

ID: 8206381  
Event on 2016-09-23 Time: 23:11:20  
Location: Romania  
Magnitude: Mw 5.6  
Lat: 45.76 Lon: 26.63  
Depth: 94 Km  
▶ link to event's page on terremoti.ingv.it portal

# RAPPORTI TECNICI INGV

*RecSec*  
una applicazione web per la  
consultazione delle Record Sections  
dei terremoti euro-mediterranei



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

465

**Direttore Responsabile**

Valeria DE PAOLA

**Editorial Board**

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

Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)

Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)

Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)

Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)

Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)

Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)

Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)

Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)

Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)

Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)

Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)

Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi@ingv.it)

Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

**Segreteria di Redazione**

Francesca DI STEFANO - Coordinatore

Rossella CELI

Robert MIGLIAZZA

Barbara ANGIONI

Massimiliano CASCONI

Patrizia PANTANI

Tel. +39 06 51860068

redazione@ingv.it

**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

*RecSec*

una applicazione web per la consultazione  
delle Record Sections dei terremoti  
euro-mediterranei

*RecSec*

*a web application for the Record Sections of  
Euro-Mediterranean earthquakes*

Barbara Palombo<sup>1</sup>, Teresa Ninivaggi<sup>2</sup>, Rocco Cogliano<sup>2</sup>, Raffaele Moschillo<sup>2</sup>, Luigi Falco<sup>2</sup>,  
Salvatore Mazza<sup>1</sup>, Giulio Selvaggi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

<sup>2</sup>INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Irpinia

Accettato 27 dicembre 2022 | Accepted 27 December 2022

Come citare | How to cite Palombo B., Ninivaggi T., Cogliano R., Moschillo R., Falco L., Mazza S., Selvaggi G. (2023). RecSec una applicazione web per la consultazione delle Record Sections dei terremoti euro-mediterranei. Rapp. Tec. INGV, 465: 1-20, <https://doi.org/10.13127/rpt/465>

In copertina Terremoti dell'area euro-mediterranea per i quali sono disponibili Record Sections | Cover Euro-mediterranean earthquakes for which plot Record Sections are available

465



# INDICE

<b>Riassunto</b>	<b>7</b>
<i>Abstract</i>	<b>7</b>
<b>Introduzione</b>	<b>7</b>
<b>1. Implementazione di un servizio Near Real Time</b>	<b>9</b>
1.1 La generazione delle Record Sections	9
1.2 L'architettura informatica	9
1.3 L'applicativo RecSec	12
<b>2. La web application</b>	<b>13</b>
<b>3. Esempi</b>	<b>14</b>
3.1 Riconoscimento di fasi riflesse, rifratte e convertite: un esempio dai terremoti intermedi e profondi del Tirreno Meridionale	14
3.2 Contributi sulla propagazione: arrivi anticipati in Grecia	15
<b>4. Conclusioni e sviluppi futuri</b>	<b>16</b>
<b>5. Ringraziamenti</b>	<b>16</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>16</b>



## Riassunto

In questa breve nota presentiamo una web application chiamata *RecSec* per la consultazione di *Record Sections* prodotte in automatico a partire dalla localizzazione rivista di un evento sismico. Le *Record Sections* sono delle rappresentazioni grafiche delle forme d'onda di eventi sismici con diagrammi Distanza-Tempo. Esse sono realizzate per ogni terremoto avvenuto nell'area euro-mediterranea con magnitudo maggiore di 2.8, di cui il Servizio di Sorveglianza sismica dell'INGV abbia fornito una localizzazione rivista. Le stazioni analizzate appartengono a molte reti sismiche Europee le cui forme d'onda sono disponibili in EIDA [European Integrated Data Archive, <http://www.orfeus-eu.org/data/eida/>]. Lo strumento informatico che è stato realizzato, e che viene descritto nella nota, si propone di essere un *tool utile* sia per fini di ricerca, sia per un rapido controllo qualitativo delle stazioni sismiche, nonché un valido strumento per la didattica.

## Abstract

*In this short note, we introduce a web application where the Record Sections, automatically created after a revised earthquake location, can be accessed. The Record Sections are graphical representations of the waveforms of seismic events in Distance-Time diagrams. They are created for each event occurring in the Euro-Mediterranean area with a magnitude greater than 2.8 and for which a definitive location is computed by the INGV surveillance service. The analysed stations belong to many European seismic networks whose waveforms are distributed through EIDA [European Integrated Data Archive, <http://www.orfeus-eu.org/data/eida/>]. The IT tool we have realized, described in this note, is a useful multipurpose instrument: it can be fruitfully employed both for research purposes, for a rapid quality control of seismic stations and also for education.*

