



**RAPPORTO N. 1
ATTIVITÀ DEL
GRUPPO OPERATIVO EMERSITO A SEGUITO
DELL'EVENTO SISMICO Costa Marchigiana Pesarese
Mw 5.5 del 9/11/2022**

**REPORT N. 1 ON THE EMERSITO TASK FORCE ACTIVITIES AFTER THE Mw 5.5
Costa Marchigiana Pesarese EARTHQUAKE (9/11/2022, ITALY)**

09/11/2022

Working Group EMERSITO:

Cara Fabrizio, Di Giulio Giuseppe, Cultrera Giovanna, Lovati Sara, Pacor Francesca, Riccio Gaetano, Vassallo Maurizio (coordinamento EMERSITO) (*);
Bagh Samer, Bobbio Antonella, Bottari Carla, Brunelli Giulio, Ciaccio Maria Grazia, Cogliano Rocco, Costanzo Antonio, D'Alessandro Antonino, D'Ambrosio Michele, D'Amico Vera, De Luca Gaetano, Di Filippo Alessandro, Falco Luigi, Falcone Sergio, Famiani Daniela, Felicetta Chiara, Fodarella Antonio, Grassa Fausto, Hailemikael Salomon, La Piana Carmelo, Liguoro Francesco, Marco Colasanti, Mascandola Claudia, Massa Marco, Mele Giuliana, Melillo Giulia, Memmolo Antonino, Mercuri Alessia, Milana Giuliano, Minarelli Luca, Morelli Rebecca Sveva, Nardone Lucia, Pagliuca Nicola, Paratore Mario, Pischiutta Marta, Pucillo Stefania, Puglia Rodolfo, Pulvirenti Mario Sebastiano, Scudero Salvatore, Sgattoni Giulia, Somma Renato, Tarabusi Gabriele, Tusa Giuseppina, Vitale Giovanni, Zarrilli Luigi (*);
Amoroso Sara(**)

(*) Sezioni INGV: AC, Bologna, Irpinia, Milano, OE, ONT, OV, Palermo, Pisa, Roma1, Roma2

(**) Università degli Studi di Chieti-Pescara

Da citare come: Gruppo Operativo EMERSITO (2022) - Rapporto n.1 preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo Emersito a seguito dell'evento sismico Costa Marchigiana Pesarese Mw 5.5 del 9/11/2022. Pubblicato il 9/11/2022, URL: <http://hdl.handle.net/2122/15783>



1. Sommario

Il giorno 9 novembre 2022, alle 06:07:24 UTC (07:07:24 ora locale) un terremoto di magnitudo momento (M_w) pari a 5.5 ha interessato la Costa Marchigiana Pesarese (Pesaro Urbino). A causa della magnitudo del mainshock e del livello di danneggiamento riscontrato, l'INGV ha attivato il gruppo operativo EMERSITO (<http://emersitoweb.rm.ingv.it/index.php/it/>), il cui obiettivo è di svolgere e coordinare le campagne di monitoraggio per studi di effetti di sito e di microzonazione sismica.

Durante le prime fasi di un'emergenza sismica, l'attività principale del gruppo operativo EMERSITO consiste, attraverso la costituzione di gruppi di lavoro, nel reperimento delle informazioni geologiche e geofisiche, nell'analisi dei dati sismici esistenti, nella pianificazione di misure sismologiche e geofisiche ed in attività propedeutiche alla microzonazione sismica. Nel caso specifico della sequenza sismica della Costa Marchigiana Pesarese:

- sono state reperite informazioni di letteratura sugli effetti di sito già osservati nella zona colpita, sulla cartografia geologica e sulla microzonazione sismica disponibile;*
- sono state reperite le informazioni di caratterizzazione dei siti delle stazioni sismiche permanenti presenti nell'area (http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_31 e <http://crisp.ingv.it>) e sono stati rianalizzati alcuni dati disponibili (<http://eida.ingv.it/>).*
- è stata pianificata l'installazione di una rete sismica temporanea nella zona colpita dal terremoto, nei comuni di Ancona e Senigallia. La scelta delle aree è stata guidata principalmente dalla prossimità con l'area epicentrale, dalla disponibilità di studi di microzonazione sismica e di carte geologiche a differenti scale di rappresentazione, dalla distribuzione dei parametri di scuotimento del suolo e della sismicità in tempo reale.*



1. Abstract

On November 9th, 2022, at 06:07:24 UTC (07:07:24 local time) a Mw 5.5 earthquake struck Costa Marchigiana Pesarese (Pesaro Urbino). Due to the significant mainshock magnitude, the EMERSITO task force (<http://emersitoweb.rm.ingv.it/index.php/it/>) has been activated by INGV. The aim of EMERSITO is to carry out and coordinate the monitoring surveys for site effects studies and seismic microzonation.

