide; cavo multicanale a 24 take-outs.

Unità di acquisizione: Sismografo Ambrogeo ECHO 12-24/2002 (alimentazione DC 12V) + laptop + Software 7.0 SEG Y.

Unità di elaborazione: Desktop PC + Software EasyMASW (GeoSTRU).

Array ed energizzazione: In base alle finalità dello studio ed alle condizioni logistiche del sito in esame, è stato utilizzato un array lineare di lunghezza complessiva 23 m, disponendo sul terreno 24 geofoni, con distanza inter-geofonica pari a 1,0 m. L'energizzazione è stata eseguita colpendo una piastra di battuta in duralluminio con mazza da 8 Kg (con trigger incorporato). Sono state effettuate battute da diverse posizioni esterne allo stendimento (rispettivamente 10 m, 5 m e 1 m dal G1 e dal G24), sia con battuta singola, sia in modalità stacking (somma algebrica del segnale derivante da due battute al fine di aumentare il fattore SNR).

– Signal to Noise Ratio). Le varie registrazioni sono state elaborate e confrontate al fine di verificare la coerenza tra di esse. Infine sono state scelte le elaborazioni con il segnale in input più pulito, la cui curva di dispersione risultasse più netta.

Le coordinate dei vertici degli stendimenti sono le seguenti (sistema di riferimento EPSG 3003):

<p>Stendimento MW46 - MASSA MARITTIMA geofono 1: 1655632 - 4768568 m geofono 24: 1655636 - 4768593 m</p>	<p>Stendimento MW47 - MASSA MARITTIMA geofono 1: 1655448 - 4767432 m geofono 24: 1655463 - 4767446 m</p>
<p>Stendimento MW48 - MASSA MARITTIMA geofono 1: 1653241 - 4767996 m geofono 24: 1653250 - 4767976 m</p>	<p>Stendimento MW49 - MASSA MARITTIMA geofono 1: 1653739 - 4766872 m geofono 24: 1653747 - 4766858 m</p>
<p>Stendimento MW39 - PRATA geofono 1: 1661666 - 4771819 m geofono 24: 1661645 - 4771807 m</p>	<p>Stendimento MW 41 - VALPIANA geofono 1: 1650525 - 4762839 m geofono 24: 1650506 - 4762830 m</p>

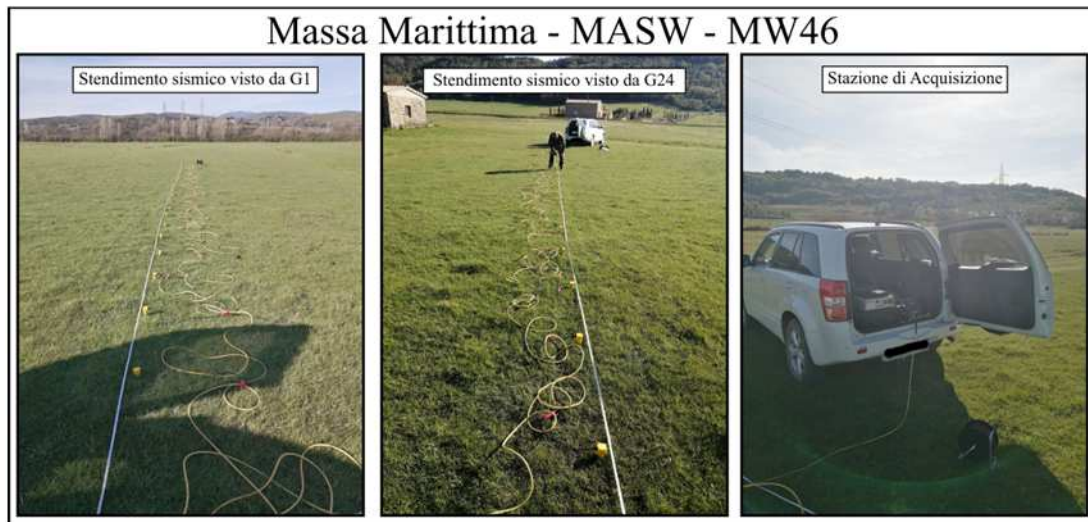


Figura 17 – Documentazione fotografica relativa all’esecuzione dello stendimento MW46 eseguita a Massa Marittima.

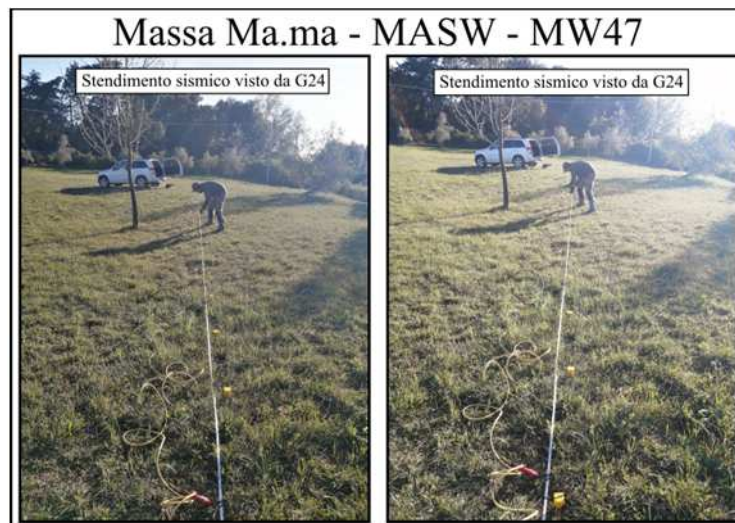


Figura 18 – Documentazione fotografica relativa all’esecuzione dello stendimento MW47 eseguita a Massa Marittima.



Figura 19 – Documentazione fotografica relativa all'esecuzione dello stendimento MW48 eseguita a Massa Marittima.

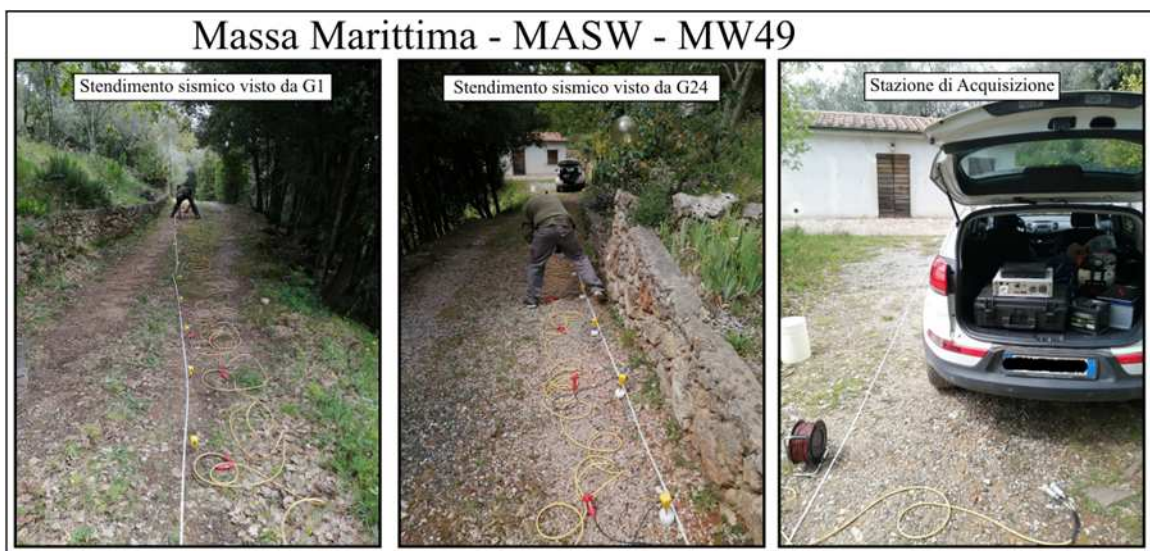


Figura 20 – Documentazione fotografica relativa all'esecuzione dello stendimento MW49 eseguita a Massa Marittima.

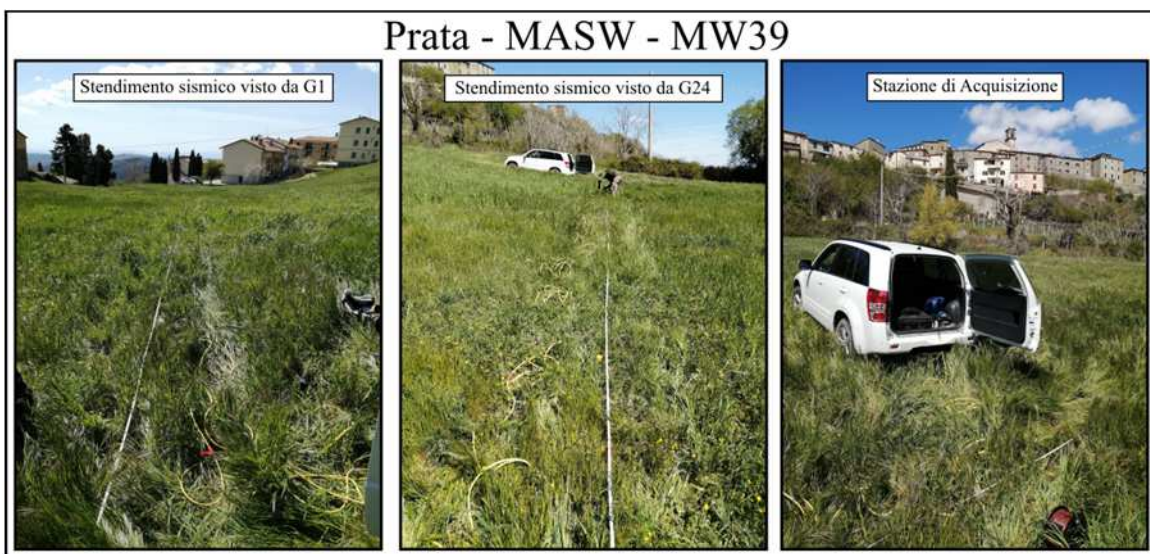


Figura 21 – Documentazione fotografica relativa all'esecuzione dello stendimento MW39 eseguita a Prata.

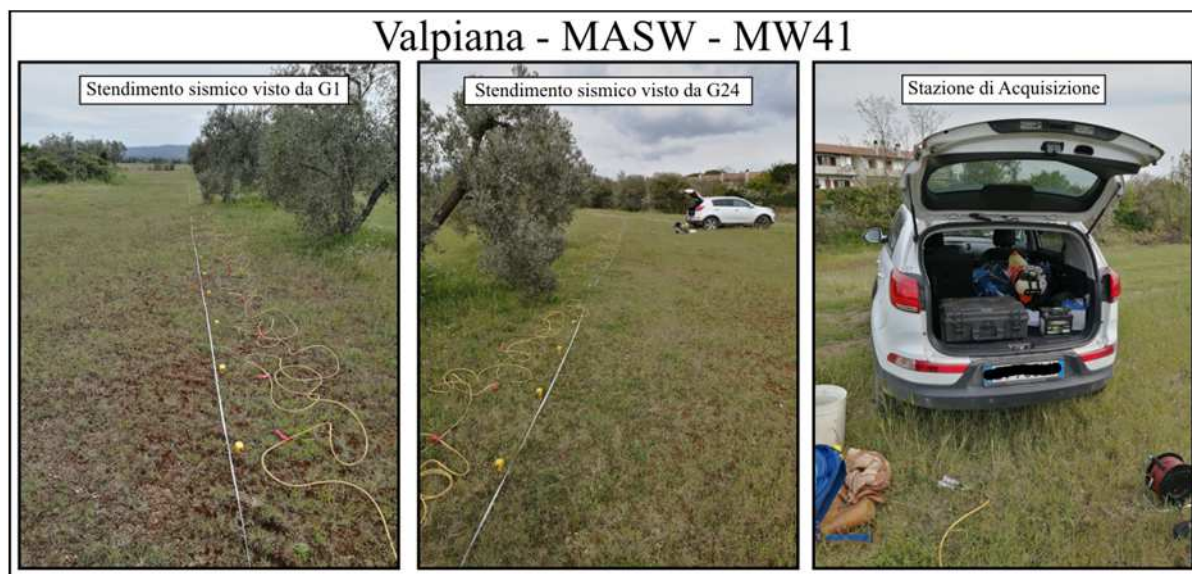


Figura 22 – Documentazione fotografica relativa all’esecuzione dello stendimento MW41 eseguita a Valpiana.

La prima operazione di processing eseguita è stata l’analisi del sismogramma. In questa fase, le tracce registrate dai geofoni in campagna, vengono analizzate, editate e ritagliate secondo una finestra (windowing) entro cui il segnale risulta significativo rispetto all’energizzazione indotta dallo scoppio.

Una volta selezionati i sismogrammi (accelerogrammi) di interesse, il software esegue una FFT (Fast Fourier Transform) del segnale, al fine di ottenere uno spettro relativo alla Velocità di Fase delle onde (asse Y) in funzione delle frequenze (asse x). L’intensità spettrale viene rappresentata sul grafico con gradazioni di colore al fine di meglio effettuare l’interpretazione.

Una volta ottenuto lo spettro, si procede all’operazione di “picking”, attraverso la quale vengono individuati manualmente i punti di massima intensità spettrale, corrispondenti ai punti della “curva di dispersione sperimentale”.

Una volta terminata la fase di interpretazione (determinazione della curva di dispersione sperimentale), si passa alla fase di inversione, attraverso la quale un processo iterativo consente la determinazione della “curva di dispersione sintetica” che meglio approssima quella sperimentale. Il software esegue un certo numero di iterazioni modificando un modello fisico di partenza (fornito dall’utente sulla base delle conoscenze geologiche pregresse), per restituire infine il modello che meglio approssima la curva di dispersione sperimentale.

Il risultato finale del processo di inversione è costituito dal modello sismo-stratigrafico di sottosuolo, relativo alla variazione unidimensionale del valore di Vs lungo la verticale di indagine.