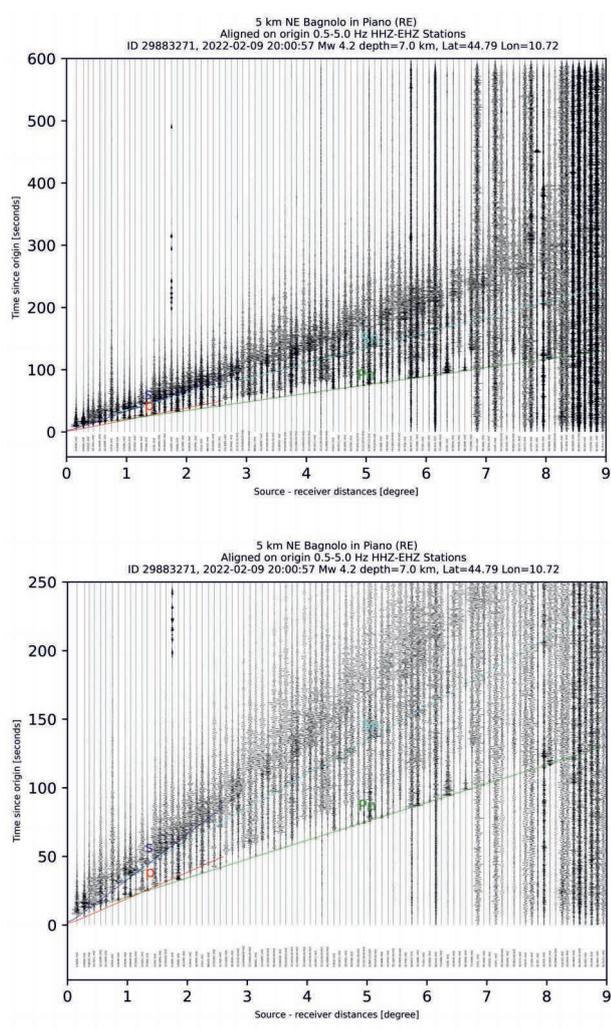
Keywords | Forme d'onda; Applicazione web | Record Sections; Waveforms; Web application

---

## Introduzione

Le *Record Sections* (RS) sono rappresentazioni grafiche delle registrazioni delle stazioni sismiche, i sismogrammi, di un terremoto in funzione del tempo origine per distanza epicentrale (Figura 1). Le RS sono state fondamentali, e ancora sono utili, negli studi di propagazione delle onde sismiche all'interno della terra. I modelli di velocità dell'interno della terra sono costruiti a partire dall'individuazione di fasi sismiche in diagrammi distanza-tempo [es Iasp91, Kennett B.L.N. & Engdahl E.R., 1991]. Le RS sono anche lo strumento principale nella sismica di esplorazione [Prescott, 1951]. Da diversi anni IRIS fornisce un servizio di pubblicazione di RS in tempo quasi reale a seguito di eventi sismici rilevanti che avvengono nel mondo [IRIS DMC, 2011, <http://ds.iris.edu/spud/eventplot>]. La soglia di magnitudo è circa 6.0 per l'area mediterranea. Tale soglia riduce il numero di *Record Sections* disponibili per l'Italia a soli 6 eventi, i sei eventi a maggiore magnitudo a partire dal terremoto dell'Aquila del 2009. Il contenuto informativo dei terremoti a minore magnitudo è sicuramente rilevante già a partire da magnitudo 2.8. Ci sono informazioni sulla propagazione delle onde sismiche per distanze di diverse centinaia di km anche per i terremoti più piccoli localizzati dalla Rete Sismica Nazionale. Un evento di 2.8 di magnitudo locale è registrato dalle stazioni sismiche per circa 300-350 km. L'aumento poi, negli anni, del numero di stazioni installate sul territorio nazionale permette di campionare spazialmente con un buon dettaglio le variazioni della velocità delle fasi sismiche e di osservare fasi riflesse, rifratte e convertite ancora poco esplorate.

Le RS sono anche un utile strumento di visualizzazione della qualità delle registrazioni e della performance delle singole stazioni. In questo lavoro presentiamo una prima versione di un sito web che pubblica in modo automatico e in tempo quasi reale, a partire da una localizzazione definitiva di un evento sismico, le RS dell'evento con una rappresentazione grafica Tempo - Distanza che dipende dalla magnitudo dell'evento. L'applicazione web è consultabile filtrando gli eventi per area geografica ed in base ai parametri degli eventi stessi (magnitudo, profondità ecc.). Sovrapposte ai sismogrammi vengono riportate le dromocrone (le curve che rappresentano i tempi di arrivo di una fase sismica in funzione della distanza), calcolate secondo un modello di velocità definito a priori [Iasp91]. Infine viene prodotta una mappa delle stazioni i cui sismogrammi compaiono nella RS. La fruibilità delle RS è importante sia per motivi scientifici che per una rapida valutazione della qualità dei dati acquisiti dalle reti e anche per fini didattici. Il progetto prevede la visualizzazione delle RS direttamente dal portale di informazione dei terremoti <http://terremoti.ingv.it> per la consultazione post-evento sismico.



**Figura 1** In alto, esempio di RS di un terremoto avvenuto a Bagnolo in provincia di Reggio Emilia del febbraio 2022. In basso, la stessa RS con un diverso intervallo Tempo-Distanza. Sovrapposte alle RS sono rappresentate le dromocrone delle principali fasi (p, Pn, s e Sn) osservate nei sismogrammi per le medesime distanze dedotte dal modello Iasp91 [Kennett B.L.N. & Engdahl E.R., 1991].

**Figure 1** Example of RS of an earthquake that occurred in Bagnolo, in the province of Reggio Emilia, in February 2022. Below, the same RS with a different Time-Distance interval. Superimposed on the RS are represented the travel times of the main phases (p, Pn, s and Sn) observed in the seismograms for these distances deduced from the Iasp91 model [Kennett B.L.N. & Engdahl E.R., 1991].

# 1. Implementazione di un servizio Near Real Time

In questa sezione vengono descritte le tre parti che costituiscono l'implementazione del servizio: in particolare la parte relativa alla generazione della RS con l'estrazione delle forme d'onda, l'architettura informatica su cui si basa il sito e l'applicazione sviluppata per la sua realizzazione.

