

RAPPORTI TECNICI INGV

La rete sismica temporanea FXLand:
contribuito al Progetto *Fiber Optic
Cable Use For Seafloor Studies Of
Earthquake - FOCUS*



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

479

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editor in Chief

Milena MORETTI (editorinchief.collane-editoriali@ingv.it)

Editorial Board

Laura ALFONSI (laura.alfonsi@ingv.it)
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Simona CARANNANTE (simona.carannante@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Luca COCCHI (luca.cocchi@ingv.it)
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)
Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)
Lorenzo CUGLIARI (lorenzo.cugliari@ingv.it)
Alessia DI CAPRIO (alessia.dicaprio@ingv.it)
Roberto DI MARTINO (roberto.dimartino@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Domenico DORONZO (domenico.doronzo@ingv.it)
Filippo GRECO (filippo.greco@ingv.it)
Alessandro IAROCCI (alessandro.iarocci@ingv.it)
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Daniele MELINI (daniele.melini@ingv.it)
Anna NARDI (anna.nardi@ingv.it)
Lucia NARDONE (lucia.nardone@ingv.it)
Marco OLIVIERI (marco.olivieri@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Pierangelo ROMANO (pierangelo.romano@ingv.it)
Maurizio SOLDANI (maurizio.soldani@ingv.it)
Sara STOPPONI (sara.stopponi@ingv.it)
Umberto TAMMARO (umberto.tammaro@ingv.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)
Stefano URBINI (stefano.urbini@ingv.it)

Ufficio Editoriale

Francesca DI STEFANO - Coordinatore
Rossella CELI - Segreteria di Redazione

Produzione e grafica-redazionale

Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Rossella CELI
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia | Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

La rete sismica temporanea FXLand:
contribuito al Progetto *Fiber Optic Cable Use
For Seafloor Studies Of Earthquake - FOCUS*

*The temporary seismic network FXLand:
contribution to the project Fiber Optic Cable Use
For Seafloor Studies Of Earthquake - FOCUS*

Lucia Margheriti^{1*}, Milena Moretti¹, Chastity Aiken², Salvatore C. Alparone³, Ornella Cocina³, Danilo Contrafatto³, Antonio Costanzo¹, Pierdomenico Del Gaudio¹, Sergio Di Prima³, Sergio Falcone¹, Rocco L. Festa⁴, Anna Gervasi¹, Aladino Govoni¹, Marc-Andre Gutscher², Graziano Larocca³, Mario La Rocca⁴, Diana Latorre¹, Alfonso G. Mandiello¹, Alessandro Marchetti¹, Shane Murphy², Anna Nardi¹, Marina Pastori¹, Stefano Pintore¹, Michela Ponte⁴, Salvatore Rapisarda³, Luciano Scuderi³, Salvatore Stramondo¹

*Corresponding author

¹INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

²Geo-Ocean | Unité Mixte de Recherche 6538 CNRS - Ifremer - UBO - UBS

³INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etno

⁴UniCal | Università della Calabria, Laboratorio di Sismologia

Accettato 11 dicembre 2023 | Accepted 11 December 2023

Come citare | How to cite Margheriti L. et al., (2024). La rete sismica temporanea FXLand: contributo al Progetto *Fiber Optic Cable Use For Seafloor Studies Of Earthquake - FOCUS*. Rapp. Tec. INGV, 479: 1-26, <https://doi.org/10.13127/rpt/479>

In copertina Rete di monitoraggio pianificata per il Progetto FOCUS

Cover Monitoring network planned for the FOCUS Project

479

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	8
1. Il progetto <i>Fiber Optic Cable Use For Seafloor Studies Of Earthquake</i> - FOCUS	8
2. La rete sismica temporanea FXland	9
2.1 Progettazione e realizzazione della FXland	9
2.2 Funzionamento e manutenzione della rete	13
3. Qualità del dato, archiviazione e distribuzione	14
4. Integrazione di FXland nella sorveglianza sismica in tempo reale e nel Bollettino Sismico Italiano	16
5. Considerazioni conclusive e piani futuri	19
Ringraziamenti	21
Bibliografia	21
Sitografia	23

Riassunto

Nel 2018 è stato avviato il progetto FOCUS - *Fiber Optic Cable Use For Seafloor Studies Of Earthquake* - coordinato da Marc-André Gutscher del Laboratoire Géosciences Océan dell'Università di Brest, in Francia. Questo progetto indaga la sismicità e la struttura crostale del Mar Ionio attraverso l'analisi e l'interpretazione di dati raccolti da strumentazione sottomarina e da reti di monitoraggio disponibili o appositamente installate nelle zone di costa.

In tale contesto, l'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) e l'Osservatorio Etneo (OE), entrambe Sezioni dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), e il Laboratorio di Sismologia dell'Università della Calabria (UniCal), hanno contribuito al progetto con l'installazione di una rete sismica temporanea lungo la costa ionica calabro-siciliana a integrazione della rete permanente presente nell'area dello Stretto di Messina. La rete temporanea, costituita da 13 stazioni, ha acquisito dal mese di dicembre 2021 al mese di giugno 2023.

Nel gennaio 2022, i partner internazionali del progetto FOCUS hanno installato una rete temporanea di sismometri OBS e sensori di pressione per fondali marini. La grande quantità di dati raccolta e la loro integrazione, consentirà di migliorare il monitoraggio sismico e le conoscenze relative alla struttura terrestre dell'area con particolare attenzione alle strutture sismogenetiche con un dettaglio mai raggiunto fino a ora. Tutte le istituzioni coinvolte in FOCUS collaborano per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati, l'*imaging* dell'interno della Terra attraverso l'utilizzo di tecniche avanzate, l'interpretazione e la modellazione dei dati.

Il presente lavoro descrive la progettazione, la realizzazione e la gestione della rete temporanea a terra definita FXland, fornendo indicazioni relative sul suo generale funzionamento e sulle caratteristiche del *dataset* acquisito.

Abstract

In 2018 the project FOCUS - Fiber Optic Cable Use For Seafloor Studies Of Earthquake - started coordinated by Marc-André Gutscher from the Laboratoire Géosciences Océan at the University of Brest, France. This project investigates the seismicity and the crustal structure of the Ionian Sea through the analysis and interpretation of data collected by underwater instrumentation and by monitoring networks either available or specifically deployed near the coast.

In this context, the Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) and the Osservatorio Etneo (OE) of the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) and the Laboratorio di Sismologia of the University of Calabria (UniCal), contributed to the installation of a temporary seismic network to integrate the permanent networks present in the Strait of Messina region and along the Sicilian-Calabrian Ionian coast. The new network, consisting of 13 stations, acquired data from December 2021 to June 2023.

In January 2022, the international partners of FOCUS project installed a temporary network of OBS seismometers and seabed pressure sensors. The integration of all these data is aimed to obtain the recording and localization of earthquakes in the Ionian Sea, with a detail never achieved in terms of small magnitudes and accuracy of the locations. The institutions involved in the project collaborate on data acquisition and processing, the imaging of the Earth's interior with advanced techniques, data interpretation, and modeling. The large amount of data collected will improve seismic monitoring and knowledge relating to the Earth's structure of the investigated area with particular attention to seismogenic structures.

This work describes the design, installation and management of the temporary network "FXland" and provides information related to its functioning and the characteristics of the acquired dataset.

Keywords Progetto FOCUS; Reti sismiche temporanee; Sismicità | FOCUS project; Temporary seismic networks; Seismicity

Introduzione

La regione *offshore* a sud dello Stretto di Messina è caratterizzata da un'ampia area con sismicità diffusa, con numerosi terremoti, la cui esatta profondità, posizione e meccanismi focali sono difficili da determinare, a causa dell'assenza di stazioni a mare [Dellong et al., 2018]. Storicamente questa area, tra la Sicilia orientale e la Calabria ionica, è stata colpita da terremoti altamente distruttivi, ma le sorgenti sismiche che li hanno generati sono ancora oggi incerte. Tra le possibili ipotesi, la più avvalorata è che le sorgenti di alcuni dei terremoti storici potrebbero essere le faglie sottomarine che costituiscono il prolungamento delle faglie presenti nel fianco orientale dell'Etna. In tale contesto sismotettonico si sviluppa il Progetto di ricerca denominato *Fiber Optic Cable Use For Seafloor Studies Of Earthquake - FOCUS*, finanziato da un bando dell'*European Research Council* e coordinato dal Prof. Marc-André Gutscher del *Laboratoire Géosciences Océan* dell'Università di Brest, in Francia.

Obiettivo primario del progetto FOCUS è la realizzazione di un nuovo sistema di monitoraggio delle faglie sottomarine al largo delle coste della Sicilia orientale con strumentazione fino a 2000 metri di profondità. Questa è una delle aree geologiche più attive e interessanti del mondo, dove coesistono il complesso vulcanico dell'Etna e la subduzione della placca ionica sotto l'Arco calabro. Al progetto hanno contribuito l'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) e l'Osservatorio Etneo (OE) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) insieme al Laboratorio di Sismologia dell'Università della Calabria (UniCal) con l'installazione di una rete sismica temporanea lungo la costa ionica calabro-siciliana. L'esperimento sismologico passivo è durato poco più di un anno, con una rete costituita da 13 stazioni sismiche. Per ospitare la strumentazione, sono stati individuati dei siti ubicati all'interno delle caserme dell'Arma dei Carabinieri, usufruendo del Protocollo d'Intesa che l'INGV ha siglato nel 2019. È stata fatta questa scelta per garantire la massima sicurezza della strumentazione e avere dei referenti locali che potessero intervenire sulla strumentazione in caso di malfunzionamenti rilevabili da remoto. Contemporaneamente, la rete sismica temporanea a terra, denominata FXland, è stata ampliata da una rete temporanea composta da 29 *Ocean-Bottom Seismometers (OBS)*, denominata FXOBS - sempre nello stesso ambito di ricerca. I dati delle due reti sismiche hanno contribuito ed ulteriormente contribuiranno a migliorare la detezione della sismicità nell'area del Mar Ionio (Italia meridionale) e l'accuratezza delle localizzazioni, definendo meglio la struttura crostale della regione e i relativi sistemi di faglie.