4.1.1 Stendimento MASW - MW46 - Massa Marittima

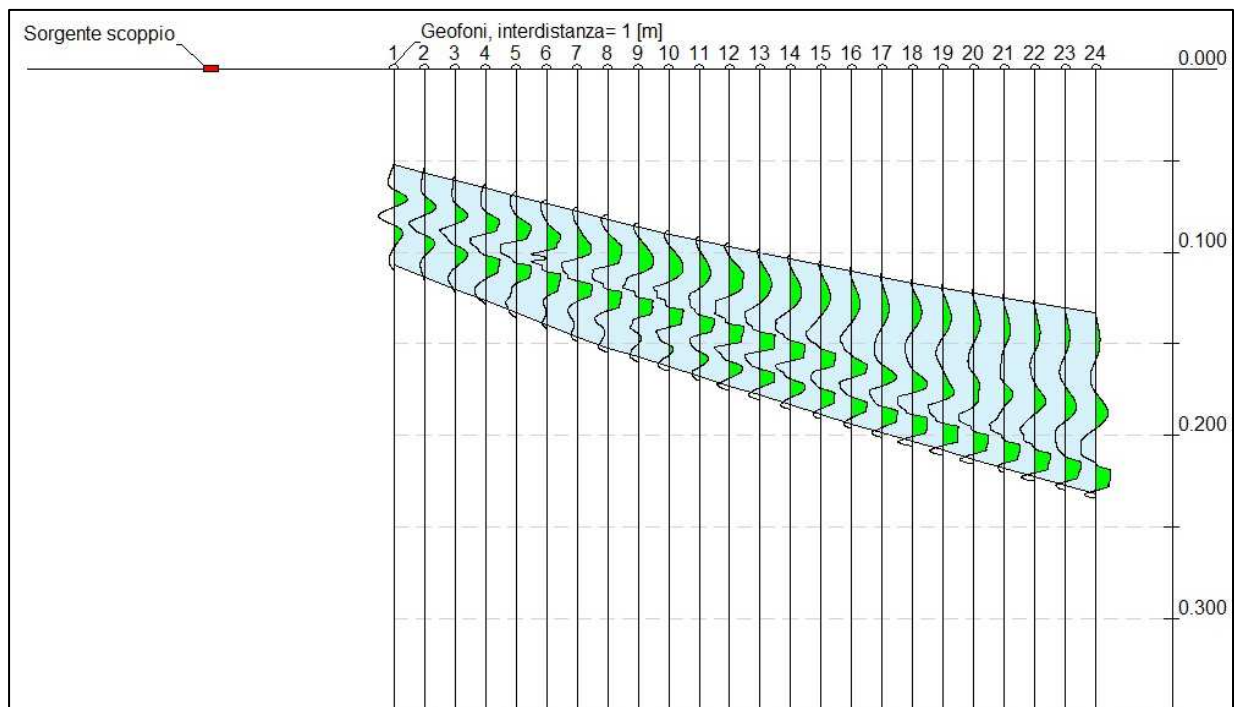


Figura 23 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW46, Massa Marittima

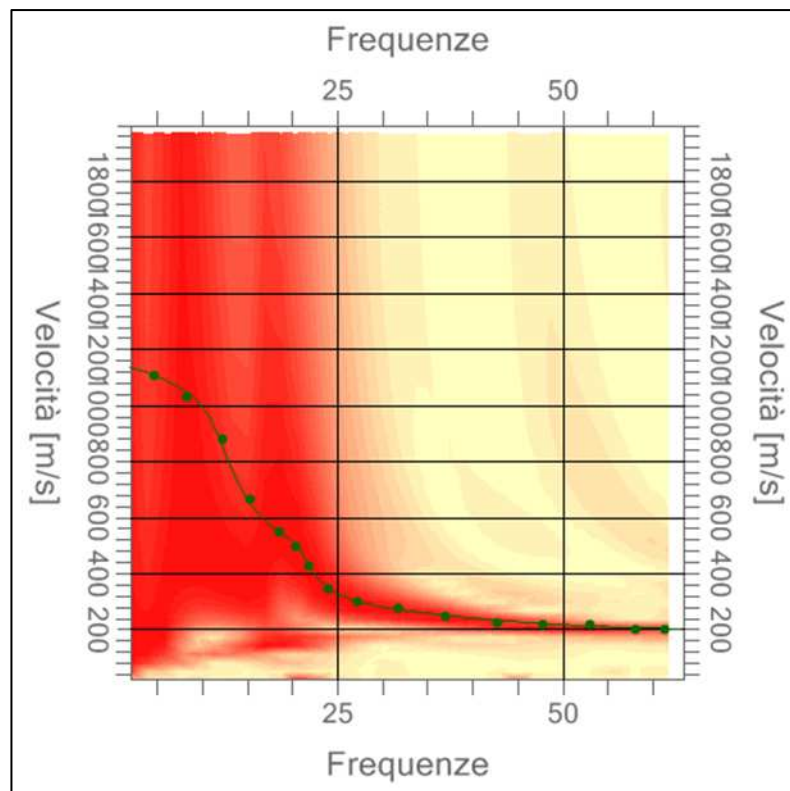


Figura 24 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW46, Massa Marittima

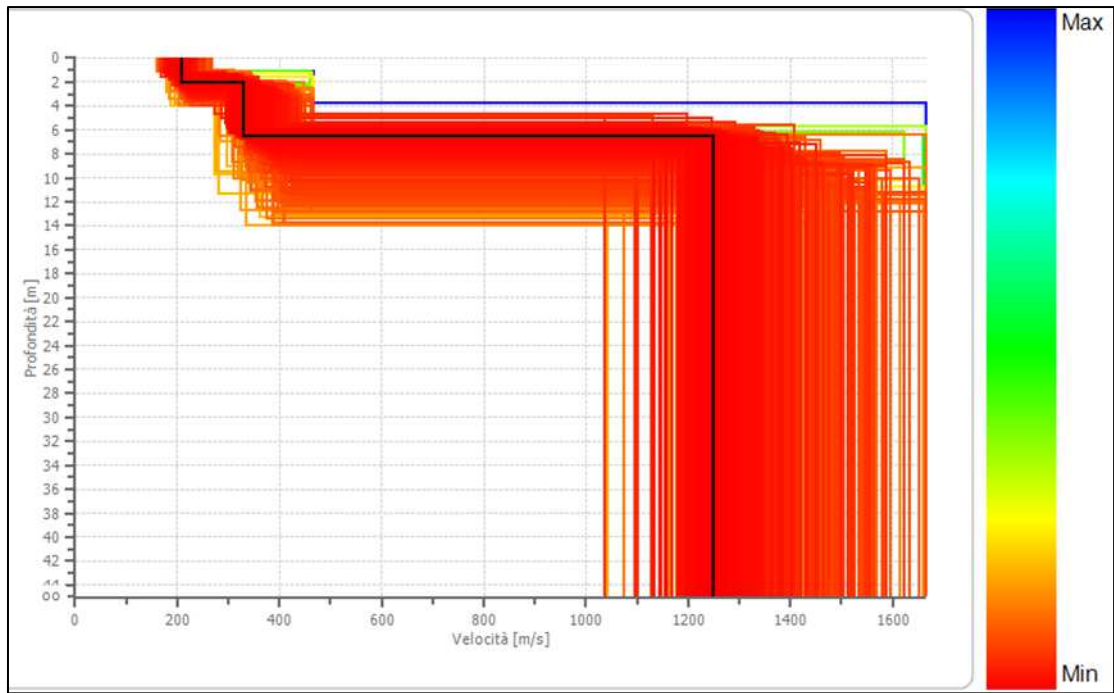


Figura 25 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW46, Massa Marittima

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	2.07	2.07	207.4
2	6.58	4.51	330.4
3	oo	oo	1247.9

Percentuale di errore 0.020 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.016

4.1.2 Stendimento MASW - MW47 - Massa Marittima

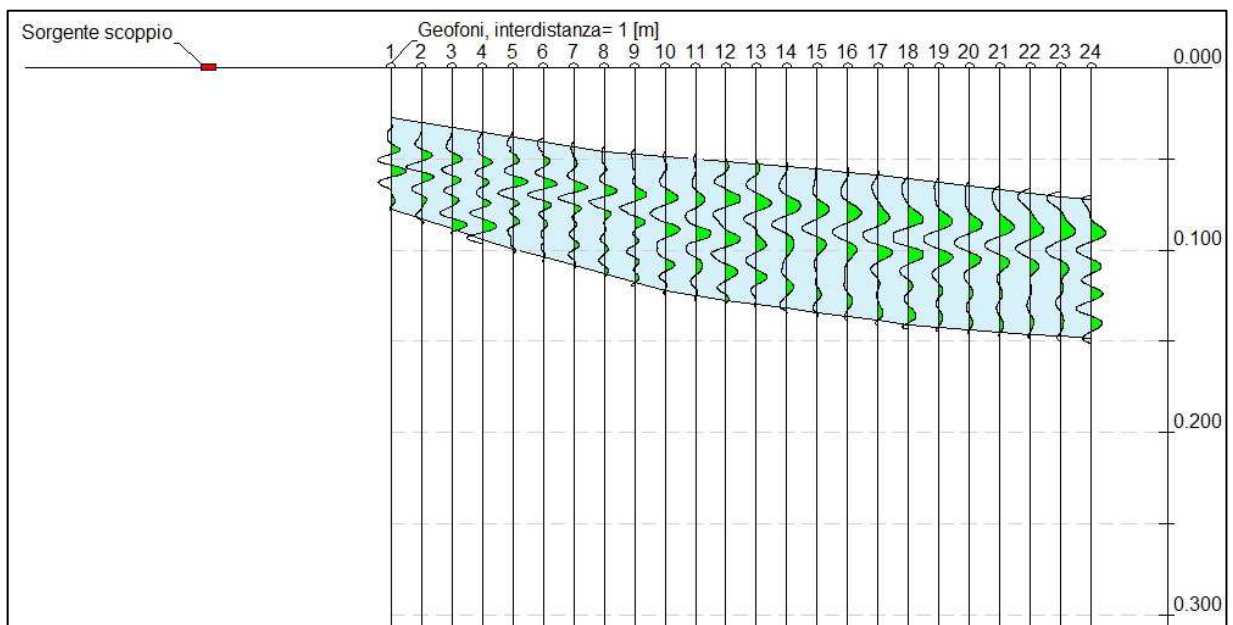


Figura 26 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW47, Massa Marittima

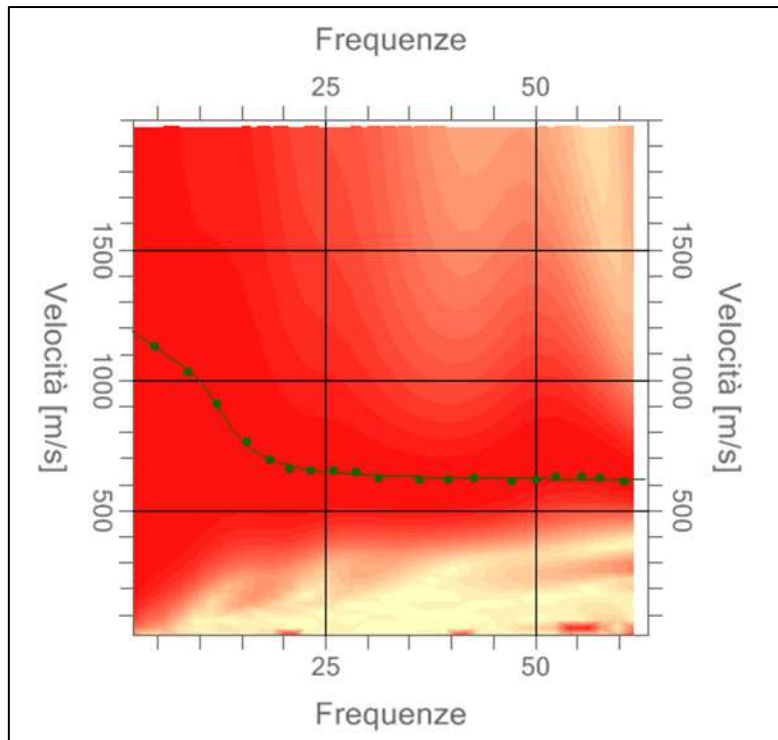


Figura 27 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW47, Massa Marittima

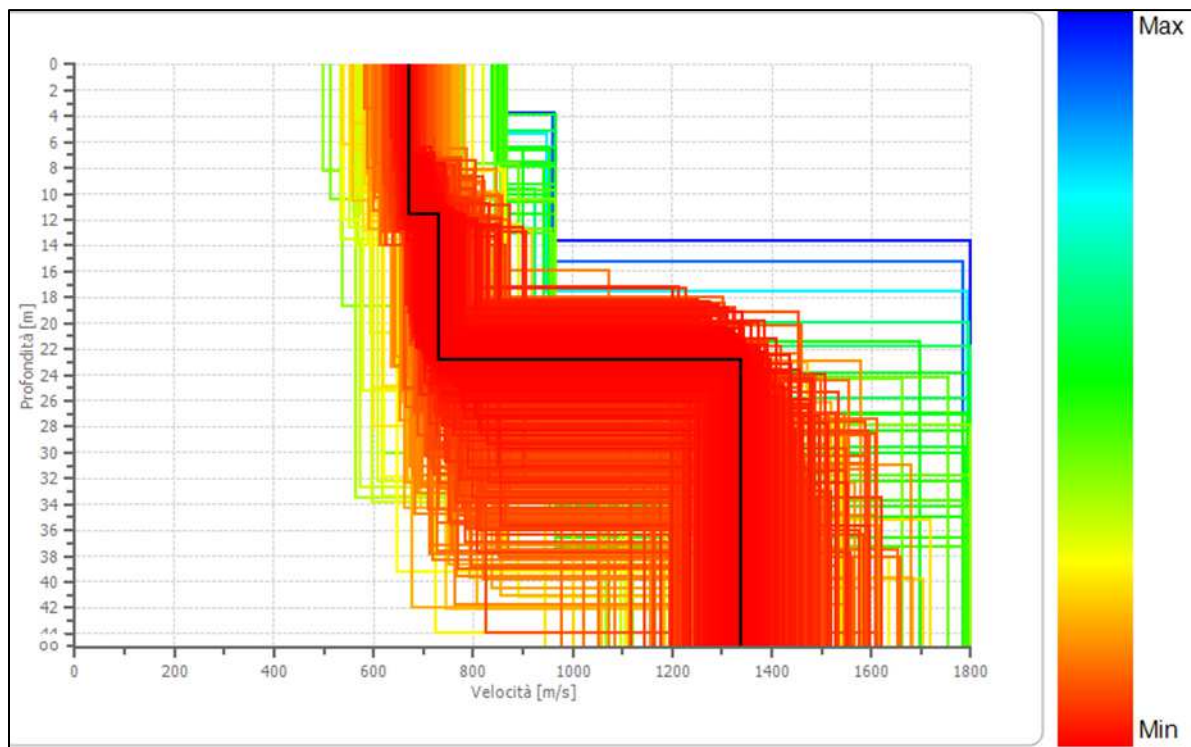


Figura 28 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW47, Massa Marittima

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	11.65	11.65	669.5
2	22.81	11.16	731.8
3	oo	oo	1336.9

Percentuale di errore 0.011 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.011

4.1.3 Stendimento MASW - MW48 - Massa Marittima

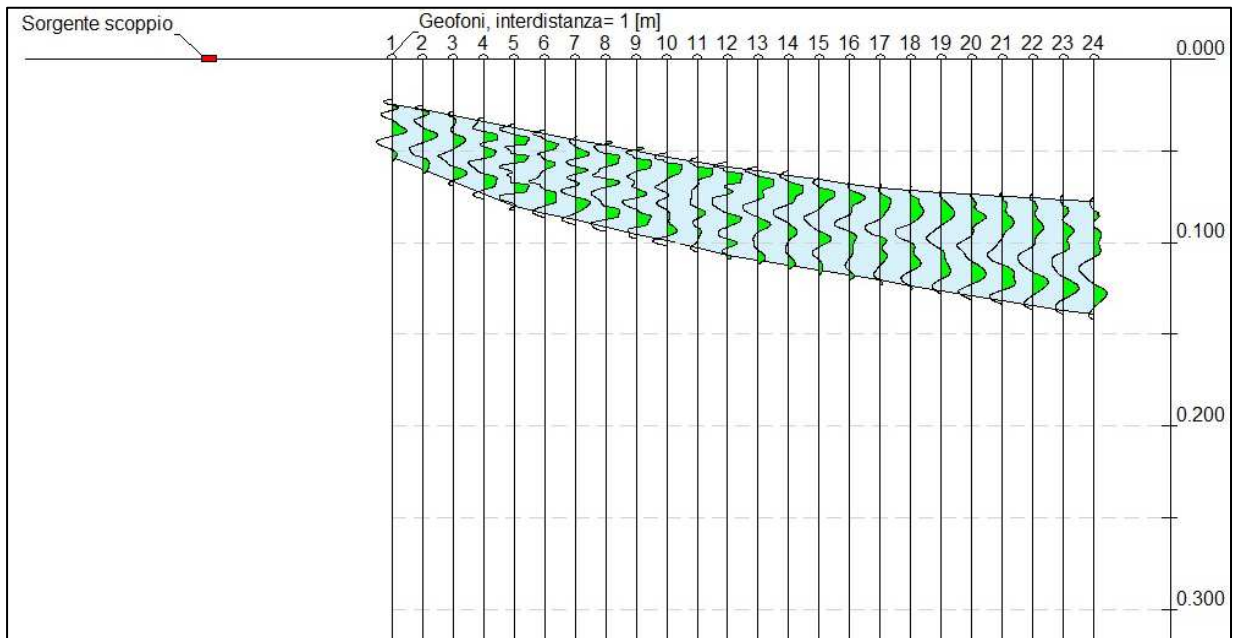


Figura 29 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW48, Massa Marittima