## 1.1 Generazione delle Record Sections

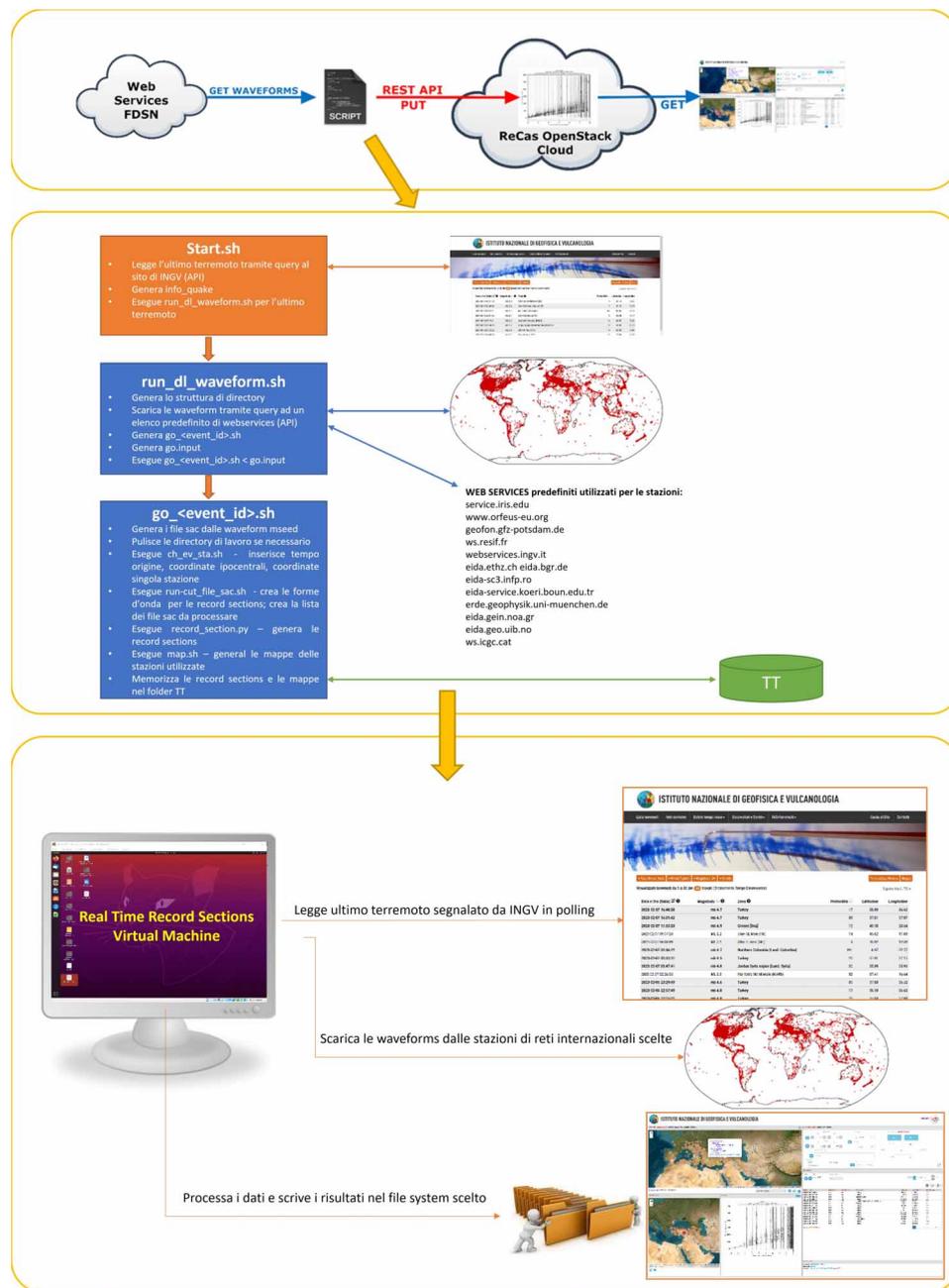
È stato realizzato un applicativo che permette di creare le RS in automatico su una macchina Linux Ubuntu 22.04 LTE a partire dai parametri ipocentrali di un evento sismico. Il programma è composto da una serie di scripts in linguaggio Bash e Python.