During the first phases of a seismic emergency, through the establishment of some working groups, the main activity of EMERSITO consists in the retrieval of geological and geophysical information, in the analysis of existing seismic data, in the planning of seismological and geophysical measurements and in preparatory activities for seismic microzonation. In the specific case of the seismic sequence Costa Marchigiana Pesarese:

- previous studies on site effects were collected, together with geological cartography and available seismic microzonation studies;
- the site characterization of the permanent seismic stations present in the area was further found in dedicated websites (http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_31 and <http://crisp.ingv.it>) and some of the available recorded data were analyzed (<http://eida.ingv.it>);
- a temporary seismic network was designed in the area affected by the earthquake, in the municipalities of Ancona, Senigallia. The choice of the sites was mainly driven by the proximity to the epicentral area, and by the availability of seismic microzonation studies, geological maps at different representation scales, ground motion parameters distribution and real time seismicity.



2. Introduzione

EMERSITO è un gruppo operativo di emergenza dell'INGV (<http://emersitoweb.rm.ingv.it>), istituito con decreto INGV n° 337 del 15/07/2015, la cui attività è regolata da un protocollo operativo (http://emersitoweb.rm.ingv.it/Docs/Protocollo_EMERSITO_2020.pdf). Il personale di EMERSITO ha professionalità ed esperienza in studi di risposta sismica locale e nelle attività propedeutiche alla microzonazione sismica, contribuendo all'insieme degli interventi in emergenza, in particolare:

1. coordinare e svolgere campagne di monitoraggio per studi di risposta sismica locale a seguito di eventi sismici di forte magnitudo ($M > 5.0$), o che comunque abbiano dato luogo a un danneggiamento imputabile anche all'amplificazione del moto sismico in superficie (Attività 1 – Effetti di sito);
2. svolgere attività propedeutiche alla microzonazione sismica in fase di emergenza nell'ambito del "Centro di Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (CentroMS)" a cui l'INGV aderisce (Attività 2 – Microzonazione).

Durante le emergenze nel territorio nazionale, EMERSITO si coordina con l'Unità di Crisi e con le altre Task Force operative dell'INGV (Sismiko, Emergeo, Quest, IES).

La dotazione strumentale del gruppo EMERSITO include stazioni sismiche equipaggiate con velocimetri e accelerometri, distribuite tra le varie sezioni e sedi INGV coinvolte. Inoltre, è disponibile ulteriore strumentazione geofisica per la caratterizzazione sismica dei terreni, per esempio strumentazione geoelettrica, multi-canale per sismica attiva/passiva.

La Sala Sismica INGV ha localizzato un terremoto di magnitudo Mw 5.5 (ML 5.7) che è avvenuto il 9-11-2022 06:07:24 UTC (ora locale 07:07:24) nella zona Costa Marchigiana Pesarese (Pesaro Urbino) con coordinate geografiche (lat, lon) 44,013, 13,324 ad una profondità di 8 km, a circa 31 Km a NE di Fano (PU). EMERSITO si è quindi attivato in seguito al superamento della soglia minima di magnitudo prevista dal protocollo.

Durante la prima riunione, indetta dopo il mainshock, e nel secondo incontro avvenuto nello stesso pomeriggio, si è proceduto con lo studio della zona epicentrale e aree adiacenti, si è organizzata la raccolta delle informazioni esistenti e ipotizzato un intervento del gruppo nell'area colpita. In particolare, sono state individuate aree urbanizzate prossime all'epicentro del mainshock, dove sono presenti situazioni geologiche e strutturali che possono aver dato luogo a effetti di sito e compatibili con eventuali attività di microzonazione sismica.

Per la pianificazione dell'intervento sono stati raccolti e condivisi su una cartella DRIVE le seguenti informazioni: la cartografia geologica, la microzonazione sismica disponibile, gli studi esistenti su documentati effetti di sito nell'area colpita, dati e metadati delle stazioni permanenti della Rete Sismica Nazionale gestita dall'INGV (RSN) e della Rete Accelerometrica Nazionale del DPC (RAN) presenti in zona epicentrale e la distribuzione dei parametri di scuotimento.

Per la condivisione delle informazioni tra le sedi coinvolte, si è predisposto un Sistema Informativo Territoriale (WEBGis on-line), contenente parte delle informazioni sopra citate (**Figura 2.1**).