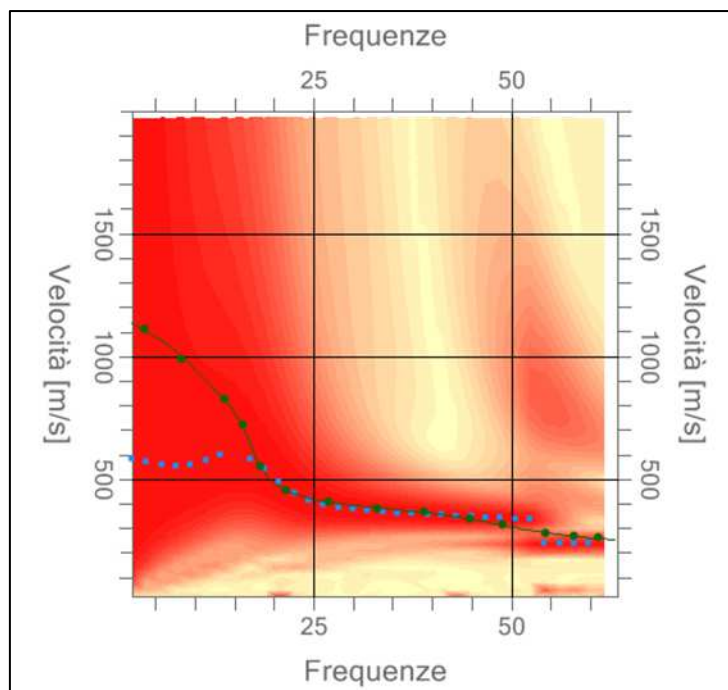


Figura 30 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW48, Massa Marittima

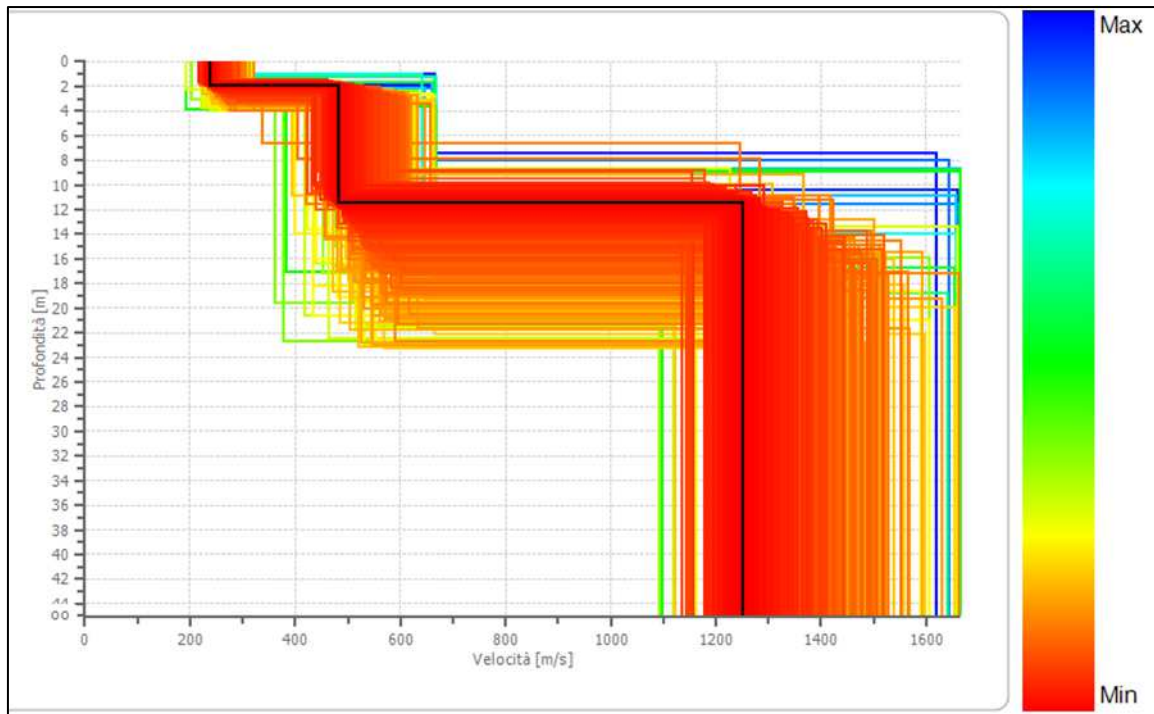


Figura 31 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW48, Massa Marittima

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.93	1.93	237.3
2	11.44	9.52	482.2
3	∞	∞	1250.2

Percentuale di errore 0.006 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.008

4.1.4 Stendimento MASW - MW49 - Massa Marittima

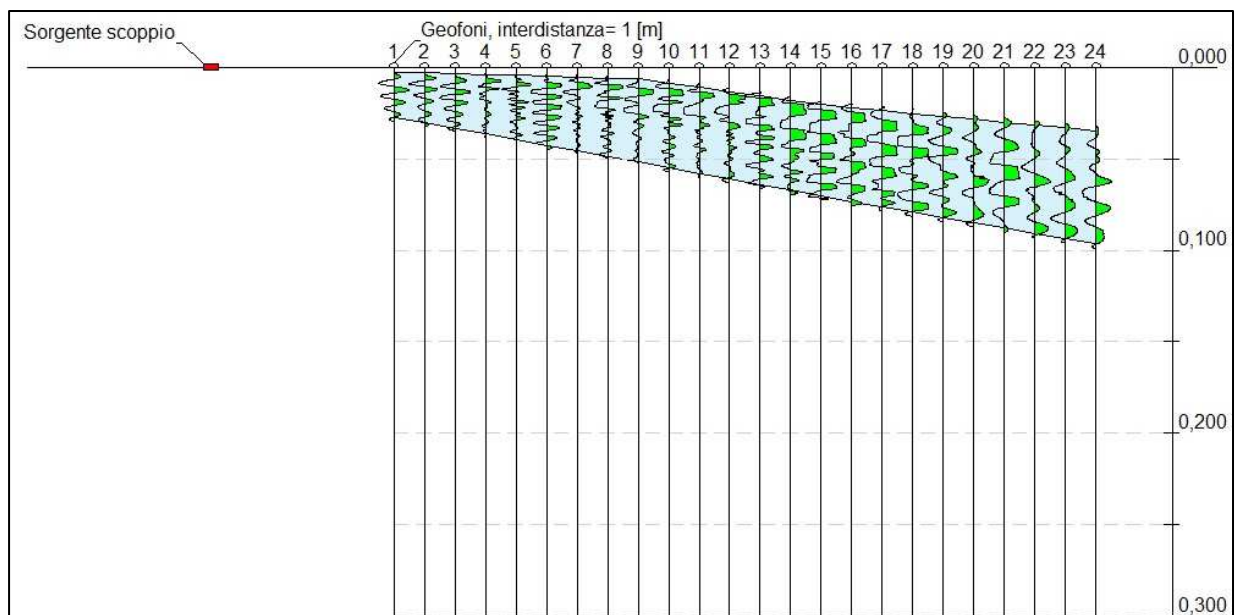


Figura 32 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW49, Massa Marittima

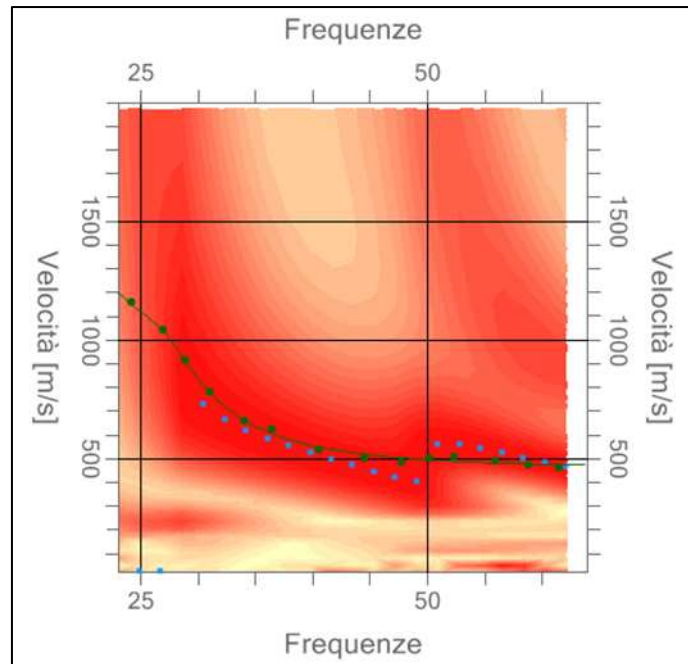


Figura 33 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW49, Massa Marittima

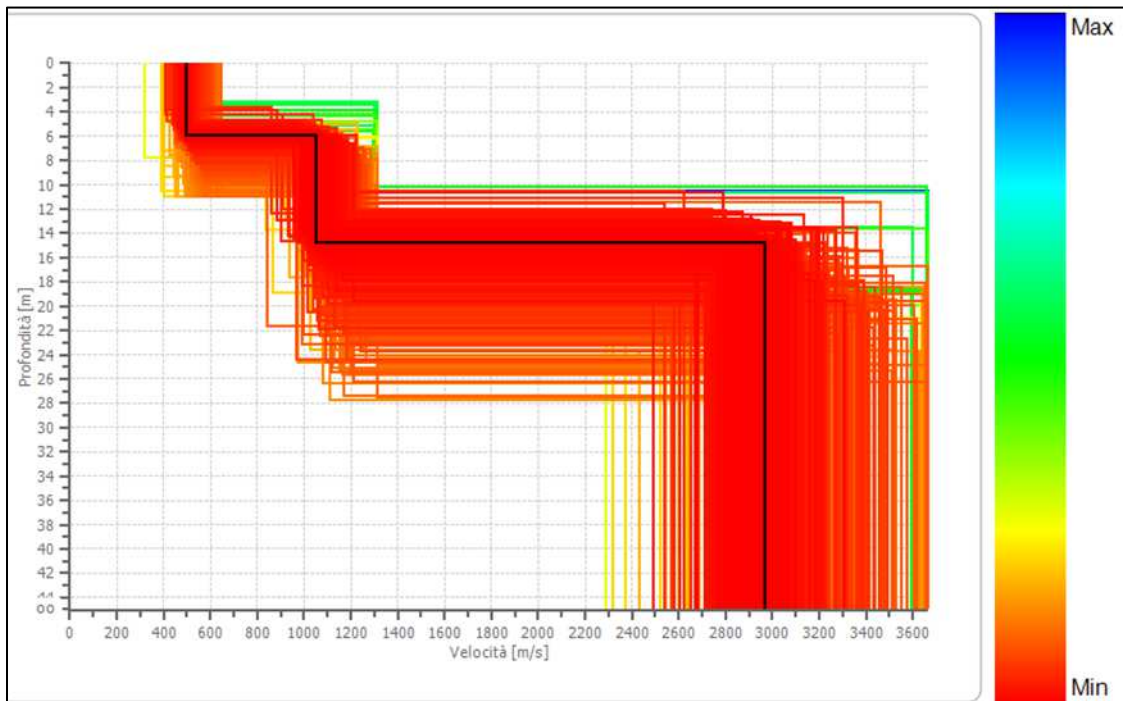


Figura 34 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW49, Massa Marittima

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	6.01	6.01	495.0
2	14.83	8.82	1052.6
3	∞	∞	2966.8

Percentuale di errore 0.030 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.022