Quando un evento sismico a magnitudo maggiore di 2.8 è localizzato in forma definitiva (i.e. rivista da un analista) dalla Sala Sismica INGV, la procedura ricerca le stazioni disponibili negli archivi EIDA e IRIS DMC, utilizzando i webservice FDSN. Le stazioni sismiche (dotate di sismometri High Gain Broadband, canali HH) sono selezionate in un'area circolare centrata sull'epicentro, con raggio proporzionale alla magnitudo dell'evento sismico, e possono appartenere a reti sia permanenti che temporanee. Uno script effettua quindi il download delle forme d'onda (componenti verticali) registrate dalle stazioni selezionate in formato 'miniseed' e le converte in formato "SAC (Seismic Analysis Code)". I sismogrammi (cioè le forme d'onda appena convertite) sono estratti a partire dal tempo origine e fino a 600 s da esso. Nell'header dei files SAC la procedura inserisce le informazioni riguardo ai parametri ipocentrali e alle coordinate geografiche della stazione sismica. Dopo aver applicato un filtro passabanda con frequenze di cut-off pari a 0.5 Hz e 5 Hz, lo script normalizza ognuna delle forme d'onda rispetto al proprio massimo assoluto d'ampiezza e aggiunge alle ampiezze la distanza epicentrale. Le procedure appena descritte sono implementate tramite scripts Bash, i quali utilizzano il software SAC [Goldstein et al., 2005], mentre per realizzare i diagrammi finali tempo-distanza che costituiscono la RS viene utilizzato il framework "ObsPy" [Beyreuther et al., 2010]. Al fine di evitare la sovrapposizione delle forme d'onda nella RS, la procedura seleziona un solo sismogramma tra quelli disponibili in un intervallo di distanza di  $0.1^\circ$  e lo include nella RS, alla distanza epicentrale della stazione corrispondente. Con il modulo TauP [Crotwell, et al., 1999], implementato in "ObsPy", lo script infine calcola le dromocrone teoriche delle onde p, s, Pn e Sn, con un modello di velocità definito a priori (iasp91) e le sovrappone alle Record Sections. A questo punto vengono generate 2 immagini in formato PNG che rappresentano la RS dell'evento ed il suo zoom e viene prodotta una mappa delle stazioni di cui sono riportati i sismogrammi nella RS. Questi tre files costituiscono il prodotto di uscita di tutto il processo di calcolo legato ad ogni singolo evento e vengono memorizzate in un apposito folder con un ID legato all'evento.

La pipeline di calcolo è progettata per essere eseguita in modo automatico quando viene rilevato un nuovo terremoto dal servizio INGV. La parametrizzazione di default (filtraggio, distanze, controlli di validità delle forme d'onda, tipologia di canale) è stata definita dopo analisi variazionale, proprio perché la procedura possa essere eseguita senza necessità di intervento esterno. La stessa pipeline può tuttavia essere eseguita manualmente per uno specifico terremoto (per esempio per elaborare i terremoti di un dato periodo storico): in tal caso è possibile configurare un file di input per scegliere valori dei parametri diversi da quelli di default.

## 1.2 L'architettura informatica

La Figura 2 illustra l'architettura informatica implementata per la consultazione delle RS.



**Figura 2** Schema semplificato dell'architettura informatica realizzata per la gestione delle Record Sections: architettura di sistema, architettura dei moduli software e architettura funzionale.  
**Figure 2** Simplified diagram of the IT architecture created for the management of Record Sections: system architecture, software module architecture and functional architecture.

I files prodotti dagli script Python/Bash di cui al paragrafo 1.1 vengono archiviati sul cloud ReCas per essere facilmente integrati nell'app RecSec (vedi paragrafo 1.3) o in qualsiasi altra applicazione web. ReCas (<https://www.recas-bari.it/>) è il datacenter realizzato dall'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" e dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) nell'ambito del progetto ReCaS (PON Ricerca e Competitività 2007-2013, Avviso 254/Ric). Per la gestione dei servizi di cloud computing ovvero elaborazione, rete, storage, identità e gestione delle immagini

il datacenter si affida alla piattaforma open source OpenStack (<https://www.openstack.org/>) e ai suoi componenti. Per l'archiviazione delle immagini relative alle Record Sections, ad esempio, si è scelto di utilizzare il servizio *Object Storage* di OpenStack fruibile attraverso il modulo *Swift* (<https://www.openstack.org/software/releases/ocata/components/swift>). Si tratta di un servizio ad alta disponibilità che consente di archiviare enormi quantità di dati in maniera efficiente, sicura ed economica; è altamente scalabile e ottimizzato per la durabilità; è ideale per archiviare dati non strutturati che possono crescere senza limiti.

Le immagini relative alle Record Sections vengono caricate all'interno di un container pubblico preventivamente definito, attraverso delle chiamate API RESTful; ogni immagine è appunto un oggetto e possiede, tra le tante caratteristiche, un identificativo URL grazie al quale è possibile identificarla univocamente. Nello specifico, per ciascun evento sismico vengono caricati i seguenti oggetti:

Nome oggetto	Descrizione
TT/[event_id]/[event_id]_listaStazioni.csv	Elenco stazioni selezionate per l'evento "event_id" utilizzate per la generazione delle Record Sections (file csv)
TT/[event_id]/[event_id]_rs.png	Record Sections 1
TT//[event_id]/[event_id]_rs_z.png	Record Sections 2

Le "Record Sections 1" della tabella precedente indicano selezioni Tempo-Distanza in funzione della magnitudo e le "Record Sections 2" sono lo zoom sulla scala dei tempi della stessa Record Sections 1. La tabella che mette in relazione Tempo-Distanza è la seguente:

Intervalli Magnitudo	Distanza 1 Deg.	Tempo 1 in sec	Distanza 2	Tempo 2 in sec
da 2.5 a 3.5	4.5°	300	4.5°	100
da 3.6 a 4.0	6°	300	6°	150
da 4.1 a 4.9	9°	600	9°	250
≥ 5.0	14°	600	14°	300