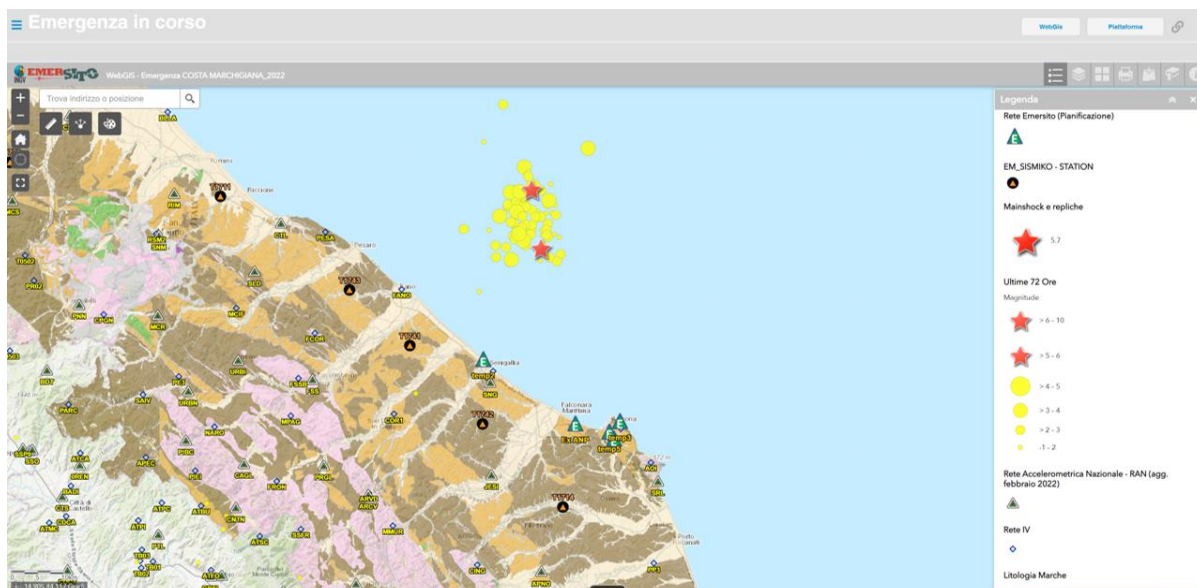


Figura 2.1. Livelli informativi dei dati raccolti. Visualizzazione tramite ArcGis on-line.

L'intervento pianificato per lo studio degli effetti di sito in area epicentrale riguarda la selezione di alcuni siti per l'installazione di una rete sismica temporanea di stazioni dotate di sensori velocimetrici e accelerometrici nei seguenti comuni: Ancona e Senigallia. La scelta dei siti di installazione è guidata dalle informazioni raccolte ma ha anche tenuto conto di criteri logistici, quali l'agibilità dei siti e la presenza di strutture pubbliche dove ospitare le stazioni in sicurezza. EMERSITO sta inoltre collaborando con SISMIKO che ha già installato (o pianificato) delle stazioni sismiche temporanee, e con EMERGEO e QUEST per i rilievi geologici cosismici (in particolare in riferimento a fenomeni franosi e di liquefazione) e del danneggiamento osservato.



3. Raccolta dati esistenti in zona epicentrale e/o con anomalie di risentimento

In questa sezione riportiamo le informazioni esistenti per l'area in esame, utili all'individuazione di possibili effetti di sito.

1) Cartografia geologica/dissesto

Relativamente alla cartografia esistente, sono state raccolte le informazioni geo-litologiche e riguardanti frane e dissesti (**Tabella 3.1** e **Figura 3.1**).

Tabella 3.1 Lista della cartografia disponibile con la fonte di acquisizione

tipologia	cartografia
Carta geologica (una scelta tra le diverse alternative disponibili)	1:100.000 geologica (*)
	1:100.000 litologica (*)
	1: 50.000 geologica CARG (*)
	1:10.000 geologica Regione Marche
	1:100.000 geologica Regione Marche
cartografia frane/dissesti (una scelta tra le diverse alternative disponibili)	Inventario dei fenomeni franosi in Italia - IFFI (*)

(*) da Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

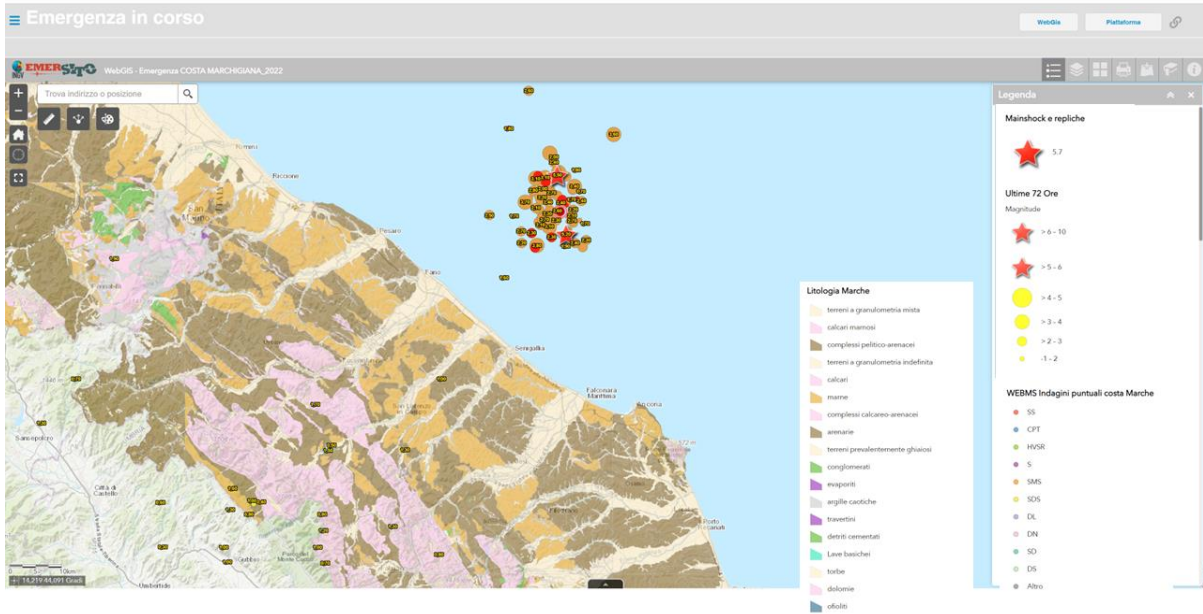


Figura 3.1. Estratto della Carta litologica a scala 1:100.000 (fonte ISPRA)

Sulla base dei dati disponibili in letteratura (**Figura 3.2**) nell'area in esame sono presenti aree in dissesto, caratterizzate dalla presenza di movimenti di versante.