4.1.5 Stendimento MASW - MW39 - Prata

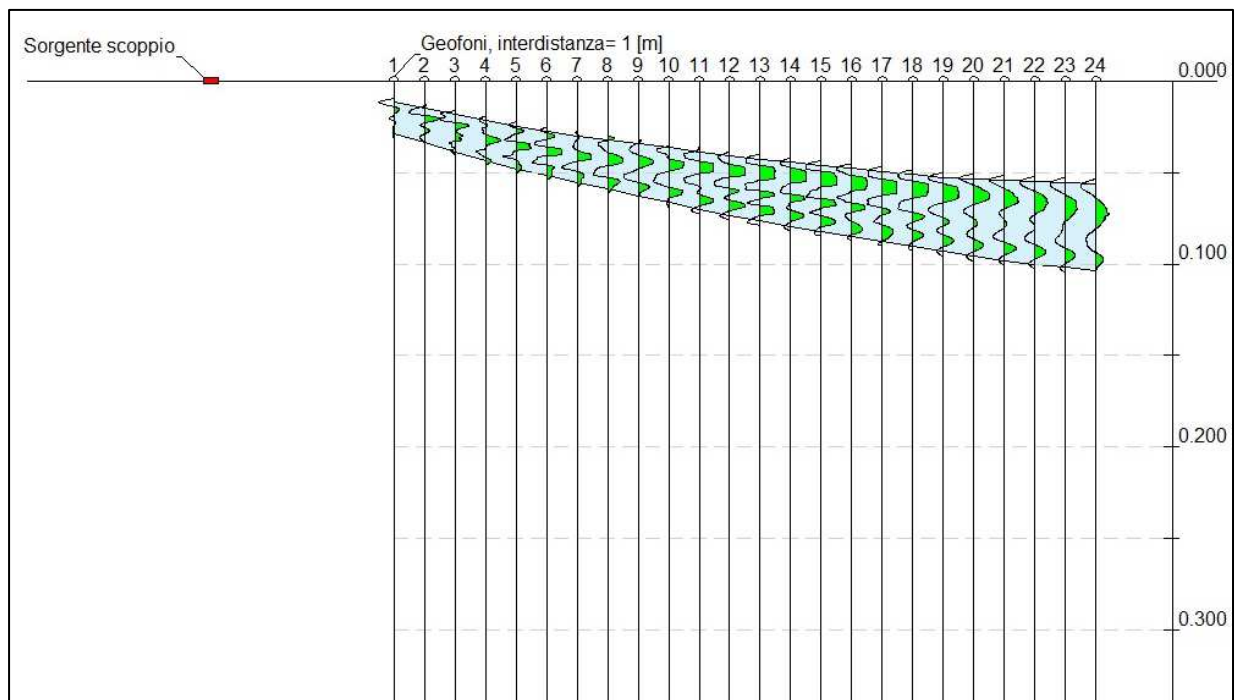


Figura 35 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW39, Prata

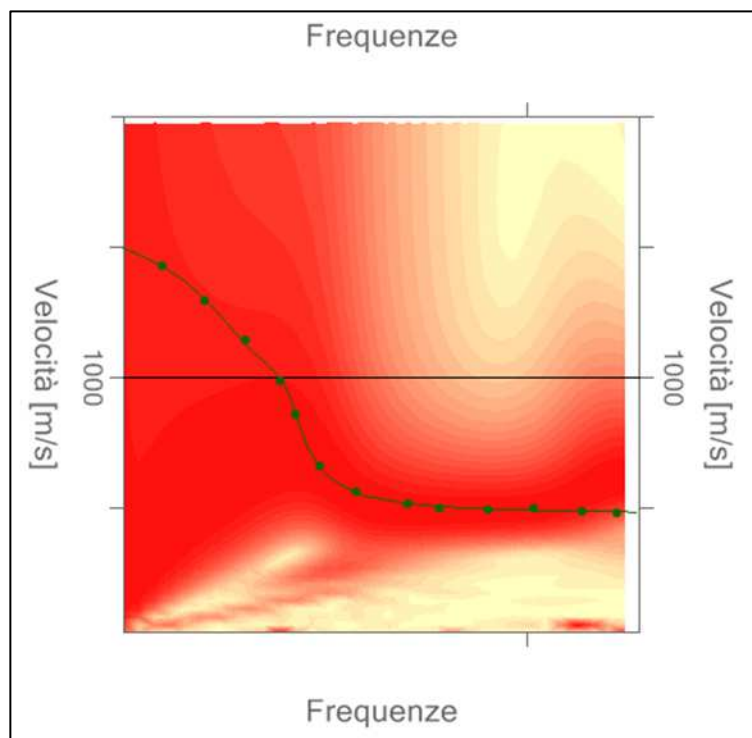


Figura 36 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW39, Prata

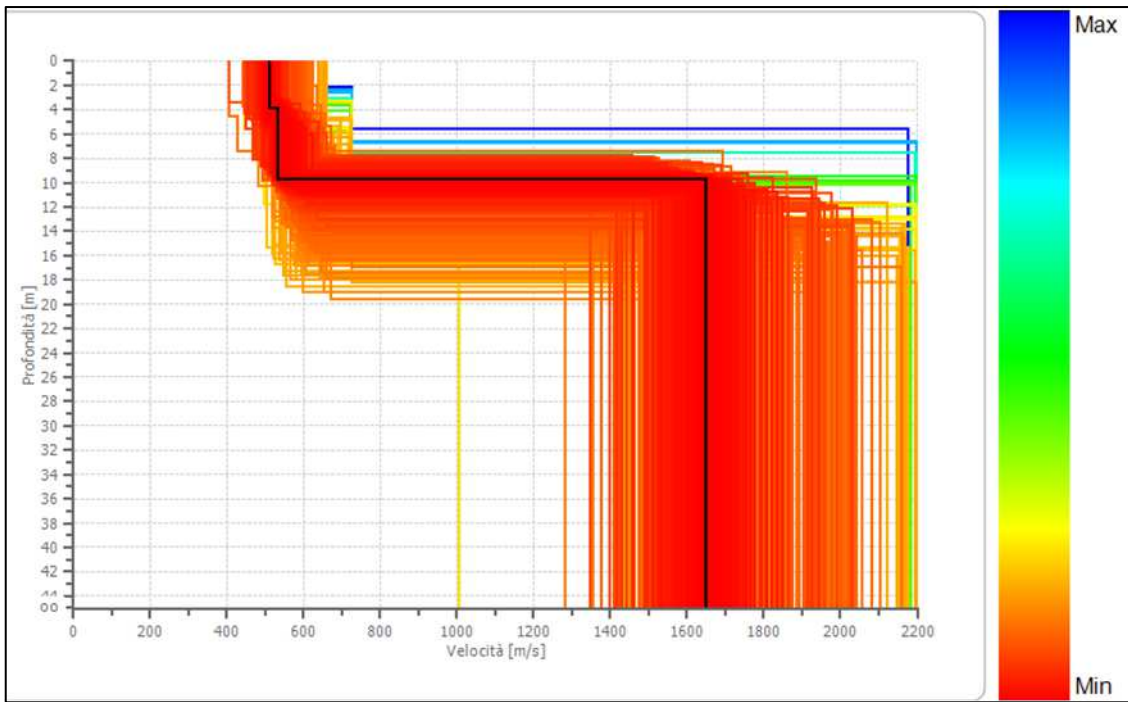


Figura 37 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW39, Prata

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.91	3.91	512.7
2	9.80	5.89	534.3
3	∞	∞	1650.1

Percentuale di errore 0.007 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.009

4.1.6 Stendimento MASW - MW41 - Valpiana

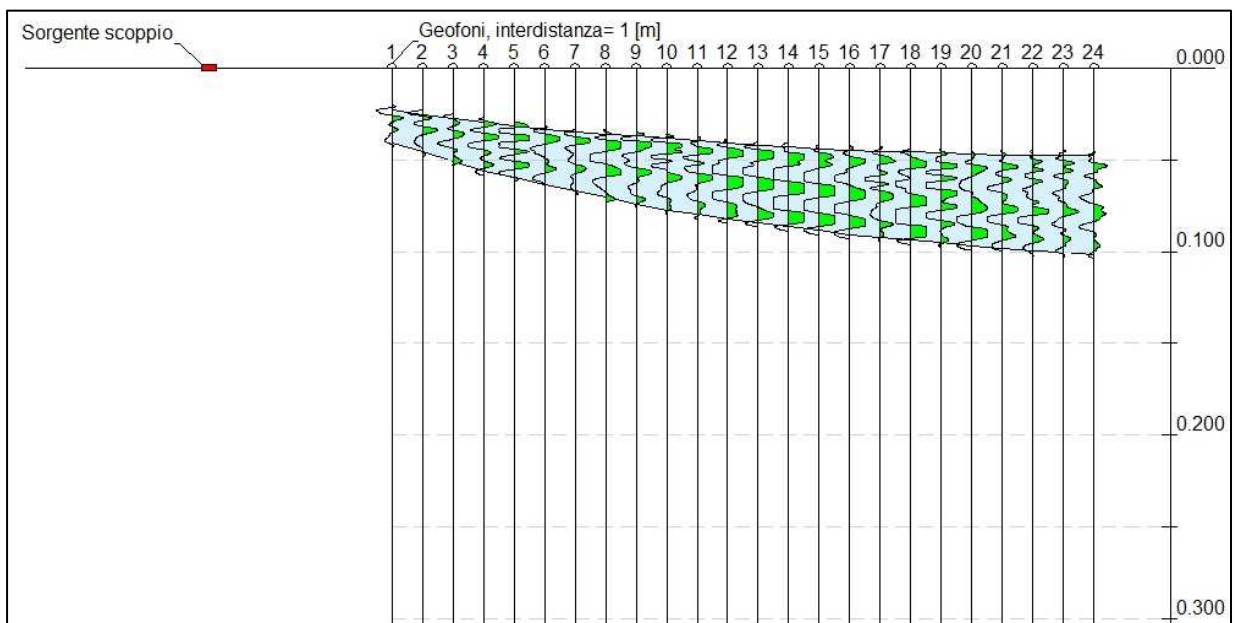


Figura 38 - Operazione di Windowing delle tracce - Stendimento MW41, Valpiana

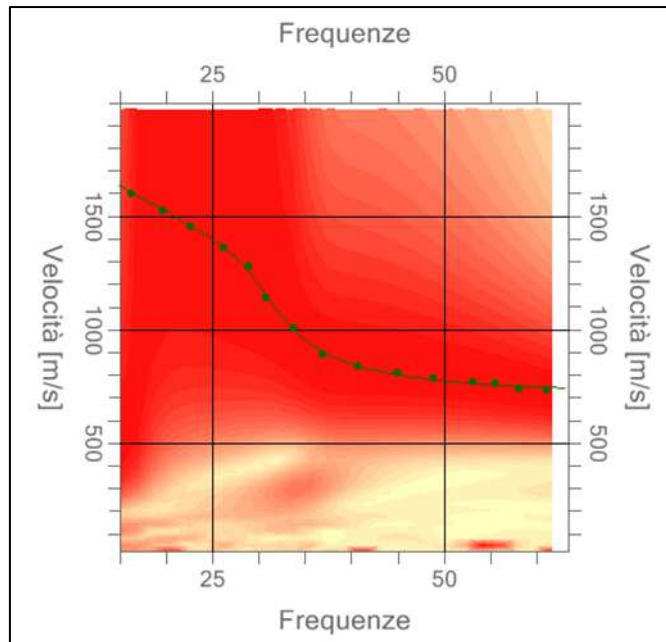


Figura 39 - Spettro relativo all'elaborazione con punti di picking e curva di dispersione sintetica - Stendimento MW41, Valpiana

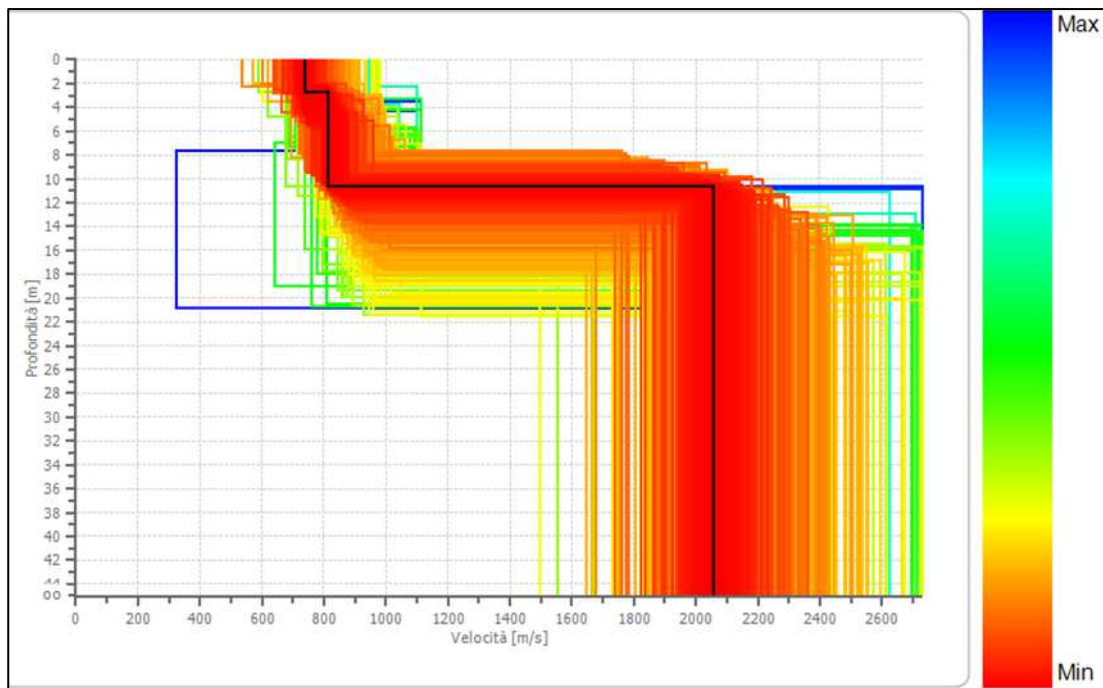


Figura 40 - Modello di inversione derivante dall'elaborazione della prova - Stendimento MW41, Valpiana

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	2.75	2.75	737.1
2	10.68	7.94	815.6
3	oo	oo	2057.3

Percentuale di errore 0.007 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.009

4.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

Lo strumento utilizzato è un “*EchoTromo HVSr 3*” della *AMBROGEO*, un sismografo a 3 canali per la registrazione passiva (H/V) ed attiva (MASW a 3 canali). I dati acquisiti in campagna sono stati processati attraverso l’utilizzo del software “*Easy HVSr*” della *GEOSTRU*.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche del sismografo:

- Numero di canali - 3 con input differente;
- Conversione AD - 24 bit;
- Range dinamico - 130 dB @ 1 ms PG>0 dB / 120 dB @ 1 ms PG>18 dB;
- Cross Talk > 90 dB;
- Preamplificazione Gain - 1-2-4-8-16-32;
- Frequenza di lavoro MASW - da 0 a 400 Hz (1KSPS);
- Frequenza di lavoro HVSr - selezionabile / 78-157-311-415-622-1244 Hz;
- Intervallo campionamento - 12.8-6.4-3.2-2.4-1.6-0.8 ms;
- Record Length - dipende dalla capacità della SD Card;
- Distorsione (THD) - 0.0004 %;
- Segnale Max di Input - 1 Vpp, 0 dB;
- CMR - 110 dB (fCM-60 Hz / fDATA – 30 kSPS);
- Noise - 0.25 uV, 2 ms / 36 dB;
- Delay dell’inizio registrazione - da 0 a 100 sec;
- Range di Temperatura - da -30 °C a + 70°C;
- Power - 9.6 Volt;
- Formato Output - SEG Y / SAF (Sesame ASCII Format).



Figura 41 - *EchoTromo HVSr 3*” *AMBROGEO*, con geofono da 2 Hz

Per l’acquisizione è stato utilizzato un geofono tridirezionale da 2 Hz.

Le misure sono state eseguite secondo i dettami delle linee guida del progetto *SESAME* (progetto europeo, *Site Effects Assessment Using Ambient Excitations*). Tale progetto, che ha coinvolto 14 istituti di ricerca e 85 ricercatori, costituisce attualmente uno dei riferimenti tecnici più seguiti in ambito europeo per il metodo HVSr.

Le acquisizioni sono state effettuate mediante registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) su singola stazione. Tali registrazioni sono state eseguite, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

E' stata poi eseguita un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate sono state suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si è ottenuto così un insieme di finestre "long", sincronizzate fra le tracce. Queste finestre sono state filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, è stato ricavato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo è stato sottoposto a tapering e liscio secondo delle tecniche note in letteratura e ritenute idonee.

Successivamente sono stati presi in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie è stata eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro è stato usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo ha permesso quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui è stata suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si è ottenuto il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco f_0 (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito: per quanto riguarda invece l'ampiezza del picco H/V (A_0) questo al momento non sembra essere direttamente relazionabile all'amplificazione sismica in senso assoluto, ma debba essere interpretato per distinguere quali siti amplificano più di altri.

Di seguito sono riportate le misure effettuate nel corso della campagna geofisica dell'Aprile 2021. Durante tale campagna sono state eseguite sei misure, di cui si riportano in tabella le coordinate metriche (sistema di riferimento "Gauss-Boaga Roma40", EPSG 3003):

HVSR ID	Coordinata x	Coordinata y
"HV130" - Prata	1661631	4772211
"HV131" - Prata	1661558	4772216
"HV132" - Prata	1661380	4771800
"HV134" - Niccioleta	1657279	4772063
"HV135" - Niccioleta	1657192	4771986
"HV133" - Tatti	1665018	4765401

Tabella 1 - Coordinate metriche misure HVSR



Figura 42 - Documentazione fotografica indagine HVSr eseguita nella frazione di Prata



Figura 43 - Documentazione fotografica indagine HVSr eseguita nella frazione di Niccioleta



Figura 44 - Documentazione fotografica indagine HVSr eseguita nella frazione di Tatti

4.2.1 Misura n°1 - "HV130" - Prata

Data: 09/04/2021 - 12:53

Coordinata x: 1661631 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4772211 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 40
Numero finestre incluse nel calcolo: 40
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 30.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