1. Il progetto *Fiber Optic Cable Use For Seafloor Studies Of Earthquake - FOCUS*

La Sicilia orientale è stata colpita da terremoti storici altamente distruttivi; tuttavia, le sorgenti sismiche che li hanno generati sono ancora oggi incerte. Sappiamo che esistono faglie sottomarine che costituiscono il prolungamento delle faglie presenti lungo il fianco orientale dell'Etna, che si ipotizza siano le possibili sorgenti di alcuni di questi terremoti storici.

L'obiettivo principale del progetto FOCUS (progetto *Advanced Grant* finanziato dal Consiglio Europeo della Ricerca - ERC, ottobre 2018 - settembre 2025 [1]) è quello di testare l'applicazione della riflettometria laser, per misurare piccoli spostamenti tettonici (1 - 2 cm) a seguito dell'attività delle faglie sottomarine e quindi migliorare la nostra conoscenza della pericolosità sismica. Affinché questo progetto possa essere realizzato con successo, è necessario integrare diverse tecniche di osservazione complementari (geodesia dei fondali marini, sismologia, cartografia microbatimetrica, carotaggi sedimentari).

La prima fase è stata l'installazione e la connessione di un cavo in fibra ottica di 6 km che attraversa una faglia sottomarina attiva, la faglia di Alfeo (i.e. [Maesano et al., 2020; Polonia et al., 2016]), e

una rete di 8 stazioni geodetiche da fondale al fine di quantificare in modo indipendente i movimenti della faglia. Questo primo lavoro è stato realizzato a ottobre 2020 durante la crociera FOCUS1 della nave da ricerca della flotta oceanografica francese “*Pourquoi Pas?*” [Gutscher et al., 2021; 2023][2; 3].

Successivamente, durante la crociera FOCUS2 a gennaio 2022 [4; 5], sono stati effettuati carotaggi sedimentari. Infine durante la crociera FOCUS3 a febbraio 2023 [6; 7], è stata implementata e lasciata in registrazione per un periodo di poco più di un anno una rete di strumenti per sismologia passiva composta da 29 OBS, oltre a stazioni sismiche terrestri permanenti e temporanee, oggetto del presente lavoro.

Le attività che hanno consentito l'acquisizione temporanea di stazioni sismiche “a terra”, sono state svolte a opera dell'INGV in collaborazione con il Laboratorio di Sismologia di UniCal. Nei prossimi capitoli verranno descritte in dettaglio le attività svolte per l'implementazione della rete sismica temporanea denominata FXland e quelle effettuate per la valorizzazione e la distribuzione del *dataset* acquisito.

2. La rete sismica temporanea FXland

Per gestire le attività previste per lo sviluppo e la valorizzazione della rete FXland, a partire dalla progettazione della geometria della rete temporanea fino alla condivisione dei dati acquisiti, è stato formalmente costituito un gruppo di lavoro (GdL - Protocollo interno INGV N. 0027831 del 23 dicembre 2021) che ha interessato trasversalmente l'INGV e l'UniCal: l'ONT come capofila con personale delle sedi di Roma e Rende (in provincia di Cosenza), l'OE con personale della sede di Catania e il Laboratorio di Sismologia - UniCal presso la sede di Rende.

Il GdL si è occupato: 1) del generale coordinamento tecnico-scientifico di tutte le attività programmate; 2) della gestione dei rapporti e delle collaborazioni con enti e amministratori territoriali, compresa l'Arma dei Carabinieri; 3) della gestione del parco strumentale, compresi eventuali acquisti necessari (i.e. le batterie e i modem installati alle stazioni sono stati acquistati su fondi del progetto FOCUS); 4) della pianificazione dettagliata per la gestione dell'esperimento, inclusa la progettazione della rete; 5) della programmazione delle missioni per i sopralluoghi necessari alla ricerca dei siti e le successive installazioni e controlli della strumentazione; 6) della gestione della rete temporanea (installazioni, manutenzione e disinstallazione delle stazioni); 7) della gestione dei dati (acquisizione, archiviazione, distribuzione, valorizzazione e analisi); 8) delle attività di divulgazione del progetto e dei risultati ottenuti.

2.1 Progettazione e realizzazione della rete FXland

Per le finalità previste dal progetto FOCUS, sin dall'inizio si è ipotizzato di installare stazioni sismiche in aree costiere, nonostante la consapevolezza di potenziali siti con considerevole rumore antropico.

Per la prima volta, si è pensato di avvalersi totalmente del Protocollo d'intesa siglato tra l'INGV e l'Arma dei Carabinieri nel 2019 di durata decennale [8], che ha permesso di installare la strumentazione all'interno delle caserme dell'Arma. Il Protocollo è finalizzato al potenziamento della Rete Sismica Nazionale (RSN) per scopi di Sorveglianza Sismica e di Protezione Civile, attività di estrema rilevanza per la Pubblica Sicurezza Nazionale. Tuttavia, l'Arma dei Carabinieri si è resa disponibile anche per un esperimento temporaneo e di carattere più scientifico. L'idea di installare all'interno di caserme dei Carabinieri, poste in prossimità delle aree di interesse, è stata una soluzione a garanzia della massima sicurezza per la strumentazione oltre alla certezza di avere dei referenti locali che, in caso di malfunzionamenti rilevabili da remoto, potessero

controllare la strumentazione, che in molti siti è stata alimentata direttamente dalla rete elettrica presente nelle caserme.

Tra i siti ipotizzati nel contesto del sistema di monitoraggio a mare pianificato nel progetto FOCUS, in contemporanea con l'installazione degli OBS operativi nel periodo tra la crociera FOCUSX2 e FOCUSX3, ne sono stati selezionati solo alcuni lungo la costa ionica calabrese ed altri lungo la costa orientale siciliana, anche tenendo in considerazione il numero di stazioni realmente disponibili.

La rete sismica temporanea FXland (codice rete 1J [Moretti et al., 2021]) è stata integrata con le stazioni sismiche permanenti presenti nell'area del Mar Ionio per la rilevazione della sismicità regionale e globale (codici delle reti: IV della RSN [Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 2005]; MN della Rete Sismica Mediterranea MedNet [MedNet Project Partner Institutions, 1990] e IY [Università della Calabria, 1981]). In particolare, la stazione IY.CNDF (installata nel Comune di Condofuri in provincia di Reggio Calabria) è entrata nel sistema di acquisizione e archiviazione dell'INGV in concomitanza con l'apertura della rete 1J.

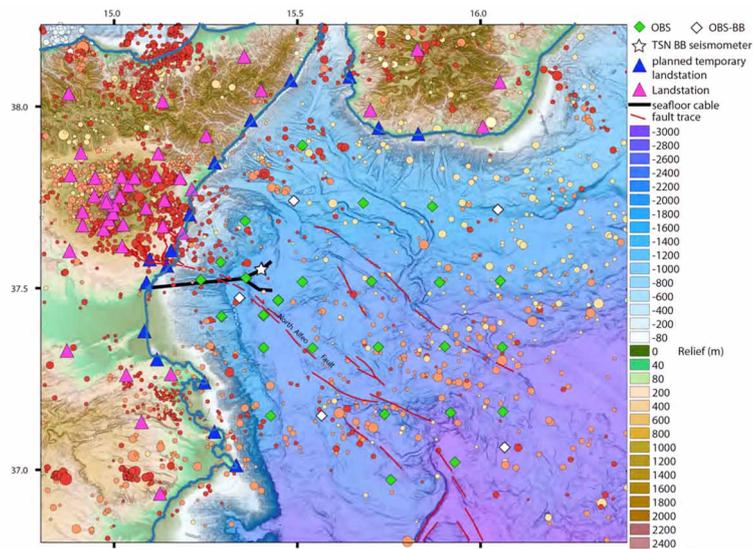


Figura 1 Rete di monitoraggio pianificata. Mappa dell'area del Mar Ionio, della Sicilia orientale e della Calabria meridionale studiata nel progetto FOCUS che mostra la sismicità regionale (cerchi colorati), la rete esistente di stazioni terrestri permanenti gestite dall'INGV (triangoli magenta), la rete temporanea pianificata di 25 OBS a corto periodo (diamanti verdi) e 5 OBS a banda larga (diamanti bianchi) e il teorico dispiegamento di stazioni terrestri temporanee INGV come previsto nel dicembre 2021 (triangoli blu).

Figure 1 Planned monitoring network. Map of the region of Ionian Sea, eastern Sicily and southern Calabria studied by the FOCUS project. Coloured circles represent the seismicity of the region. The magenta triangles are the permanent seismic stations managed by INGV. The diamonds are the 25 short period OBS sensors (green) and the 5 broadband seismometers (white) planned; the blue triangles are the sites of the planned INGV seismic network deployed for the project.