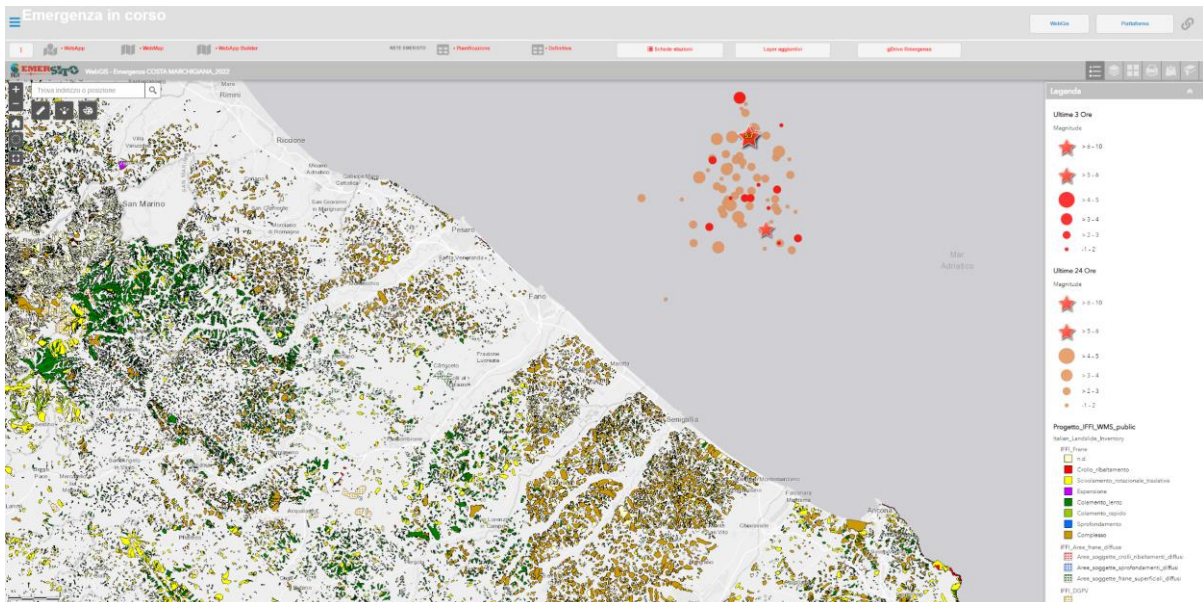


Figura 3.2. Estratto della [carta dell'Inventario dei fenomeni franosi in Italia (IFFI)]



2) Studi di Microzonazione

Nella zona in esame sono disponibili studi di microzonazione sismica locale, reperibili dal Portale informativo e cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza (<https://www.webms.it/>) e dal sito della Regione Marche (<https://qmap-protciv.regione.marche.it/cs/>).

La **Figura 3.3** riporta, per l'area in esame, le indagini geologiche e geofisiche scaricate tramite protocollo WFS dal Portale WebMS e tematizzate per tipologia e i dati dell'Archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84) di ISPRA (<https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisici>), caricate in tempo reale tramite protocollo WFS.