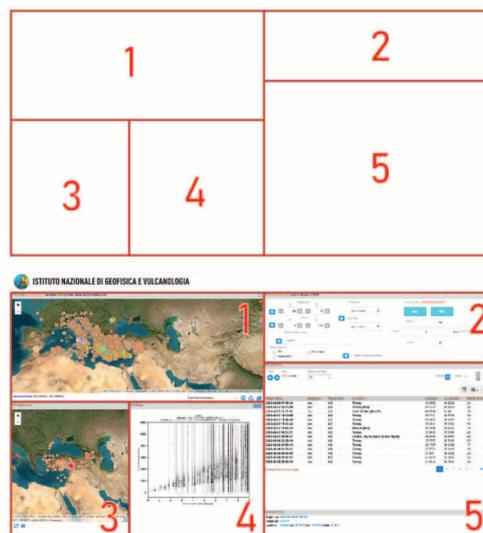
Le chiamate API per effettuare l'operazione PUT (upload) delle immagini sul cloud vengono invocate tramite un client del modulo Swift scritto in Python e denominato appunto *Python-swiftclient* (<https://docs.openstack.org/python-swiftclient/latest/>). Il client, opportunamente configurato, si preoccupa di effettuare le operazioni di autenticazione ed ottenimento di token autorizzativi prima di poter effettuare le operazioni di scrittura all'interno del container che ospita le immagini. terminate le operazioni di scrittura gli oggetti (e quindi le immagini) sono immediatamente fruibili per essere integrati in applicazioni web come sorgenti di HTML "img".

## 1.3 L'Applicativo RecSec

La consultazione delle RS avviene tramite una web application all'indirizzo <http://rs.ingv.it> strutturata come single-page, nella quale tutte le informazioni vengono mostrate in un'unica schermata. La web application è stata realizzata utilizzando solo HTML e Javascript, non avendo necessità di funzionalità server-side ed è suddivisa in sezioni come mostrato nello schema logico seguente (Figura 3). L'applicazione usa i dati presenti nello storage dedicato su infrastruttura cloud di ReCaS-Bari come descritto nel paragrafo precedente e che sono stati caricati dal sistema di produzione e archiviazione.

**Figura 3** Schema logico della web application diviso per sezioni.

*Figure 3* Logical diagram of the web application divided by sections.



Lo schema logico è rappresentato da 5 riquadri tematici che compongono la struttura della pagina web. Il riquadro contrassegnato con il numero 1, in alto a sinistra, riporta la mappa degli eventi sismici per cui esistono le Record Sections. Sono selezionabili diverse tipologie di topografia tramite elenco a discesa posto in basso a destra del riquadro 1. Gli eventi sismici rappresentati in mappa sono anche listati nel riquadro 5. Gli eventi della mappa e della lista sono selezionati dalle funzionalità di filtering presenti nel riquadro 2. Tramite le funzioni di filtering è possibile selezionare gli eventi (restringere il numero di eventi selezionati) in base a latitudine e longitudine attraverso la selezione Italy/Mediterranean, selezioni temporali, sulla magnitudo dei terremoti, profondità o su caratteri presenti nella stringa della lista che contiene tutte le informazioni relative all'evento quali EventID| Time| Latitude| Longitude| Depth/ Km| Author| Catalog| Contributor| ContributorID| MagType| Magnitude| MagAuthor| EventLocationName| EventType.

I riquadri 3 e 4 contengono le anteprime delle informazioni di base per l'evento selezionato nella lista, cioè l'anteprima della mappa delle stazioni presenti nella RS (riquadro 3) e l'anteprima della Record Sections (riquadro 4).

La lista degli eventi è normalmente ordinata cronologicamente e mostra gli eventi più recenti in cima. È possibile cambiare l'ordinamento facendo click sulle intestazioni di colonna nella tabella. Quando dalla lista o, in modo equivalente, dalla mappa d'insieme (con il click del mouse sul cerchio rappresentante l'evento), si seleziona un evento, si aggiornano le anteprime della RS e della mappa delle stazioni i cui sismogrammi sono presenti nella RS. Facendo click sull'anteprima della RS viene aperta una finestra pop-up che mostra informazioni di dettaglio per l'evento (EventID, Location, LAT, LON, Depth e Magnitude): l'immagine della RS (0-600s), un suo zoom e la mappa delle stazioni con un maggior dettaglio (Figura 4).

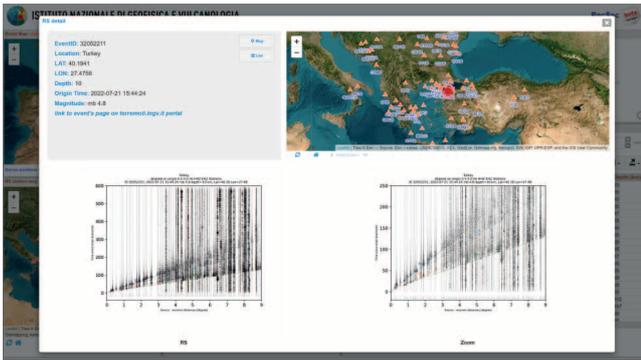


Figura 4 La finestra di dettaglio della Record Sections selezionata.

Figure 4 The detail window of the selected Record Sections.

Facendo click sulle immagini della RS o del suo zoom, queste vengono caricate e mostrate ad una risoluzione maggiore ed è possibile effettuare il download.

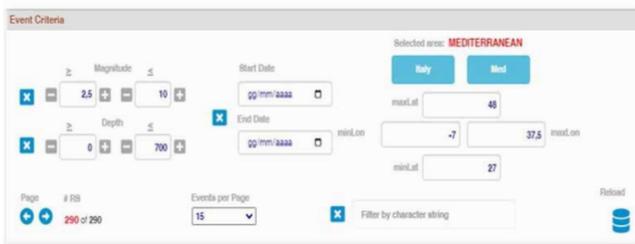


Figura 5 Pannello “Event criteria” per il filtraggio degli eventi.

Figure 5 “Event criteria” panel for filtering events.