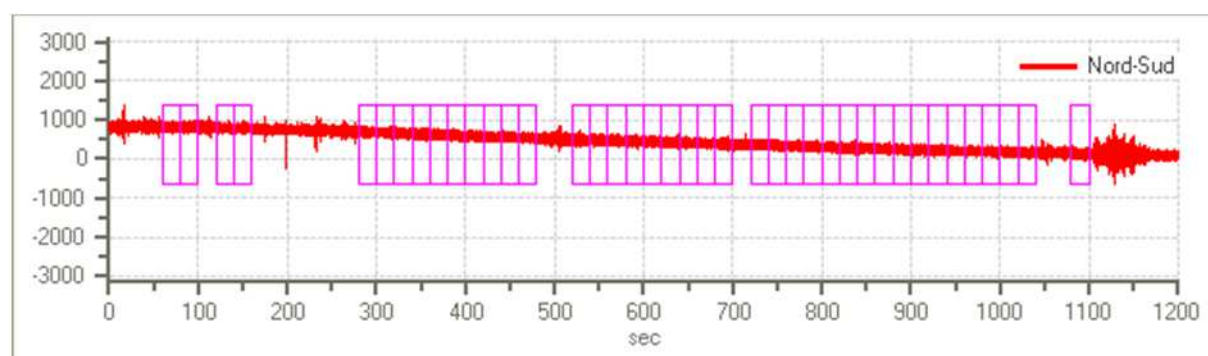


Figura 45 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

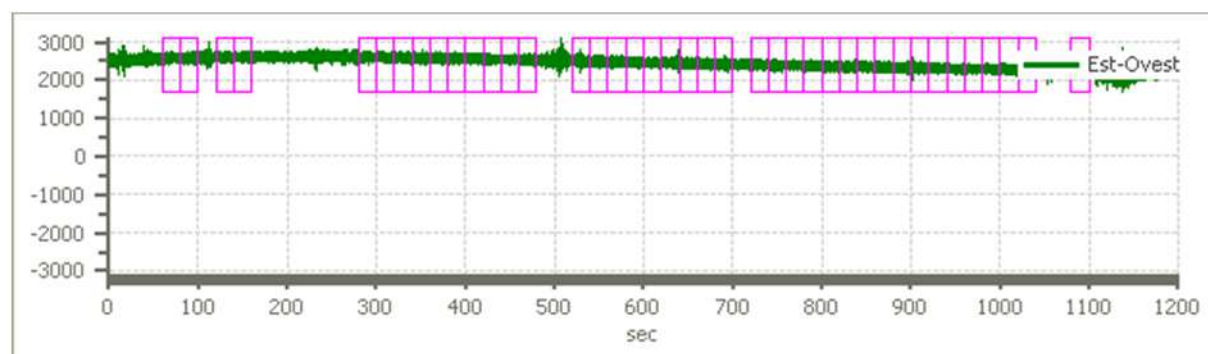


Figura 46 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

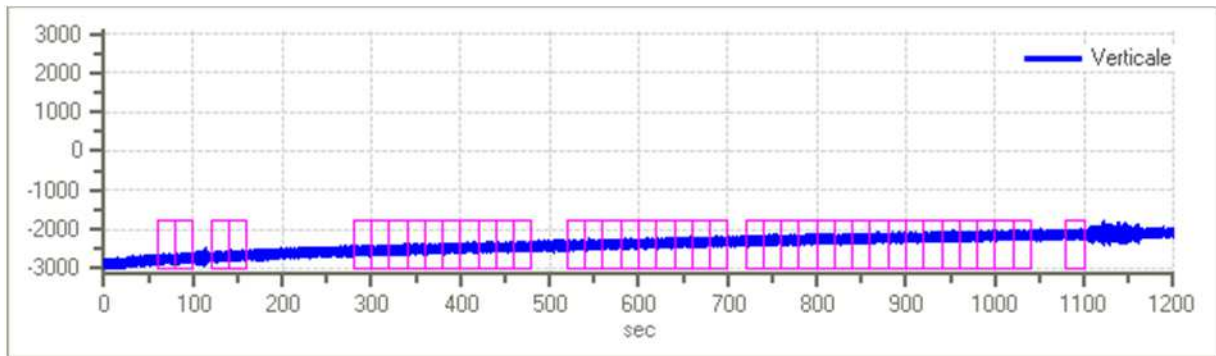


Figura 47 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

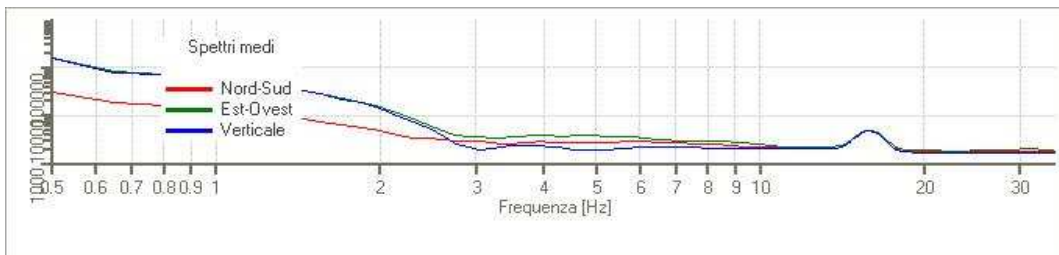


Figura 48 - Spettri medi nelle tre direzioni

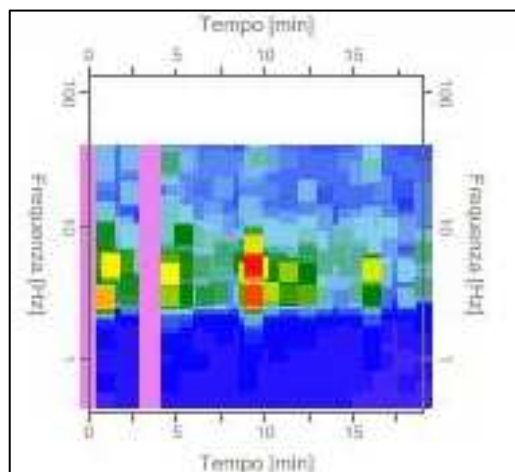


Figura 49 - Mappa della stazionarietà degli spettri

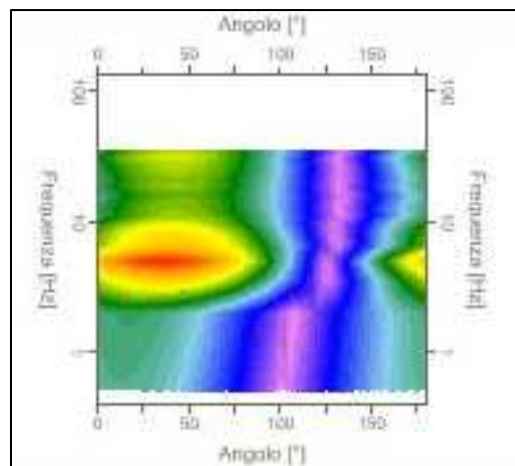


Figura 50 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 35.00 Hz
Frequenza minima: 0.50 Hz
Passo frequenze: 0.15 Hz
Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 30.00 %
Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 5.00 HZ \pm 0.35 HZ

Grafico rapporto spettrale H/V

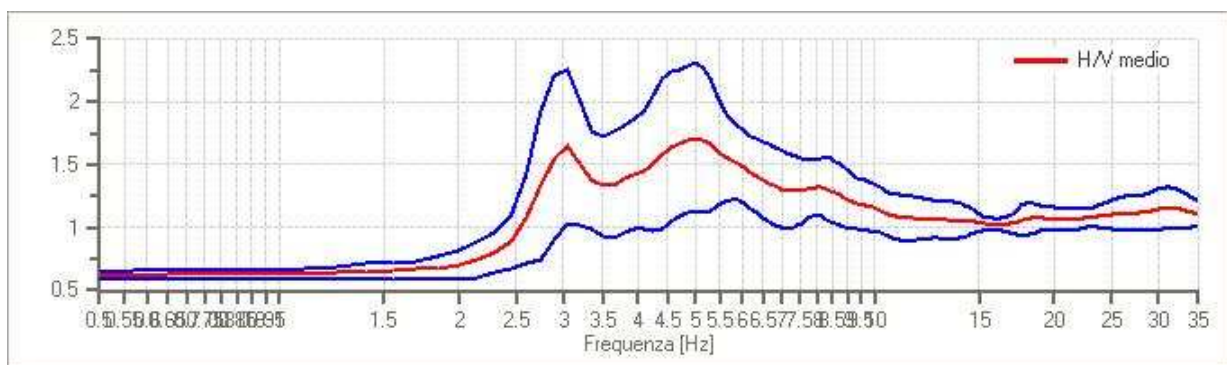


Figura 51 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 4 Criteri verificati su 6

4.2.2 Misura n°2 - "HVI31" - Prata

Data: 09/04/2021 - 13:35

Coordinata x: 1661558 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4772216 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 45
Numero finestre incluse nel calcolo: 45

Dimensione temporale finestre: 20.000 s
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 35.00 %
 Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

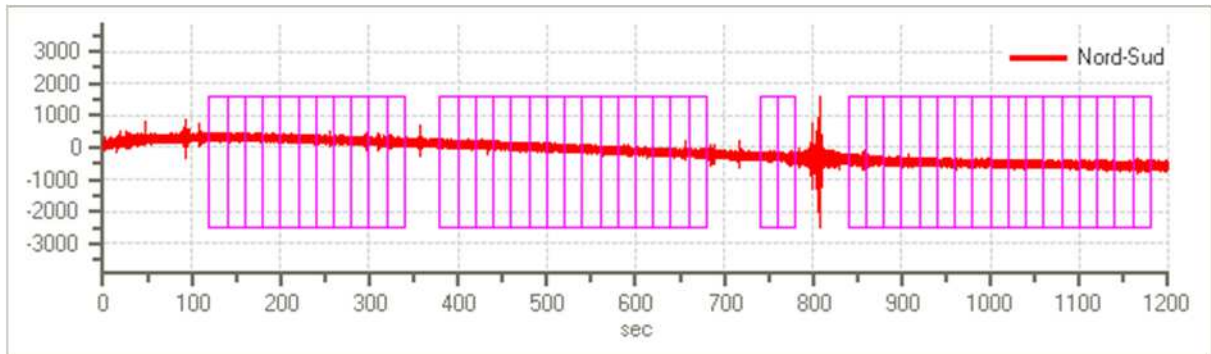


Figura 52 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

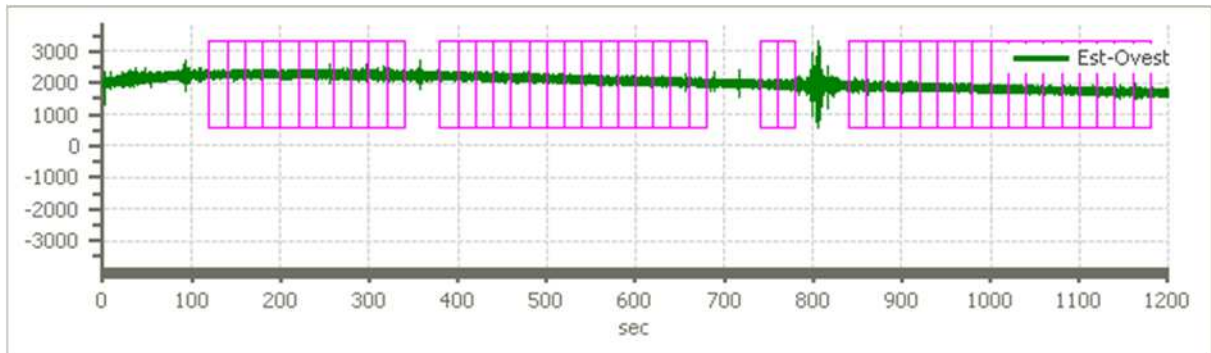


Figura 53 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

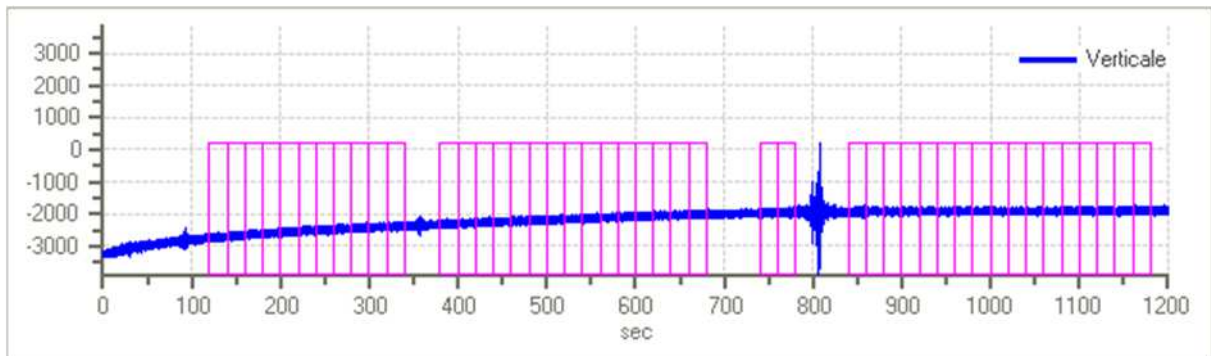


Figura 54 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

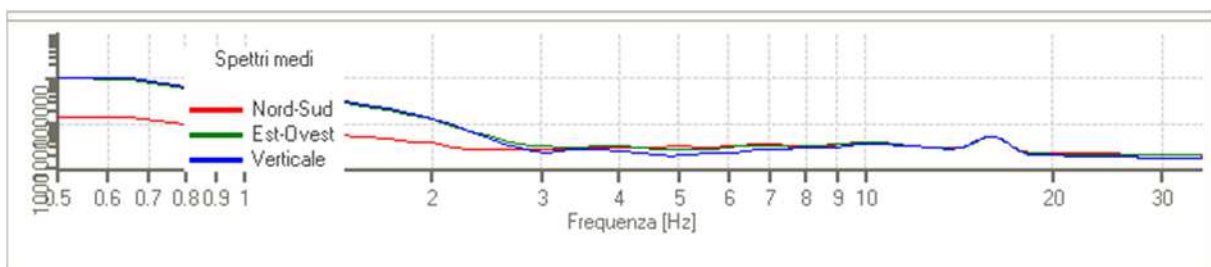


Figura 55 - Spettri medi nelle tre direzioni

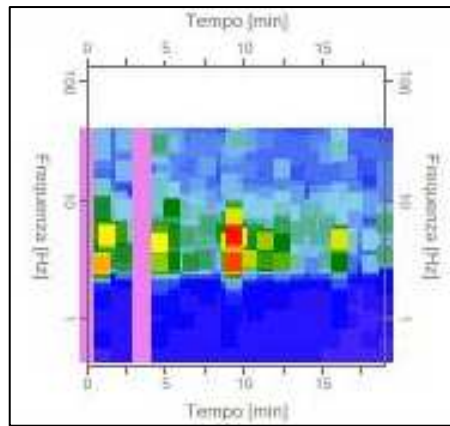


Figura 56 - Mappa della stazionarietà degli spettri

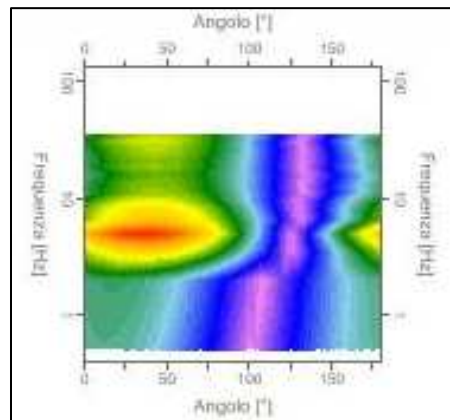


Figura 57 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	35.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamo::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamo:	35.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 5.00 Hz \pm 0.35 HZ

Grafico rapporto spettrale H/V

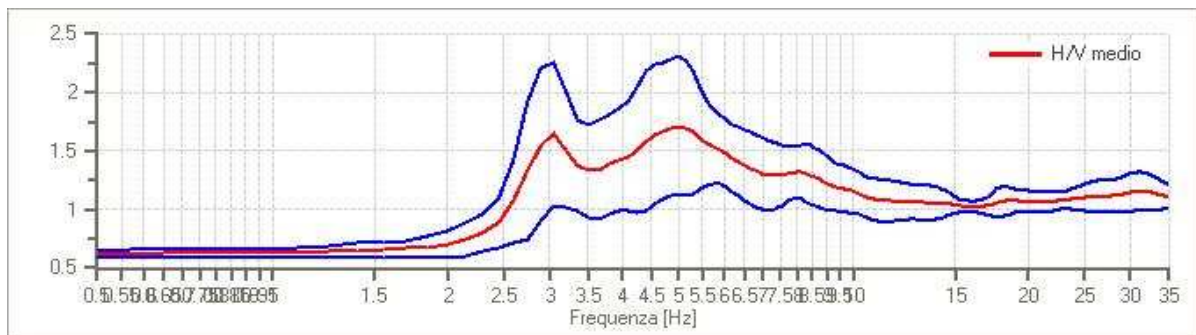


Figura 58 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 4 Criteri verificati su 6

4.2.3 Misura n°3 - "HV132" - Prata

Data: 09/04/2021 - 15:07

Coordinata x: 1661380 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4771800 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 41
Numero finestre incluse nel calcolo: 41
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamo: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamo: 40.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