Qualche settimana prima di avviare l'installazione della rete, che da Siracusa si estendeva lungo la costa della Sicilia orientale fino a Bova Marina in provincia di Reggio Calabria, è stato contattato l'Ufficio Operazioni del Comando Generale dell'Arma dei Carabinieri per definire le modalità di accesso alle caserme. Come previsto nel Protocollo d'Intesa, i Comandanti delle caserme dei Carabinieri scelte, hanno ricevuto l'elenco del personale INGV e di UniCal coinvolto nella campagna di installazione e manutenzione delle stazioni sismiche. Dopodiché ogni caserma è stata presa in esame da parte dei tecnici e ricercatori INGV e UniCal per valutare l'idoneità dei siti (ad esempio la copertura dei segnali UMTS/LTE per la trasmissione

dei dati in tempo reale, la possibilità di alimentare le stazioni con pannelli o attraverso la rete elettrica, etc). In Tabella 1 è riportata la lista delle caserme scelte per la definitiva installazione. Nel frattempo, come ormai da prassi, è stato richiesto all'*International Federation of Digital Seismograph Networks* (FDSN [9]) di assegnare un codice di rete dedicato alla rete temporanea. FDSN è l'istituzione internazionale che attesta l'ubicazione e il tipo di strumentazione delle stazioni sismiche in tutto il mondo che registrano dati con una risoluzione di 24 bit, in serie temporali continue con una frequenza di campionamento di almeno 20 campioni al secondo. In tale contesto assegna, su richiesta della relativa istituzione, un codice di rete dedicato a ogni rete sismica, permanente o temporanea i cui dati sono poi condivisi con l'intera comunità scientifica internazionale. FDSN ha quindi concesso il codice di rete temporaneo “1J” alla rete denominata *FocusX temporary land-network (FXland), Southern Italy* [10].

Le sigle delle 13 stazioni della rete FXland, sono state codificate con un suffisso FX e un numero incrementale da 01 (Siracusa in Sicilia) a 14 (Condofuri Marina, frazione di Bova Marina in Calabria).

La strumentazione da installare in dotazione all'INGV è stata fornita dalla Commissione Rete Mobile dell'ONT (CoReMo [11]); altre due stazioni sono state messe a disposizione dal Laboratorio di Sismologia di UniCal. Le stazioni dell'INGV erano dotate di digitalizzatori Reftek 130 [12], equipaggiate con sensori velocimetrici Trillium Compact 120s della Nanometrics [13] e in due casi con velocimetri LE-3D/5s della Lennartz-Electronic [14], mentre le due stazioni di UniCal erano costituite da digitalizzatori SL06 con sensori velocimetrici SS08 60s, della ditta italiana *Sara Electronic instrument* [15]. Le batterie e i modem per la trasmissione dei dati sono stati acquistati dal progetto FOCUS, mentre le SIM dati sono state fornite dall'INGV insieme a un telefono di servizio cellulare e alle antenne necessarie per la configurazione tramite *app* delle stazioni Reftek.

Prima di installare la strumentazione è stato fatto un *huddle test*. Le stazioni sono state installate a partire dal 24 novembre 2021 e hanno acquisito fino al 1° dicembre 2021; il personale ONT-INGV e UniCal, ha fatto il test presso le Sedi di Rende (CS) e Roma, mentre il personale OE presso la sede INGV di Nicolosi (CT) (Figura 2). Durante l'*huddle test* sono stati rilevati alcuni problemi di configurazione sia delle Reftek 130 che del sistema di acquisizione, il server “ReMoNET (ubicato presso la sede INGV di Roma); tali problemi sono stati risolti prima della messa sul campo dell'intero parco strumentale.



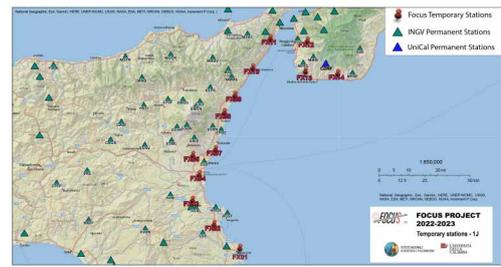
Figura 2 *Huddle test*, foto della strumentazione installata presso la sede dell'OE a Nicolosi (CT).

Figure 2 *Huddle test*, picture of the stations deployed at Nicolosi Catania Osservatorio Etneo (CT).

L'installazione della FXland (Figura 3, Tabella 1) si è poi concretizzata nella settimana del 13-18 dicembre 2021, anche se si è poi scelta una data unica per l'inizio della archiviazione del dato (22/12/2021 00:00 UTC) dando modo di valutare, prima della condivisione, anche la sua qualità.

Figura 3 In alto: mappa dell'area del Mar Ionio, della Sicilia orientale e della Calabria meridionale che mostra la rete effettivamente installata FXland (simboli rossi), la rete permanente INGV (triangoli verdi) e la stazione permanente IY.CNDF integrata nel sistema di acquisizione INGV in occasione del progetto (triangolo blu). In basso: foto scattate durante l'installazione, la manutenzione e la disinstallazione delle stazioni della rete FXland.

Figure 3 Up: map of the Ionian Sea area, eastern Sicily and southern Calabria showing the FXland network (red triangles), the existing network of permanent land stations managed by INGV (green triangles) and the permanent IY.CNDF station integrated in the INGV acquisition system during the project (blue triangle). Down: pictures taken during the deployment, maintenance, and closure of the FXland network.



Sigla stazione	Area di interesse iniziale	Località/Stazione dei Carabinieri	Installazione	Disinstallazione	Lat.	Long.	Quota (m)
FX01	Riserva Naturale Del Plemmirio	Staz. Siracusa Ortigia (SR)	22/12/2021	02/02/2023	37.05860	15.29640	50.0
FX02	Melilli - Riserva Naturale Saline di Priolo	Staz. Melilli (SR)	22/12/2021	02/02/2023	37.17750	15.13570	272.0
FX03	Agnone	Staz. Lentini (SR)	22/12/2021	02/02/2023	37.29920	15.00170	34.0
FX04	Catania Playa	Staz. Catania Playa (CT)	22/12/2021	02/02/2023	37.42610	15.04310	10.0
FX06	San Giovanni Galermo	Staz. Misterbianco (CT)	22/12/2021	02/02/2023	37.52230	15.00370	118.0
FX07	Cannizzaro	Staz. Aci Castello (CT)	22/12/2021	02/02/2023	37.55210	15.14520	49.0
FX08	Giarre	Staz. Riposto (CT)	22/12/2021	02/02/2023	37.73520	15.20060	13.0
FX09	Taormina	Staz. Giardini Naxos (ME)	22/12/2021	02/02/2023	37.82030	15.26640	23.0
FX10	Roccalumera	Staz. Santa Teresa di Riva (ME)	22/12/2021	02/02/2023	37.95700	15.37770	29.0
FX11	Santa Margherita	Staz. Santo Stefano Medio (ME)	22/12/2021	17/04/2023	38.10190	15.48680	19.0
FX12	Reggio Calabria	Staz. Cataforio (RC)	22/12/2021	14/06/2023	38.08950	15.71760	253.0
FX13	Montebello Ionico \ Melito Porto Salvo	Staz. Saline di Montebello Ionico (RC)	22/12/2021	18/04/2023	37.94500	15.70750	21.0
FX14	Condofuri Marina, Bova Marina	Staz. Bova Marina (RC)	22/12/2021	14/06/2023	37.92860	15.90700	21.0

Tabella 1 In tabella sono riportate le aree geografiche di interesse, le caserme dei Carabinieri per le quali è stata autorizzata e poi realizzata l'installazione delle stazioni sismiche temporanee, i periodi di funzionamento e le coordinate delle stazioni.

Table 1 The table shows the geographical areas of interest, the Carabinieri barracks in which installation has been authorised and carried out, the operating periods and the coordinates of the stations.

Codice stazione	Acquisitore sismico	Sensore	Passo di campionamento (Hz)	Sistema di alimentazione
FX01	Reftek 130S	Trillium Compact 120s	100	Rete elettrica
FX02	Reftek 130S	Trillium Compact 120s	100	Rete elettrica
FX03	Reftek 130	Trillium Compact 120s	100	Pannelli solari
FX04	Reftek 130	Trillium Compact 120s	100	Pannelli solari
FX06	Reftek 130S	Lennartz 5s	100	Pannello/ Rete elettrica
FX07	Reftek 130S	Trillium Compact 120s	100	Rete elettrica
FX08	Reftek 130	Trillium Compact 120s	100	Pannelli solari
FX09	Reftek 130	Trillium Compact 120s	100	Rete elettrica
FX10	Reftek 130	Trillium Compact 120s Lennartz 5s (dal 10/03/2022)	100	Rete elettrica
FX11	Reftek 130	Trillium Compact 120s	100	Rete elettrica
FX12	Sara SL06	Sara SS08 60s	100	Rete elettrica
FX13	Reftek 130	Trillium Compact 120s	100	Rete elettrica
FX14	Sara SL06	Sara SS08 60s	100	Rete elettrica

Tabella 2 In tabella sono riportate le informazioni della strumentazione installata in ogni sito, compresi eventuali cambi di tipologia di strumentazione e il sistema di alimentazione delle stazioni installate per il progetto FOCUS. *Table 2* The table shows the information on the instrumentation installed in each site, including any changes in the type of instrumentation and the power supply system of the stations installed for the FOCUS project.