## 2. La web application

L'applicazione che presentiamo si presta a molti sviluppi e gli autori considerano importante il feedback da parte di chi avrà modo di consultare le Record Sections. Al momento della pubblicazione del sito, esso conterrà tutti gli eventi sismici dell'area euro-mediterranea con localizzazione definitiva prodotta dal servizio di sorveglianza e con magnitudo locale ML maggiore o uguale a 2.8, registrati dal 1 gennaio 2022. Questa selezione produce un dataset di 223 eventi. Per quanto riguarda gli eventi precedenti al 2022, il sito contiene tutte le Record Sections degli eventi con magnitudo locale ML maggiore o uguale a 3.0 per i precedenti cinque anni, cioè dal 2017 al 2021, cioè 1486 eventi, e quelle di eventi con ML maggiore o uguale a 4.0 registrati dal 2008 al 2016, che in totale sono 705. In conclusione, il contenuto informativo presente nel sito è importante e rispetto alle sei Record Sections disponibili oggi sul sito di IRIS per l'Italia (<http://ds.iris.edu/spud/eventplot>) è sicuramente un buon contributo.

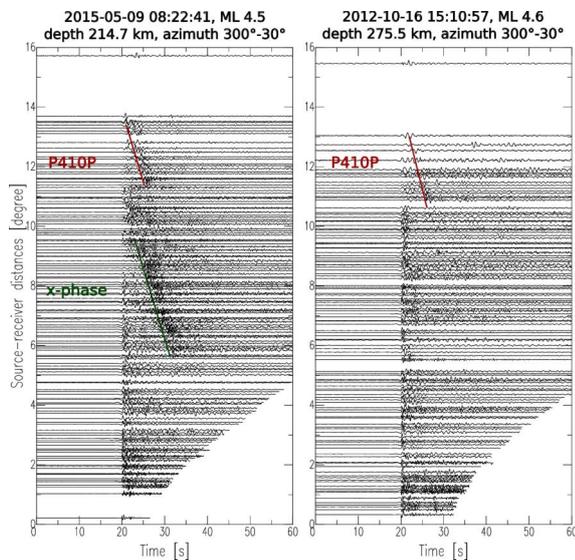
Le Record Sections, come detto nella sezione 1.1, vengono automaticamente attivate a partire dalla pubblicazione della localizzazione definitiva del Servizio di Sorveglianza. L'operazione di scarico delle forme d'onda da EIDA [European Integrated Data Archive, <http://www.orfeus-eu.org/data/eida/>] è l'attività che generalmente prende più tempo per la produzione delle Record Sections e può impiegare anche 30 minuti specie se il terremoto è di magnitudo alta e c'è una richiesta massiva delle forme d'onda da parte della comunità scientifica. Non appena le forme d'onda sono disponibili, la procedura per produrre le Record Sections è rapida e in pochi minuti le immagini sono pronte: la loro disponibilità sul sito web la si ottiene tra i 30 e i 40 minuti dopo la pubblicazione dell'evento.

### 3. Esempi

In questa sezione riportiamo due esempi rappresentativi delle potenzialità di ricerca, la quale può servire anche per una semplice rappresentazione e osservazione delle forme d'onda di un evento sismico. È anche un utile e immediato strumento per evidenziare eventuali malfunzionamenti delle stazioni.

#### 3.1 Riconoscimento di fasi riflesse, rifratte e convertite: un esempio dai terremoti intermedi e profondi del Tirreno Meridionale

Il primo esempio riguarda l'osservazione di una particolare fase che abbiamo riconosciuto in alcune RS dei terremoti profondi del Tirreno meridionale. Inizialmente, lavorando sui sismogrammi di un terremoto avvenuto nel 2011 e localizzato nel Mar Tirreno meridionale a circa 300 km di profondità, abbiamo osservato una fase sismica "tardiva" (*later phase*), cioè registrata qualche secondo dopo l'onda P diretta. L'onda compare a circa 600 km di distanza, nelle stazioni poste a nord dell'epicentro e scompare dopo circa 1100 km di distanza epicentrale (Figura 6). A una prima analisi, i tempi e le distanze d'arrivo di questa fase non sono previsti dai modelli globali di velocità. Abbiamo quindi analizzato tutte le RS di eventi profondi del Tirreno meridionale, oggetto di una tesi di dottorato [Ninivaggi, 2022], e caratterizzato da un punto di vista sismologico questa fase. L'interpretazione è che questa fase è una fase P con un percorso nello slab in una zona ad alta velocità dalle peculiari caratteristiche petrologiche [Ninivaggi, 2022].



**Figura 6** Esempio di due RS di eventi sismici del Tirreno Meridionale. A sinistra un terremoto posto al di sotto dell'arco delle Isole Eolie a 214 km di profondità che mostra chiaramente due "later phases". La prima è quella chiamata x-phase mentre la seconda fase è ben spiegata come la riflessa dalla discontinuità a 410 km. A destra un evento a profondità simile ma localizzato sotto l'arco calabro che non mostra evidenza della x-phase ma solo la 410.