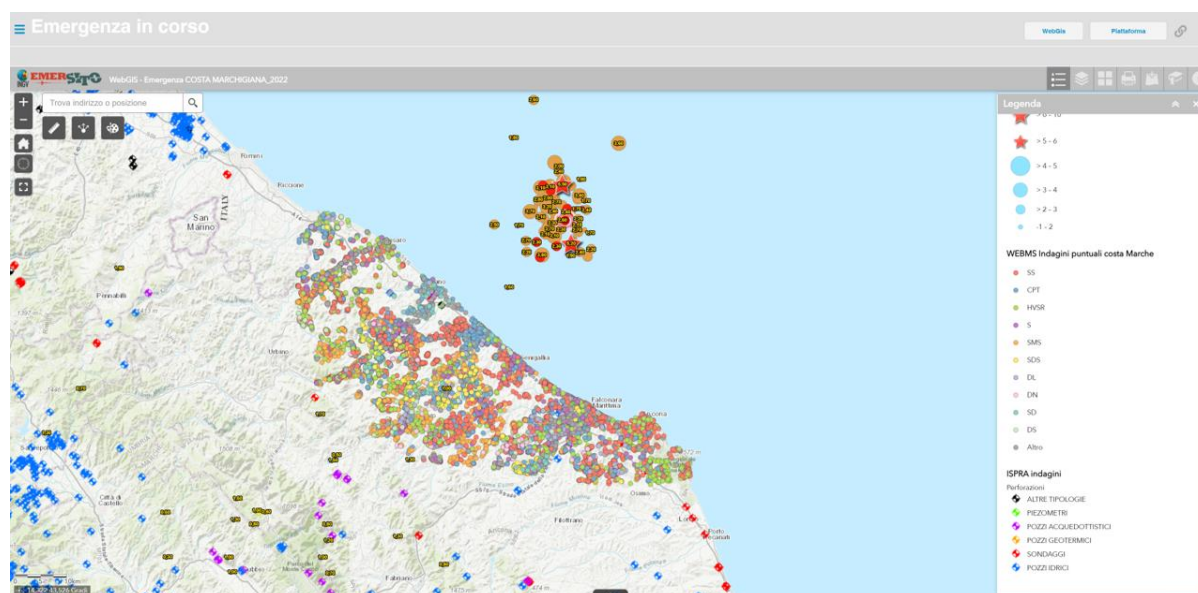


Figura 3.3. Carta delle indagini puntuali WEBMS e ISPRA

3) Stazioni delle reti permanenti in zona epicentrale

In occasione della sequenza sismica in corso, abbiamo recuperato i risultati esistenti ed effettuato alcune analisi preliminari sulle registrazioni sismiche delle stazioni della Rete Sismica Nazionale (RSN) dell'INGV e della rete accelerometrica (RAN) gestita dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) installate in zona epicentrale.

Le stazioni ubicate entro un'area di circa 65 km di raggio dall'epicentro, sono indicate in **Tabella 3.2** e in **Figura 3.4**.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Tabella 3.2. Lista delle stazioni delle reti permanenti considerate con gli indicatori di sito.

NET	STAZ	LOC	VS30 EC8 ESTIMATION	VS30	EC8 CODE	TOPOGRAPHY
IV	FANO	FANO	Topography	321	C	T1
IV	SENI	SENIGALLIA	Geophysical survey	242	C	T1
IT	SNG	SENIGALLIA	Geophysical survey	258	C	T1
IV	CRTC	CARTOCETO	Topography	1005	A	T2
IT	CTL	CATTOLICA	Geophysical survey	208	C	T1
IV	PCRO	PIETRALACROC E ANCONA	Surface geology		B	T1
IT	ANB	ANCONA 2	Surface geology		B	T1
IV	FCOR	FONTE CORNALE PU	Topography	370	B	T3
IV	COR1	CORINALDO	Surface geology		D	T1
IT	SLD	SALUDECIO	Surface geology		B	T3
IT	FSS	FOSSOMBRONE	Surface geology		B	T1
IT	SRL	SIROLO	Geophysical survey	272	C	T1
IV	MCIF	MONTECALVO IN FOGLIA	Topography	495	B	T3
IV	MPAG	MONTE PAGANUCCIO	Surface geology		A	T1
IT	RIM	RIMINI	Geologia di superficie		B	T1
IV	MMUR	MONTE MURANO	Geologia di superficie		A	T3
IT	SNM	SAN MARINO	Geologia di superficie		B	T4
IV	CING	CINGOLI	Geologia di superficie		A	T2
IT	APNO	Appignano				T1
IT	URBN	URBANIA				T1

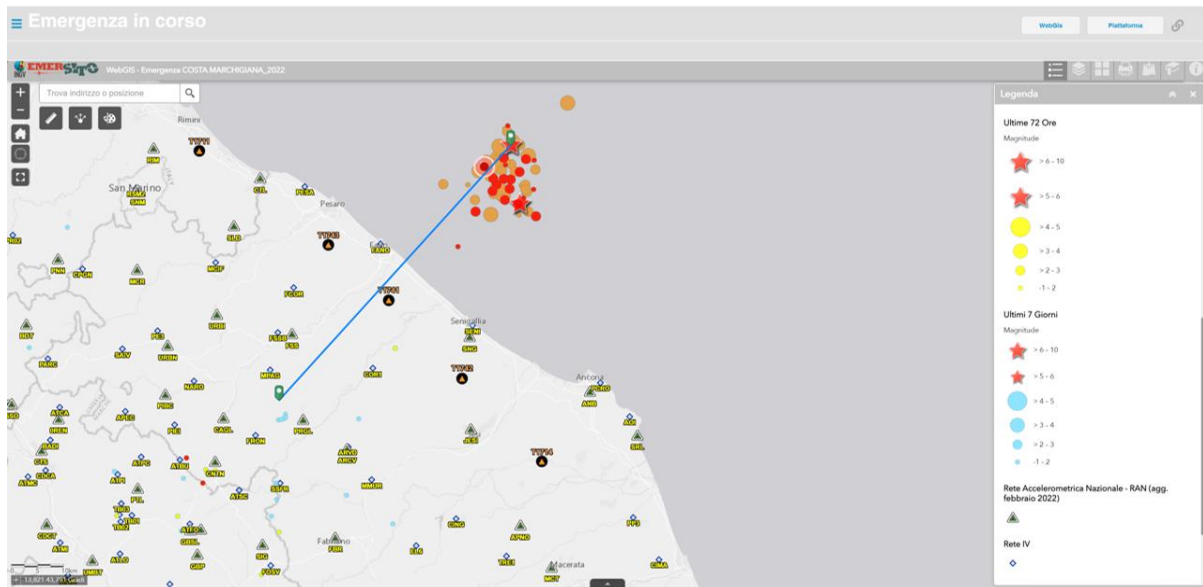


Figura 3.4. Posizione delle stazioni delle reti permanenti considerate. La linea blu individua un raggio di 65 km a partire dall'epicentro.