Una volta installate le stazioni, come da prassi, sono state registrate presso l'*International Seismological Centre* (ISC [16]), un'istituzione internazionale il cui scopo principale è quello di compilare il Bollettino ISC della sismicità terrestre. Per far ciò l'ISC ha anche il compito di compilare il registro di tutte le sigle delle stazioni sismiche, permanenti e temporanee, i cui dati vengono usati per il Bollettino stesso (recentemente l'inserimento nello *Station Registry* di ISC è diventato opzionale se le stazioni sono presenti all'interno del FDSN).

2.2 Funzionamento e manutenzione della rete

La gestione della rete e la sua manutenzione, è stata totalmente a carico delle sedi INGV prossime ai siti, quindi Catania per le stazioni INGV in Sicilia, Rende (ONT e Laboratorio di Sismologia di UniCal) per quelle in Calabria.

In Figura 4 sono riportate le percentuali di funzionamento giornaliero di tutte le stazioni nel periodo principale di funzionamento della rete 1J [17]. Le strisce verticali scure indicano le interruzioni nell'acquisizione del dato.

In generale, l'acquisizione è stata continua nonostante alcuni problemi di diversa natura. Alcune stazioni hanno avuto problemi di alimentazione come ad esempio la stazione FX06, connessa alla rete elettrica dopo un primo periodo in cui è stata alimentata a pannelli solari. Ci sono stati alcuni problemi nella trasmissione dei dati. Ad esempio il modem della stazione FX03 è stato malfunzionante nel primo periodo, con una interruzione a febbraio 2022, e ancora poco prima della disinstallazione, analogamente alla stazione FX10. Altri problemi sono stati legati alla connessione delle antenne GPS, ad esempio per la stazione FX08, che ha richiesto la sostituzione dell'antenna stessa, o ancora per la stazione FX13 nei due mesi precedenti alla sua disinstallazione. Infine, a causa di problemi al sistema di acquisizione (*server ReMoNET*) per alcune giornate (una all'inizio di gennaio 2022 e un'altra intorno a maggio 2022) parte dei dati è andata persa. Questi problemi sono evidenziati in Figura 4 come strisce verticali scure che indicano il malfunzionamento contemporaneo di molte delle stazioni.

Nel complesso, comunque, la percentuale di dato archiviato a gran parte delle stazioni è più che soddisfacente anche grazie al fatto che problemi di mancanza di corrente e di copertura dei pannelli, o delle antenne GPS da parte della vegetazione, sono stati spesso risolti dall'intervento diretto dei carabinieri delle caserme ospitanti, rivelatisi preziosi collaboratori.

La disinstallazione è avvenuta all'inizio del 2023 in 3 fasi: un primo blocco di nove stazioni è stato dismesso nei primi giorni di febbraio, le altre tra aprile e giugno.

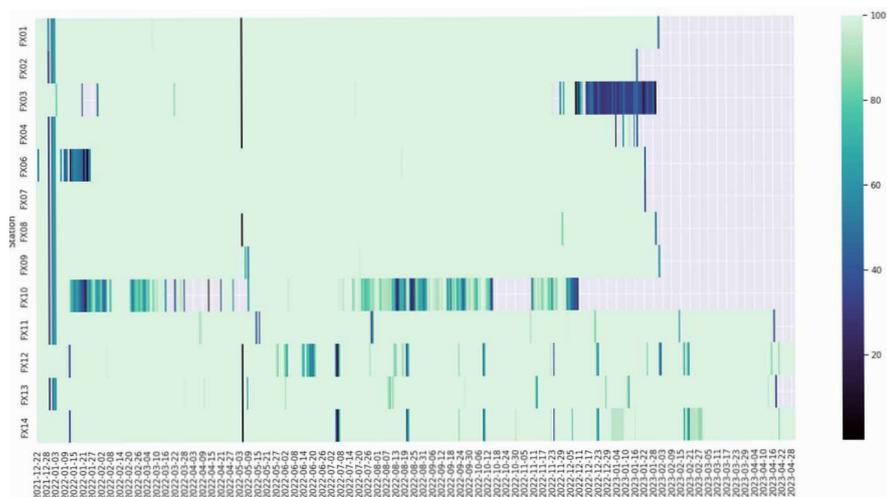


Figura 4 Percentuali giornaliere di dati archiviati in EIDA per le 13 stazioni della rete temporanea 1J.
Figure 4 Daily percentages of data archived in EIDA for the 13 stations of the 1J temporary network.

3. Qualità del dato, archiviazione e distribuzione

I dati acquisiti in tempo reale dalle stazioni temporanee FXland sono stati integrati nell'archivio dell'*European Integrated Data Archive EIDA* - nodo Italia [Danecek et al., 2021][18] dove sono disponibili, senza vincolo alla comunità scientifica, nel formato internazionale *Standard for Exchange of Earthquake Data (SEED)* (Figura 5). Prima di mettere in archiviazione il dato, sono stati fatti una serie di controlli per garantire continuità e qualità dei dataset acquisiti. Si è infine deciso di archiviare in EIDA i dati della rete 1J a partire dalle 00:00 del 22 dicembre 2021 quando una serie di piccoli problemi era stata risolta.

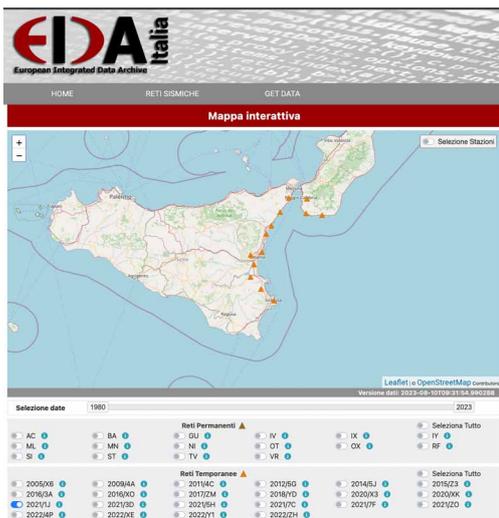


Figura 5 Schermata del portale EIDA - nodo Italia che mostra le stazioni della rete temporanea 1J. *Figure 5 Screenshot of the Italy node - EIDA portal showing the stations of the 1J temporary network.*

Essendo inserite le stazioni all’interno del sistema di archiviazione di EIDA, la qualità del dato viene analizzata sistematicamente, calcolando le *Power Spectral Density* (PSD [19]) del segnale per diversi intervalli di tempo.

In Figura 6 è riportato il grafico generato dal codice SQLX per l’anno 2022 delle registrazioni alla stazione 1J.FX01 canali HHZ, HHN e HHE.

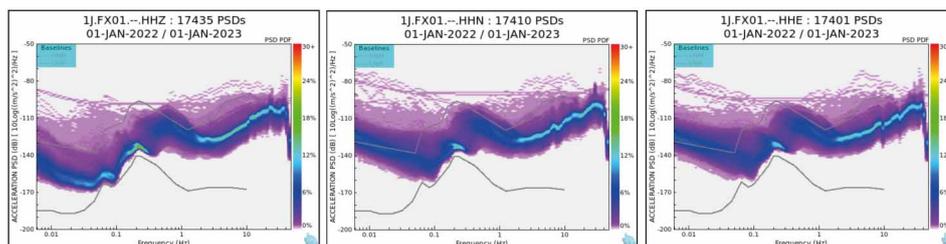


Figura 6 PSD calcolate dal software SQLX per le registrazioni relative alla stazione 1J.FX01, canali HHZ, HHN e HHE nell’anno 2022. Nel grafico sono riportate in grigio come riferimento le curve del *low and high noise model* [Peterson, 1993].

Figure 6 PSD evaluated using the software SQLX for the continuous recordings at station 1J.FX01 channel HHZ, HHN and HHE in the year 2022. The curves of the low and high noise model are shown in grey for reference in the graph [Peterson, 1993].

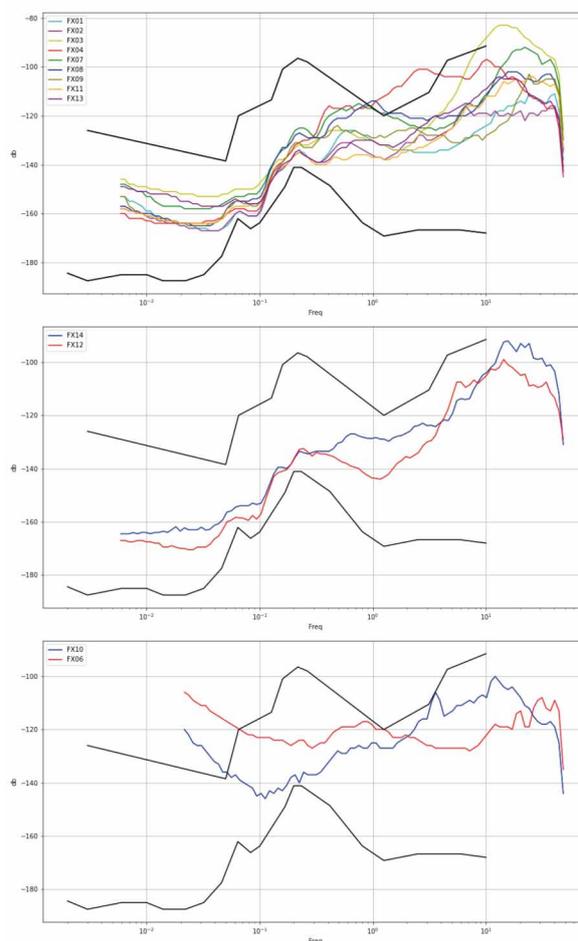
In Figura 7 sono invece riportati i valori medi delle PSD per i canali verticali di tutte le stazioni appartenenti alla rete FXland. I grafici sono relativi alle diverse tipologie di sensori: in alto abbiamo le registrazioni delle stazioni equipaggiate con sensori Trillium compact 120s (FX01, FX02, FX03, FX04, FX07, FX08, FX09, FX11 e FX13). Tutte le stazioni sono in media rumorose a frequenze superiori a 1 Hz con la gran parte delle curve vicina alla curva di *high noise model* [Peterson, 1993], ma mostrano uno spettro non lontano dal *low noise model* a frequenze inferiori ad 1 Hz. Nel grafico al centro vengono mostrate le PSD del segnale registrato dai due sensori Sara SS08 60s (FX12 e FX14) che mostrano un comportamento abbastanza simile a quanto descritto per le stazioni equipaggiate con i Trillium.