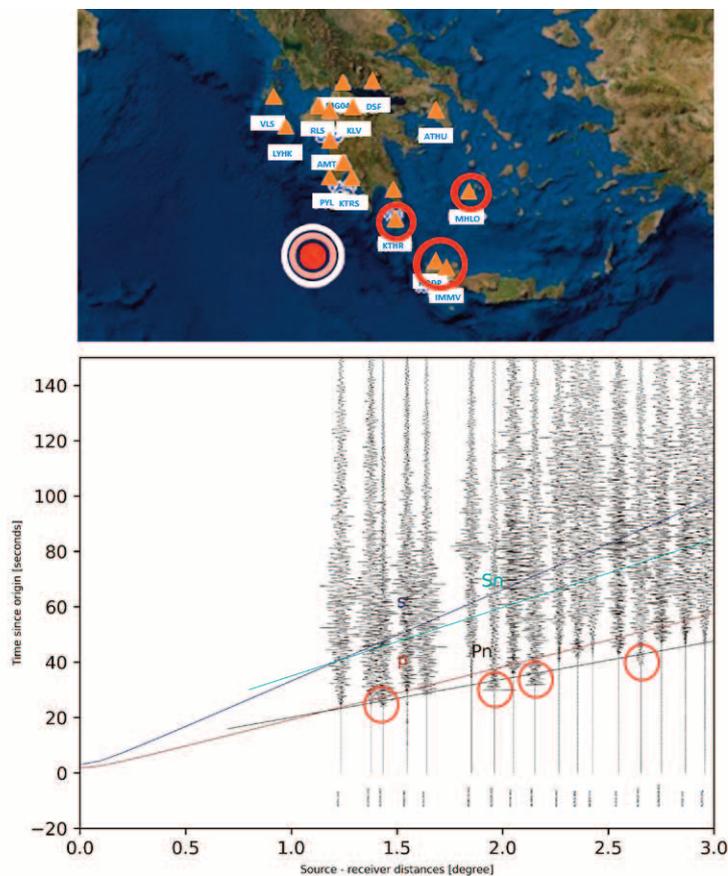
**Figure 6** Example of two RS of seismic events in the Southern Tyrrhenian Sea. On the left, an earthquake located below the Aeolian Islands at a depth of 214 km which clearly shows two "later phases". The first is the one called x-phase while the second phase is well explained as the reflected by the discontinuity at 410 km depth. On the right, an event at similar depth but located under the Calabrian arc that does not show any evidence of the x-phase but only the 410 km.

### 3.2 Contributi sulla propagazione: arrivi anticipati in Grecia

Un altro esempio, come osservazione da approfondire o spunto per nuove ricerche, è tratto dai terremoti che avvengono a largo delle coste ioniche della Grecia (Figura 7).

Quest'area, interessata dalla subduzione della crosta oceanica ionica al di sotto della crosta continentale del Peloponneso, è caratterizzata da un'intensa attività sismica. L'evento rappresentato in Figura 7, con epicentro in mare (cerchi concentrici in Figura), è avvenuto il 25 maggio del 2022 con magnitudo ML=3.9.

Quello che si osserva è che le stazioni poste a Creta, nell'Isola di Kythira e la stazione nelle Cicladi (cerchiate in rosso sia in mappa che nei sismogrammi) mostrano degli anticipi rispetto alle altre stazioni a nord, superiori a 5 secondi su percorsi di 200-250 km dall'epicentro cioè in circa 30 s di travel times P. Queste osservazioni sono facilitate dalla possibilità di consultazione dell'applicazione proposta in questo lavoro.



**Figura 7** Record Sections dell'evento del 25 maggio 2022 nel mar Ionio orientale. In alto è rappresentata la mappa epicentrale del terremoto e le stazioni selezionate per la RS, riportata in basso. Si noti come le stazioni sismiche poste a sud del Peloponneso o sulle Isole Cicladi (cerchiate in rosso sia in mappa che nella RS) mostrano arrivi delle onde P in anticipo di più di 5 secondi rispetto a quanto aspettato dal modello di velocità e rispetto alle stazioni localizzate nel Peloponneso.

**Figure 7** Record Sections of the event of May 25, 2022 in the eastern Ionian Sea. Above is the map of the earthquake epicentre and the stations selected for the RS (shown below). Note how the seismic stations, located south of the Peloponnese and in the Cyclades Islands (circled in red both on the map and in the Record Sections), exhibit P wave arrivals early of more than 5 seconds, if compared to what is expected from the velocity model and to the stations in the Peloponnese.

## 4. Conclusioni e sviluppi futuri

In questo lavoro abbiamo descritto il sito web realizzato per la consultazione rapida delle Record Sections relative a terremoti che avvengono sul territorio nazionale e più in generale nell'area del Mediterraneo. Il link al sito è <http://rs.ingv.it> ed è basato su una architettura informatica robusta e protetta come spiegato nel testo. L'obiettivo è quello di mettere a disposizione delle immagini a supporto della consultazione dei dati prodotti dalle reti sismiche europee. Con questo strumento si estende verso le medie e basse magnitudo l'informazione già disponibile nel sito IRIS e con una risoluzione spaziale che permette di fare osservazioni originali anche come spunto per nuove ricerche. Come detto nell'introduzione, il sito riporta al momento le semplici Record Sections ma è in corso di discussione l'analisi dei requisiti per introdurre ulteriori funzionalità seguendo l'esempio delle applicazioni presenti sul sito di IRIS [IRIS DMC, 2011].