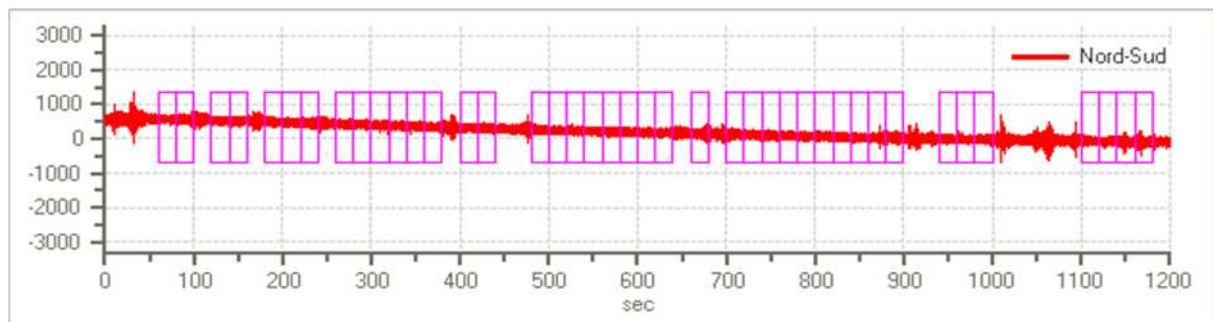


Figura 59 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

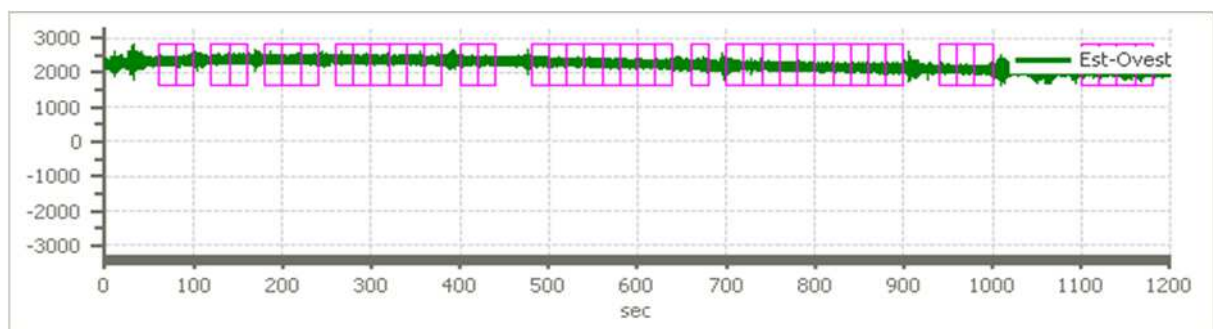


Figura 60 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

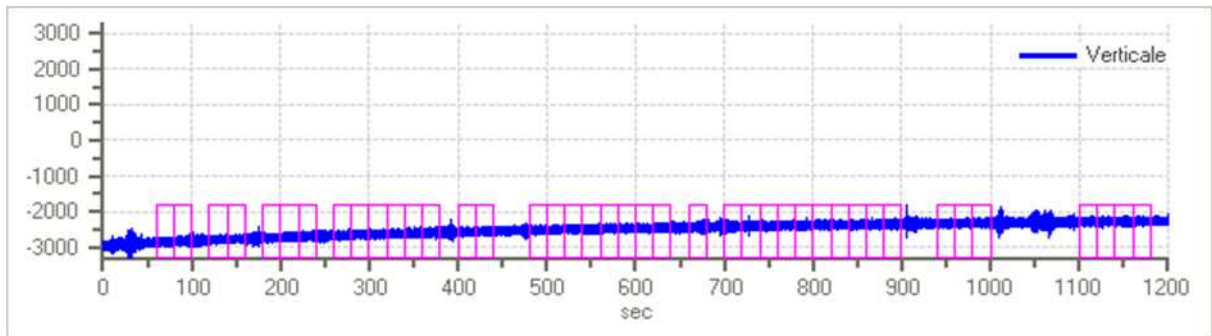


Figura 61 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

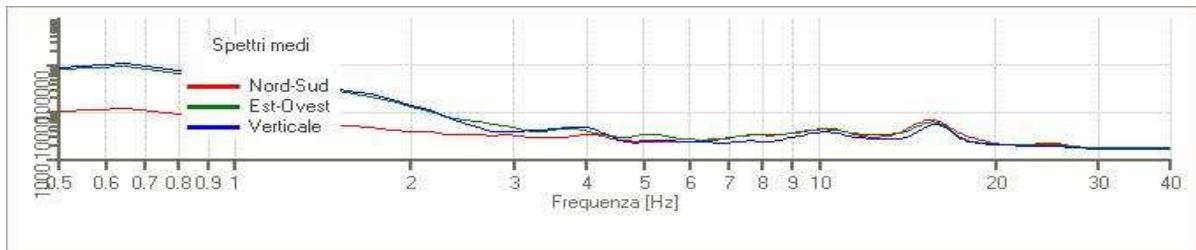


Figura 62 - Spettri medi nelle tre direzioni

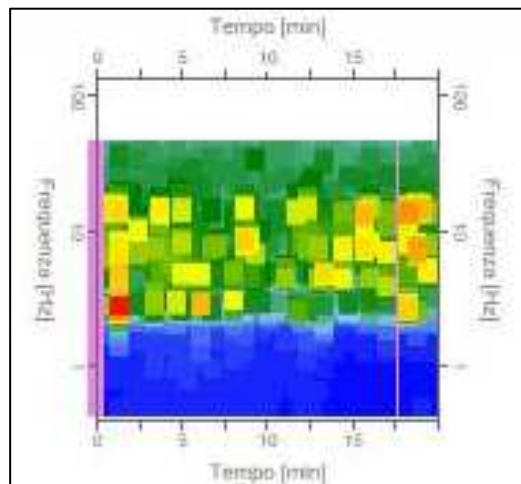


Figura 63 - Mappa della stazionarietà degli spettri

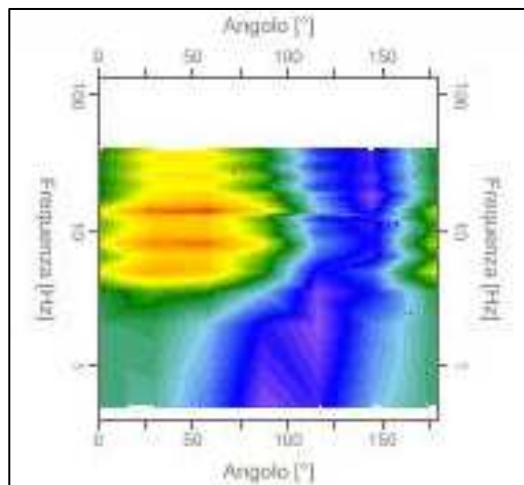


Figura 64 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	40.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	40.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 14.30 Hz \pm 0.23 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

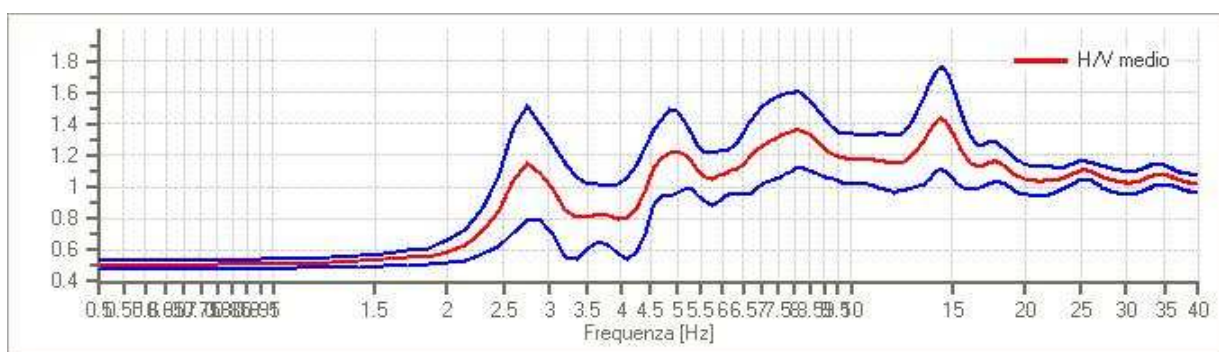


Figura 65 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 3 Criteri verificati su 6

4.2.4 Misura n°4 - "HVI34" - Niccioleta

Data: 09/04/2021 - 15:56

Coordinata x: 1657279 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4772063 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	157.00 Hz
Numero campioni:	188400
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate:	48
Numero finestre incluse nel calcolo:	48

Dimensione temporale finestre: 20.000 s
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 40.00 %
 Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

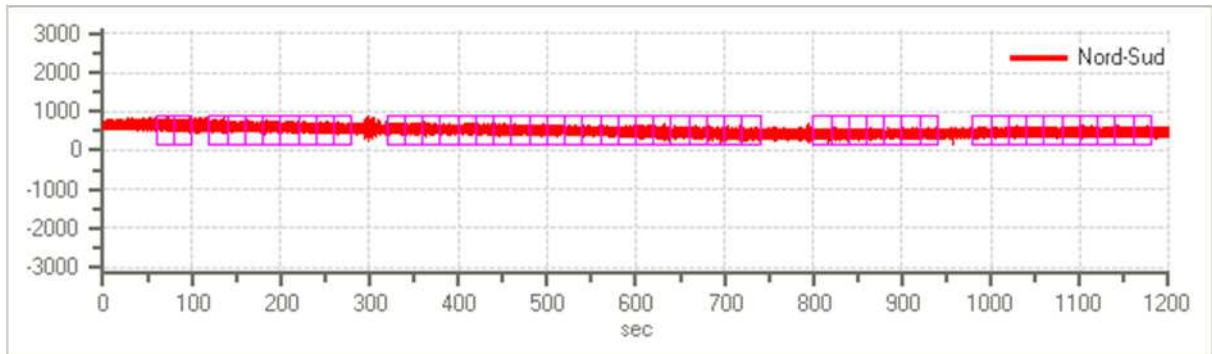


Figura 66 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

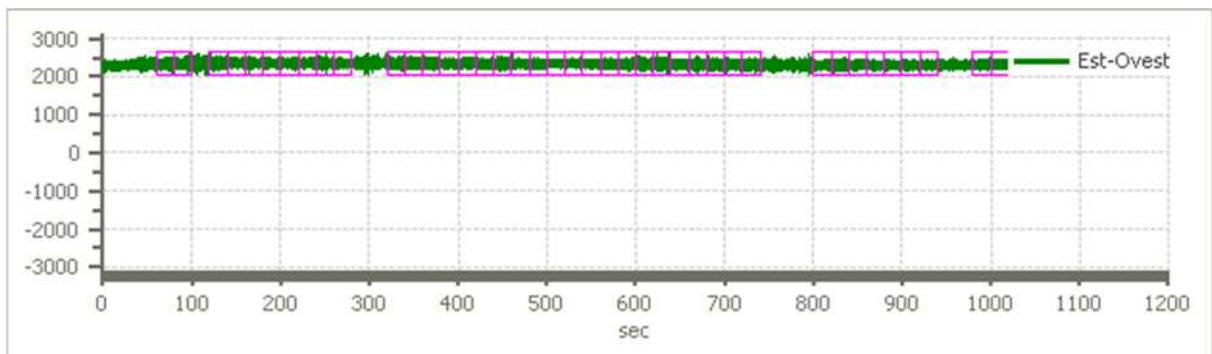


Figura 67 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

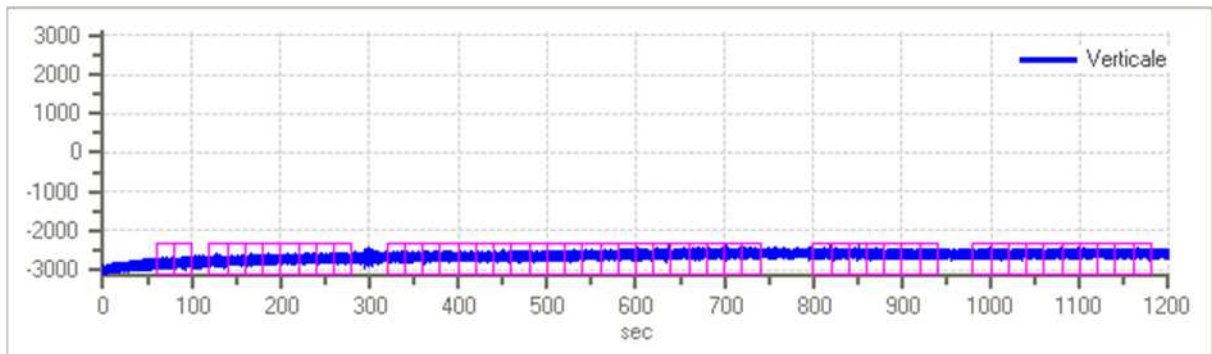


Figura 68 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

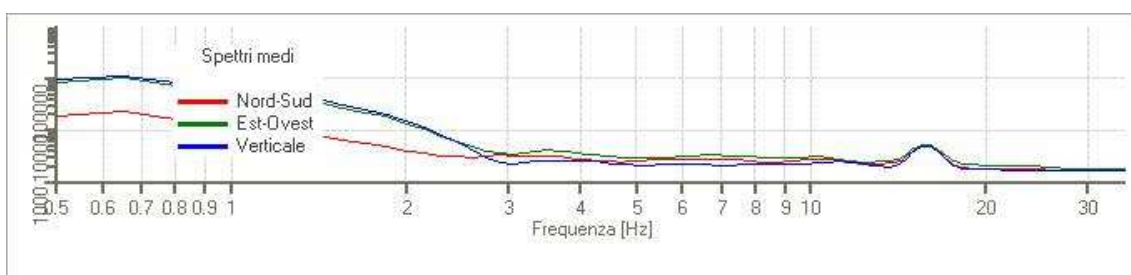


Figura 69 - Spettri medi nelle tre direzioni

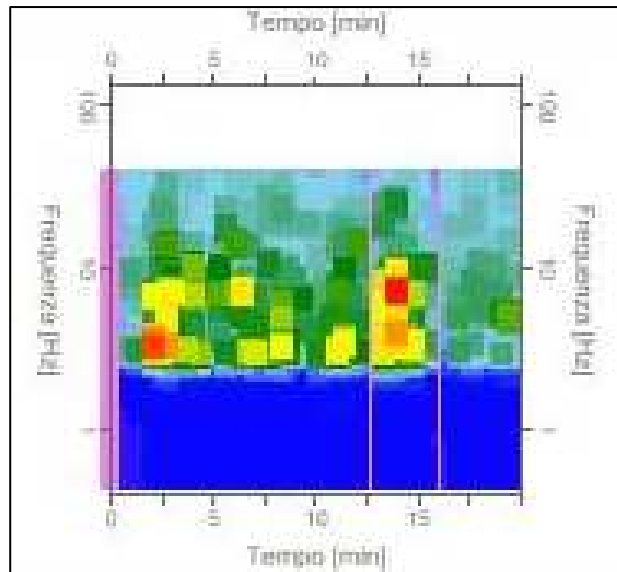


Figura 70 - Mappa della stazionarietà degli spettri

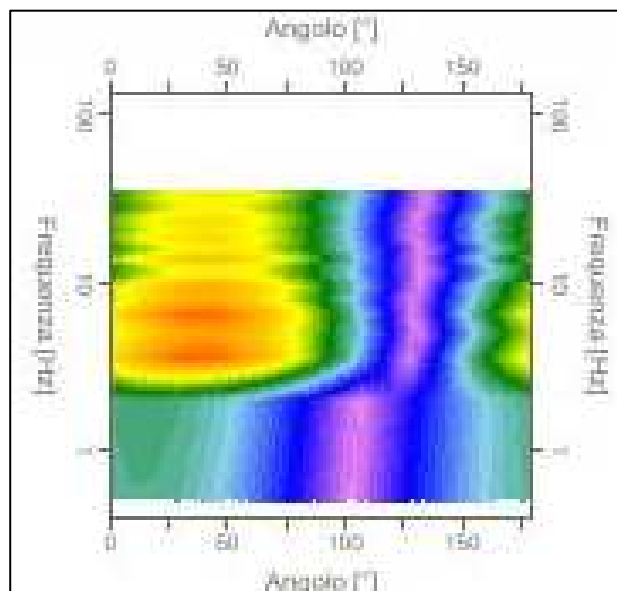


Figura 71 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	35.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamiento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento:	40.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 3.05 Hz \pm 0.30 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