In basso sono infine presenti le PSD delle due stazioni strumentate con sensore LE-3D/5s (FX06 e FX10); in questo caso le stazioni sono rumorose ad alta frequenza e per le loro caratteristiche sono insensibili alle basse frequenze; comunque, di seguito vengono mostrate le loro registrazioni per terremoti locali e anche telesismici, utilizzabili per l’analisi sismologica.

Al dataset acquisito dalla rete FXland, è stato assegnato un *Digital Object Identifier* (DOI) [Moretti et al., 2021]. Questa è diventata oramai una consuetudine per tutti i dati acquisiti dalle reti sismiche mobili INGV, sia in ambito di progetti scientifici come FOCUS sia per le emergenze sismiche [Moretti et al., 2023], consentendo ai dataset acquisiti di venire citati analogamente a qualsiasi altra opera pubblicata, dando credito agli autori di dati reperibili e accessibili, come frutto di attività di ricerca. Pertanto, l'utilizzo, anche parziale, del dataset è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata [20].

Figura 7 PSD medie delle stazioni della rete FXland relative all'anno 2022; sono riportate le curve di *low and high noise model* [Peterson, 1993] come riferimento. Nel grafico in alto sono riportate quelle delle stazioni equipaggiate con sensori Trillium 120s compact, in quello centrale quelle equipaggiate con i sensori Sara SS08 60s e nel grafico in basso quelle equipaggiate con i sensori LE-3D/5s.

Figure 7 Average PSD of the FXland network stations for the year 2022; the low and high noise model curves [Peterson, 1993] are reported in the plot as reference. The graph above shows those of the stations equipped with Trillium 120s compact sensors, the central one shows those equipped with Sara SS08 60s sensors and the graph below shows those equipped with LE-3D/5s sensors.



4. Integrazione di FXland nella sorveglianza sismica in tempo reale e nel Bollettino Sismico Italiano

Fin dal gennaio 2022, i dati della rete 1J sono stati integrati anche all'interno del sistema di acquisizione per il Servizio di Sorveglianza Sismica che l'INGV svolge per il Dipartimento di Protezione Civile [Margheriti et al., 2021]. Molte delle stazioni, essendo piuttosto rumorose, non sono state inserite in *picking* nel sistema di detezione automatica che la sala operativa dell'ONT di Roma attua attraverso il sistema di *software Earthworm* ([Margheriti et al., 2021] e referenze contenute). Tuttavia sono state messe a disposizione del turnista sismologo per la revisione delle localizzazioni e hanno quindi contribuito alla localizzazione in tempo quasi reale della sismicità nell'area del Mar Ionio, della costa siciliana orientale e della Calabria meridionale, nonché alla determinazione ipocentrale di eventi più forti i cui epicentri si trovano in altre zone in Italia e nel Mediterraneo. Naturalmente le stazioni 1J essendo in gran parte equipaggiate con sensori BB hanno registrato anche gli eventi telesismici; un esempio è riportato in Figura 8.

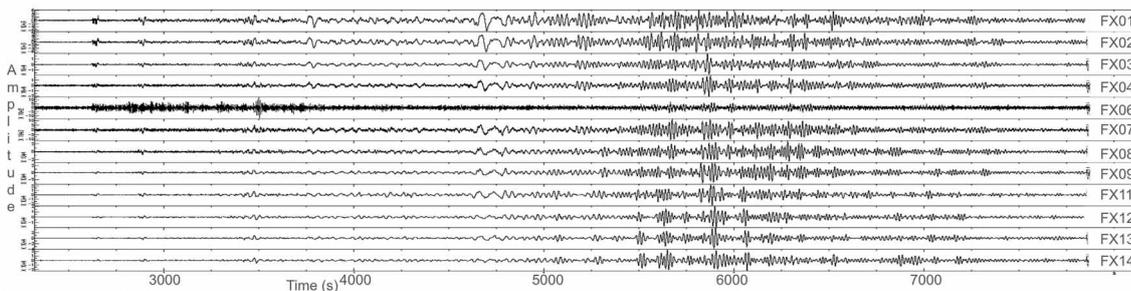


Figura 8 Regrazioni alle stazioni della rete FXland, componente verticale, del terremoto del 2022-09-19 18:05:15 Mw 7.5 avvenuto nella regione del Michoacan, Mexico [21]. Si vedono chiaramente sui sismogrammi gli arrivi delle onde di volume P, delle S e delle onde di superficie. Tutte le stazioni installate tranne la FX10 erano funzionanti. È evidente come il sensore della FX07, essendo un LE-3D/5s, sia molto meno sensibile alle basse frequenze.
Figure 8 FXland network recordings, vertical component, of the 2022-09-19 18:05:15 (UTC) Mw 7.5 earthquake that occurred in the region of Michoacan, Mexico [21]. The arrivals of P and S (body waves), as well as surface waves are clearly visible on the seismograms. All the installed stations except the FX10 were working. It is evident that the FX07 sensor, which is a LE-3D/5s, is much less sensitive to low frequencies.

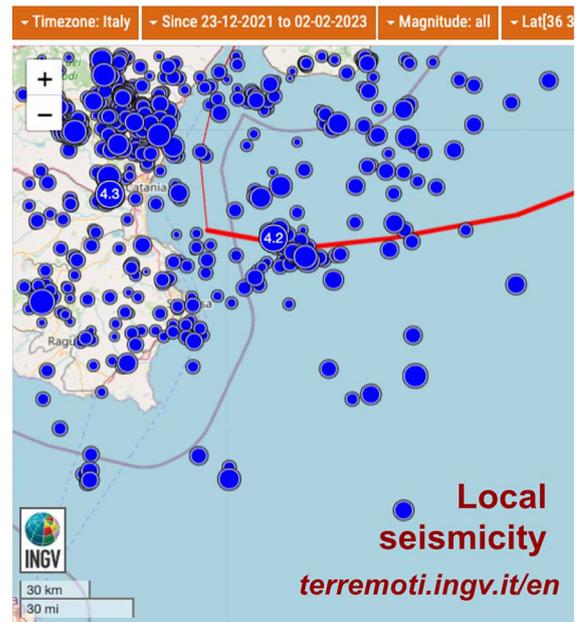
Nel periodo di installazione della rete completa, 22 dicembre 2021 - 2 febbraio 2023, sono stati localizzati dai sismologi in turno presso la sala operativa ONT di Roma, 153 telesismi di magnitudo 6+ (Figura 9) e, nell’area di interesse del progetto compresa tra Lat 36.0-38.0 e Lon 14.5-17.0, 886 eventi locali (Figure 10), due dei quali di magnitudo superiore a 4.0. Nel database INGV risultano presenti più di 1000 letture di tempi di arrivo di fasi P e 650 tempi di arrivo di fasi S alle stazioni FX. Con l’integrazione di queste stazioni nel sistema di sorveglianza e nella eventuale revisione rapida del Bollettino Sismico Italiano (BSI [22]), effettuata entro pochi giorni dopo un terremoto di M maggiore o uguale a 3.5, e in alcuni casi anche per sequenze sismiche di interesse [Marchetti et al., 2016], otteniamo una prima rapida analisi della sismicità registrata dalla rete. Questi dati ci forniscono un insieme di informazioni utili per applicare, a cascata, procedure automatiche di *picking* usando la tecnica del *template matching* per localizzare anche eventi, in genere di magnitudo bassa, probabilmente non rilevati dal sistema automatico di sorveglianza sismica. Anche se di piccola magnitudo questi eventi possono contribuire all’individuazione del sistema di faglie attivatosi durante una sequenza sismica e a capire l’evoluzione spazio-temporale della sismicità.



Figura 9 Eventi telesismici con magnitudo maggiore o uguale a 6.0 localizzati dai sismologi in turno presso la sala operativa ONT di Roma. A scala globale sono stati localizzati 153 eventi nel periodo di operatività di tutta la rete FXland.
Figure 9 Teleseismic events with magnitude greater than or equal to 6.0 localised by the seismologists on duty in the ONT operations room in Rome. On a global scale 153 events were localised during the period of operation of the entire FXland network.