## 5. Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto Ricerca Libera 2019 "A Converted Phase is Haunting Europe".

## Bibliografia

- Beyreuther M., Barsch R., Krischer L., Megies T., Behr Y., Wassermann J., (2010). *ObsPy: A Python Toolbox for Seismology*. *Seismological Research Letters*, 81(3), 530-533. <https://doi.org/10.1785/gssrl.81.3.530>
- Crotwell H.P., Owens T. J. , Ritsema J., (1999). *The TauP Toolkit: Flexible seismic traveltimes and ray-path utilities*. *Seismological Research Letters*, 70, 154-160.
- Goldstein P., Snoke A., (2005). "SAC Availability for the IRIS Community". *Incorporated Research Institutions for Seismology Newsletter*, 7, 1. <https://www.osti.gov/servlets/purl/875360>
- IRIS DMC, (2011). *Data Services Products: EventPlots Maps, record sections & other plots for M6.0+ events*. <https://doi.org/10.17611/DP/EP.1>
- Kennett B.L.N., Engdahl E.R., (1991). *Traveltimes for global earthquake location and phase identification*. *Geophysical Journal International*, 105, 429-465. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1991.tb06724.x>
- Ninivaggi T., (2022). *Velocity structure and geometry of the Southern Tyrrhenian subduction zone derived from the analysis of waveforms of deep earthquakes*. PhD thesis in Geosciences, University of Bari.
- Prescott H.R., (1951). *Seismic record sections*. *Geophysics*, 16 (4), 613-625. <https://doi.org/10.1190/1.1437710>



# QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://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

# RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://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

[http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html](http://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

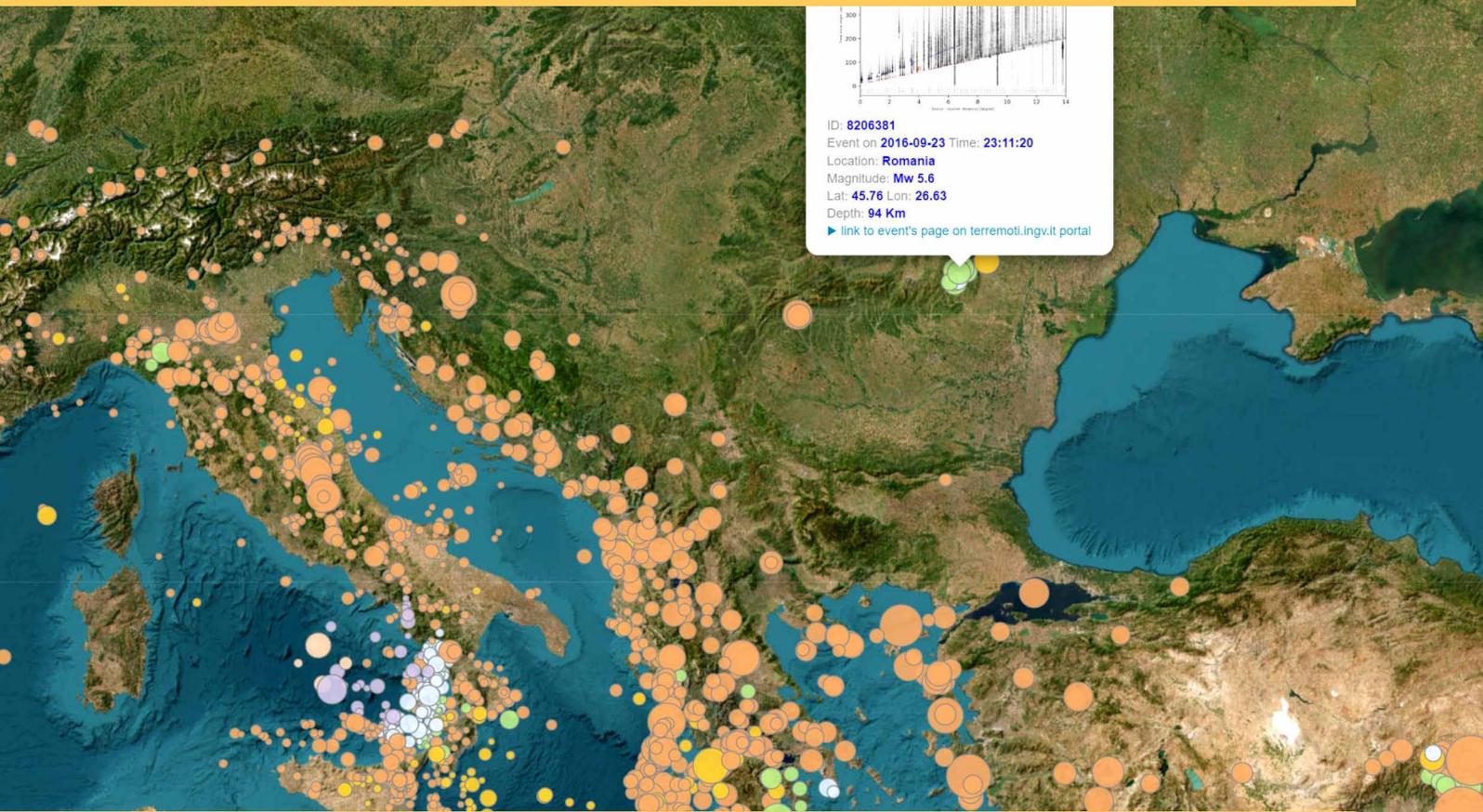
©2023

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

[www.ingv.it](http://www.ingv.it)



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Seismic waveform graph showing amplitude vs. time.

ID: **8206381**  
Event on **2016-09-23** Time: **23:11:20**  
Location: **Romania**  
Magnitude: **Mw 5.6**  
Lat: **45.76** Lon: **26.63**  
Depth: **94 Km**  
▶ [link to event's page on terremoti.ingv.it portal](#)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