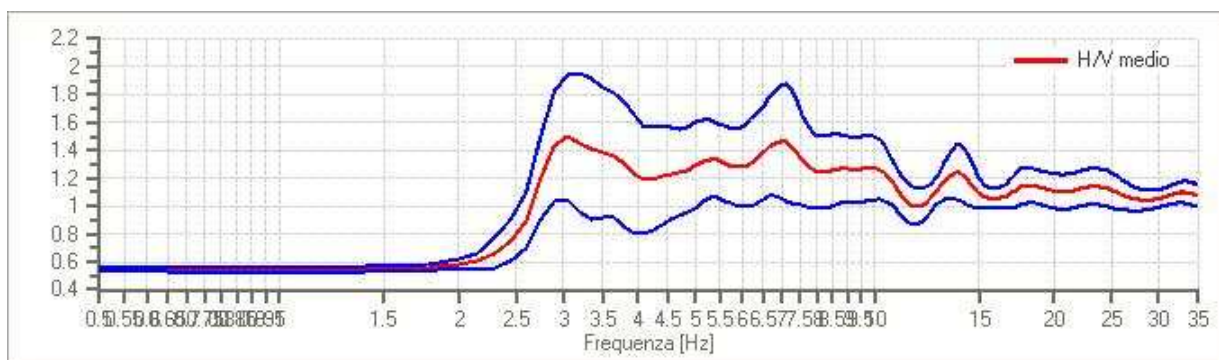


Figura 72 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 3 Criteri verificati su 6

4.2.5 Misura n°5 - "HV135" - Niccioleta

Data: 09/04/2021 - 16:25

Coordinata x: 1657192 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4771986 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 54
Numero finestre incluse nel calcolo: 54
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 40.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

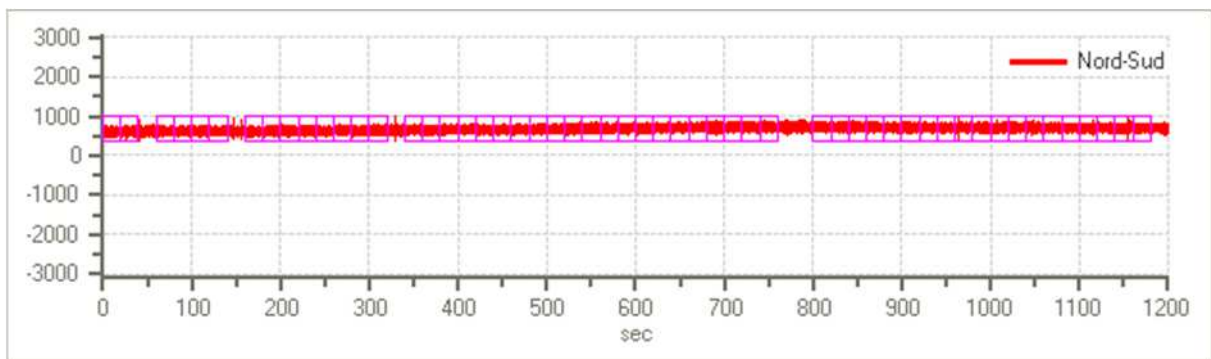


Figura 73 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

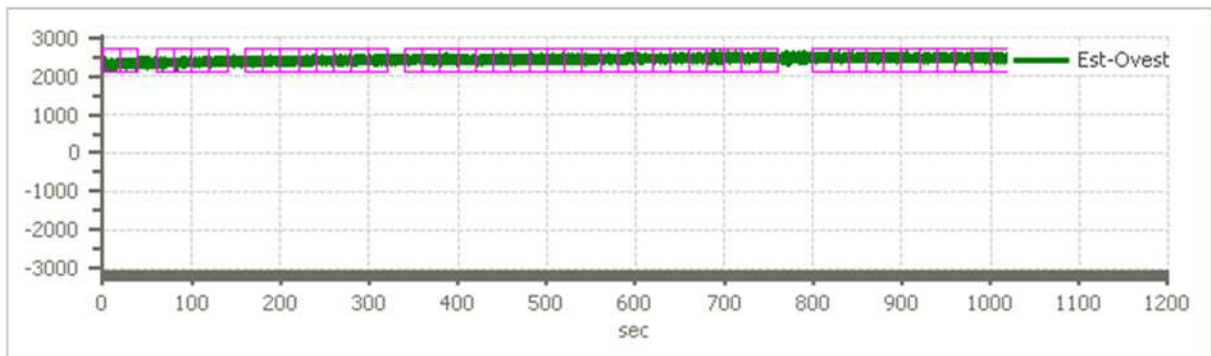


Figura 74 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

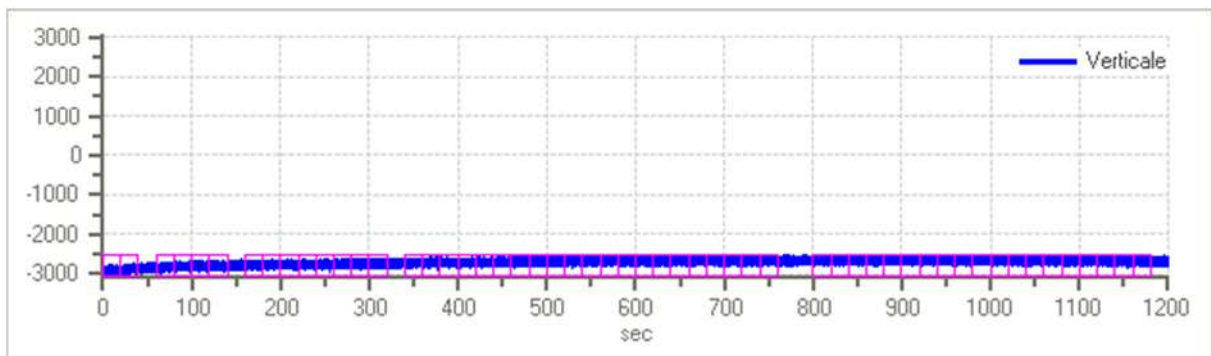


Figura 75 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

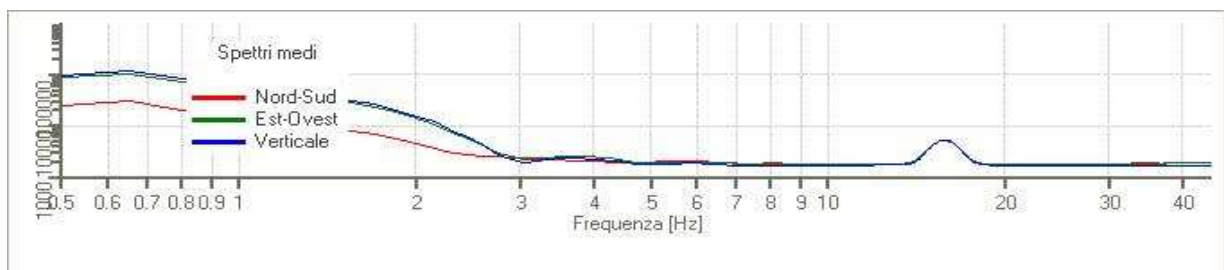


Figura 76 - Spettri medi nelle tre direzioni

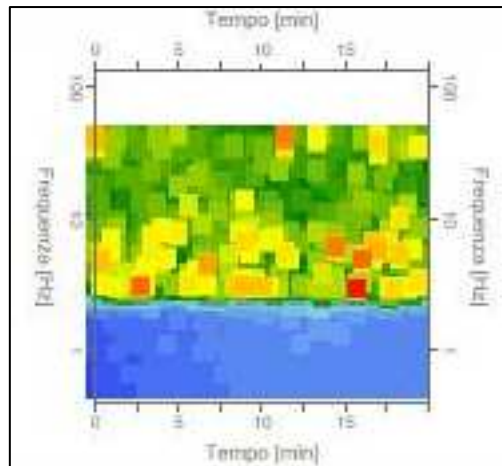


Figura 77 - Mappa della stazionarietà degli spettri

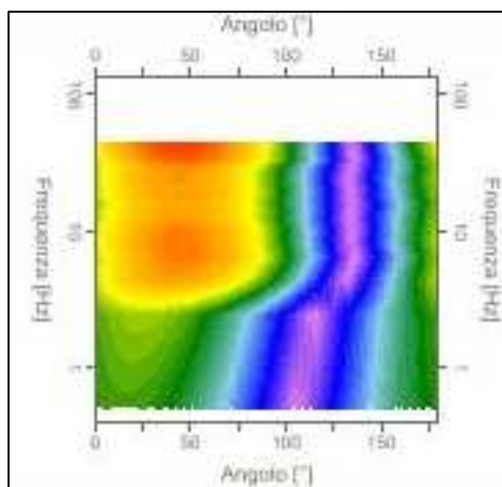


Figura 78 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	45.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo liscioamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di liscioamento:	40.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 3.05 Hz \pm 0.22 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

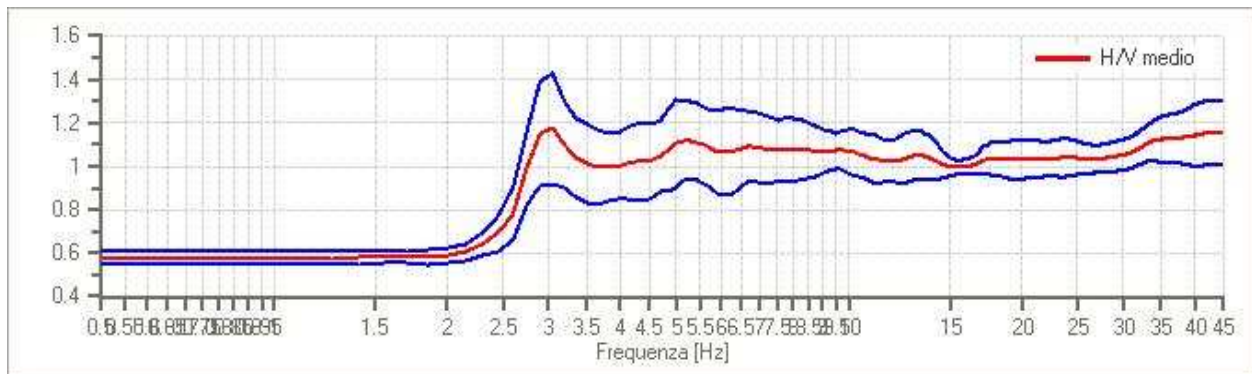


Figura 79 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 2 Criteri verificati su 6

4.2.6 Misura n°6 - "HV133" - Tatti

Data: 09/04/2021 - 11:59

Coordinata x: 1665018 m Est "Gauss-Boaga Roma40"

Coordinata y: 4765401 m Nord

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 1200 s
Frequenza di campionamento: 157.00 Hz
Numero campioni: 188400
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 48
Numero finestre incluse nel calcolo: 48
Dimensione temporale finestre: 20.000 s
Tipo di lisciamto: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamto: 40.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Grafici tracce con finestre selezionate:

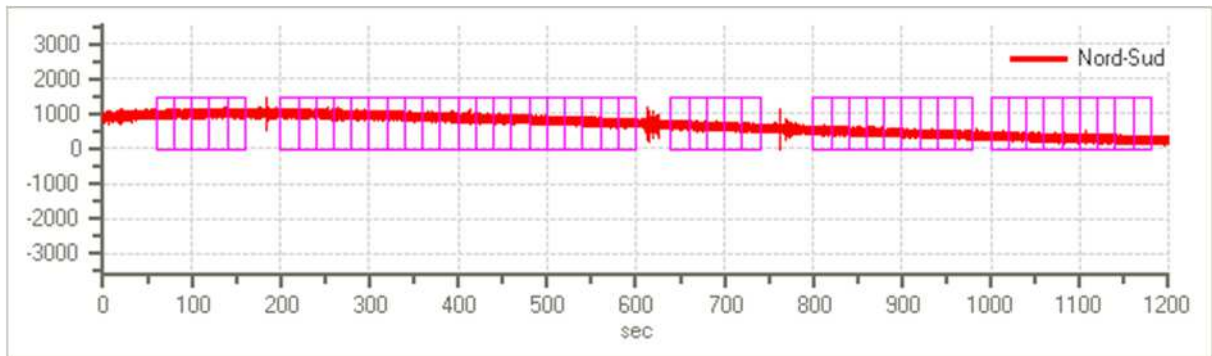


Figura 80 - Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

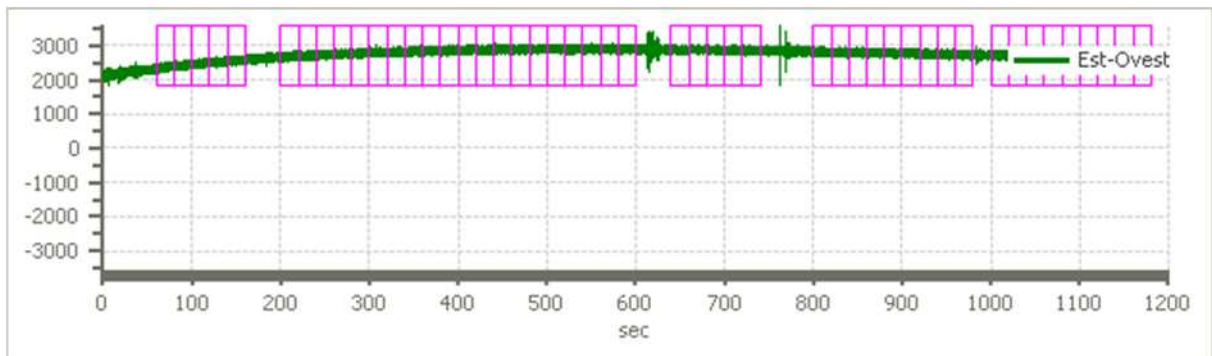


Figura 81 - Traccia e finestre selezionate in direzione Est - Ovest

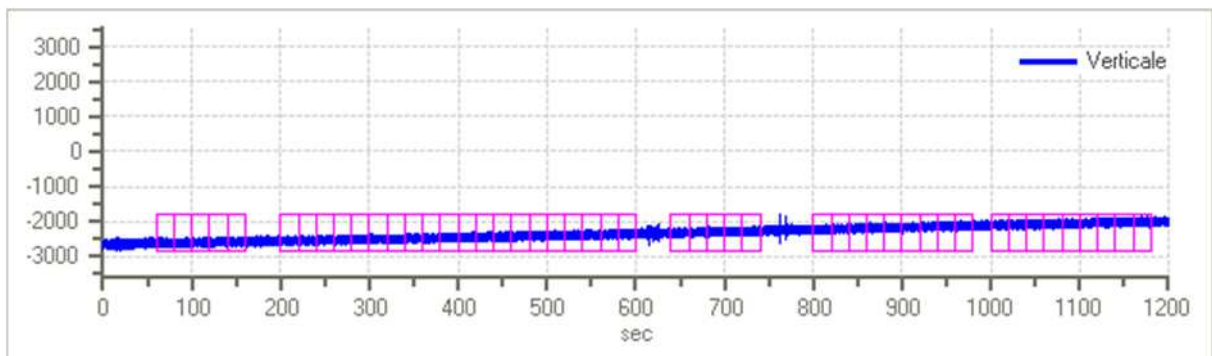


Figura 82 - Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri

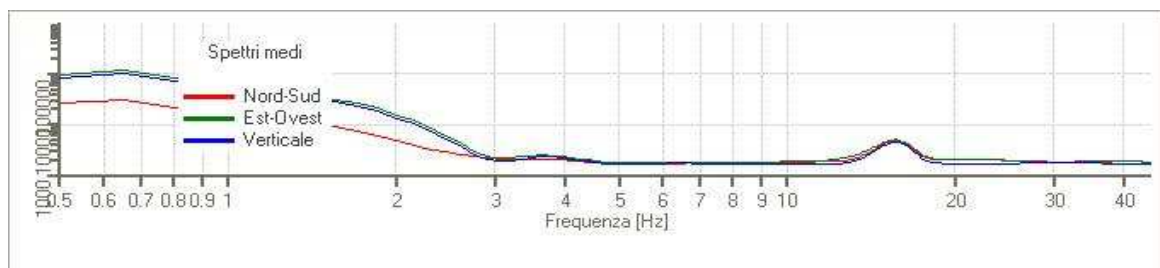


Figura 83 - Spettri medi nelle tre direzioni

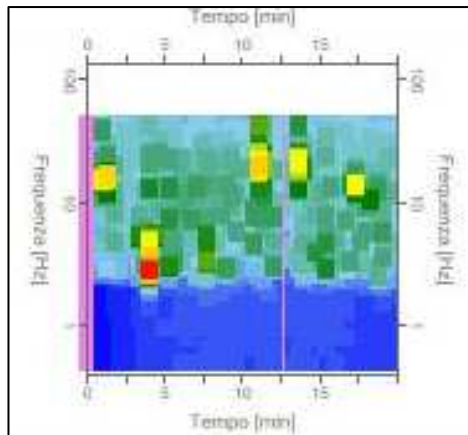


Figura 84 - Mappa della stazionarietà degli spettri

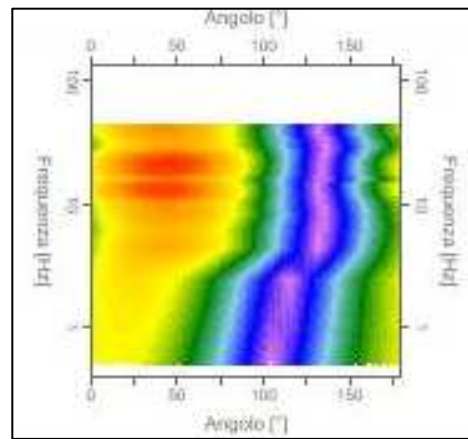


Figura 85 - Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	45.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	40.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