Analisi esistenti

Sul database ITACA per le reti accelerometriche (<http://itaca.mi.ingv.it>, <https://esm-db.eu>), sul database CRISP per la rete RSN (crisp.ingv.it) e su studi di dettaglio, sono presenti le informazioni riguardo la caratterizzazione dei siti delle stazioni, quali:

- a) cartografia di dettaglio
- b) rapporti spettrali della componente orizzontale sulla verticale (HV) applicati a dati di rumore sismico ambientale
- c) analisi HV sui terremoti
- d) profilo di velocità
- e) classe di suolo
- f) classe topografica

Questi studi mettono in evidenza la presenza di picchi di amplificazione in un range di frequenze di circa [1-15] Hz, come si vede in **Figura 3.5**. Il modello di velocità delle onde di taglio (V_s) misurato alle stazioni (**Figura 3.6**) e gli studi geologici di dettaglio mostrano la presenza di una coltre superficiale e rocce fratturate caratterizzate generalmente da bassi valori di velocità.

Le analisi raccolte mostrano una certa eterogeneità della risposta sismica locale.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

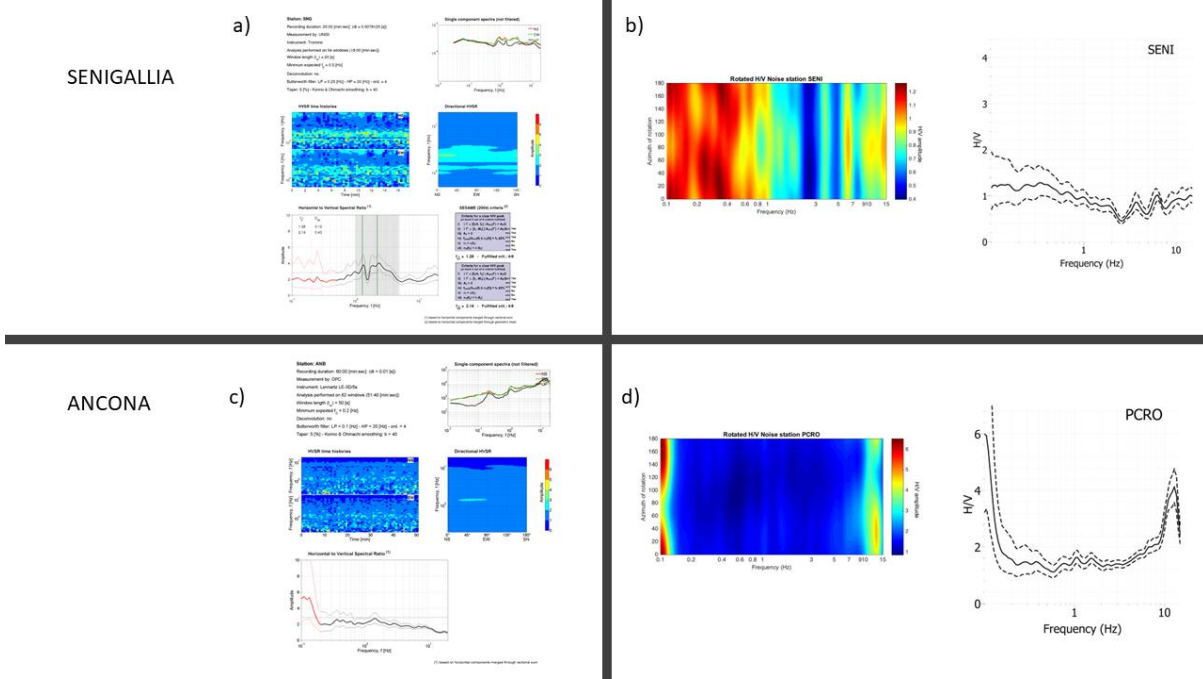


Figura 3.5a. Rapporti spettrali della componente Orizzontale sulla Verticale (H/V) del rumore ambientale per (a) IT.SNG, (b) IV.SENI, (c) IT.ANB, (d) IV.PCRO (redrawn from <http://crisp.ingv.it>; Site Characterization of the Italian national seismic network), right, and from <http://itaca.mi.ingv.it>, left).

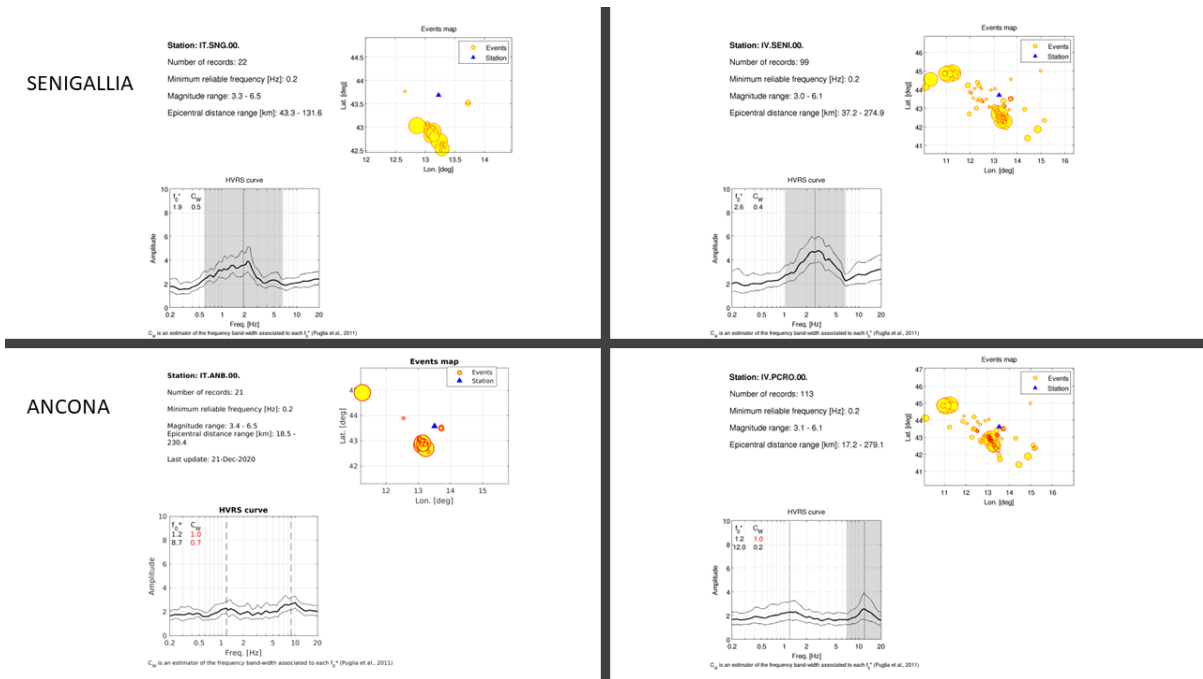
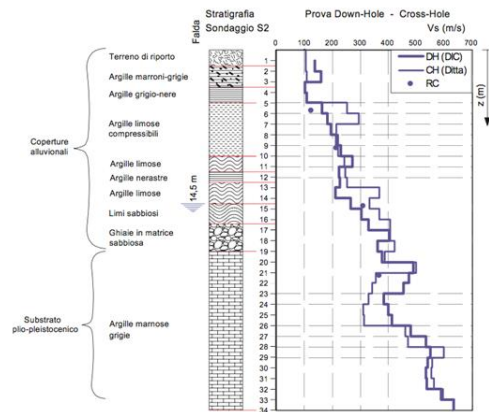


Figura 3.5b. Rapporti spettrali della componente Orizzontale sulla Verticale (H/V) sui terremoti per le stazioni di Figura 3.5a (redrawn from <http://itaca.mi.ingv.it>).

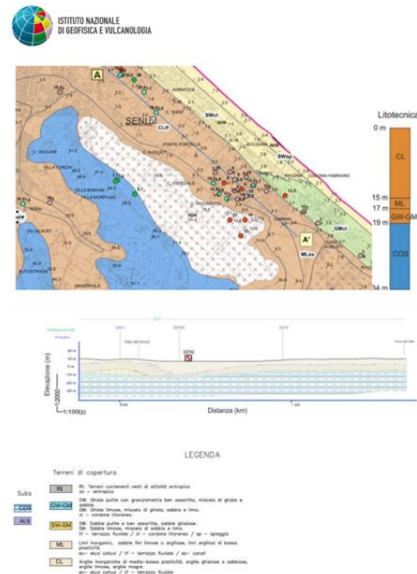


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

IV.SENI



M. Mucciarelli e P. Tiberi (2007).
https://www.researchgate.net/publication/265482961_Caratterizzazione_dinamica_dei_terreni_di_Senigallia_e_analisi_della_risposta_sismica_locale



Mappa geologica e sezione geologica (da Microzonazione sismica del comune di Senigallia, 2014) e modello litotecnico rappresentativo del sito della stazione SENI.

Figura 3.6. Modello di velocità delle onde di taglio (V_s) in corrispondenza della stazione IV.SENI (redrawn from <http://itaca.mi.ingv.it> e <http://crisp.ingv.it>)

Nuove analisi

Sono state effettuate ulteriori analisi sulle registrazioni in continuo delle stazioni permanenti RSN e su alcune stazioni temporanee installate dal GO SISMO. In particolare, sono state effettuate delle analisi dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali di segnali sismici (HV). Tali indagini rivestono un ruolo importante negli studi di microzonazione sismica, fornendo utili indicazioni sulle frequenze di risonanza al sito che sono legate agli spessori degli strati ed alle velocità di propagazione delle onde sismiche al loro interno.

I rapporti HV sono generalmente stimati da misure di rumore sismico ambientale (HVNSR), ma possono essere valutati anche utilizzando registrazioni di terremoti (HVSR).

Di seguito (**Figure 3.7**) si mostrano i risultati delle singole analisi effettuate sulle registrazioni in continuo ed elaborate usando il codice di calcolo HVNEA (Vassallo et al. 2022); le frequenze di picco sono identificate in **Tabella 3.3**.

Tabella 3.3. Lista delle stazioni e dei valori di f_0 misurati (Fig. 3.8).

stazione	f_0 HV terremoti (Hz)
IV.AOI	0.94
IV.PCRO	1.38
IV.SENI	5.33

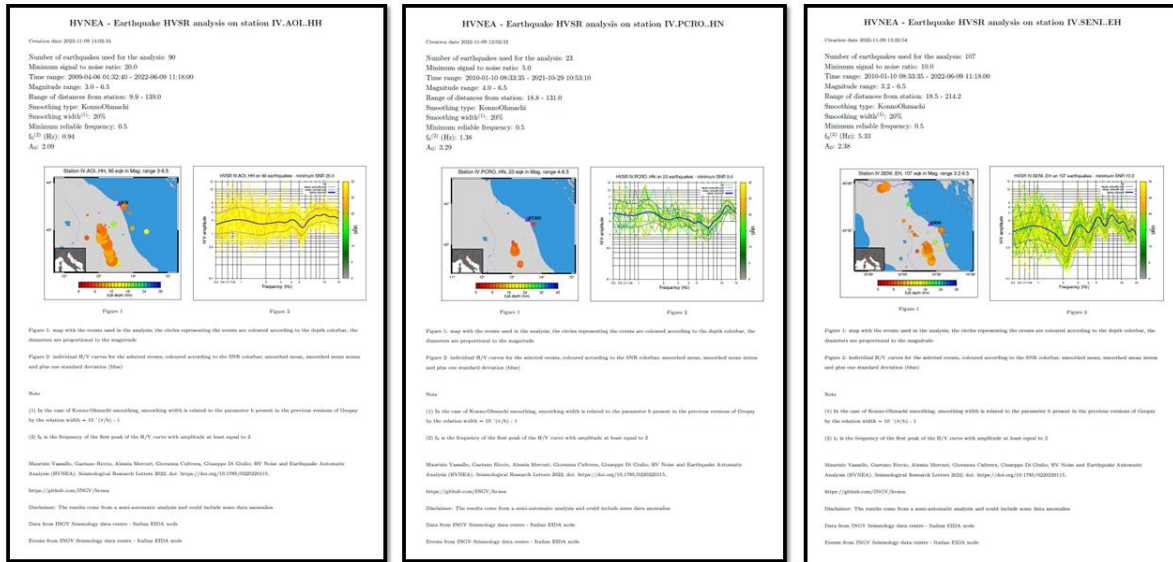


Figura 3.7. Scheda riassuntiva dell'analisi HV in continuo per le stazioni IV.AOI, IV.PCRO, IV.SENI: terremoti. Analisi eseguita con HVNEA (Vassallo M, et al., 2022. Seismological Research Letters)

Sono stati inoltre calcolati i rapporti spettrali HV dai dati registrati alle stazioni temporanee installate dalla Rete Mobile-SISMICO (T1741, T1742, T1756) che mettono in evidenza notevoli amplificazioni per frequenze 4-8 Hz (**Figura 3.8**).

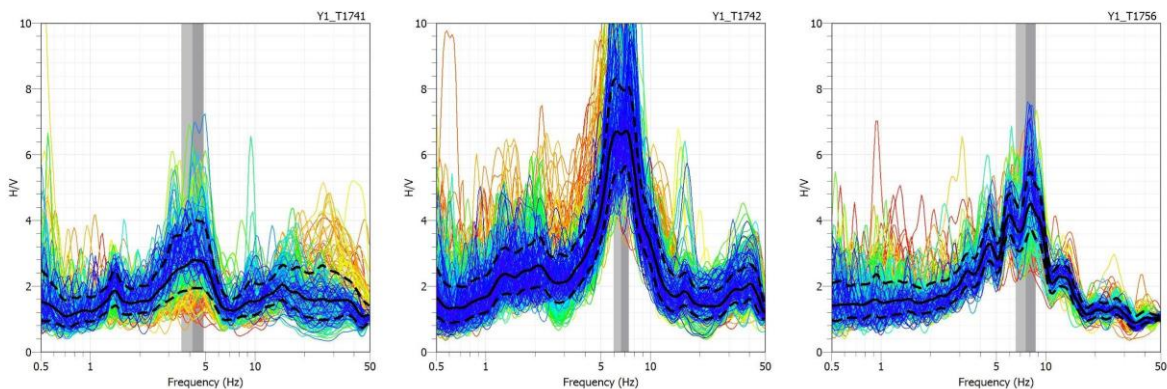


Figura 3.8. Scheda riassuntiva dell'analisi HV per le stazioni installate dal GO SISMICO (T1741, T1742, T1756): noise.

**DISCLAIMER****Esclusione di responsabilità e limiti di uso delle informazioni**

L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo all'organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile.

L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile.

In particolare, questo documento¹ ha finalità informative circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle Reti di monitoraggio e osservative gestite dall'INGV.

L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili al momento della stesura dei documenti prodotti; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati.

L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi e di eventuali danni arrecati a terzi derivanti dal suo utilizzo.

La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV.



Quest'opera è distribuita con Licenza

[Creative Commons Attribuzione - Non opere derivate 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

¹ Questo documento rientra nella categoria di livello 3 come definita nei "Principi della politica dei dati dell'INGV (D.P. n. 200 del 26.04.2016)".