Figura 10 Eventi sismici localizzati dai sismologi in turno presso la sala operativa ONT di Roma, nell'area di interesse del progetto FOCUS (area compresa tra Lat 36.0-38.0 e Lon 14.5-17.0) nel periodo di operatività di tutta la rete FXland. Si contano 886 eventi locali, due dei quali di magnitudo superiore a 4.0.

Figure 10 Seismic events localised by the seismologists on duty in the ONT operations room in Rome in the area of interest of the FOCUS project (area between Lat 36.0-38.0 and Lon 14.5-17.0) during the period of operation of the entire FXland network. These are 886 local events, two of which have a magnitude greater than 4.0.



Showing earthquakes from 1 to 30 of 886 found (Sort Time Descending)

Come esempio, in Figura 11, vengono mostrate le registrazioni dei due eventi locali di magnitudo maggiore di 4.0 avvenuti rispettivamente il 23 dicembre 2021 e il 15 aprile 2022 e in Figura 12 viene riportato un evento di magnitudo 1.0 del 31 maggio 2022 alle ore 22:31:14 UTC registrato sia dalle stazioni della FXland sia dalle stazioni permanenti per mostrare come grazie alla rete FOCUS anche eventi di bassa magnitudo sono stati ben rilevati.

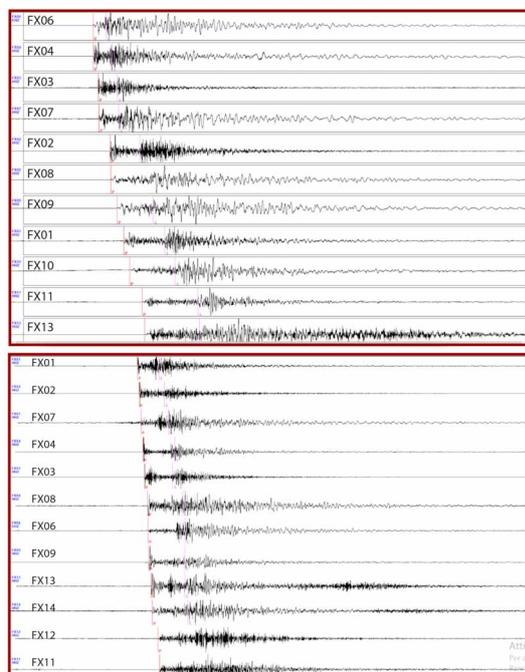


Figura 11 Esempio di registrazioni alle stazioni temporanee della rete FXland. In alto l'evento M_W 4.3 del 23 dicembre 2021; in basso l'evento M_L 4.2 del 15 aprile 2022. In entrambi i casi, vengono mostrate le componenti verticali dei sismogrammi e le letture degli arrivi delle onde P e delle onde S.
Figure 11 Example of registrations at temporary FXland network stations. Above the M_W 4.3 event of December 23, 2021; below the M_L 4.2 event of April 15, 2022. In both cases, the vertical components of the seismograms and the readings of the arrivals of P waves and S waves are shown.

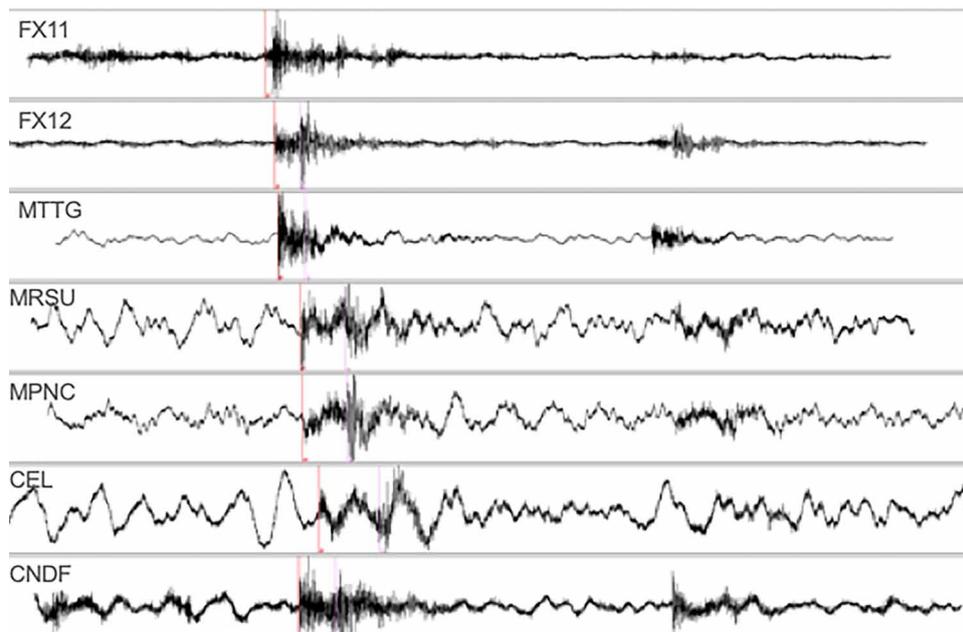


Figura 12 Esempio di registrazioni dell'evento di magnitudo 1.0 del 31 maggio 2022 alle ore 22:31:14 UTC alle stazioni temporanee della rete FXland e alle stazioni delle reti permanenti. La presenza della rete temporanea FOCUS ha reso possibile la detezione, la localizzazione e l'analisi anche di eventi molto piccoli (strumentali).

Figure 12 Example of recordings of the magnitude 1.0 event of 31 May 2022 at 22:31:14 UTC at the temporary stations of the FXland network and at the stations of the permanent networks. The presence of the temporary FOCUS network has made it possible to detect, localise and analyse even very small (instrumental) events.

5. Considerazioni conclusive e piani futuri

L'obiettivo della rete FXland all'interno del progetto FOCUS è stato ed è ancora quello di migliorare il rilevamento della sismicità nell'area del Mar Ionio e l'accuratezza delle localizzazioni per definire meglio la struttura crostale della regione, trovando *pattern* relativi ai sistemi di faglia attivi anche in relazione alla nota faglia di Alfeo che dalla zona di Catania prosegue nel settore ionico.

Per migliorare la soglia di detezione e l'accuratezza della localizzazione degli eventi con ipocentro in mare stiamo preparando, caratterizzando e curando i dati della rete FXOBS (codice di rete XH), una rete di OBS costituita da sensori a larga banda e a corto periodo installati nel Mar Ionio. I dati sono stati recuperati nel mese di marzo 2023. L'ubicazione ipotizzata di 25 stazioni della rete FXOBS è riportata in Figura 13, dei 25 OBS ne sono realmente stati installati 20.

In Figura 14 sono mostrati due esempi di terremoti registrati dalla stazione OBS-26, senza correzioni di alcun genere. Tutti gli OBS sono stati installati nello Ionio nel periodo gennaio 2022 - febbraio 2023. Le due registrazioni mostrano due forme d'onda non troppo simili confermando che i due eventi hanno sicuramente ipocentri distanti l'uno dall'altro.

Le analisi preliminari dei dati registrati nei primi mesi della rete FXland integrati con quelli delle reti permanenti presenti nell'area, sono stati presentati, durante il periodo di operatività della rete, al Convegno dell' *European Society for Deformation Mechanisms, Rheology and Tectonics* che si è tenuto dal 5 al 7 luglio 2022 presso l'Università di Catania, [Margheriti et al., 2022] e poi, anche dopo la disinstallazione della rete, alla 28th IUGG General Assembly - Berlin 2023 11-20 July 2023, *S02 International, National, Regional and Local Networks and Earthquake Data Centers: Highlights and Challenges Conveners Dmitry Storchak (UK) and Kristin Pankow (USA)*. Poster Session Figura 15, [Margheriti et al., 2023].

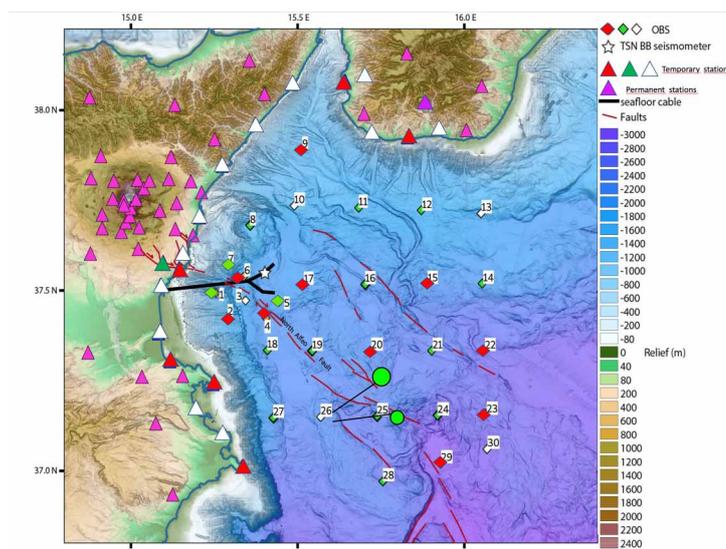
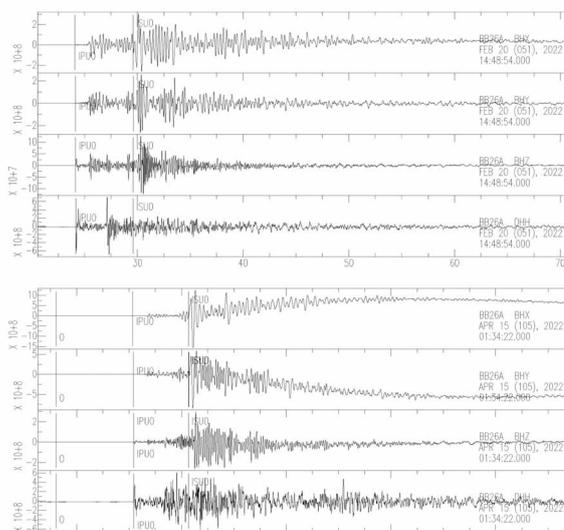


Figura 13 Mappa dell'area del Mar Ionio, della Sicilia orientale e della Calabria meridionale studiata dal progetto FOCUS che mostra la rete esistente di stazioni terrestri permanenti gestite dall'INGV (triangoli magenta), le stazioni BB (triangoli bianchi) e la stazione short period (triangolo verde) installate a terra e le stazioni che erano state pianificate ma che non sono state installate (triangoli rossi). Parallelamente in mappa è riportata la rete temporanea di OBS: 5 OBS a larga banda (rombi bianchi), 15 OBS a corto periodo (rombi verdi) e 10 OBS non installati (rombi rossi). La spessa linea nera identifica il cavo di fibra ottica utilizzata nell'ambito del progetto FOCUS e le sottili linee rosse rappresentano le faglie che costituiscono il sistema di faglie di Alfeo. I due cerchi verdi sono gli epicentri dei due eventi sismici registrati alla stazione OBS-26 mostrati in Figura 13.

Figure 13 Map of the Ionian Sea area, eastern Sicily and southern Calabria studied by the FOCUS project showing the existing network of permanent land stations managed by INGV (magenta triangles), the BB stations (white triangles) and the short period station (green triangle) installed on land and the stations that were planned but which were not installed (red triangles). At the same time, the temporary OBS network is shown on the map: 5 broadband OBS (white diamonds), 15 short-term OBS (green diamonds) and 10 non-installed OBS (red diamonds). The thick black line identifies the optical fiber cable used in the FOCUS project and the thin red lines represent the faults that make up the Alpheus fault system. The two green circles are the epicenters of the two seismic events recorded at the OBS-26 station shown in Figure 13.

Figura 14 RegISTRAZIONI all'OBS-26 dei terremoti M_L 3.8 (in alto) e M_W 4.2 (in basso) avvenuti nel Mar Ionio tra febbraio e aprile 2022 (gli epicentri dei terremoti e la posizione della stazione sono riportati in Figura 13). Sono mostrati i tre canali del sismometro [un verticale (BHZ) e due orizzontali (BHX e BHY)] e il canale dell'idrofono (DHH). Le forme d'onda presentano delle differenze confermando il fatto che i due ipocentri dovrebbero essere distanti l'uno dall'altro.

Figure 14 OBS-26 recordings of the M_L 3.8 (top) and M_W 4.2 (bottom) earthquakes that occurred in the Ionian Sea between February and April 2022 (the epicenters of the earthquakes and the location of the station are shown in Figure 13). Shown are the three seismometer channels [one vertical (BHZ) and two horizontal (BHX and BHY)] and the hydrophone channel (DHH). The waveforms show differences, confirming the fact that the two hypocenters should be distant from each other.



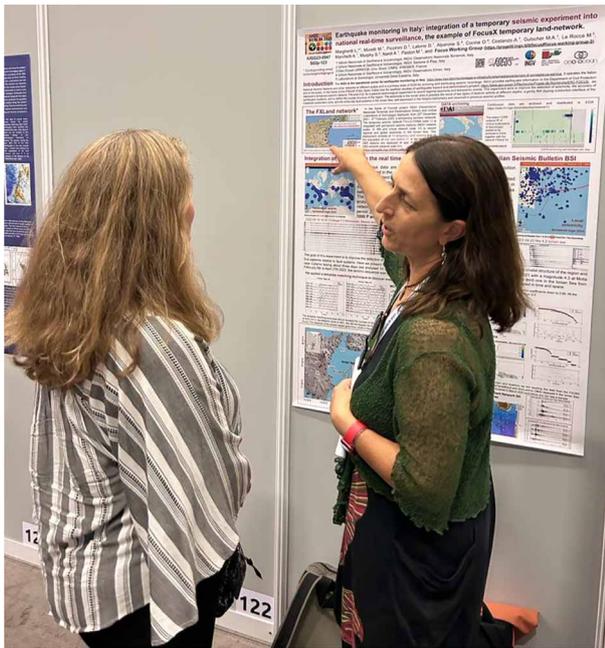


Figura 15 Presentazione del Poster alla 28th IUGG General Assembly a Berlino nella sessione SO2 International, National, Regional and Local Networks and Earthquake Data Centers: Highlights and Challenges Conveners Dmitry Storchak (UK) and Kristin Pankow (USA).

Figure 15 Poster presentation at IUGG 2023 in Berlin at the session “SO2 International, National, Regional and Local Networks and Earthquake Data Centers: Highlights and Challenges” Conveners Dmitry Storchak (UK) and Kristin Pankow (USA).

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Arma dei Carabinieri per la disponibilità e l'importante supporto logistico nell'ambito del progetto FOCUS, in particolare tutti i militari delle caserme della Sicilia e della Calabria che hanno dato ospitalità alla nostra strumentazione e che continuano a darci assistenza affinché le stazioni funzionino al meglio.

Si ringrazia la CoReMo e i colleghi del Laboratorio Reti Sismiche [23] dell'ONT di Roma per il supporto tecnico che ha consentito l'assemblamento e la configurazione delle stazioni, in particolare si ringraziano: Stefano Farroni, Sandro Rao, Ulderico Piccolini, Edoardo Giandomenico e Fabio Criscuoli.

Gli autori desiderano dedicare questo lavoro ad Andrea Serratore che ha contribuito con professionalità alla preparazione della strumentazione messa a disposizione dalla CoReMo. Andrea aveva mostrato anche in questo caso, disponibilità ed entusiasmo nello svolgimento del suo lavoro. Continuerà a mancare a tutti noi.

Bibliografia

- Danecek P., Pintore S., Mazza S., Mandiello A., Fares M., Carluccio I., Della Bina E., Franceschi D., Moretti M., Lauciani V., Quintiliani M. and Michelini A., (2021). *The Italian Node of the European Integrated Data Archive*, Seismological Research Letters., 2021, 92, 3, 1726-1737. <https://doi.org/10.1785/0220200409>
- Dellong D., Klingelhoefer F., Kopp H., Graindorge D., Margheriti L., Moretti M. et al., (2018). *Crustal structure of the Ionian basin and eastern Sicily margin: Results from a wide-angle seismic survey*, J. Geophys. Res., Solid Earth, 123, 2090–2114. <https://doi.org/10.1002/2017JB015312>
- Gutscher M.A., Royer J.Y., Murphy S., Klingelhoefer F., Barreca G., Gaillot A., Quétel L., Riccobene G., Aurnia S., Jousset P., Poitou C. and Ciasu V., (2021). *First deployment of a 6-km long fiber-optic strain cable and a seafloor geodetic network, across an active submarine fault (offshore Catania, Sicily): The FOCUS experiment*, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-2498. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-2498>

- Gutscher M., Quétel L., Murphy S., Riccobene G., Royer J., Barreca G., Aurnia S., Klingelhoefer F., Cappelli G., Urlaub M., Krastel S., Gross F. and Kopp H., (2023). *Detecting strain with a fiber optic cable on the seafloor offshore Mount Etna, Southern Italy*, Earth and Planetary Science Letters, 616, 118230. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2023.118230>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). (2005, December 13). *Rete Sismica Nazionale (RSN)*. (INGV). <https://doi.org/10.13127/SD/X0FXNH7QFY>
- Maesano F.E., Tiberti M. M. and Basili R., (2020). *Deformation and Fault Propagation at the Lateral Termination of a Subduction Zone: The Alfeo Fault System in the Calabrian Arc, Southern Italy*, Frontiers in Earth Science, 8, 525567. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00107>
- Marchetti A., Ciaccio M.G., Nardi A., Bono A., Mele F.M., Margheriti L., Rossi A., Battell P., Melorio C., Castello B., Lauciani V., Berardi M., Castellano C., Arcoraci L., Lozzi G., Battelli A., Thermes C., Pagliuca N., Modica G., Lisi A., Pizzino L., Baccheschi P., Pintore S., Quintiliani M., Mandiello A., Marcocci C., Fares M., Cheloni D., Frepoli A., Latorre D., Lombardi A.M., Moretti M., Pastori M., Vallocchia M., Govoni A., Scognamiglio L., Basili A., Michelini A. and Mazza S., (2016). *The Italian Seismic Bulletin: strategies, revised pickings and locations of the central Italy seismic sequence*, Ann. of Geophysics, 59. doi: 10.4401/ag -7169
- Margheriti L., Moretti M., Alparone S., Costanzo A., La Rocca M., Murphy S., Cocina O., Farroni S., Govoni A., Pastori M., Pintore S., Serratore A., Del Gaudio P., Falcone S., Gervasi A., La Piana C., Nardi A., Marchetti A., Latorre D., Bono A., Lauciani V., Quintiliani M., Contrafatto D., Di Prima S., Larocca G., Rapisarda S., Scuderi L., Festa L. and Gutscher M.A., (2022). *FocusX temporary land-network (FXland), seismic data and preliminary analysis*. European Society for Deformation Mechanisms, Rheology and Tectonics, Catania, 5-7 luglio 2022. Abstract. <https://doi.org/10.3301/ABSGI.2022.01>
- Margheriti L., Moretti M., Piccinini D., Latorre D., Alparone S.C., Cocina O., Costanzo A., Gutscher M.A., La Rocca M., Marchetti A., Murphy S., Nardi A., Pastori M., Focus W.G., (2023). *Earthquake monitoring in Italy: integration of a temporary seismic experiment into national real-time surveillance, the example of FocusX temporary land-network*. XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) (Berlin 2023). <https://archimer.ifremer.fr/doc/00847/95887/>
- Margheriti L., Nostro C., Cocina O., Castellano M., Moretti M., Lauciani V., Quintiliani M., Bono A., Mele F.M., Pintore S., Montalto P., Peluso R., Scarpato G., Rao S., Alparone S., Di Prima S., Orazi M., Piersanti A., Cecere G., Cattaneo M., Vicari A., Sepe V., Bignami C., Valoroso L., Aliotta M., Azzarone A., Baccheschi P., Benincasa A., Bernardi F., Carluccio I., Casarotti E., Cassisi C., Castello B., Cirilli F., D'Agostino M., D'Ambrosio C., Danecek P., De Cesare W., Della Bina E., Di Filippo A., Di Stefano R., Faenza L., Falco L., Fares M., Ficeli P., Latorre D., Lorenzino M.C., Mandiello A., Marchetti A., Mazza S., Michelini A., Nardi A., Pastori M., Pignone M., Prestifilippo M., Ricciolino P., Sensale G., Scognamiglio L., Selvaggi G., Torrisi O., Zanolin F., Amato A., Bianco F., Branca S., Privitera E., Stramondo S., (2021). *Seismic Surveillance and Earthquake Monitoring in Italy*, Seismological Research Letters., 92, 3, 1659-1671. <https://doi.org/10.1785/0220200380>
- MedNet Project Partner Institutions. (1990, January 1). *Mediterranean Very Broadband Seismographic Network (MedNet)*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/SD/FBBBTDTD6Q>
- Moretti M., Margheriti L., Alparone S.C., Costanzo A., La Rocca M., Murphy S., Gutscher M.A. and Focus Working Group., (2021). *Seismic Data acquired by FocusX temporary land-network (FXland), Southern Italy [Data set]*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sd/o5qwm6wjcd>
- Moretti M., Margheriti L., D'Alema E., Piccinini D., (2023). *SISMIKO: INGV operational task force for rapid deployment of seismic network during earthquake emergencies*, Front. Earth Sci. 11.1146579. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1146579>
- Peterson J., (1993). *Observation and modeling of seismic background noise*, U.S. Geol. Surv. Tech. Rept., 93,322, 1-95. <https://doi.org/10.3133/ofr93322>

Polonia A., Torelli L., Artoni A., Carlini M., Faccenna C., Ferranti L., et al., (2016). *The ionian and alfeo-Etna fault zones: new segments of an evolving plate boundary in the central Mediterranean Sea?*, *Tectonophysics* 675, 69–90. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.03.016>

Università Della Calabria, Italy, (1981). *Rete Sismica Unical [Data set]*, International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/IY>

Sitografia

- [1] <https://cordis.europa.eu/project/id/786304>
- [2] <https://www.flotteoceanographique.fr/en/News/Campagne-FocusX1-Une-nouvelle-technique-de-mesure-de-l-activite-sismique-sous-marine>
- [3] https://www.geo-ocean.fr/content/download/159373/file/FocusX1_cruise_report_total.pdf
- [4] <https://www.geo-ocean.fr/en/Ongoing-expeditions/Campagnes-oceanographiques/La-campagne-FocusX2-tout-en-images>
- [5] https://www.geo-ocean.fr/content/download/160040/file/Rapport_FocusX2.pdf
- [6] <https://archimer.ifremer.fr/doc/00841/95268/103014.pdf>
- [7] <https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campagnes/18002386/>
- [8] <https://www.ingv.it/it/stampa-e-urp/stampa/note-stampa/4130-ingv-e-arma-dei-carabinieri-in-sinergia-per-il-potenziamento-della-rete-di-monitoraggio>
- [9] <http://www.fdsn.org/>
- [10] http://www.fdsn.org/networks/detail/1J_2021/
- [11] <https://www.ont.ingv.it/monitoraggio-e-sorveglianza/le-reti-temporanee-e-in-emergenza/rete-sismica-mobile-dell-ont-rsm>
- [12] <https://reftek.com>
- [13] <https://nanometrics.ca>
- [14] <https://www.lennartz-electronic.de/>
- [15] <https://www.sara.pg.it/>
- [16] <http://www.isc.ac.uk/>
- [17] <http://terremoti.ingv.it/instruments/network/1J>
- [18] <https://eida.ingv.it/it/>
- [19] <https://sqlx.science/>
- [20] <https://data.ingv.it/dataset/674>
- [21] <http://terremoti.ingv.it/event/32800241?timezone=UTC>
- [22] <http://terremoti.ingv.it/bsi>
- [23] <https://www.ont.ingv.it/sezione/organizzazione-descrizione-uf/unita-funzionali?view=article&id=57&catid=2>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<https://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<https://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

https://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale

Francesca DI STEFANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Impaginazione

Barbara ANGIONI
Patrizia PANTANI
Massimiliano CASCONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

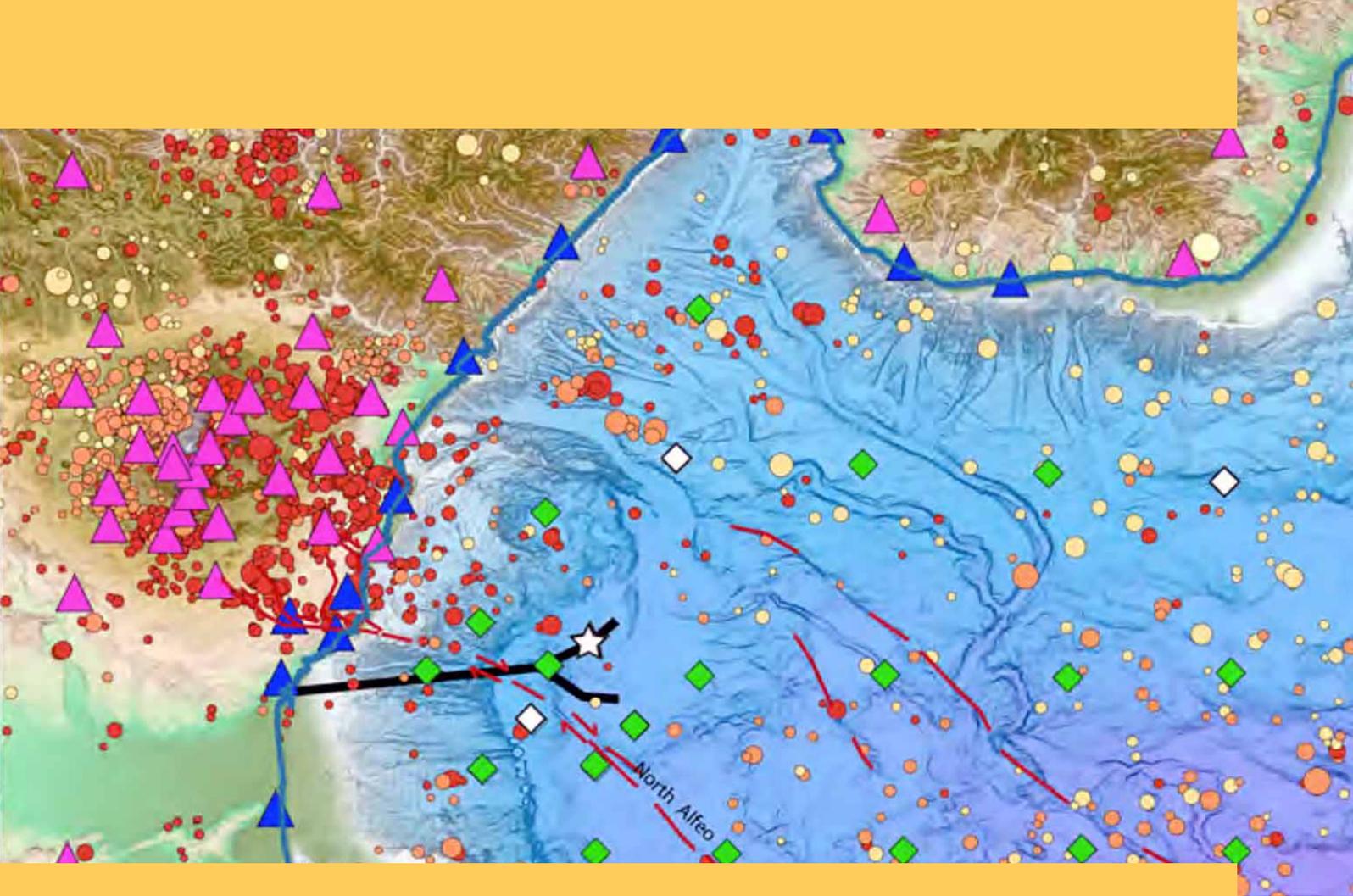
©2024

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