FREQUENZA DEL PICCO FONDAMENTALE DEL RAPPORTO H/V (f_0): 13.10 Hz \pm 0.14 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

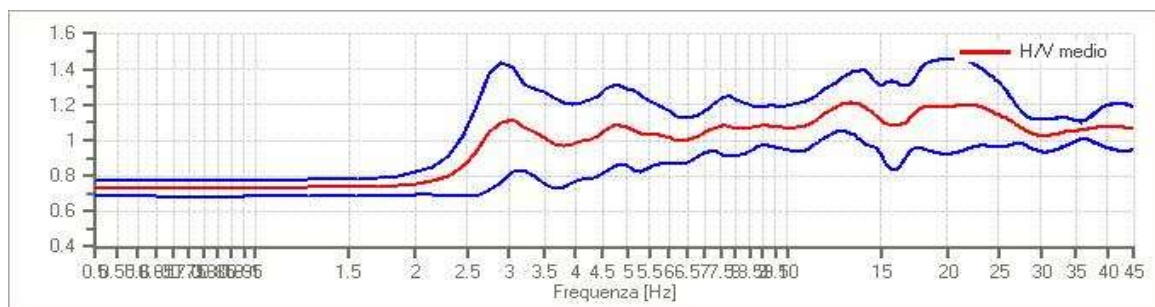


Figura 86 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

CRITERI DI AFFIDABILITA' SESAME

- Criteria per una curva H/V affidabile; 3 Criteri verificati su 3
- Criteria per un picco H/V chiaro; 1 Criterio verificato su 6

4.3 Valutazione della qualità delle misure HVSR

Per la valutazione della qualità delle misure HVSR eseguite, si utilizza la classificazione proposta da Albarello et alii, 2010: l'obiettivo è quello di fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e di elaborazione dei dati. Questa classificazione prevede 3 classi principali: **Classe A**, **Classe B** e **Classe C**.

Classe A: curva H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*).
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi).
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica).
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica).
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata).

ECCEZIONE per la **Classe A**: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata.

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura.
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le sole **Classi A e B** si possono pertanto definire due sottoclassi, ossia:

Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza.

Tipo 2. Non presenta picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

La principale informazione fornita dai rapporti spettrali H/V, quindi, è rappresentata dalla frequenza naturale di oscillazione del sottosuolo (f_0), data dal picco della curva H/V, la cui variabilità aumenta con la larghezza della sua base.

Non sempre però la curva H/V mostra dei picchi netti, talora sono poco chiari o allargati, e non soddisfano le condizioni SESAME; 2 dei 6 criteri per la verifica di attendibilità del picco di frequenza SESAME, riguardano proprio la deviazione standard massima che possono avere un picco di f_0 e la sua ampiezza $A_0(f_0)$ e sono i seguenti:

1. la deviazione standard del picco in frequenza f_0 , deve essere inferiore ad una soglia massima $\varepsilon(f_0)$;
2. la deviazione standard del picco in ampiezza $A_0(f_0)$, deve essere inferiore ad una soglia massima $\theta(f_0)$;

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $A_0(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella 2: valori massimi accettabili per la deviazione standard a diversi range di frequenza del picco (“SESAME HVSR User Guidelines”)

I casi in cui lo spettro H/V non mostra un picco netto di frequenza, e quindi con deviazioni standard maggiori, sono imputabili a diversi fattori quali: un contrasto di impedenza moderato, condizioni meteo ventose e/o perturbate, disaccoppiamento suolo-sensore, disturbi a bassa frequenza (camion, macchine a grande distanza), parametri di “lisciamento” inadeguati.

5.0 Sintesi dei risultati

L’indagine geofisica eseguita nel comune di Massa Marittima (GR), nello specifico nelle frazioni di Prata, Niccioleta, Tatti, Valpiana e Massa Ma.ma capoluogo, ha permesso di ricostruire l’assetto sismo-stratigrafico delle aree in esame e di un loro intorno significativo, nonché di ricavarne la frequenza di risonanza fondamentale.

L’analisi della curva di dispersione sintetica descritta al paragrafo 4.1 e del modello di inversione che ne deriva, permette di descrivere la seguente sismo-stratigrafia di sottosuolo, relativa alla variazione unidimensionale del valore di Vs lungo la verticale di indagine.

Massa Marittima - Stendimento MASW - MW46

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	2.07	2.07	207.4
2	6.58	4.51	330.4
3	oo	oo	1247.9

Massa Marittima - Stendimento MASW - MW47

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	11.65	11.65	669.5
2	22.81	11.16	731.8
3	oo	oo	1336.9

Massa Marittima - Stendimento MASW - MW48

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.93	1.93	237.3
2	11.44	9.52	482.2
3	oo	oo	1250.2

Massa Marittima - Stendimento MASW - MW49

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	6.01	6.01	495.0
2	14.83	8.82	1052.6
3	oo	oo	2966.8

Prata - Stendimento MASW - MW39

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.91	3.91	512.7
2	9.80	5.89	534.3
3	oo	oo	1650.1

Valpiana - Stendimento MASW - MW41

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	2.75	2.75	737.1
2	10.68	7.94	815.6
3	oo	oo	2057.3

La tabella seguente contiene il sunto dei dati ottenuti nel punto di misurazione con l'indagine passiva a stazione singola HVSR, nonché la classificazione della qualità delle misure secondo *Albarello et alii* (2010).

HVSR ID	Coord. x	Coord. y	f0 - frequenza caratteristica (Hz)	A0 - Ampiezza caratteristica	Classe (Albarello et alii. 2010)
"HV130" - Prata	1661631	4772211	5.00 ± 0.35	1.71	A2
"HV131" - Prata	1661558	4772216	5.00 ± 0.35	1.50	A2
"HV132" - Prata	1661380	4771800	14.30 ± 0.23	1.43	B2
"HV134" - Niccioleta	1657279	4772063	3.05 ± 0.30	1.50	B2
"HV135" - Niccioleta	1657192	4771986	3.05 ± 0.22	1.17	B2
"HV133" - Tatti	1665018	4765401	13.10 ± 0.14	1.21	B2

Tabella 3: indagini HVSR con relativa *f* caratteristica di risonanza dei siti (*f*0), l'Ampiezza caratteristica e la "Classificazione delle misure HVSR secondo Albarello et alii.2010". X e Y in coordinate metriche Gauss-Boaga Roma40 (EPSG 3003).

L'assenza di picchi di risonanza verificati secondo i sei criteri SESAME, sono probabilmente dovuti alla mancanza di contrasti di impedenza significativi nel sottosuolo delle aree di indagine e, oltre questo, al fatto che le zone di acquisizione HVSR sono tutte site in aree con pendenze superiori al 15%, mentre i criteri SESAME sono validi principalmente per superfici orizzontali, come quelle di valli e pianure alluvionali.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2010) - *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. INGEGNERIA SISMICA; vol. 28, 2; pp. 32-62.
- Nakamura Y., (1989) - *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. Quarterly Report Railway Tech. Res. Inst., vol. 30.1, pp. 25-30.
- Nogoshi M. & Igarashi T., (1970) - *On the propagation characteristics of microtremors*. J. Seism. Soc. Japan vol. 23, pp. 264-280.
- SESAME Working Group (2004) - *Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation*. <ftp://ftp.geo.uib.no/pub/seismo/SOFTWARE/SESAME/USER-GUIDELINES/SESAME-HV-User-Guidelines.pdf>
- Strobbia C. (2001) – *Surface Waves Methods, acquisition, processing and inversion. Tesi di dottorato di ricerca in Geingegneria Ambientale. Politecnico di Torino*.

Appendice 4 - Indagini puntuali e lineari in aggiornamento delle Tavole dei “Dati di Base”

Dati di base (Tav.G01 - Int)

Nelle "Tav.G01 - Int" sono ubicate sia le indagini geologico-tecniche (*puntuali*) che le indagini geofisiche (*puntuali e lineari*) eseguite nel territorio dei Comuni di Massa Marittima, Montieri e Monterotondo Marittimo; di seguito le indagini lineari e puntuali in aggiornamento delle tavole dei Dati di base.

INDAGINI PUNTUALI

Indagine di sismica passiva HVSR

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
HV116 - HV118	Fattibilità Geologica Bioparco - Lago Boracifero	2021
HV119 - HV122	Fattibilità Geologica Campeggio - Monterotondo Marittimo	2021
HV123 - HV124	Verifica della vulnerabilità sismica della Stazione dei Carabinieri di Monterotondo M.mo	2021
HV125 - HV135	Integrazioni PSI Massa Ma.ma - Montieri - Monterotondo M.mo	2021

Penetrometria dinamica media (M=30 Kg)

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
DM20 - DM21	Fattibilità Geologica Pump Track - Monterotondo Marittimo	2021
DM22 - DM23	Ampliamento immobile - Monterotondo Marittimo	2020
DM24 - DM27	Tunnel Agricolo - Poggio ai quadri	2021
DM28 - DM29	Realizzazione scala - Massa Ma.ma	2021

Penetrometria dinamica superpesante (M=63.5 Kg)

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
DPSH32-35	Costruzione Pesa e Consolid. fabbricato - Cura Nuova	2020

Sondaggio meccanico con escavatore

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
Sg8 - Sg9	Costruzione Tettoia - Niccioleta	2020

Sondaggio a carotaggio continuo

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
S11	Accessibilità mura Massa Ma.ma	2021

Sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campione, attrezzato con canna inclinometrica

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
Scinc3 - Scinc4	Verifica stabilità versante- via Massetana Nord 21 - Massa Ma.ma	2019
Scinc5 - Scinc7	Verifica stabilità versante NW - Massa Ma.ma	2019

Sondaggio a carotaggio continuo, attrezzato a piezometro

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
Sp9	Verifica stabilità versante NW - Massa Ma.ma	2019

Sondaggio a distruzione di nucleo, attrezzato a piezometro

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
Snp5 - Snp6	Verifica stabilità versante NW - Massa Ma.ma	2019

Sondaggio a distruzione di nucleo, attrezzato con canna inclinometrica

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
Sninc3	Verifica stabilità versante - via Massetana Nord 21 - Massa Ma.ma	2019
Sninc4	Verifica stabilità versante NW - Massa Ma.ma	2019

INDAGINI LINEARI

Indagine sismica con metodologia MASW

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
<i>MW28 - MW31</i>	<i>Integrazioni PSI Massa Ma.ma - Montieri - Monterotondo M.mo</i>	<i>2021</i>
<i>MW32</i>	<i>Fattibilità Geologica Bioparco - Lago Boracifero</i>	<i>2021</i>
<i>MW33</i>	<i>Integrazioni PSI Massa Ma.ma - Montieri - Monterotondo M.mo</i>	<i>2021</i>
<i>MW34</i>	<i>Fattibilità Geologica Pump Track - Monterotondo Marittimo</i>	<i>2021</i>
<i>MW35</i>	<i>Verifica della vulnerabilità sismica della Stazione dei Carabinieri di Monterotondo M.mo</i>	<i>2021</i>
<i>MW36</i>	<i>Ampliamento immobile - Monterotondo Marittimo</i>	<i>2020</i>
<i>MW37 - MW39</i>	<i>Integrazioni PSI Massa Ma.ma - Montieri - Monterotondo M.mo</i>	<i>2021</i>
<i>MW40</i>	<i>Costruzione Tettoia - Niccioleta</i>	<i>2020</i>
<i>MW41</i>	<i>Integrazioni PSI Massa Ma.ma - Montieri - Monterotondo M.mo</i>	<i>2021</i>
<i>MW42</i>	<i>Tunnel Agricolo - Poggio ai quadri</i>	<i>2021</i>
<i>MW43</i>	<i>Costruzione Pesa e Consolid. fabbricato - Cura Nuova</i>	<i>2020</i>
<i>MW44</i>	<i>Accessibilità mura Massa Marittima</i>	<i>2021</i>
<i>MW45</i>	<i>Realizzazione scala - Massa Ma</i>	<i>2021</i>
<i>MW46- MW49</i>	<i>Integraz. PSI Massa Ma.ma - Montieri - Monterotondo M.mo</i>	<i>2021</i>

Sismica a rifrazione in onde P

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
<i>SrP43 - SrP44</i>	<i>Fattibilità Geologica Campeggio - Monterotondo Marittimo</i>	<i>2021</i>
<i>SrP45</i>	<i>Studio per la valutazione della stabilità del versante sud-occidentale di Monterotondo M.mo</i>	<i>2019-2021</i>







Sismica a rifrazione in onde P ed Sh

<i>Nome in Tav.G01 - Int</i>	<i>Descrizione - Località</i>	<i>Anno</i>
<i>SrPSh 6</i>	<i>Fattibilità Geologica Campeggio - Monterotondo Marittimo</i>	<i>2021</i>
<i>SrPSh7</i>	<i>Studio per la valutazione della stabilità del versante sud-occidentale di Monterotondo M.mo</i>	<i>2019-2021</i>

Appendice 5 - Legenda delle colonne sismo-stratigrafiche delle Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale - Carta MOPS 1°livello



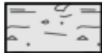
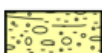

Carta MOPS 1 Livello
Legenda colonne sismo-stratigrafiche
Zone Stabili suscettibili di amplificazione locale

n.1

	zona 1
	zona 2
	zona 3
	zona 4
	zona 5
	zona 6

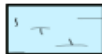
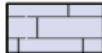
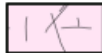


n.2 *Unità Litologico Tecniche
Tav.G04*

Terreni di copertura

	F2 - Depositi sciolti, consolidati, a comportamento attritivo/coesivo (bnb)
	G3 - Depositi sciolti, non consolidati, a comportamento attritivo/coesivo (b-bna)
	H - Depositi caotici, sciolti, non consolidati, a comportamento attritivo/coesivo
	D - Unità sciolte a comportamento prevalentemente attritivo (VILa-VILb-MESa-MESb)
	E - Unità sciolte a comportamento prevalentemente coesivo (VILh)

n.3 *"Standard di rappresentazione di MS"
Versione 4.2 (2020)*

Substrato

	LP - Lapideo (MAC)
	LPS - Lapideo stratificato (POD-SFS-RET)
	SFLP - Lapideo fratturato o alterato (CCA-VILt)
	AL - Alternanza di litotipi (APA)
	ALS - Alternanza di litotipi stratificato (OMT-STO-DSD)

NOTA:

Legenda n.1: riporta le sei "zone stabili suscettibili di amplificazione locale" presenti all'interno delle tavole delle MOPS di 1 livello.

Legenda n.2: rappresentazione schematica dei "Terreni di copertura" rappresentati nelle colonne sismo-stratigrafiche. La descrizione fa riferimento alle ULT (Unità Litologico Tecniche), create accorpando le unità litostratigrafiche che vi compaiono (segnate in descrizione).

Legenda n.3: rappresentazione schematica del "Substrato sismico" (S nelle colonne stratigrafiche) all'interno delle aree di MS.

Le campiture corrispondono a quelle previste nella versione 4.2 (Dicembre 2020) dello "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica".