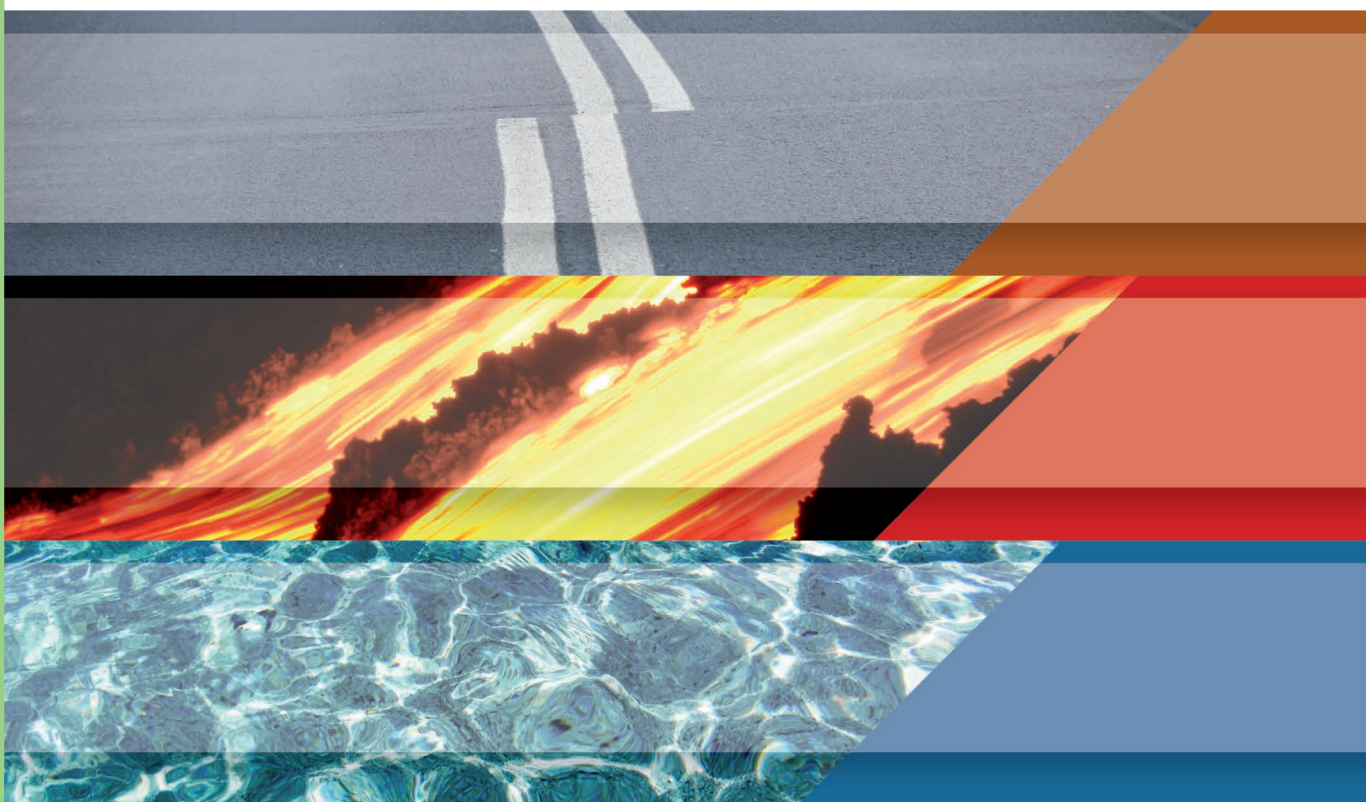




# Piano Triennale di Attività 2020 | 2022

Volume 2. Schede di dettaglio



#### REDAZIONE TESTI

Direttori di Dipartimento

Centro Servizi per il Coordinamento delle Attività a supporto della Ricerca

Referenti Linee di Attività Dipartimento Ambiente, Terremoti, Vulcani

Tavoli Tecnici Linea di attività Infrastrutture e Sviluppo Tecnologico

Referenti Settore Comunicazione e Ufficio Stampa

Responsabile del Centro Servizi Progetti di Ricerca e Sviluppo

Responsabili progetti EPOS ed EMSO

#### AGGIORNAMENTO DATI

Presidenza

Direzione Generale

Direttori di Dipartimento

Centro Servizi per il Coordinamento delle Attività a supporto della Ricerca

Direttori di Sezione

Direzione Centrale Affari del Personale

Direzione Centrale Affari Generali e Bilancio

Biblioteca

#### COMPOSIZIONE VOLUME E REVISIONE TESTI

Centro Servizi per il Coordinamento delle Attività a supporto della Ricerca

Ufficio valorizzazione e valutazione della Ricerca

Redazione del Centro Editoriale Nazionale (CEN)

Si ringrazia tutto il personale INGV che ha redatto le Schede di dettaglio e contribuito tramite il portale dei Dipartimenti; tutti i colleghi che hanno fornito le immagini e le fotografie.

#### PROGETTO GRAFICO - PROGETTO EDITORIALE - IMPAGINAZIONE

Francesca Di Stefano, Rossella Celi e Barbara Angioni

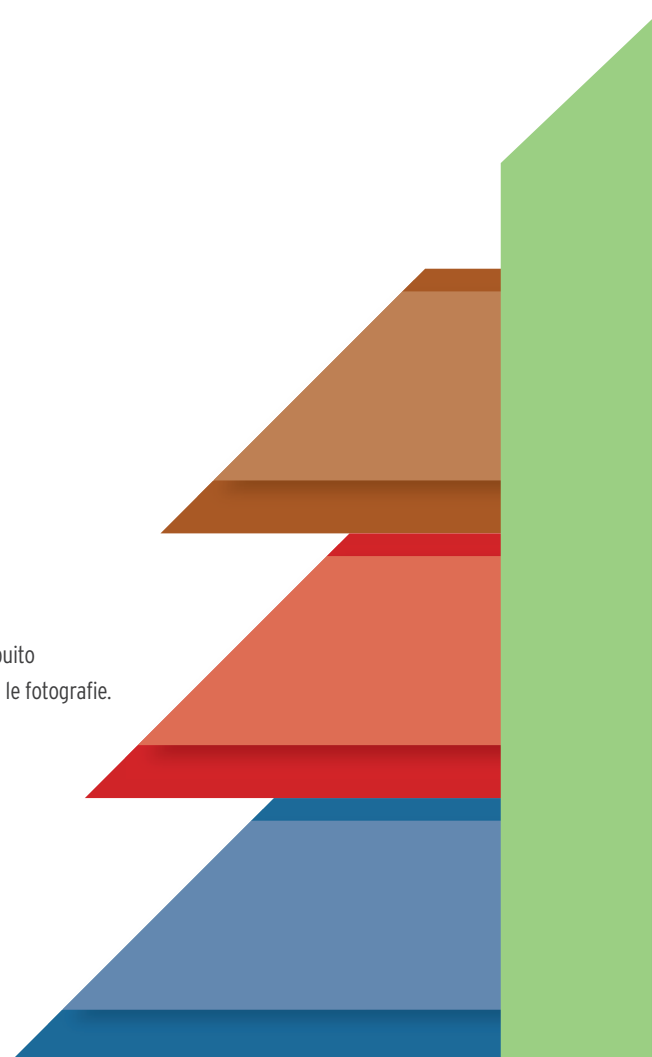
Centro Editoriale Nazionale (CEN)

© 2020 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

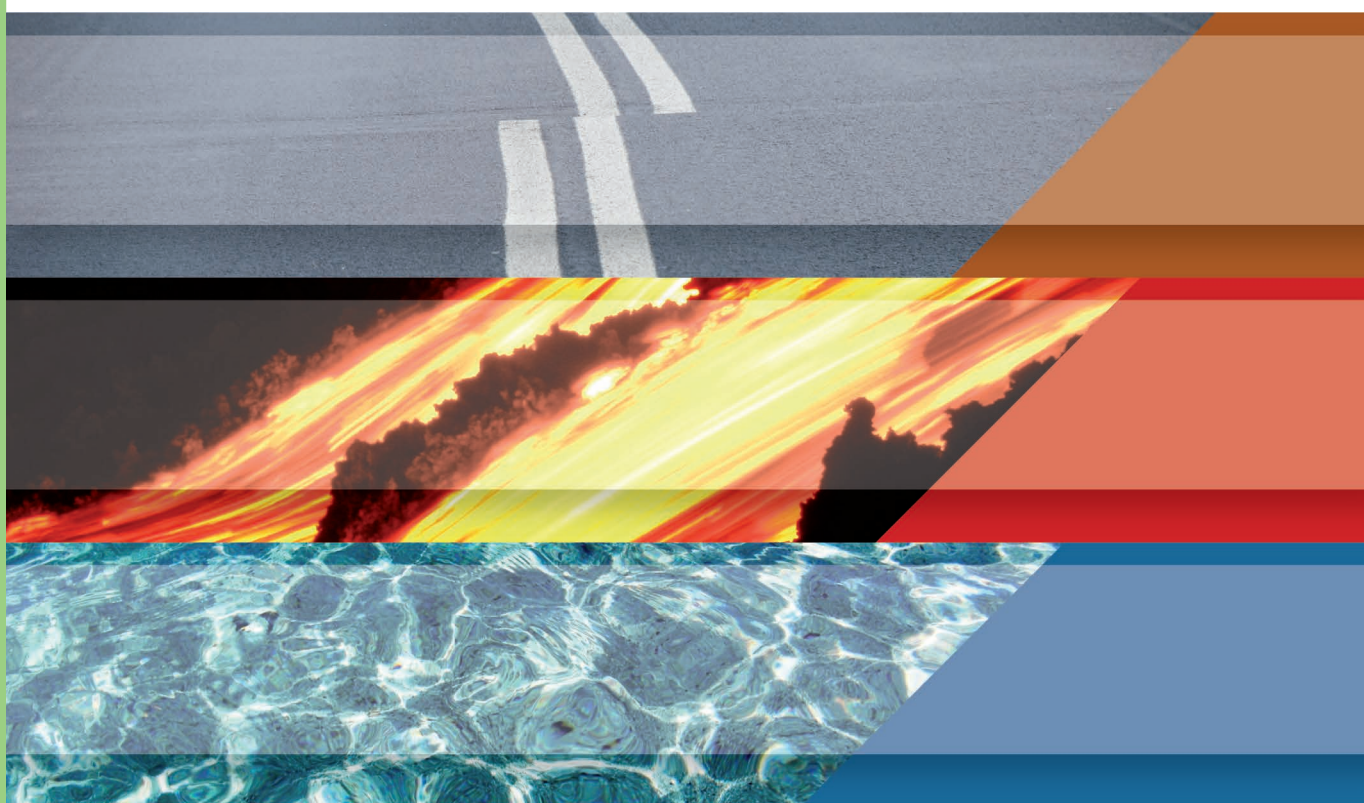
Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma

Tel. 06/518601 Fax 06/5041181

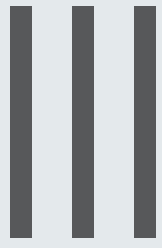
[www.ingv.it](http://www.ingv.it)



<b>Parte III Schede di dettaglio</b>	<b>5</b>
1. Linea di Attività "Ricerca - Ambiente"	7
2. Linea di Attività "Ricerca - Terremoti"	29
3. Linea di Attività "Ricerca - Vulcani"	57
4. Tematiche trasversali ai tre Dipartimenti	79
5. Linea di Attività "Ricerca e Servizi - Ambiente"	85
6. Linea di Attività "Ricerca e Servizi - Terremoti"	93
7. Linea di Attività "Ricerca e Servizi - Vulcani"	103
8. Infrastrutture e sviluppo tecnologico	113
9. Convenzioni attive, Progetti attivi, Alta Formazione, Dottorati	195
10. Pubblicazioni	229







# PARTE III

## Schede di dettaglio



1.

# Linea di Attività "Ricerca - Ambiente"





## Attività di Ricerca

Dipartimento

Ambiente

Area di Intervento:

Linea di Attività "Ricerca - Ambiente"

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2022

a.

### Finalità e Obiettivi

La Struttura di Ricerca "Ambiente" si caratterizza per il suo carattere multidisciplinare, che comprende aree tematiche di ricerca che spaziano attraverso discipline molto diverse tra loro e che includono una notevole varietà di processi naturali che caratterizzano il sistema Terra. Le ricerche condotte nell'ambito di questa linea di attività si prefiggono di sviluppare le conoscenze di elementi critici del sistema Terra nel suo insieme e delle loro interazioni reciproche.

Queste ricerche comprendono settori disciplinari anche molto diversi tra loro, che per comodità sono stati suddivisi in **aree tematiche**, che sono sinteticamente elencate nel seguito:

- **Geomagnetismo:** lo studio del campo magnetico terrestre, della sua dinamica e delle sue variazioni a diverse scale spazio-temporali. L'analisi delle variazioni sia di origine interna alla terra sia di origine esterna e lo sviluppo di modelli e caratterizzazione della dinamica magnetosferica in risposta all'attività solare.
- **Paleomagnetismo:** studio del magnetismo rimanente delle rocce, con applicazioni geomagnetiche, geodinamiche, vulcaniche, stratigrafiche e ambientali.
- **Fisica dell'alta atmosfera:** lo studio della parte ionizzata dell'atmosfera e dell'interazione con le onde elettromagnetiche. Modellistica e climatologia della ionosfera, radio propagazione e meteorologia spaziale.
- **Geofisica marina e osservazioni multiparametriche a fondo mare:** studio dei fenomeni e dei processi geofisici e geo-ambientali complessi che hanno luogo in ambiente marino, dalla Litosfera all'Oceano e all'Atmosfera attraverso l'uso di innovative infrastrutture di osservazioni multidisciplinari operanti sul fondali marini.
- **Oceanografia e clima:** studio delle proprietà fisiche delle acque (temperatura, salinità correnti) dell'area mediterranea e dei mari circum-europei e delle loro variabilità spazio-temporali; studio degli elementi che determinano il clima attuale ed i cambiamenti climatici, comprese le variazioni del livello del mare.
- **Ricerche polari:** studio della dinamica dei fenomeni naturali nelle regione polari – attraverso studi ed osservazioni multidisciplinari – quali aree di importanza critica per la determinazione di molti elementi fondamentali del pianeta Terra (clima, campo magnetico, fisica dell'alta atmosfera).
- **Paleoclima:** studio del sistema climatico terrestre nel tempo geologico. Le ricerche paleoclimatiche sono finalizzate alla ricostruzione dei cambiamenti climatici nel passato attraverso l'analisi integrata di proxy data in sequenze stratigrafiche.
- **Geochemica per l'ambiente e geologia medica:** studi di geochemica dei fluidi per la caratterizzazione della circolazione delle acque sotterranee, delle emissioni di fluidi naturali in ambienti terrestri e marini, delle aree a rischio di contaminazione, e l'implementazione di tecnologie innovative per il monitoraggio delle alterazioni dovute alle attività antropiche. Implementazione di tecnologie innovative finalizzate alla progettazione ed installazione di reti di monitoraggio geochemico ambientale per la tutela dell'ambiente e della salute umana.
- **Geofisica ambientale:** studi e prospezioni geofisiche per la caratterizzazione del territorio e del sottosuolo e per il monitoraggio di fenomeni naturali di potenziale impatto sull'ambiente, finalizzati alla mitigazione dei rischi naturali, ambientali e di origine antropica.

Distribuzione dei mesi-persona 2020 dichiarati nelle diverse aree tematiche della Linea di Attività (LdA) "Ambiente – Ricerca".

Aree Tematiche Dipartimento Ambiente, LdA "Ricerca - Ambiente"	Mesi/persona (m/p)	m/p in %
Geomagnetismo e Paleomagnetismo	168	18.0
Fisica dell'alta atmosfera	110	11.8
Geofisica marina e osservazioni multiparametriche a fondo mare	157	16.8
Oceanografia e Clima	88	9.4
Paleoclima e ricerche polari	87	9.3
Geochimica per l'ambiente e geologia medica	135	14.5
Geofisica per il monitoraggio ambientale	187	20.1
<b>Totale</b>	<b>932</b>	<b>100.0</b>

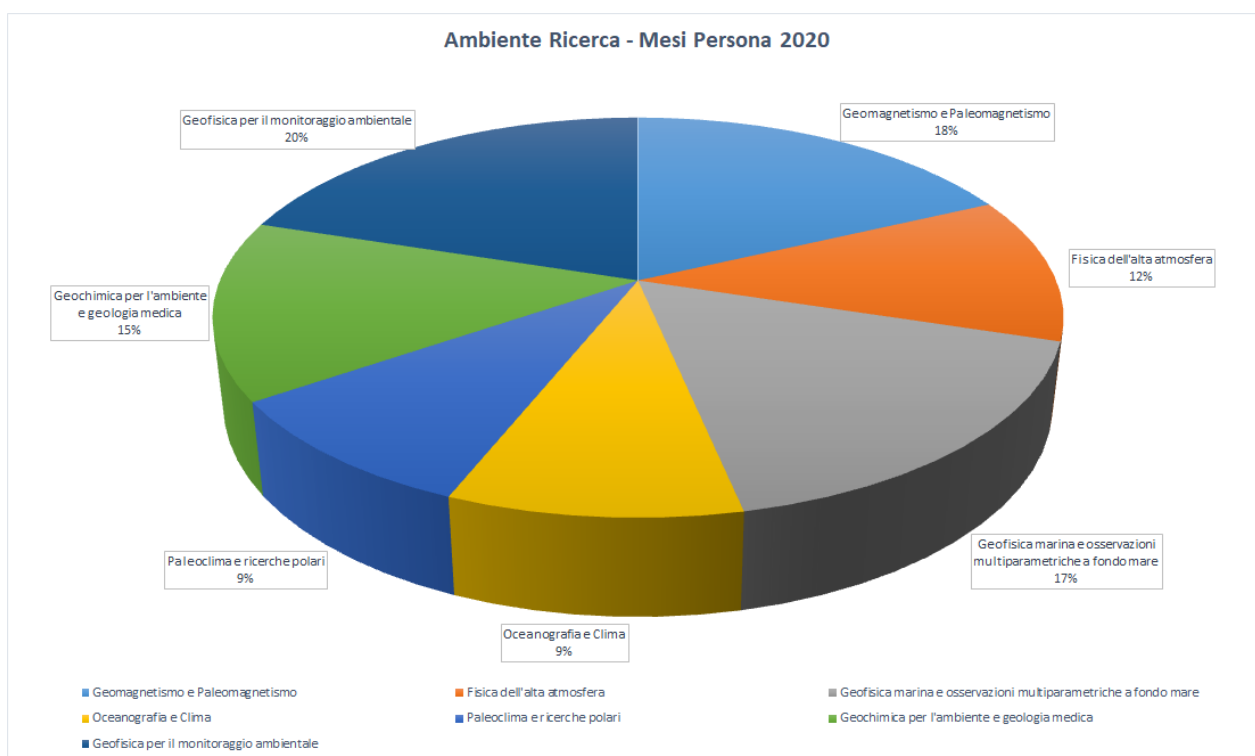


Figura 1 - Distribuzione percentuale dei mesi persona dichiarati nella LdA "Ricerca Ambiente" e nei progetti di ricerca correlati nel 2020.

Nell'insieme si registra un costante aumento dei mesi persona complessivi dichiarati nella LdA "Ricerca Ambiente" che nell'ultimo triennio è passato da 692 nel 2018 a 832 nel 2019 a 932 nel 2020.

L'insieme delle ricerche condotte nel Dipartimento Ambiente ha grandi potenzialità di impatto sulle possibilità di sviluppo delle conoscenze di elementi fondamentali del sistema Terra, con ripercussioni importanti sia a livello scientifico sia per la società civile e considerevoli potenzialità di attrarre grande interesse da parte degli stakeholders. Considerando da un lato la varietà e la rilevanza di queste tematiche anche in funzione del potenziale impatto sulla società dei fenomeni studiati - oltre che sullo sviluppo delle conoscenze scientifiche sul funzionamento del nostro pianeta - e d'altro lato il limitato impegno di risorse umane attualmente dedicate alle attività di ricerca in queste discipline, le aree tematiche della Strutture di ricerca "Ambiente" dell'INGV hanno certamente grandi margini di sviluppo. Gli obiettivi strategici della ricerca scientifica perseguono lo studio di tematiche di grande respiro che si inseriscono tra i principali agenti scientifici che riguardano la comprensione del sistema Terra. Analogamente a quanto programmato per lo scorso anno le attività strategiche di ricerca scientifica e tecnologica in corso e previste per il 2020 si concentreranno su:

- **Clima e Cambiamenti climatici:** Lo sviluppo delle conoscenze sulle cause ed i meccanismi dei fenomeni che caratterizzano la variabilità climatica del pianeta Terra e sulla valutazione dei potenziali effetti su litosfera, idrosfera, criosfera ed atmosfera.
- **Fenomeni di Space Weather:** Lo sviluppo delle conoscenze sui meccanismi e sugli effetti dei fenomeni che caratterizzano la risposta del pianeta Terra agli impulsi perturbativi di origine solare e che si sviluppano nello spazio circumterrestre.
- **Stima quantitativa della pericolosità e del rischio associato ad altri fenomeni ambientali:** Sviluppo di ricerche e di metodologie per la comprensione e la stima quantitativa dei rischi collegati a fenomeni ambientali in terra ed in mare, anche in connessione con attività sismica e/o vulcanica.
- **Innovazione nelle metodologie geofisiche-geochimiche per l'ambiente:** Sviluppo di ricerche scientifiche e tecnologiche finalizzate all'implementazione di metodologie geofisiche e geochimiche innovative ed originali per la caratterizzazione delle diverse componenti dell'ambiente del Sistema Terra e delle interazioni reciproche.

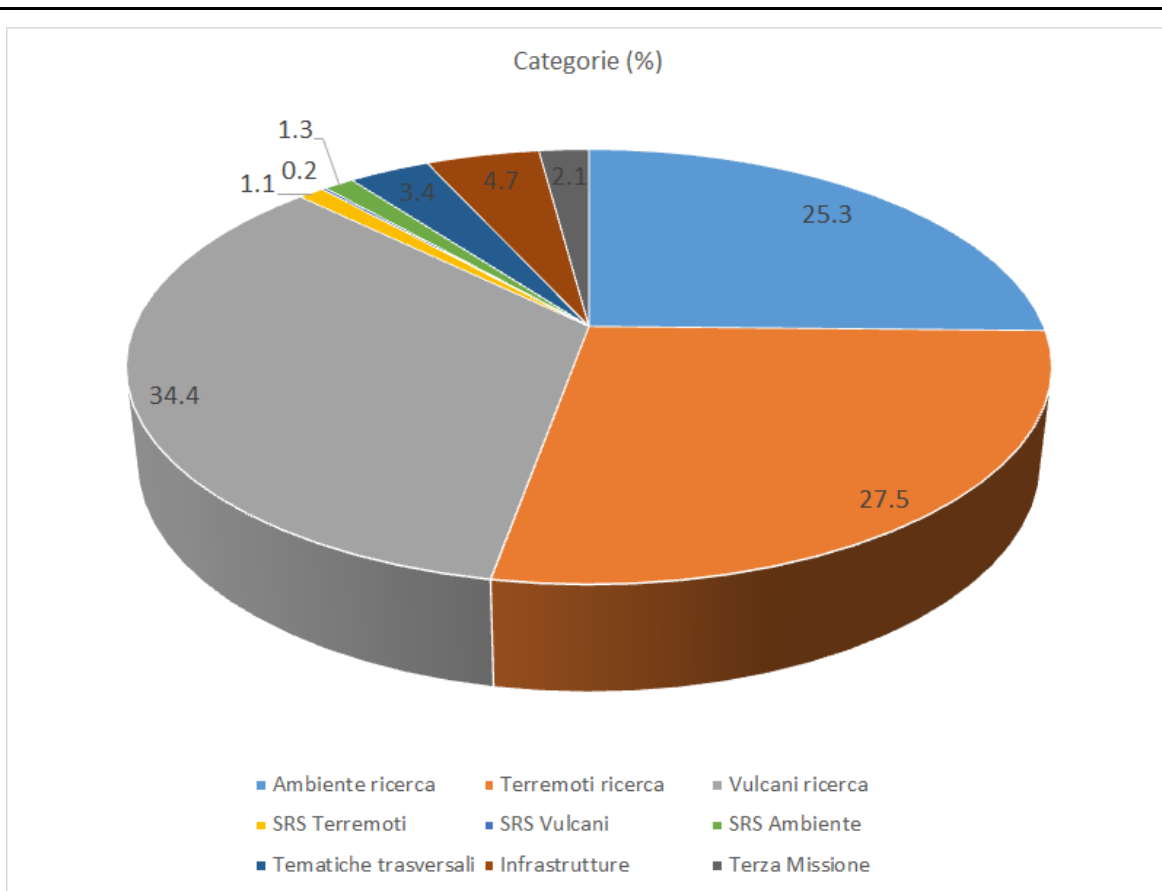
Il perseguimento di questi obiettivi strategici dipende in maniera critica dall'efficienza e dalla qualità delle infrastrutture di ricerca che consentono l'osservazione, la misura e l'analisi dei diversi parametri geofisici e geochimici che caratterizzano l'ambiente terrestre nel suo insieme.

Nel corso del 2020 partiranno inoltre ricerche sull'Obiettivo Strategico Prioritario, denominato "Clima e Cambiamenti Climatici" identificato già nel PTA 2018-2020, che si svilupperanno nell'ambito di un progetto di ricerca istituzionale pluriennale con il coinvolgimento anche della comunità scientifica nazionale ed internazionale.

#### **Pubblicazioni JCR 2019 LdA "Ricerca-Ambiente"**

Gli obiettivi tradizionali delle attività di ricerca sono quelli di realizzare pubblicazioni scientifiche, pertanto i prodotti per eccellenza delle attività di ricerca sono le pubblicazioni su riviste censite nel *Journal Citation Report* (JCR).

Nel 2019 la Linea "Ricerca Ambiente" ha prodotto 142 pubblicazioni riferibili all'attività di ricerca del Dipartimento Ambiente, che rappresentano circa il 25% della produzione scientifica dell'intero Ente, a fronte di un impegno in mesi-persona 2019 dichiarato per LdA "Ricerca - Ambiente" di 832, pari al 8,4% del totale dell'Istituto. Si tratta, ad ogni modo, di stime indicative, dato che varie pubblicazioni sono trasversali ai Dipartimenti e alle Infrastrutture di ricerca. In generale, se si considerano i mesi-persona impiegati dai Ricercatori e Tecnologi INGV nella LdA "Ricerca - Ambiente" relativamente al 2019, la produttività media annuale per un ricercatore FTE (Full Time Equivalent) del Dipartimento Ambiente è di circa 2 pubblicazioni JCR/FTE.



*Figura 2 - Distribuzione percentuale delle pubblicazioni scientifiche JCR prodotte dai Dipartimenti Ambiente, Terremoti e Vulcani, dalle tematiche trasversali ai 3 Dipartimenti, dalle Infrastrutture di ricerca e dalle attività di Terza Missione dell'INGV nel 2019.*

Analizzando nel dettaglio la produzione scientifica 2019 in riferimento alle aree tematiche di pertinenza della LdA Ricerca Ambiente, sotto descritte, si ottiene la distribuzione illustrata nel grafico di Figura 3, che rispecchia grosso modo la distribuzione dei mesi persona dichiarati per le attività legate a queste tematiche di ricerca. Si nota che alcune tematiche (es. geofisica marina, geofisica per il monitoraggio ambientale), che si contraddistinguono per attività prevalentemente volte allo sviluppo di infrastrutture di ricerca e/o di servizi, risultano sbilanciate verso quest'ultimo tipo di prodotti.

## Ambiente Ricerca

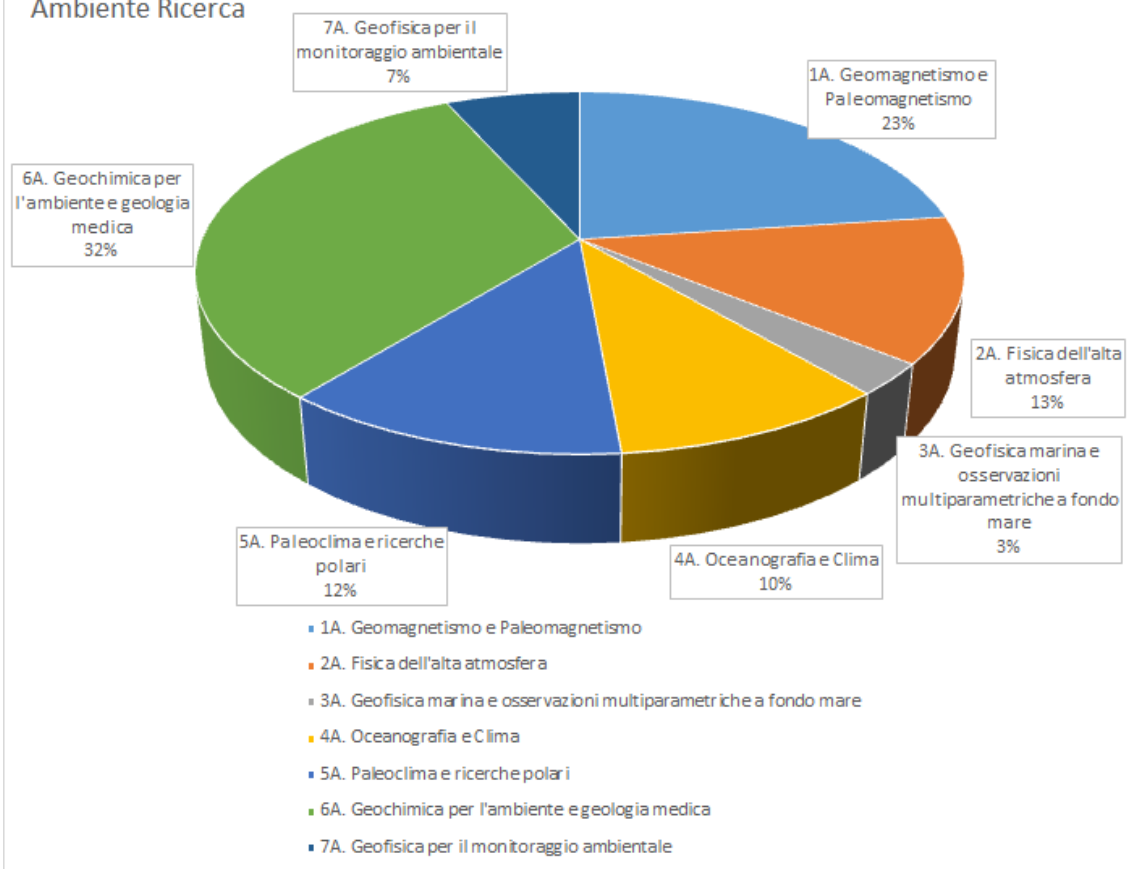


Figura 3 - Distribuzione percentuale delle pubblicazioni scientifiche JCR prodotte dal Dipartimento Ambiente nel 2019, suddivise per aree tematiche.

### b. Contenuto Tecnico Scientifico

In questo paragrafo vengono presentate in maniera sintetica le attività di ricerca programmate ed in corso per ciascuna delle aree tematiche del Dipartimento Ambiente. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente.

#### Geomagnetismo e Paleomagnetismo

Tematica: Studio delle variazioni del campo magnetico terrestre a diverse scale spazio-temporali. Le ricerche di geomagnetismo includono l'analisi delle variazioni sia di origine interna alla terra sia di origine esterna e lo sviluppo di modelli e caratterizzazione della dinamica magnetosferica in risposta all'attività solare (Space Weather). Le ricerche di paleomagnetismo riguardano il magnetismo rimanente delle rocce e forniscono informazioni originali per la caratterizzazione delle variazioni del campo di origine interna su scala di tempo geologica cui si accompagnano una varietà di applicazioni geodinamiche, vulcaniche, stratigrafiche e ambientali.

#### Variabilità inaspettata del campo magnetico terrestre: Jerk, escursioni ed inversioni, Anomalia del Sud Atlantico

La Terra è un pianeta magnetico il cui magnetismo alcune volte mostra, sul lungo termine, una variabilità inaspettata. Alla tipica variazione secolare con trend quasi lineare, con fasi alterne in aumento o in diminuzione, si sovrappone una brusca variabilità della prima derivata temporale, il cosiddetto jerk. La sorgente sembra risiedere nel nucleo fluido esterno della Terra ma non se ne conosce perfettamente la causa fisica, anche se sono state date diverse spiegazioni plausibili. A queste variazioni inaspettate rapide, si aggiungono le escursioni e le inversioni di polarità, che avvengono in modo apparentemente casuale e inaspettato. In particolare, il campo magnetico attuale presenta un decadimento

veloce che se continuato nel tempo potrebbe portare ad un cambiamento di polarità magnetica, nella forma di un'escursione o di una inversione. A questa forte diminuzione contribuisce l'anomalia magnetica del Sud Atlantico (South Atlantic Anomaly, SAA), la regione in cui il campo magnetico terrestre mostra i suoi valori più bassi, la cui estensione sta aumentando in modo eccezionale. Nel prossimo triennio si prevede di studiare con attenzione questa regione e vedere se può essere messa in relazione al verificarsi di jerk passati e futuri, o ad una possibile inversione o escursione imminente. Infine si studierà meglio quanto la SAA possa anche essere correlata agli attuali cambiamenti climatici, come sembra apparire in lavori recenti [ad es. Campuzano et al., 2018].

#### **Studio della turbolenza ionosferica con i dati da satelliti e da terra**

Studio delle proprietà di turbolenza del mezzo ionosferico, ad alte e basse latitudini, attraverso appropriati indici di scala derivanti dalle funzioni di struttura degli incrementi del campo geomagnetico e della densità del plasma. Inoltre durante periodi geomagneticamente disturbati sarà analizzata l'evoluzione dinamica delle proprietà dei parametri di plasma e dei campi elettrici e magnetici ottenuti da misure combinate di reti di magnetometri a terra, radar coerenti e incoerenti, e da satellite. Tali studi consentiranno di investigare la possibile relazione tra i processi di turbolenza ed il diverso livello di disturbo nella radio-propagazione nella ionosfera.

Personale coinvolto: Igino Coco, Paola De Michelis, Fabio Giannattasio, Michael Pezzopane, Lucia Santarelli e Roberta Tozzi.

#### **Studi paleomagnetici di sequenze sedimentarie marine**

Studio di sequenze sedimentarie perforate nel mare di Ross occidentale, variazioni delle direzioni magnetiche del campo magnetico terrestre (cmt), paleointensità relativa del cmt, confronto con recenti modelli geomagnetici sulle variazioni del campo.

#### **Space Weather: Ricerca di un proxy latitudinale per le correnti geomagneticamente indotte**

A partire dalle ricerche concluse nel corso dello scorso anno si vuole portare avanti uno studio finalizzato alla quantificazione del contributo dei diversi sistemi di corrente (magnetosferici e ionosferici) all'instaurarsi delle correnti geomagneticamente indotte (GIC) a diverse fasce latitudinali. Con questo studio si vuole verificare se, tra gli indici geomagnetici attualmente a disposizione, sia possibile associarne uno a ciascuna fascia latitudinale in grado di essere utilizzato come proxy per l'intensità delle GIC.

Il personale che partecipa alle attività proposte è composto da Igino Coco, Paola De Michelis, Fabio Giannattasio e Roberta Tozzi.

#### **Biostratigrafia ad alta risoluzione per studi integrati di bio-magnetostratigrafia**

In questo ambito, sono previste analisi biostratigrafiche a nannoplancton calcareo nell'ambito di studi di bio-magnetostratigrafia integrata ad alta risoluzione per la datazione astronomica e la calibrazione di reversal magnetici e di bioeventi a plancton calcareo di sedimenti marini del Miocene inferiore dell'area mediterranea. In particolare saranno studiati sedimenti marini di età Burdigaliana, affioranti presso il Monte Conero (Ancona, Italia), e che coprono la parte più antica del Miocene Climatic Optimum. Sono previste pubblicazioni su riviste peer reviewed e partecipazioni a congressi internazionali.

#### **Paleomagnetismo e formazione delle catene montuose**

Nel 2020 si prevede di continuare l'attività storica del laboratorio di paleomagnetismo dedicata alle applicazioni nel campo della tettonica. In particolare negli ultimi anni ci si è dedicati soprattutto allo studio del pattern di rotazioni di blocchi dovuti all'attività di faglie trascorrenti. Questo obiettivo sarà perseguito attraverso lo studio di faglie trascorrenti localizzate in altri continenti (Sud America, Cina), in collaborazione con le Università di Roma Tre, Peking University (Pechino, Cina), e Guayaquil (Ecuador). Con queste ultime università è stata avviata una proficua relazione scientifica che certamente proseguirà nel prossimo triennio. Saranno confrontati i pattern deformativi e di rotazione dei blocchi di catene piccole tipo Appennino, di catene di tipo andino, fino alla massima espressione della convergenza tettonica osservata sulla Terra, il sistema Himalaya-Tibet. L'obiettivo è la ricostruzione della cinematica crostale e quindi delle forze che permettono la surrezione delle catene montuose.

#### **Paleomagnetismo e Vulcani**

Negli ultimi anni il laboratorio di paleomagnetismo si è dedicato con successo alla datazione di rocce vulcaniche

oloceniche, affioranti sia nei vulcani attivi italiani, che nelle Isole Azzorre, ed in Islanda. Nel triennio 2020-2023 questa linea di ricerca continuerà, tramite collaborazioni con l'INGV di Pisa e Catania, l'università di Pisa e quella di Roma Tre. Il paleomagnetismo permette di conseguire una notevole risoluzione di datazione, e la ricostruzione accurata della storia eruttiva di un vulcano attivo può avere importanti implicazioni per la definizione dell'hazard. Inoltre il paleomagnetismo è il principale strumento che consente di determinare la temperatura di messa in posto dei flussi piroclastici del passato geologico, una delle principali cause di mortalità da eruzione vulcanica. Nel corso del 2020, i vulcani attivi su cui sarà concentrata l'attenzione saranno Vulcano, Lipari, Etna, El Hierro (Isole Canarie), Volcan Fuego (Guatemala).

#### **Il campo magnetico terrestre e la sua dinamica**

Si proseguirà nello studio del campo magnetico terrestre e della sua dinamica in relazione ai parametri del vento solare:

- caratterizzazione dei dati geomagnetici presso l'osservatorio a Lampedusa;
- studio dei vettori di induzione geomagnetici a Lampedusa e presso altri osservatori costieri;
- studio della posizione dei poli magnetici, della configurazione dell'equatore magnetico e della loro dinamica in risposta all'interazione Sole-Terra, mediante dati da satellite e a terra;
- studio delle oscillazioni di bassa frequenza del campo geomagnetico e dei modi di oscillazione globale della magnetosfera;
- prospezione magnetotellurica mediante l'analisi di misure ad alta frequenza delle variazioni del campo magnetico terrestre nel centro Italia.

Personale coinvolto: Paolo Bagiacchi, Domenico Di Mauro, Stefania Lepidi, Mauro Regi.

#### **Paleomagnetismo**

Le ricerche di paleomagnetismo riguardano lo studio della magnetizzazione caratteristica rimanente delle rocce e forniscono informazioni sulle variazioni del campo geomagnetico del passato alla scala del tempo geologico. A questo si accompagnano una varietà di applicazioni geodinamiche e stratigrafiche ma anche ambientali e vulcaniche. I dati sono raccolti tramite campionamenti sul terreno, analisi di carote sedimentarie e misure specifiche di laboratorio. Per il 2020 si intendono sviluppare le seguenti attività: a) studio di carote marine, lacustri e paleolacustri per indagini paleoclimatiche e magnetostratigrafiche; b) analisi integrata di dati paleomagnetici, tettonici, geofisici per ricostruire l'evoluzione delle catene montuose e l'assetto crostale; c) ricostruzione delle variazioni del campo magnetico terrestre durante l'Olocene e durante i periodi di instabilità (escursioni, inversioni di polarità); d) studi integrati di biostratigrafia e magnetostratigrafia per datare eventi paleoambientali e climatici, e) datazione paleomagnetica di lave ed ignimbriti prodotte da vulcani attivi.

#### **Magnetismo delle polveri da inquinamento atmosferico**

Nel 2020 si continueranno gli studi di monitoraggio magnetico sull'inquinamento atmosferico e ambientale, operando su filtri standard da centralina o bioaccumulatori, quali foglie e licheni.

Le attività in corso di sviluppo sono condotte in collaborazione con ARPA Lazio, Università di Siena, Università La Sapienza di Roma e Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences.

I prodotti previsti sono: pubblicazioni, collaborazioni scientifiche con Istituzioni, servizi per la società.

Collabora: Patrizia Macri

#### **Fisica dell'alta atmosfera**

Tematica: Studio della parte ionizzata dell'atmosfera e dell'interazione con le onde elettromagnetiche. Le ricerche in quest'area tematica sono focalizzate alla modellistica e alla climatologia della ionosfera, alla radio propagazione ed alla meteorologia spaziale (Space Weather).

#### **Interpretazione automatica di ionogrammi: sviluppi**

Il profilo di densità elettronica fornito da Autoscala viene migliorato principalmente attraverso l'analisi comparata degli ionogrammi e della traccia ricostruita dal software.

Nuove caratteristiche vengono implementate quali il riconoscimento automatico dello spread F.

Partecipanti: C. Scotto, D. Sabbagh.

### **Studi per lo Space Weather con dati da ionosonda e da satellite**

Nell'ambito del consorzio PECASUS è stato attivato il servizio di invio al consorzio stesso delle mappe di previsione e in tempo reale della MUF(3000) sull'Europa. Si vuole estendere la regione di previsione.

Prodotti aspettati: Modello online, pubblicazioni, presentazione a convegni.

Partecipanti: L. Perrone, D. Sabbagh, P. Bagiacchi, A. Mikhailov, C. Scotto.

### **Cambiamenti climatici con dati da osservatori a terra e da satellite**

Studio a lungo termine dei parametri termosferici e ionosferici e loro relazione con i cambiamenti climatici.

Partecipanti: L. Alfonsi, C. Cesaroni, G. De Franceschi, A. Mikhailov, L. Perrone, D. Sabbagh, C. Scotto, L. Spogli.

Prodotti aspettati: pubblicazioni, presentazione a convegni.

### **Analisi sismo-ionosferiche utilizzando dati da osservatori a terra e da satellite**

Studio delle anomalie ionosferiche che potrebbero essere legate a terremoti con un'attenzione particolare all'area mediterranea e alla Cina utilizzando dati da ionosonda, GNSS e dati da satellite(CSES e Swarm).

Prodotti aspettati: pubblicazioni, presentazioni a convegni.

Partecipanti: D. Sabbagh, S. Campuzano, C. Cesaroni, G. Cianchini, A. De Santis, D. Marchetti, L. Perrone, A. Piscini, L. Spogli.

### **Studio dei parametri termosferici**

Studio dei disturbi ionosferici e termosferici in periodi di bassa ed alta attività geomagnetica, nell'ambito dell'accordo di cooperazione tra INGV ed IZMIRAN.

prodotti aspettati: pubblicazioni, presentazione a convegni.

Partecipanti: L. Perrone, A. Mikhailov.

### **Studio delle irregolarità ionosferiche da missioni satellitari e strumentazione a terra**

Studio della dinamica e morfologia delle irregolarità ionosferiche nelle regioni di alta, media e bassa latitudine in relazione all'accoppiamento vento solare-magnetosfera-ionosfera. Caratterizzazione multi-strumentale dello spazio circumterrestre attraverso l'uso integrato dei dati forniti da ricevitori GNSS ground based, per il calcolo del TEC e degli indici di scintillazione, dati da ionosonde, EISCAT e SuperDARN, dati in situ di densità e temperatura elettronica, campo magnetico ed elettrico, densità di corrente acquisiti da missioni satellitari a diverse orbite. Tali studi permettono di caratterizzare la natura multiscala dei fenomeni fisici che generano le irregolarità ionosferiche e quindi realizzare modelli e algoritmi utili anche alla previsione degli effetti di Space Weather sulla radiopropagazione ionosferica dei segnali satellitari e terrestri.

Partecipanti: Lucilla Alfonsi, Claudio Cesaroni, Giorgiana De Franceschi, Luca Spogli.

### **Studio di Medium Scale Travelling Ionospheric Disturbances a media latitudine**

L'attività di ricerca prevede lo studio della simmetria/asimmetria interemisferica nella propagazione di Medium Scale Travelling Ionospheric Disturbances (MSTID) a media latitudine tramite l'analisi di dati ottici e radio (L-band e HF) su zone magneticamente coniugate del settore longitudinale Europa/Africa. Lo scopo è quello di comprendere i processi fisici che generano le MSTID e ne guidano la dinamica. L'attività è svolta in collaborazione con il Center for Space Physics - Boston University.

Partecipanti: Alfonsi, Cesaroni, Pezzopane.

### **Space Weather forecasting da dati GNSS**

Questa attività prevede il miglioramento di modelli ed algoritmi per il nowcasting ed il forecasting a breve (da minuti a decine di minuti) e lungo (1/2 giorni) dei parametri ionosferici su scala locale, regionale e globale per contribuire agli studi di space weather. Particolare attenzione verrà data al miglioramento della tecnica di forecasting globale del TEC a lungo termine (Cesaroni et al., 2020) Lo studio è indirizzato a tradurre la conoscenza della fisica ionosferica in applicazioni per mitigare gli effetti ionosferici sui sistemi di posizionamento, navigazione e comunicazione satellitare.

Partecipano alla attività: Cesaroni, Spogli.

### **Studio del regime diffrattivo e rifrattivo della scintillazione ionosferica ad alta latitudine**

L'attività prevede la caratterizzazione sulla fase e l'ampiezza dei dati GNSS campionati a 50 Hz dell'effetto rifrattivo e diffrattivo dovuto alla presenza di irregolarità ionosferiche. Il disaccoppiamento tra i due effetti è un argomento aperto nella comunità scientifica ed è di grande interesse sia per la comprensione dei meccanismi di formazione delle



irregolarità, sia per la caratterizzazione dell'impatto ionosferico sui segnali GNSS. A tale scopo si utilizzeranno le lunghe serie temporali di dati registrate dai ricevitori GNSS collocati nelle stazioni artiche (Isole Svalbard) e antartiche (Stazioni Mario Zucchelli e Concordia). Tali attività fanno parte di quelle dell'expert group dello SCAR denominato GRAPE (GNSS Research and Application for Polar Environment) di cui l'INGV è leader e che vede la partecipazione di 28 istituzioni da 12 nazioni.

Partecipanti: Lucilla Alfonsi, Giorgiana De Franceschi, Luca Spogli.

#### **Prospettive di sviluppo per il biennio successivo**

1. Sviluppo di un software con interfaccia MatLab capace di effettuare un homing e un ray-tracing utilizzando matrici globali di densità elettronica calcolate con modelli climatologici (IRI e E-CHAIM). Possibile studio degli effetti dello strato E sporadico sul ray-tracing (frequenze operative, angolo di elevazione). Prodotti aspettati: Nuovo algoritmo di IONORT (IONOspheric Ray Tracing), nuovo tool grafico per l'utilizzo di IONORT. Partecipanti: M. Pezzopane, M. Pietrella, A. Azzarone, C. Scotto.
2. L'algoritmo IonoPy potrà essere opportunamente utilizzato affinché, assimilando i profili di densità elettronica forniti da Autoscala negli osservatori ionosferici di Roma e Gibilmanna possano essere generate mappe di densità elettronica in tempo reale nell'area Italiana. Prodotti aspettati: pubblicazioni; generazione di mappe in tempo reale. Ricadute applicative in ambito SWICo (Space Weather Italian Community) e PECASUS. Partecipanti: M. Pietrella, A. Pignalberi, M. Pezzopane.
3. Ricalcolo degli indici efficaci per una possibile generazione di mappe di MUF e della distanza di skip in tempo reale anche sull'area Europea. Partecipanti: M. Pietrella, M. Pezzopane. Ricadute applicative nell'ambito di progetti internazionali di Space Weather.
4. Studi sulla variabilità ionosferica atti a definire i valori quieti di riferimento per la caratteristica ionosferica foF2. Prodotti aspettati: pubblicazioni; sviluppo di un modello di allerta ionosferico. Partecipanti: A. Pignalberi, M. Pietrella, M. Pezzopane.
5. Studi sulla variabilità ionosferica con particolare riguardo a fenomeni di occorrenza di Spread F nell'area Italiana. Prodotti aspettati: pubblicazioni. Partecipanti: M. Pezzopane, M. Pietrella.

#### **Conseguimento di mappe di foF2 nell'area Europea attraverso l'assimilazione di misure di vTEC dalle reti EUREF e RING**

Si continueranno gli studi di ottimizzazione del modello IRI UP affinché possa assimilare anche i dati di TEC delle reti RING e EUREF, oltre che quelli da ionosonda, per ottenere mappe di foF2 sull'area italiana e europea sempre più affidabili. Prodotti aspettati: pubblicazioni. Ricadute applicative nell'ambito di progetti nazionali e internazionali di Space Weather. Partecipanti: A. Pignalberi, M. Pezzopane, M. Pietrella, C. Cesaroni.

#### **Mappe della Massima Frequenza Utilizzabile e della Distanza di Skip sull'Italia**

Conseguimento di mappe di MUF e della distanza di skip in tempo reale sull'area italiana centrate su diversi siti trasmittenti, combinando il Simplified Ionospheric Regional Model (SIRM), e la sua versione UPdated (SIRMUP), con l'algoritmo di Lockwood. Prodotti aspettati: pubblicazioni. Ricadute applicative in ambito SWICo (Space Weather Italian Community) e PECASUS. Partecipanti: M. Pietrella, M. Pezzopane.

#### **Studio dell'impatto dell'interazione Sole-Terra sull'ambiente circumterrestre**

Nell'ambito del progetto di durata triennale finanziato dal PRIN 2017 dal titolo "Circumterrestrial Environment: Impact of Sun-Earth Interaction" e volto allo studio di tematiche inerenti allo Space Weather, verranno svolte le seguenti attività:

- studio dell'accoppiamento Magnetosfera-Ionosfera-Atmosfera in risposta alla variazione del vento solare;
- studio di modelli basati su reti neurali per la previsione degli indici geomagnetici;
- osservazione da terra e dallo spazio dei parametri fisici che caratterizzano la ionosfera finalizzata allo studio delle strutture multiscale che sono alla base delle irregolarità ionosferiche;
- osservazioni da ionosonda e loro utilizzo per il test di modelli di nowcasting ionosferico.

Il personale che partecipa alle attività proposte è composto da Igino Coco, Paola De Michelis, Fabio Giannattasio, Michael Pezzopane, Marco Pietrella, Lucia Santarelli, Roberta Tozzi.

#### **Studio delle proprietà di propagazione HF in Antartide e della distribuzione di irregolarità ionosferiche**

Nella base antartica di Concordia (Dome C) sono attivi da alcuni anni due radar della rete internazionale SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network). Tali radar funzionano nella banda HF (3-30 MHz) e sfruttano la diffusione

coerente di irregolarità ionosferiche per ricostruire il moto del plasma su larga scala nella ionosfera polare, le cui dinamiche sono strettamente legate all'attività solare e al verificarsi di eventi estremi di Space Weather.

Negli ultimi due anni l'attività si è concentrata sulla caratterizzazione statistico-climatologica delle eco, con l'obiettivo di studiare la distribuzione delle irregolarità decametriche in funzione della frequenza di operazione, della stagione e dell'attività geomagnetica, in modo da identificare eventuali peculiarità della radiopropagazione nell'ambiente antartico e delle proprietà stesse della ionosfera in queste regioni. Il prossimo passo sarà quello di individuare periodi interessanti dal punto di vista dello Space Weather (e.g.: tempeste o sottotempeste magnetiche), e studiare le variazioni dinamiche della convezione ionosferica sfruttando la posizione privilegiata dei radar di Concordia, che si trovano proprio sul polo geomagnetico e osservano l'intera cappa polare puntando verso Nord.

Personale coinvolto: Iginò Coco, Michael Pezzopane, in collaborazione con colleghi dell'INAF-IAPS.

### **Geofisica marina e osservazioni multiparametriche a fondo mare**

Tematica: Studio dei fenomeni e dei processi geofisici e geo-ambientali complessi che hanno luogo in ambiente marino, dalla Litosfera all'Oceano e all'Atmosfera. Studio delle relazioni tra rilascio di energia per attività sismica e vulcanica, rilascio di fluidi e variazioni dei campi potenziali in ambiente marino. Ricerca, progettazione e sviluppo di dispositivi per l'acquisizione di misure geofisiche e ambientali in aree marine.

#### **Monitoraggio del rumore acustico antropogenico sottomarino**

Il rumore acustico sottomarino è aumentato negli ultimi decenni in modo importante. Il monitoraggio del rumore acustico è necessario per definire l'impatto delle attività umane sulla fauna marina. Difatti la Marine Strategy Framework Directive (MSFD) del Parlamento Europeo (2008/56/CE) identifica il rumore acustico provocato dall'uomo come un indicatore importante nella definizione del "buono stato ambientale" di un ecosistema marino. Saranno definite e implementate procedure per monitoraggio a lungo termine dello stato di rumore acustico in bande di frequenza selezionate come indicate dalla MSFD. Il monitoraggio verrà eseguito in siti sottomarini e utilizzando serie temporali già acquisite.

Partecipanti: Davide Embriaco, Giuditta Marinaro, Nadia Lo Bue.

#### **Propagazione delle onde sismoacustiche (T-phases)**

I sismometri installati sugli osservatori multidisciplinari di fondo mare sono strumenti ideali per studiare le T-phases generate da sorgenti sismiche. Il sismometro a larga banda collocato sull'osservatorio multidisciplinare NEMO-SN1 (a largo di Catania a 2100 m di profondità) ha registrato efficientemente le T-phases generate da terremoti dell'arco Ellenico. Fattori determinanti nella propagazione e nella distribuzione dell'energia delle T-phases nel mar Ionio sono la batimetria e la morfologia, in particolare la presenza della Scarpata di Malta. Ci proponiamo di seguire lo stesso approccio metodologico per l'analisi delle T-phases da eventi sismici registrati dai sismometri di fondo mare posizionati nel Mar Tirreno.

Partecipanti: M. De Caro, F. Frugoni, S. Monna, C. Montuori.

#### **Studio delle interazioni tra sismicità ed emissioni di gas nel mare di Marmara**

Nel mare di Marmara, caratterizzato dalla presenza di sedimenti ricchi di gas e siti con emissioni di metano, una possibile correlazione tra emissione di gas e segnali sismici è stata ipotizzata da diversi esperimenti indipendenti.

In un ambiente complesso come quello marino, l'accurata valutazione del processo di emissione di gas richiede l'analisi simultanea di vari parametri (oceanografici, chimici, sismici). Con questa strategia i dati acquisiti dall'osservatorio sottomarino SN4 operativo per complessivi 18 mesi nel Mar di Marmara miglioreranno le conoscenze sulle relazioni tra rilascio di energia sismica e emissioni di fluidi nell'area.

Partecipanti: Davide Embriaco, Francesco Frugoni, Stephen Monna, Giuditta Marinaro.

#### **Analisi di dati sismologici registrati da strumenti di fondo mare**

Il progetto Seisfaults2017 ha previsto la deposizione e il recupero (maggio 2017-maggio 2018) di 7 OBS/H nel mar Ionio. Scopo del progetto è la mappatura delle faglie attive nel mar Ionio e le correlazioni con l'attività geochimica sottomarina per la determinazione di precursori sismici. Nel 2020 si continuerà con l'elaborazione dei dati sismologici, integrati con i dati multiparametrici registrati dall'osservatorio NEMO-SN1, per determinare i modelli di velocità sismica 1D e 3D e la cinematica nel bacino Ionico. Parallelamente, si inizierà il pre-processing e l'organizzazione dei dati registrati dai 3 OBS/H durante l'esperimento Seisfaults2018 (maggio 2018-aprile 2019). Gruppo di lavoro: Tiziana Sgroi, Mariagrazia De Caro, Maria Di Nezza, Francesco Frugoni, Stephen Monna, Caterina Montuori.

### **Caratterizzazione degli eventi di fall-out delle ceneri dell'Etna da fondo mare**

Durante alcuni eventi eruttivi dell'Etna (2013) la ricaduta delle ceneri è stata registrata fino a fondo mare dall'osservatorio multiparametrico profondo NEMO SN1.

La ricaduta di ceneri in mare favorisce l'innescio di diverse reazioni responsabili della trasformazione delle ceneri stesse (aggregazione, disgregazione, lisciviazione ecc.) influenzandone notevolmente i tassi di sedimentazione. L'impatto del fallout vulcanico in mare non influenza solo l'aumento della torbidità della colonna d'acqua, ma potrebbe anche alterarne la composizione chimica. La caratterizzazione dei processi di dispersione e deposizione delle ceneri contribuirà a valutare l'impatto che esse possono avere in ambiente marino, fornendo informazioni finora del tutto mancanti.

Partecipanti: Nadia Lo Bue, Davide Embriaco, Tiziana Sgroi.

### **Studio geofisico delle strutture di degassamento di metano al largo di Montecristo**

Il giorno 16 Marzo 2017 il tratto di mare compreso tra Montecristo e l'isola di Pianosa è stato interessato da un evento di emissione di gas di notevole intensità che si è manifestata con l'innalzamento di una colonna di acqua/fango e gas di altezza di circa 10 metri.

L'INGV ha partecipato a due campagne di ricerca (2017-2018) al fine di investigare le strutture esalative presenti sul fondale marino interessato dall'evento parossistico. I dati acquisiti (magnetici, roV, ctd, metano e batimetrici) evidenziano un esteso campo di pockmarks e svariate strutture di vulcani di fango. È in corso lo studio di dettaglio dei dati geofisici acquisiti al fine di caratterizzare al meglio questa porzione di fondale marino. I risultati potranno essere di supporto alla tematica generale relativa allo studio del metano abiotico nelle rocce ultrabasiche/basiche.

### **Osservatorio sottomarino costiero**

Nell'ambito del progetto LabMare sono stati deposte 2 stazioni multiparametriche a 600 e 10 metri di profondità rispettivamente nell'area del Mar Ligure di Levante. La prima, quella profonda, è rappresentata da un mooring per il monitoraggio della colonna d'acqua mentre la seconda è un sito test cablato.

### **Ricerca di oggetti a fondo mare**

La ricerca di oggetti a fondo mare è una tematica sempre più importante sia nello studio dell'inquinamento sia nelle operazioni preliminari al deployment di qualunque infrastruttura. In questo ambito si è avviata una collaborazione con il Parco Nazionale delle Cinque Terre (SP) per la realizzazione di indagini video-ispettive mediante ROV e lo studio di metodologie basate sull'analisi di dati magnetici acquisiti da veicoli subacquei.

### **Prospezioni geofisiche di sistemi vulcanici sottomarini**

Il tirreno meridionale è caratterizzato dalla presenza di strutture vulcaniche profonde interessate in parte da sistemi idrotermali attivi e non. Il complesso vulcanico del Palinuro e il seamount Marsili sono sicuramente degli ottimi esempi in quanto caratterizzati da una attività idrotermale peculiare e la presenza di depositi a solfuri massivi ad elevate percentuali di metalli preziosi (Palinuro occidentale). L'INGV insieme ad OGS e stazione Anton-Dohrn è impegnato nel progetto premiale "Earth cruisers" che ha come obiettivo principale quello di studiare le aree sommitali del Palinuro e del Marsili oltreché strutture vulcaniche del canale di Sicilia anche per aggiungere informazione su i siti interessati da idrotermalismo. A completamento delle attività portate avanti dal 2017, nel 2020 si svolgerà una attività di prospezione geofisica (acquisizione di dati magnetici, gravimetrici e multibeam) del sito idrotermale del Palinuro e investigazione (immagini roV, dati magnetici e multibeam) dei seamount presenti al largo di Sciacca.

### **Oceanografia e clima**

Tematica: Studio della circolazione generale e delle caratteristiche fisiche dell'oceano e in particolare del Mar Mediterraneo. Studio delle interazioni tra geosfera, idrosfera e atmosfera in ambiente marino. Le ricerche in questo campo sono finalizzate alla conoscenza della circolazione generale degli oceani e dell'atmosfera a scala globale e con particolare riferimento al Mare Mediterraneo. Sviluppo di modelli numerici di circolazione oceanici a scala globale e regionale (Mediterraneo e Adriatico in particolare). Sviluppo di modelli oceanici e/o climatici globali (oceano, ghiaccio marino, atmosfera e biogeochimica).

### **Studio dell'impatto della variabilità profonda sulla circolazione generale del Mediterraneo orientale**

Il monitoraggio *long-term* delle dinamiche oceanografiche profonde, effettuato grazie all'impiego di osservatori multidisciplinari marini profondi, ha permesso di osservare nel tempo una continua variabilità delle proprietà

fisico-chimiche del mare profondo. L'analisi di queste serie temporali contribuisce alla comprensione dei processi oceanici profondi, come *deep convection/advection, mixing and water mass transformation*, capaci di governare l'evoluzione di tali cambiamenti. Questo studio mira ad ampliare le conoscenze sui processi profondi del Mediterraneo attraverso il sito chiave del Mar Ionio occidentale, cercando di risolvere l'incertezza sulle dinamiche responsabili del significativo cambiamento della struttura termoclinale profonda osservata negli ultimi decenni.

Partecipanti: Nadia Lo Bue.

#### **EMODnet Physics - Climatologie oceanografiche ad alta risoluzione in zone ROFI**

Il monitoraggio dello stato fisico dei mari ricopre una fondamentale importanza per la conoscenza e salvaguardia degli ecosistemi e dell'ambiente marino che li ospita, per lo studio dei fattori fisici e biogeochimici che li caratterizza e per l'implementazione e lo sviluppo di numerose applicazioni di utilità sociale. Una importante tipologia di monitoraggio degli oceani è costituita dalle climatologie di temperatura e salinità dell'ambiente marino. In tal senso, la Sezione di Bologna di INGV svilupperà nell'ambito del contratto di servizio EASME/ EMFF/2018/1.3.1.8/Lot3/SI2.810790 – EMODnet - Physics una serie di climatologie costiere in un'area di forte influenza di acque fluviali, cosiddetta "ROFI" (*Region Of Freshwater Influence*) nel dominio del Nord Adriatico. Le mappe climatologiche, sviluppate anche grazie all'analisi statistica e di qualità di dati di portata fluviale, saranno prodotte su base mensile e stagionale, a diverse profondità della colonna d'acqua, alla risoluzione indicativa di 5 km, e, a seconda della fattibilità legata alla disponibilità spazio-temporale di dati nella zona di interesse, ad una risoluzione aggiuntiva di circa 1-2 km, e copriranno diversi periodi su base decennale e/o quinquennale a finestre temporali mobili.

Partecipanti: Antonio Guarnieri, Paolo Oliveri, Damiano Delrosso, Simona Simoncelli.

#### **Progetto SeaDataCloud (Novembre 2016 - Ottobre 2020)**

Lo studio di lungo periodo dello stato del mare dipende dalla disponibilità di dati, i quali possono essere utilizzati per lo sviluppo di indicatori di qualità dell'ambiente marino e di prodotti (climatologie), per l'assimilazione e la validazione di modelli di circolazione (previsioni, analisi e rianalisi). INGV, partecipando al progetto SeaDataCloud (2016-2020, EU H2020 grant agreement 730960), coordina il gruppo di lavoro dedicato alla creazione di prodotti di temperatura e salinità derivanti dai dati storici per tutti i mari europei e l'oceano globale, ed è responsabile in specifico dei prodotti per il Mar Mediterraneo. Le principali attività sono: l'analisi di qualità dei dati, la creazione e disseminazione di dataset aggregati e la produzione di climatologie ad alta risoluzione. I dati di qualità certificata vengono rilasciati agli utenti come data set aggregati mediante un catalogo e successivamente utilizzati per elaborare prodotti quali climatologie regionali/globali ed indici di monitoraggio di lungo periodo dello stato del mare. Climatologie decadal per il Mar Mediterraneo sono state sviluppate e vengono continuamente aggiornate.

Partecipanti: Simona Simoncelli, Paolo Oliveri, Gelsomina Mattia.

#### **Progetto EMODnet DATA INGESTION 2 (Ottobre 2019 - Settembre 2021)**

La condivisione di dati marini mediante banche dati europee è un obiettivo molto importante per stimolare la ricerca scientifica e lo sviluppo di applicazioni utili per la società (crescita blu). INGV partecipando al progetto EMODnet (*European Marine Observation and Data network*) Data Ingestion 2 ha come obiettivo quello di facilitare il processo di inserimento di dati marini all'interno delle esistenti infrastrutture dati europee da parte di data providers sia pubblici che privati. I soggetti che non rendono disponibili regolarmente i propri dati, possono farlo mediante il servizio implementato nel portale <https://www.emodnet-ingestion.eu/>, grazie al quale, esperti in gestione dati si occupano della formattazione e descrizione mediante metadati del data set in questione. Successivamente i dati vengono integrati nel portale tematico EMODnet più appropriato. INGV si occupa di individuare nuovi data providers attraverso attività di disseminazione ma soprattutto di definire una strategia per integrare e far confluire i dati marini a disposizione dell'Ente in EMODnet adeguandosi agli standard ed ai formati in uso.

Partecipanti: Simona Simoncelli, Claudia Fratianni, Paolo Oliveri.

#### **Clima e variabilità climatica nell'area del Mediterraneo**

L'area del Mediterraneo è stata identificata come una delle più sensibili ai cambiamenti climatici con potenziali forti conseguenze sulla circolazione termoclinale, sul ciclo idrologico e sul livello del mare. Negli ultimi anni sono stati creati large ensembles, insieme di simulazioni (i.e. CMIP6 e HResMIP), con modelli climatici globali all'avanguardia, con risoluzioni orizzontali relativamente elevate (~ 0,25 gradi), che permetteranno di operare una valutazione del clima medio e della variabilità climatica nella regione mediterranea. Essa sarà effettuata confrontando i risultati dei modelli climatici con le ri-analisi atmosferiche ed oceanografiche disponibili (i.e. ERA5 da ECMWF e [https://doi.org/10.25423/MEDSEA\\_REANALYSIS\\_PHYS\\_006\\_004](https://doi.org/10.25423/MEDSEA_REANALYSIS_PHYS_006_004)), così da identificare i migliori (o la media dei

migliori) modelli da utilizzare come forzanti per nuovi prodotti di rianalisi marine e da migliorare la comprensione degli effetti della variabilità climatica sulla circolazione e l'ambiente marino del Mar Mediterraneo.

Partecipanti: Annalisa Cherchi, Simona Simoncelli, Gelsomina Mattia, Claudia Fratianni, Pierluigi Dipietro, Antonio Guarnieri.

### **Ricerche polari e paleoclima**

Tematica: Studi di esplorazione geofisica in ambiente polare. Le ricerche in questo campo comprendono osservazioni ed analisi geofisiche su elementi molto diversi tra loro che riguardano sia la parte soprastante che sottostante la criosfera. Tra essi, si ricordano lo studio delle osservazioni ionosferiche e magnetiche ai poli, studio dei costituenti neutri presenti in traccia nella stratosfera e nella mesosfera tramite spettroscopia a microonde, la determinazione e variazione dello spessore delle calotte glaciali, la determinazione dello stato fisico del substrato roccioso al di sotto delle calotte glaciali, lo studio delle successioni stratigrafiche sedimentarie e delle carote di ghiaccio. Studio del sistema climatico terrestre nel tempo geologico. Le ricerche paleoclimatiche sono finalizzate alla ricostruzione dei cambiamenti climatici nel passato attraverso l'analisi integrata di *proxy data* in sequenze stratigrafiche.

### **Ricerche ionosferiche in aree polari**

L'attività prevede la prosecuzione del monitoraggio dei parametri dell'alta atmosfera ionizzata presso le Isole Svalbard e le stazioni antartiche Mario Zucchelli, Concordia e SANAE IV. Le osservazioni sono realizzate tramite ricevitori GNSS per il monitoraggio del TEC e degli indici di scintillazioni ionosferiche. Nel triennio è previsto di proseguire il mantenimento e aggiornamento della strumentazione. Grazie a tali strumenti e alle competenze scientifiche nel settore GNSS-ionosfera, l'INGV coordina l'expert group dello SCAR denominato GRAPE. Nel corso del triennio verrà sottomessa una proposta di Research Program allo SCAR estendendo le tematiche GRAPE ad una più generale visione delle radio scienze ai fini dello space weather in regione polare.

Partecipano a queste attività: Lucilla Alfonsi, Giorgiana De Franceschi, Ingrid Hunstad, Vincenzo Romano, Luca Spogli.

### **Realizzazione di un modello di previsione della scintillazione ad alta latitudine.**

Lo studio mira alla realizzazione di un modello in grado di fornire con un orizzonte temporale di qualche ora la probabilità di scintillazione di ampiezza e fase valutando le capacità predittive di diversi approcci, quali il bayesiano, il semilagrangiano, e le tecniche di artificial intelligence. Il modello si basa sui dati di scintillazione dell'archivio forniti dalla rete GNSS di ricevitori per scintillazione ionosferica gestiti dall'INGV nell'Artico (Isole Svalbard) e in Antartide (Stazioni Mario Zucchelli e Concordia) e dall'Università del New Brunswick (CHAIN network).

Partecipanti: Lucilla Alfonsi, Claudio Cesaroni, Luca Spogli.

### **Ricerche ionosferiche e geomagnetiche come contributo al cambiamento climatico**

L'attività prevede lo studio delle serie temporali a lungo termine dei dati ionosferici (HF e GNSS) e magnetici ad alta latitudine per investigare il ruolo delle fonti antropogeniche e naturali al cambiamento climatico, indagando su come la forzante geospaziale si traduce in variazioni a lungo termine nell'atmosfera media e alta. Valuteremo le variazioni a lungo termine di densità elettronica, composizione termosferica, EUV solare totale, temperatura esosferica e mesosferica / stratosferica, in relazione all'attività geomagnetica. Questo allo scopo di identificare possibili segnature di cambiamento climatico nell'accoppiamento tra atmosfera neutra e ionizzata, anche in relazione alla precipitazione di particelle energetiche e all'elettrodinamica polare.

Partecipanti: Claudio Cesaroni, Domenico Di Mauro, Stefania Lepidi, Loredana Perrone, Mauro Regi, Dario Sabbagh, Carlo Scotto, Luca Spogli.

### **Studio di "Mud Volcanoes" nel Mare di Ross, Antartide**

Durante il prossimo triennio sono previsti nuove analisi di sequenze marine perforate con la nuova nave Laura Bassi in Antartide. Tra questi lo studio di "Mud Volcanoes system" nel Mare di Ross Occidentale scoperti in precedenti rilievi geomagnetici. Lo studio multidisciplinare comprende la perforazione (gravity/piston core) di sequenze sedimentarie su cui verranno effettuati anche studi di paleomagnetismo e magnetismo ambientale presso il laboratorio di Paleomagnetismo dell'INGV a Roma.

### **Campagna di ricerca High-NORTH2020**

Il programma di ricerca High North, prevede lo studio del settore marino delle isole Svalbard e dell'Oceano Artico in

relazione ai cambiamenti climatici globali.

Il programma di ricerca coinvolge enti di ricerca italiani e la marina militare - Istituto Idrografico. L'INGV ha partecipato alle campagne oceanografiche e geofisiche del 2018 e 2019 raccogliendo dati di gravimetria marina. Si prevede una continuazione del programma high north per il triennio 2020-2022 con una possibile attività di prospezione nel giugno 2020 su N/R Alliance

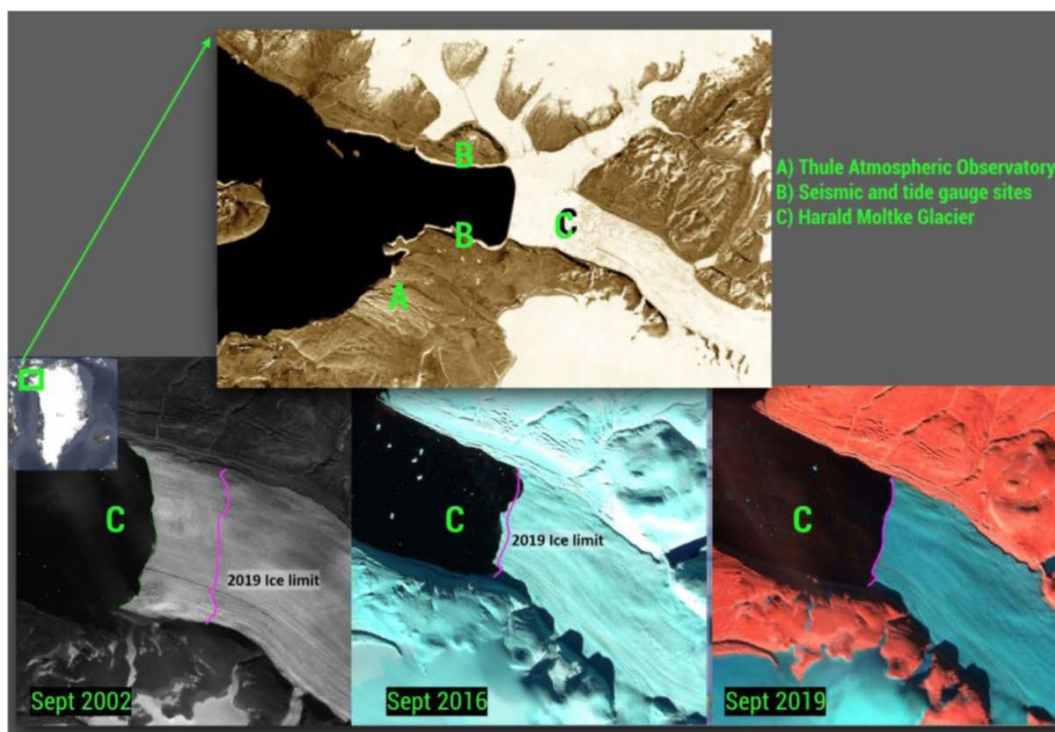
#### **Studio del punto triplo di Macquarie**

Lo studio del punto triplo di Macquarie, tra Nuova Zelanda e Antartide, è stato portato avanti grazie ad un progetto PNRA 2016 che ha permesso l'acquisizione di dati batimetrici e magnetici. Per completare lo studio un nuovo progetto PNRA è stato recentemente sottomesso.

#### **Studi interdisciplinari di crio-sismologia e fisica dell'atmosfera presso Thule, Groenlandia**

Grazie ad una collaborazione interdisciplinare di personale INGV (fisici dell'atmosfera, sismologi e glaciologi) nel 2020 verrà pianificata l'installazione di diverse stazioni sismiche broad-band ed un mareografo sulle coste del fiordo Wolstenholme situato in prossimità del THAAO (Thule High Arctic Atmospheric Observatory; 76.5°N, 68.8°O; <http://www.thuleatmos-it.it/>). Mettendo in correlazione il segnale sismico registrato con le osservazioni di bilancio radiativo al suolo e di caratteristica delle nubi effettuate presso il THAAO sarà possibile studiare l'impatto delle nubi sulla generazione di ice-quakes e sulla formazione di iceberg (mediante ice-calving). L'osservazione sismologica sul lungo periodo potrà aiutare a comprendere come si stia modificando l'equilibrio della calotta groenlandese a causa del rapido aumento della temperatura atmosferica in Artide. Un ulteriore sviluppo atteso è l'ottimizzazione di un modello numerico di generazione di tsunami da ice-calving grazie all'integrazione dei dati sismologici con quelli del mareografo.

Personale coinvolto: Stefania Danesi, Simone Salimbeni, Giovanni Muscari, Stefano Urbini.



*Immagini satellitari.*

#### **Telerilevamento della bassa e media atmosfera in Artide**

Dal 2006 personale INGV sviluppa e gestisce spettrometri a microonde per il telerilevamento da terra di composti chimici nella bassa e media atmosfera. Uno di questi spettrometri, VESPA-22, è operativo presso il THAAO (Thule High Arctic Atmospheric Observatory; 76.5°N, 68.8°O; <http://www.thuleatmos-it.it/>), in Groenlandia, per studi riguardanti la distruzione stagionale dell'ozono stratosferico, l'evoluzione del vapor acqueo atmosferico in relazione al

cambiamento climatico, e l'impatto di vapor acqueo e nubi sul bilancio radiativo al suolo. L'attività è svolta in collaborazione con ricercatori di ENEA, Univ. "Sapienza" ed NCAR (USA). Nel 2020-2021 sarà inoltre attiva una collaborazione con l'Univ. Di Birmingham (UK) per lo svolgimento del progetto SEANA (Shipping Emissions in the Arctic and North Atlantic Atmosphere).



*Il "Thule High Arctic Atmospheric Observatory (THAAO)" nella base aerea di Thule (76.5°N, 68.8°W) posizionato nella zona di South Mountain.*

#### **Micropaleontologia ad alta risoluzione per studi paleoclimatici**

Micropaleontologia a nannoplancton calcareo per studi paleoclimatici multidisciplinari di sedimenti di mare profondo raccolti nel Mediterraneo centro orientale (Adriatico, Ionio, Tirreno, Canale di Sicilia). Questi studi sono finalizzati alla ricostruzione delle principali oscillazioni climatiche del Pleistocene superiore - Olocene e del loro impatto sull'ambiente marino. Inoltre, uno sforzo particolare è dedicato alla ricostruzione delle variazioni di piovosità negli ultimi 2000 anni nei bacini idrologici dei principali fiumi dell'Italia centrale (Arno, Tevere, Ombrone). Sono previste pubblicazioni su riviste peer reviewed di dati raccolti nel corso di progetti attivi e recentemente conclusi (es: progetto FIRS/INGV 2016).

#### **Oscillazioni dei piccoli ghiacciai circummediterranei a partire del LGM**

Lo studio delle variazioni morfologiche del paesaggio e, in particolare, delle variazioni dell'estensione degli antichi ghiacciai, può aiutarci a capire i tempi e le modalità di risposta dei ghiacciai attuali agli input climatici. In questo ambito la ricerca si concentrerà sullo studio alle fasi di avanzata e ritiro glaciale, a partire dal LGM, del Massiccio del Mavrovo (F.Y.R.O.M.) con l'individuazione delle forme di deposito glaciale attraverso il rilevamento geomorfologico di dettaglio e la loro datazione cosmogenica. Questo fornirà nuove informazioni sulla modalità e velocità di ritiro dei piccoli ghiacciai.

#### **Eventi paleoclimatici estremi olocenici nel Bacino Mediterraneo**

Lo studio dei carbonati continentali (lacustri ed ipogei) permette di ricostruire le variazioni climatiche del passato. L'attività di ricerca si concentrerà sull'individuazione degli eventi climatici estremi nel Bacino Mediterraneo durante l'Olocene attraverso l'analisi ad alta risoluzione campioni provenienti da Sicilia settentrionale, Appennino Centrale, Macedonia, Grecia. In questo rientra la partecipazione al progetto FUTURE FUCino Tephrochronology Unites Quaternary REcords (PRIN 2017 20177TKBXZ\_003), che si propone di ricostruire un record paleoclimatico di dettaglio degli ultimi 450 ka dal Bacino del Fucino.

#### **Crio-sismologia in aree polari**

Nell'ambito degli ultimi progetti PNRA, sono state raccolte osservazioni geofisiche (sismologiche, geodetiche, radio echo sounding) nell'area del ghiacciaio David - Victoria Land, Antartide - che verranno utilizzate per studiare i pattern

di sismicità locale legata all'evoluzione del flusso del ghiacciaio, contribuendo a definire l'interazione tra terra solida e criosfera in risposta ai cambiamenti climatici. A scala continentale, inoltre, l'esplorazione sismologica permette di ricostruire un'immagine di struttura litosferica della regione continentale. Il Progetto internazionale East Antarctic International Ice Sheet Traverse (EAIIST ed EAIIST-2) in particolare prevede l'attraversamento del tratto di continente antartico compreso tra la stazione italo-francese Concordia (75°06'S 123°20'E) e l'area delle megadune a circa 680km di distanza (80°48'S 122°11'E) in direzione SouthPole. Durante la spedizione 2019-2020 sono state installate stazioni sismiche broad-band che resteranno operative per 12 mesi. I dati acquisiti consentiranno di fare analisi sismologiche con diversi approcci (cross-correlazione del rumore sismico, receiver functions, SkS shear wave splitting) per avere informazioni sulle struttura litosferica di questa regione polare.

Personale coinvolto: Alessandra Borghi, Stefania Danesi, Simone Salimbeni, Stefano Urbini.

#### **L'interazione Sole-Terra e le variazioni atmosferiche a latitudini polari**

Studio delle variazioni nei parametri atmosferici a latitudini polari in relazione all'attività geomagnetica mediante analisi di cross-correlazione tra variazioni del campo magnetico registrate da magnetometri search coil e dati atmosferici di reanalisi.

Personale INGV coinvolto: Mauro Regi, Domenico Di Mauro, Stefania Lepidi; in collaborazione con l'Università degli Studi dell'Aquila (DSFC).

#### **Analisi paleomagnetiche e di magnetismo delle rocce in sedimenti marini prelevati in Antartide**

Nel corso del 2020, nell'ambito di progetti MAE e PNRA, proseguiranno le analisi dei dati raccolti da misure magnetiche e paleomagnetiche su carote prelevate dai fondali marini del mar di Ross in Antartide. Le correlazioni dei parametri magnetici e paleomagnetici tra le carote analizzate, permetteranno da un lato di definire e rifinire la ricostruzione della variazione paleosecolare del campo geomagnetico ad alte latitudini, dall'altro di fornire nuovi vincoli per la ricostruzione dell'evoluzione sedimentologica legata ai cambiamenti paleoclimatici nel periodo Quaternario.

#### **Analisi paleomagnetiche e di magnetismo delle rocce su sedimenti prelevati in artico.**

Nel corso del 2020, in collaborazione con i colleghi dell'OGS di Trieste, proseguiranno le analisi dei dati raccolti da misure magnetiche e paleomagnetiche su carote prelevate dai fondali marini a ovest delle isole Svalbard nel circolo polare artico (settore nord occidentale del Mar di Barents). Le correlazioni dei parametri magnetici e paleomagnetici tra le carote analizzate, permetteranno da un lato di definire e rifinire la ricostruzione della variazione paleosecolare del campo geomagnetico ad alte latitudini, dall'altro di fornire nuovi vincoli per la ricostruzione dell'evoluzione sedimentologica legata ai cambiamenti paleoclimatici durante gli ultimi 60 mila anni.

#### **Geochemica per l'Ambiente e Geologia medica**

Tematica: Studi di geochemica ambientale per la caratterizzazione delle aree a rischio di contaminazione e per il controllo di potenziali fenomeni di inquinamento legati a discariche di RSU. Studi idrogeochemici delle acque superficiali e sotterranee. Studi per la progettazione ed installazione di reti di monitoraggio geochemico e l'implementazione di tecnologie innovative per il monitoraggio, la tutela dell'ambiente e della salute umana. Studio dell'origine, migrazione ed emissione in atmosfera di gas naturale, con implicazioni per l'ambiente. Studi di geochemica isotopica per la definizione dei circuiti idrologici sotterranei, per la identificazione dell'origine delle masse d'aria che danno luogo a precipitazioni e come *proxy* dei cambiamenti climatici. Studi sulla composizione chimica degli altri pianeti e implicazioni per l'origine della vita. Studio delle emissioni antropiche attraverso l'utilizzo di misure telemetriche. Sviluppo di tecniche di campionamento e analisi di matrici ambientali.

#### **Stima e riduzione dell'output naturale di CO<sub>2</sub> nell'area di Roma**

Un significativo contributo all'emissione in atmosfera di CO<sub>2</sub>, il principale gas serra, è fornito da emissioni di origine vulcanica e geotermica. In particolare, la Città Metropolitana di Roma, ospita varie zone con emissione anomala di CO<sub>2</sub>. Nel 2020 verrà stimato il rilascio totale di CO<sub>2</sub> endogena nell'area di Roma. Nel biennio successivo, in un sito di degassamento anomalo monitorando in continuo la CO<sub>2</sub> in aria, verrà sperimentato un sistema di abbattimento della CO<sub>2</sub> in atmosfera mediante la piantumazione di specie con alta capacità di assorbire la CO<sub>2</sub> (in collaborazione con la Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa). I risultati verranno pubblicati su riviste JCR. Personale: M.L. Carapezza, F. Barberi, N.M. Pagliuca, D. Granieri, A. Patera.



### **Contributo alla conoscenza dei composti organici emessi dai vulcani di fango**

Studio della variazione composizionale e spaziale delle varie polle che caratterizzano l'attività di degassamento delle Salinelle di Paternò. Verrà rivolta particolare attenzione ai composti organici gassosi emessi. Lo studio verrà effettuato mediante spettrometria all'infrarosso utilizzando lo spettrometro OP-FTIR.

Personale coinvolto: Alessandro La Spina, Pietro Bonfanti, Roberto Maugeri.

### **Modellistica sui flussi inquinanti**

Aree a rischio inquinamento, o per presenza di agenti inquinanti, o per probabilità di rischio, sono da mettere sotto esame, sia per la situazione nel momento, sia per la previsione di scenari futuri e, per quanto possibile, analizzare scenari futuri tramite, anche, modellistica avanzata sui flussi bidirezionali che eventuali fluidi possono attuare, veicolando elementi dannosi per l'ecosistema e per la salute umana. Tramite tecniche di modellistica avanzata a quattro dimensioni, si prosegue l'analisi della discarica di fosfogessi localizzata a Passo a Campalto (Venezia) anche in relazione ad acqua piovana e cicli di marea. Questa modellistica, poi, viene anche applicata altrove.

### **L'impatto delle emissioni vulcaniche sull'ecosistema etneo**

Nel 2017 è stato avviato il progetto SEW di durata triennale, al quale partecipa INGV (PA e OE) come partner. L'INGV-PA è impegnato nelle indagini riguardanti le interazioni tra emissioni vulcaniche (gas, aerosol, tefra) ed ambiente (acque meteoriche, suoli, specie vegetali), in modo da suggerire e intraprendere strategie che possano salvaguardare l'ambiente e valorizzare le risorse offerte dal vulcano. L'obiettivo è quello di individuare nuove soluzioni volte a: (i) mitigare gli effetti derivanti dalle emissioni vulcaniche sia in periodi di attività sia in periodi di quiescenza, (ii) valorizzare gli effetti benefici derivanti dal rilascio di elementi di origine vulcanica sui cicli biologici e chimici delle specie monitorate.

Sarà, inoltre, quantificato il contributo di elementi in tracce derivante dalle emissioni vulcaniche o dalla lisciviazione della roccia vulcanica su piogge e suoli.

Prodotti attesi: Diffusione della ricerca mediante partecipazione a congressi e pubblicazioni su riviste JCR.

### **Elementi in tracce e terre rare nelle acque di Sao Miguel (Azzorre)**

Studio delle acque termali e fredde dell'isola Sao Miguel (Azzorre, Portogallo). Nei campioni sarà misurata la distribuzione di alcuni metalli in tracce (Cr, Se, V, As, Fe, Cd, Co e Ni) e delle terre rare nelle frazioni colloidale ed in quella solubile. Lo scopo del lavoro è quello di quantificare la contaminazione della falda superficiale ad opera dei fluidi idrotermali e valutare i processi che si realizzano all'interfaccia solido-liquido mediante la distribuzione di elementi presenti in ultra-traccia, come le terre rare e l'ittrio (REY).

Prodotti attesi: Diffusione dei risultati mediante pubblicazioni.

### **SENECA project - Source and impact of greenHousE gasses in AntarctiCA**

L'INGV è leader del progetto SENECA (2019-2021), nel quale verranno effettuate delle campagne geochemiche in Antartide al fine di valutare le concentrazioni dei gas e la loro emissione dal permafrost e/o dagli strati superficiali soggetti a disgelo. I risultati della ricerca verranno utilizzati per stimare per la prima volta l'emissione totale di metano ed anidride carbonica nell'emisfero polare meridionale. Infatti, il disgelo del permafrost potrebbe portare ad un significativo aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera, contribuendo al riscaldamento globale.

Il progetto è sviluppato su quattro obiettivi principali:

1. contenuto di gas nel suolo e loro origine;
2. valutazione del degassamento di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>;
3. esplorazione geofisica e caratterizzazione petrografica dei suoli;
4. valutazione dell'andamento stagionale delle concentrazioni nel suolo di CO<sub>2</sub>.

### **Contaminazione geogenica negli acquiferi vulcanici del Lazio**

La presenza nel Lazio di anomalie di tenori di elementi chimici potenzialmente tossici per la salute umana nelle acque di falda e di scorrimento superficiale è nota da tempo. L'origine di tali anomalie è del tutto naturale ed è associata alla diffusione di processi minerogenetici, idrotermali e geotermali. La ricerca ha come obiettivo la mappatura della distribuzione spaziale di contaminanti geogenici (tra i quali As, F, Rn, U, V) negli acquiferi vulcanici del Lazio e la definizione di indici di qualità delle acque, in modo da fornire un supporto alle pubbliche amministrazioni nella gestione delle risorse idriche. La disseminazione dei risultati prevede pubblicazioni scientifiche e partecipazione a congressi.

### **Gli isotopi dello Sr per studi di mobilità umana**

In collaborazione con i ricercatori dell'università di Napoli e dell'università di Roma Tor Vergata si intende caratterizzare dal punto di vista isotopico e genomico il materiale umano, rinvenuto in numerosi siti archeologici del centro-sud d'Italia, datato tra l'Eneolitico e la Repubblica di Roma al fine di capire gli effetti delle eruzioni vulcaniche sulla mobilità umana.

### **La geochimica isotopica in archeometria**

Si prevede di continuare a caratterizzare dal punto di vista geochimico (elementi maggiori e in tracce) e isotopico (Sr, Nd) le materie prime utilizzate per costruire manufatti e ceramiche dall'eneolitico al periodo della Repubblica dell'antica Roma, al fine di determinare la provenienza delle suddette materie prime nell'ambito di studi archeometrici.

### **Isotopi radiogenici per studi ambientali**

In collaborazione con la sezione di Palermo dell'INGV e l'Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), University of Amsterdam, è in corso uno studio volto a caratterizzare dal punto di vista isotopico (Sr, Nd, Li) suoli e piante del territorio olandese per comprendere il ruolo di questi elementi nel favorire la fertilizzazione del suolo. Si prevede di mettere a punto, per studi ambientali, anche la linea di estrazione del magnesio e di conseguenza le procedure per l'analisi isotopica

### **Studio del metano abiotico nelle rocce ultrabasiche**

Lo studio sull'origine del metano abiotico nelle rocce ultrabasiche rappresenta un campo di ricerca relativamente recente. Questo tipo di metano si produce all'interno delle sequenze ofiolitiche per reazioni chimiche tra idrogeno e anidride carbonica e a temperature che possono essere inferiori a 150 °C. In particolare, studi recenti condotti dall'INGV (G. Etiope, E. Ifandi, M. Nazzari, M. Procesi, B. Tsikouras, G. Ventura, A. Steele, R. Tardini & P. Szatmari - 2018 - Widespread abiotic methane in chromitites. Scientific Reports, DOI:10.1038/s41598-018-27082-0), hanno dimostrato che la source-rock è circoscritta alle cromititi. Lo studio sopra citato è stato condotto su campioni provenienti dalle sequenze ofiolitiche della Grecia e sta andando avanti investigando con dettaglio dove, all'interno delle cromititi, questo metano può essere prodotto. A tale riguardo lo studio sarà esteso a scala globale investigando i complessi ofiolitici del Sud Africa, Canada, Egitto, Italia, Austria. Questa ricerca ha molteplici ricadute, dal bilancio del metano atmosferico all'origine della vita e studio del metano sui pianeti rocciosi.

I risultati ottenuti saranno diffusi tramite pubblicazioni scientifiche e presentazioni a congressi.

Partecipano alla ricerca: University of Leoben (A), University of Toronto (CA), University of Utrecht (NL).

### **Effetto di CC sulla stabilità di Lago Albano**

obiettivi specifici: I laghi nelle zone temperate si stratificano in estate e si mescolano (parzialmente) in inverno. Per Lago Albano, il mescolamento invernale va accoppiato con il degassamento di CO<sub>2</sub> disciolto nei strati profondi. Con il CC che avanza, a lungo termine esiste la possibilità che il mescolamento invernale non succederà più, evitando il degassamento del lago, con delle conseguenze sulla pericolosità vulcanica.

Prodotti attesi: pubblicazioni in riviste JCR.

tempo: 3 anni.

### **Studio dei vulcani di fango**

Sono in corso degli studi multidisciplinari (geochimici e geofisici) in diverse località, in Italia, in Indonesia e in Azerbaijan, finalizzati alla quantificazione totale del gas emesso in atmosfera, alla determinazione della profondità di risalita dei fluidi, e alla definizione della pressione e della quantità di fluidi presenti nel processo di risalita dal reservoir principale verso la superficie. Questi studi sono effettuati in collaborazione con l'Università di Modena e Reggio Emilia, di Ginevra e di Oslo. Partecipanti: Sciarra, Ricci, Ruggiero (Roma1), Sapia (Roma2), ricercatori esterni.

Prodotti attesi: presentazione dei risultati a congressi e pubblicazione di articoli su riviste JCR.

### **Studio sull'origine del metano emesso nei fondali marini superficiali**

Sono in corso degli studi multidisciplinari (geochimici e geofisici) in diverse località, in Italia e in Brasile, finalizzati alla quantificazione chimica e isotopica del gas emesso nei fondali marini superficiali, con particolare attenzione al metano. Questi studi sono effettuati nell'ambito di varie collaborazioni con l'Università di Ferrara, di Oslo, di San Paolo ed enti di ricerca esteri. Prodotti attesi: pubblicazione di articoli su riviste JCR.

### **Life Respire - Radon real time monitoring System and Proactive Indoor Remediation**

L'INGV è tra i partner del progetto Life Respire (2017-2020), nel quale si sta svolgendo un monitoraggio della quantità di radon presente negli edifici pubblici e nelle scuole in tre comuni nel Lazio e nelle Ardenne in Belgio, finalizzato allo sviluppo tecnologico per la bonifica degli ambienti interni. I partecipanti al progetto sono CERI – Università La Sapienza, CNR-IGAG, FANC (Federal Agency for Nuclear Control) ed Elica S.p.A. Il progetto permetterà di ottenere una soluzione economica ed ecocompatibile per la misurazione e la bonifica del Radon in tempo reale e per mantenere i livelli di Radon indoor al di sotto dei limiti indicati nelle Direttive Europee. Inoltre, tramite il progetto verranno forniti alle autorità locali le linee guida per i rischi da esposizione al Rn e mappe su WebGis in tempo reale per la pianificazione dell'uso del suolo e la valutazione dei rischi sanitari, aiutando a preparare piani d'azione nazionali pertinenti. Tale progetto apre nuove prospettive per collaborazioni tra mondo scientifico e mondo industriale nel settore delle nuove tecnologie.

### **Monitoraggio delle emissioni ipotermali di Santa Venera al Pozzo (Acireale, CT)**

Nell'ambito del progetto ArcHo, che dovrebbe iniziare a breve, saranno monitorate le emissioni fluide (gas liberi, gas disciolti in falda e acque di falda leggermente termalizzate) emesse dalle uniche sorgenti termali presenti nell'area dell'Etna, in una zona fortemente fagliata.

L'area è anche un parco archeologico con resti prevalentemente di epoca Romana e Medievale e gli edifici presenti mostrano segni di fratturazione co-sismica.

Le acque termali e i gas liberi hanno peculiari caratteristiche fisico-chimiche che sembrano variare in funzione delle condizioni di stress tettonico locale. Il loro monitoraggio avverrà in tempo reale e ad alta frequenza.

### **Geofisica per il monitoraggio ambientale**

Tematica: Studi geofisici per la caratterizzazione del territorio e del sottosuolo finalizzata alla mitigazione dei rischi naturali, ambientali e di origine antropica. Le ricerche in questo campo comprendono il rilevamento di strutture e di inquinanti sotterranei mediante tecniche multidisciplinari (spettrometria gamma, multispettrale, magnetismo, gravimetria, elettromagnetismo) condotte sia da terra che in volo. Studio e analisi dei movimenti di subsidenza lungo le aree costiere e stime di risalita del livello marino. Studi per l'individuazione e la caratterizzazione dell'inquinamento ambientale relativamente a gas naturali, acque e polveri sottili atmosferiche. Sviluppo di tecniche di indagine geofisica, metodologie e procedure operative e interpretative per una migliore caratterizzazione del territorio.

### **Analisi della subsidenza in aree costiere mediante dati telerilevati e modellazione**

Lo studio prevede l'analisi delle deformazioni del suolo in aree interessate da attività di produzione e/o stoccaggio di idrocarburi e gas naturale. In continuità con le attività svolte nei progetti di ricerca finanziati dal MiSE, si prevede lo sviluppo di un sistema di monitoraggio in continuo delle deformazioni del suolo in aree on- e off-shore interessate da attività di coltivazione e/o stoccaggio di idrocarburi o gas naturale in alto Adriatico, attraverso la standardizzazione delle procedure di misura, integrazione e cross-validazione di diverse tecniche geodetiche (InSAR, GPS, livellazione), a diversa scala di osservazione. Sarà effettuata un'analisi spaziale e temporale dei dati di spostamento del suolo (serie storiche) attraverso metodi statistici (e.s., statistica multivariata, trend-filtering, etc.) e correlazione con le serie storiche di altri fenomeni (estrazione di idrocarburi, re-iniezione acque di produzione, stoccaggio gas naturale; emungimento acque; piovosità) nonché con dati di sismicità, idrologici e di sottosuolo. Verranno inoltre sviluppati modelli previsionali della subsidenza per lo studio e la discriminazione dei processi che in maniera diversa contribuiscono alla subsidenza a terra e a mare con particolare attenzione al contributo indotto dalle attività di coltivazione e/o stoccaggio di idrocarburi e gas naturale, a scala di sito e regionale. Si prevede l'interpretazione e la cross-validazione dei risultati, anche attraverso l'individuazione e l'analisi di indici e parametri da monitorare per la caratterizzazione delle subsidenze.

Parteciperanno all'attività: G. Pezzo, R. Devoti, L. Anderlini, M. Albano, D. Palano, M. Polcari, E. Serpelloni, E. Trasatti, F. Sparacino, M. Olivieri; V. Secreti, e Lab. GEOSAR.

### **Analisi della subsidenza in aree costiere mediante dati telerilevati e modellazione**

Lo studio prevede l'analisi delle deformazioni del suolo in aree interessate da attività di produzione e/o stoccaggio di idrocarburi e gas naturale. In continuità con le attività svolte nei progetti di ricerca finanziati dal MiSE, si prevede lo sviluppo di un sistema di monitoraggio in continuo delle deformazioni del suolo in aree on- e off-shore interessate da attività di coltivazione e/o stoccaggio di idrocarburi o gas naturale in alto Adriatico, attraverso la standardizzazione delle procedure di misura, integrazione e cross-validazione di diverse tecniche geodetiche (InSAR, GPS, livellazione),

a diversa scala di osservazione. Sarà effettuata un'analisi spaziale e temporale dei dati di spostamento del suolo (serie storiche) attraverso metodi statistici (e.s., statistica multivariata, trend-filtering, etc.) e correlazione con le serie storiche di altri fenomeni (estrazione di idrocarburi, re-iniezione acque di produzione, stoccaggio gas naturale; emungimento acque; piovosità) nonché con dati di sismicità, idrologici e di sottosuolo. Verranno inoltre sviluppati modelli previsionali della subsidenza per lo studio e la discriminazione dei processi che in maniera diversa contribuiscono alla subsidenza a terra e a mare con particolare attenzione al contributo indotto dalle attività di coltivazione e/o stoccaggio di idrocarburi e gas naturale, a scala di sito e regionale. Si prevede l'interpretazione e la cross-validazione dei risultati, anche attraverso l'individuazione e l'analisi di indici e parametri da monitorare per la caratterizzazione delle subsidenze. Parteciperanno all'attività: G. Pezzo, R. Devoti, L. Anderlini, M. Albano, D. Palano, M. Polcari, E. Serpelloni, E. Trasatti, F. Sparacino, M. Olivieri, V. Secreti e Lab. GEOSAR.

#### **Incendi boschivi ed il loro impatto sull'ambiente e la società**

Negli ultimi 15 anni è stato sviluppato un approccio multiscala-situ aereo satellite- per caratterizzare le fasi degli incendi utilizzando sensoristica multi/iperspettrale termica su ecosistemi mediterranei e "moorlands" Le attività previste intendono quantificare e caratterizzare l'impatto attraverso:

- Estensione degli studi su ecosistemi boreali e australi.
- Miglioramento, sviluppo e validazione di prodotti per: localizzazione del fronte di fiamma attivo, identificazione delle aree bruciate, fire severity, gas emessi.
- Utilizzo di nuovi sensori PRISMA-Sentinel1,2 3, 5P, ECOSTRESS, EnMAP.

Le attività saranno svolte in collaborazione con: Spacearth, IMAA-CNR, Vrije Uni.Amsterdam, Geoscienze Australia, Planetek, ASI. I risultati saranno oggetto di pubblicazioni e presentazione a workshop.

#### **Applicazioni innovative per l'imaging del sottosuolo**

Sperimentazione e applicazione di tecniche geofisiche speditive per la definizione di contrasti di conducibilità nel sottosuolo a piccola profondità: indagini preliminari all'apertura di trincee paleo-sismologiche, mappatura speditiva di siti inquinati da interrimento di rifiuti, individuazione di cavità ipogee a rischio sprofondamento in aree urbane (sperimentazione su alcune strade nel comune di Roma). Convenzioni in atto con Sovrintendenze che prevedono l'impiego delle più moderne ed efficaci tecniche di prospezione geofisica per la valorizzazione del patrimonio archeologico e storico-culturale. Attualmente ricerche in corso nella provincia di Viterbo (Grotte di Castro, Piansano), Parco Archeologico di Pompei, sito archeologico di Cannatello (AG).

Applicazione di metodologie geofisiche multiparametriche a supporto delle attività di monitoraggio e ricerca svolte dalla Struttura Terremoti dell'INGV per la caratterizzazione del sottosuolo in aree ad elevato rischio sismico.

Partecipano alle attività: Marco Marchetti, Vincenzo Sapia, Valerio Materni, Marta Pischiutta, Fabio Giannattasio, Luca Miconi, Matteo Migliari.

#### **Laboratorio di monitoraggio ambientale**

L'analisi del pattern radiometrico, ottenuto dall'acquisizione di dati di spettrometria gamma sia a terra (piattaforma ORPA – Osservatorio mobile Rilevamento Parametri Ambientali) che da elicottero, consente la produzione di mappe quantitative di radioattività. Tali studi ambientali e servizi sono essenziali per la caratterizzazione del territorio mediante definizione di fattori di rischio da esposizione a radiazioni ionizzanti. Mentre vi sono aree soggette a contaminazione radioattiva per circostanze legate a eventi di origine umana, è presente anche un rischio legato ad alti livelli di radioattività naturale. Qui interviene anche il Laboratorio di spettrometria gamma per le analisi di matrici fluide e solide, necessarie per vincolare i modelli di analisi radionuclidiche, nonché per la caratterizzazione di rocce e minerali in base alle famiglie di radionuclidi naturali.

#### **Sinkhole project**

Caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti interessati da sinkholes, fenomeni franosi e altri fattori di rischio territoriale valutabili nell'ambito del territorio di competenza della Città metropolitana di Roma Capitale. Progetto sviluppato nell'ambito del rinnovo della convenzione INGV-CMRC per il periodo 2018-2023.

#### **Rilievi geofisici per la caratterizzazione multiparametrica del territorio**

Questa attività è legata alle prospezioni geofisiche (geoelettrica, magnetismo terrestre, spettrometria gamma, elettromagnetismo a induzione ed altro) integrata con rilievi fotogrammetrici da piattaforme UAV radio controllate, per applicazioni in campo ambientale, geologico e archeologico.

2.

## Linea di Attività "Ricerca - Terremoti"



## Attività di Ricerca

**Dipartimento** Terremoti

**Area di Intervento:** Linea di Attività: "Ricerca - Terremoti"

**Data Inizio:** 1-1-2020 **Data Fine:** 31-12-2022

### a. Finalità e Obiettivi

La Linea di Attività "Ricerca Terremoti" ha tra i suoi obiettivi quello di promuovere attraverso un approccio multidisciplinare la ricerca e lo sviluppo tecnologico nei campi delle Geoscienze che riguardano il fenomeno terremoto s.l.

Il progetto scientifico della Struttura Terremoti mira allo sviluppo della ricerca di base e applicata, tra loro integrate e che traggono mutuo beneficio attraverso l'osmosi delle conoscenze tra un ambito e l'altro.

Le aree tematiche nelle quali si svilupperà la ricerca dipartimentale sono:

- **T1 Struttura della Terra**
- **T2 Deformazione Crostale Attiva**
- **T3 Sorgente Sismica**
- **T4 Sismicità dell'Italia**
- **T5 Sismologia, Geofisica e geologia per l'ingegneria sismica**
- **T6 Studi di Pericolosità Sismica e da Maremoto**
- **T7 Variazioni delle caratteristiche crostali e precursori**
- **T8 Sismologia in Tempo Reale**

La distribuzione dei mesi-persona nelle otto aree tematiche è riportata nella tabella seguente e nella Figura 1

Aree Tematiche Dipartimento Terremoti LdA "Ricerca - Terremoti"	Mesi/persona (m/p)	m/p in %
Struttura della Terra	232	14.0
Deformazione crostale attiva	290	17.5
Sorgente Sismica	129	7.8
Sismicità dell'Italia	280	16.9
Sismologia, geofisica e geologia per l'ingegneria sismica	206	12.4
Studi di pericolosità Sismica e da Maremoto	209	12.6
Variazioni delle caratteristiche crostali e precursori	154	9.3
Sismologia in tempo reale	157	9.5
Totale	1657	100.0

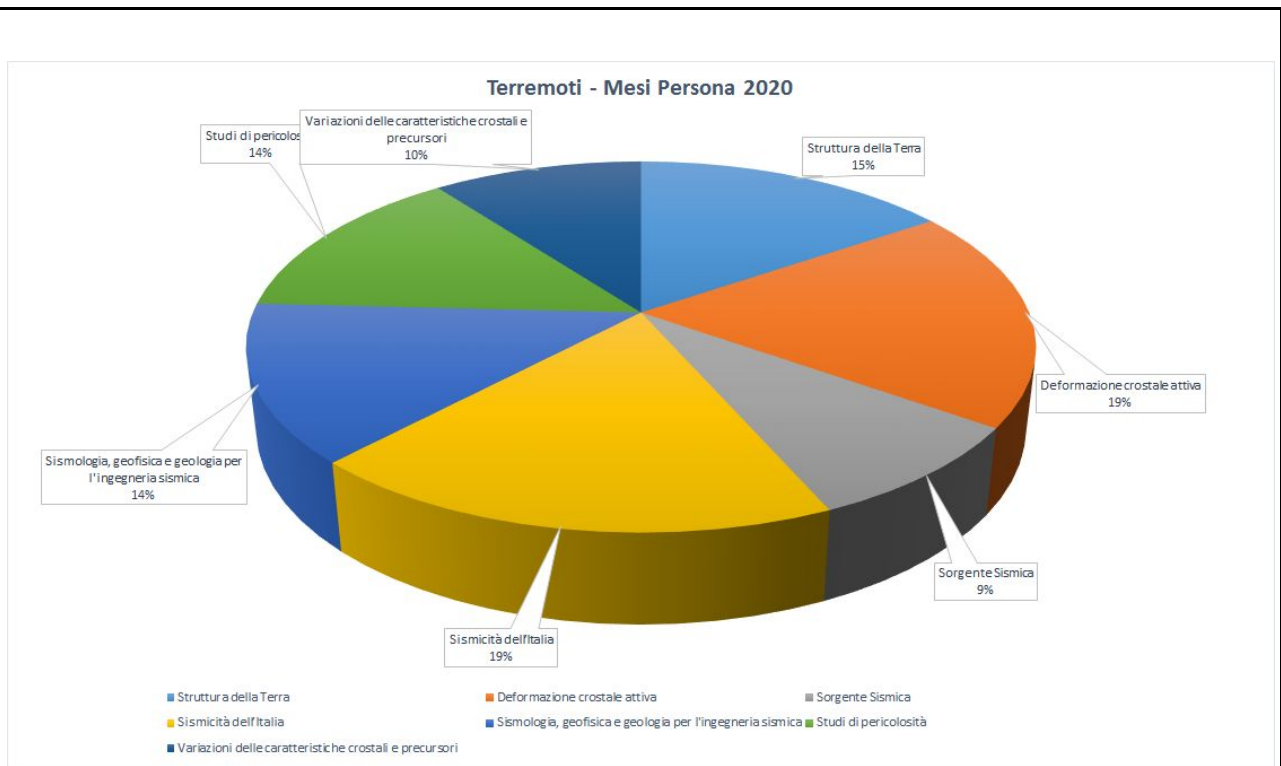


Figura 1. Distribuzione dei mesi-persona 2020 nelle diverse Aree tematiche della Linea di Attività "Ricerca - Terremoti".

La linea di Attività "Ricerca Terremoti" Include attività di ricerca finalizzate alla comprensione dei processi pre-sismici, co-sismici e post-sismici sui temi che spaziano dallo studio dei precursori, alla caratterizzazione della sorgente sismica, agli effetti prodotti e alla caratterizzazione geodinamica e geologica del contesto in cui si verificano. Questi studi si integrano con quelli a scala globale che hanno come obiettivo l'osservazione, la comprensione e modellazione dei fenomeni che governano la Terra Solida, dal suo interno alla superficie.

Il progresso scientifico è sempre meno riconducibile ad ambiti disciplinari monotematici e sempre più ad ambiti inter e multidisciplinari. L'attività del settore "Ricerca Terremoti" oltre ad essere a carattere multidisciplinare è anche trasversale alle attività sviluppate nei Dipartimenti Vulcani e Ambiente (si vedano le Tematiche di Ricerca Trasversali). All'interno delle aree tematiche individuate si integrano approcci metodologici classici basati su tecniche proprie della sismologia s.l., geologia, tettonica, geomorfologia, geodesia, geofisica e geochimica, ma che vengono poi trattati con modelli matematici e sperimentali, statistici e verificati anche con attività sperimentali di laboratorio.

Il coinvolgimento delle infrastrutture dell'Ente in queste attività di ricerca è fondamentale e imprescindibile. La valorizzazione e implementazione delle infrastrutture dell'ente, dalle reti e sistemi osservativi multiparametrici, ai sistemi di calcolo ad alte prestazioni (HPC), ai laboratori analitici e sperimentali, è quindi una priorità perché l'ente possa affrontare le grandi sfide scientifiche e produrre ricerca competitiva e all'avanguardia. In questo ambito, considerando il ruolo guida che i progetti EPOS e EMSO hanno nelle grandi infrastrutture europee, l'INGV ha l'opportunità di integrare le sue infrastrutture a livello europeo e di accrescerne il potenziale su cui basare la ricerca d'eccellenza.

La ricerca produce risultati scientifici di grande rilevanza che consentono il trasferimento di nuove conoscenze e nuove competenze verso la società anche tramite i servizi che l'ente nel suo ruolo di centro di competenza del Dipartimento della Protezione Civile può mettere a disposizione della Società. Al tempo stesso, le richieste che vengono dalla Società rappresentano un prezioso stimolo allo sviluppo di nuove ricerche e a nuove sfide tecnologiche. Pertanto le linee "Ricerca Terremoti" e "Servizi e Ricerca Terremoti" rappresentano settori contigui in continua osmosi.

I prodotti per eccellenza della Linea di Attività "Ricerca Terremoti" sono le pubblicazioni su riviste JCR. Nel 2019 la linea ha prodotto 154 pubblicazioni riferibili all'attività di ricerca del Dipartimento Terremoti, che rappresenta il 30%



della produzione scientifica dell'intero ente (Fig. 2); questo numero tuttavia è puramente indicativo poiché vari lavori sono trasversali anche agli altri Dipartimenti e/o Infrastrutture.

È tuttavia da notare che alcune Linee, pur avendo una limitata produzione scientifica, concorrono nel produrre dati necessari per le analisi pubblicate su riviste JCR sia da ricercatori dell'INGV che dalla comunità scientifica nazionale e internazionale.

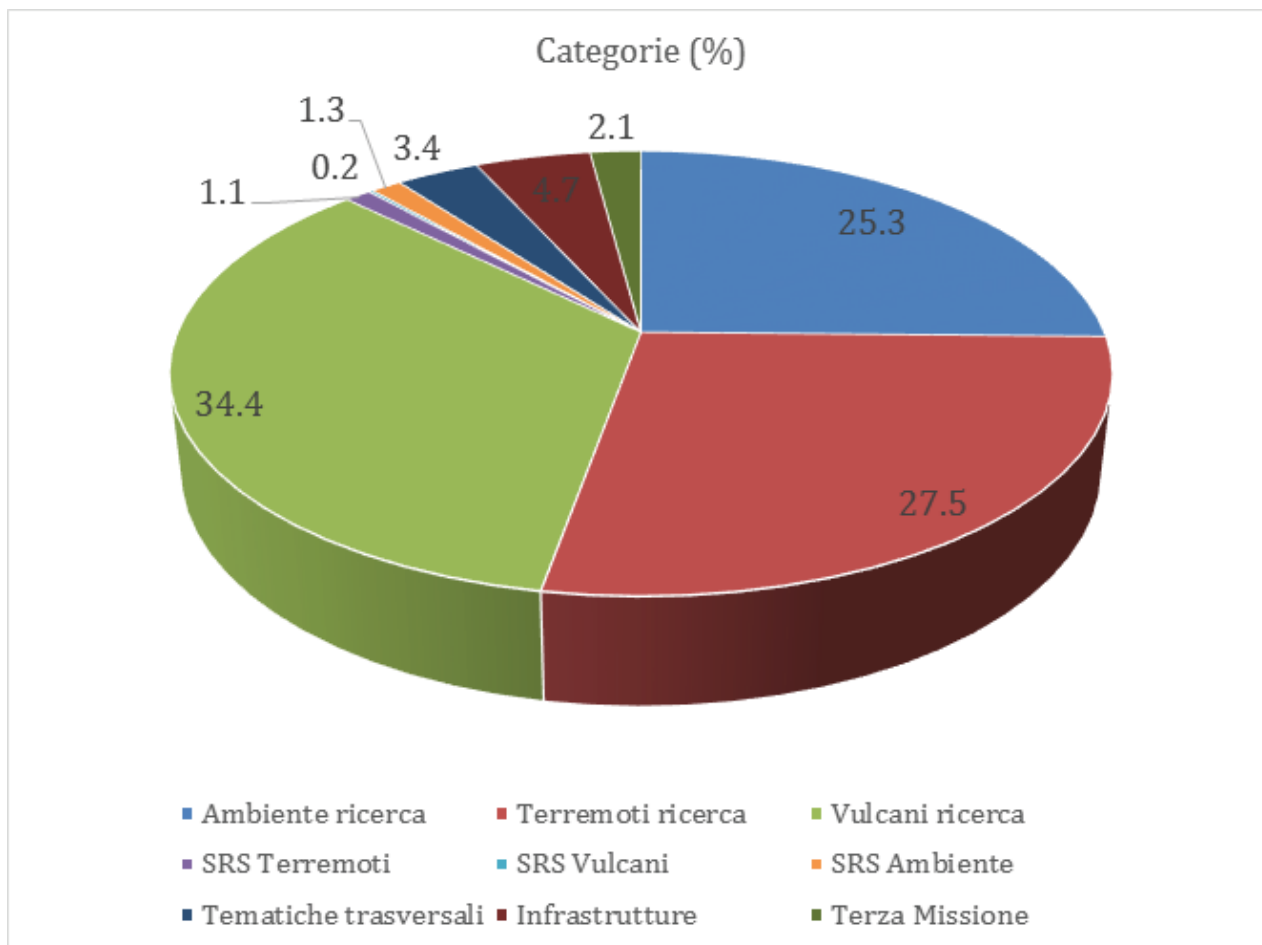


Figura 2 - Distribuzione percentuale delle pubblicazioni scientifiche JCR prodotte dai Dipartimenti Ambiente, Terremoti e Vulcani, dalle tematiche trasversali ai 3 Dipartimenti, dalle Infrastrutture di ricerca e dalle attività di Terza Missione dell'INGV nel 2019.

Analizzando la produzione scientifica 2019 in riferimento alle Aree tematiche di pertinenza della LdA "Ricerca Terremoti", si ottiene la distribuzione illustrata nel successivo grafico. Le pubblicazioni risultano suddivise in modo piuttosto omogeneo tra le Aree tematiche definite (in parte riflettendo la diversa distribuzione dei mesi-persona tra le aree), con la tematica "Sismologia, geofisica e geologia per l'ingegneria sismica" che raccoglie il maggior numero di pubblicazioni JCR.

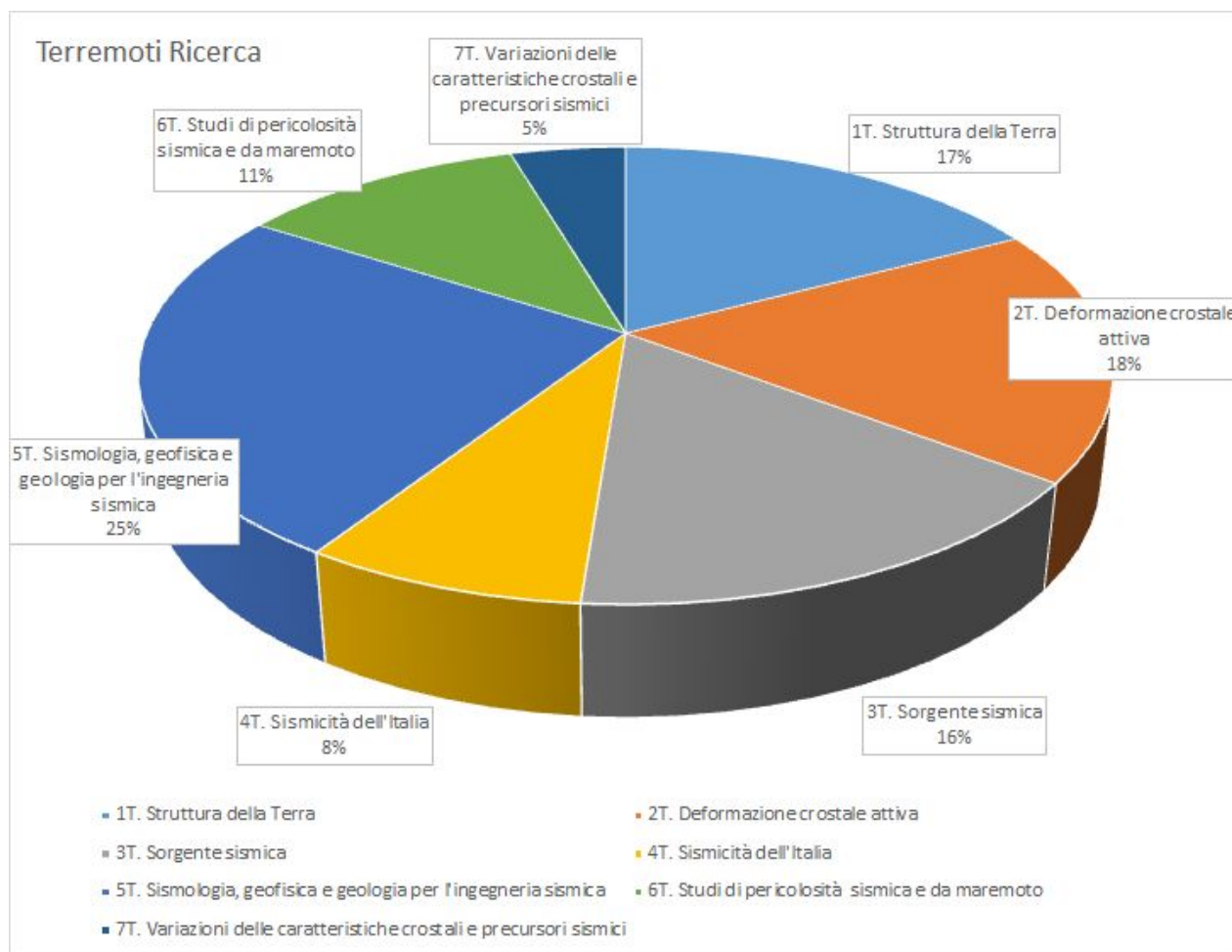


Figura 3. Distribuzione percentuale delle pubblicazioni scientifiche JCR prodotte dal Dipartimento Terremoti nel 2019, suddivise per Aree tematiche della LdA Ricerca.

Le attività di questa Linea, sono integrate anche da altre due tematiche trasversali con i Dipartimenti Vulcani e Ambiente: "ATV1 Studi per le Georisorse" e "ATV 2 Ricostruzione e modellazione della struttura crostale". Esse vengono descritte in una scheda comune ai tre dipartimenti.

All'interno della Linea Ricerca Terremoti vengono individuati tre **obiettivi strategici** di grande respiro su cui focalizzare le attività di ricerca nel corso del 2020, con prospettive di sviluppo nel biennio successivo. A raggiungimento di questi obiettivi concorrono anche le attività svolte all'interno delle Tematiche Trasversali (ATV). Tali obiettivi discendono da quelli individuati lo scorso anno; essi hanno un carattere di forte interazione multidisciplinare all'interno del Dipartimento Terremoti, e prevedono un esteso coinvolgimento delle infrastrutture. Al tempo stesso, nel lungo termine questi obiettivi potranno produrre un trasferimento di conoscenze e servizi i per la Società.

#### Obiettivo RT1: Struttura 3D dell'Italia

La ricostruzione dell'anatomia del nostro paese, dalla superficie terrestre al mantello. Un mosaico composto da piccoli e grandi tasselli, che descrivono anche un singolo aspetto o una piccola porzione di territorio e del suo sottosuolo che

si concretizza attraverso la sistematizzazione delle conoscenze attuali e lo sviluppo di nuove. Le metodologie utilizzate sono molteplici e spesso trasversali ai Dipartimenti. Contributi a questo obiettivo si hanno da molte delle tematiche di questa linea, fondamentale è certamente l'input che deriva dalla conoscenza e caratterizzazione della sismicità dell'Italia e dalla Tematica di Ricerca Trasversale ai Dipartimenti "Ricostruzione e modellazione della struttura crostale".

**Obiettivo RT2: Caratterizzazione della sorgente sismica dall'osservazione multiscala ai modelli numerici e agli esperimenti di laboratorio**

L'avanzamento scientifico e lo sviluppo tecnologico avvenuto negli ultimi decenni, nonché il consolidamento dell'INGV nel settore sismologico a livello mondiale hanno creato le condizioni per rendere possibile, attraverso le infrastrutture dell'Ente, la raccolta di una enorme mole di dati e osservazioni multidisciplinari e multi-scala sui terremoti, che costituiscono una opportunità unica per investigare la sorgente sismica in tutti i suoi aspetti, e comprenderne così i meccanismi.

**Obiettivo RT3: Nuove sfide per la comprensione del dove e quando avverrà il prossimo grande terremoto**

È uno dei temi classici della comunità scientifica sismologica, affrontato spesso con visioni e idee contrastanti che se messe a confronto potrebbero portare ad utili avanzamenti concettuali e metodologici. Questo obiettivo strategico vuole essere uno stimolo per i ricercatori dell'Ente ad intraprendere un percorso comune che includa approcci diversi e possa produrre prodotti innovativi con ricadute a beneficio della Società.

**b.**

**Contenuto Tecnico Scientifico**

In questo paragrafo vengono riportati in forma sintetica i contributi scientifici dei singoli ricercatori e tecnologi dell'INGV. La raccolta è avvenuta tramite un forum dedicato nel sito web delle Strutture di Ricerca dell'INGV. Le attività descritte sono state svolte nel corso del 2019 con prospettive di sviluppo anche negli anni seguenti.

**Struttura della Terra**

**Contributo alla fase preparatoria del Progetto AdriaArray - Understanding Plate Deformation of the Dissolving Adriatic Plate**

Stiamo contribuendo alla fase di ideazione, coordinamento e preparazione del progetto internazionale AdriaArray, il cui obiettivo è la comprensione della deformazione attiva della placca Adriatica. Si tratta di un nuovo progetto di sismologia osservazionale a larga scala che trae vantaggio dal successo e dall'esperienza organizzativa, cooperativa e scientifica acquisita nel corso del precedente progetto AlpArray. AdriaArray sarà un progetto multidisciplinare in quanto affiancherà all'imaging sismico una serie di attività quali misure geodetiche, indagini strutturali, modellazione geodinamica. L'INGV, con le sue reti permanenti sismica e geodetica, il suo parco strumentale di stazioni mobili, le sue consolidate collaborazioni scientifiche e per lo sviluppo infrastrutturale con gli altri partecipanti europei (e in particolare dei Paesi Balcanici), è un partner essenziale e strategico per la realizzazione del progetto.

Collaboratori: Claudia Piromallo, Irene Molinari, Luisa Valoroso, Peter Danecek, Aladino Govoni, Nicola D'Agostino, Salvatore Mazza.

**Caratterizzazione della sismicità delle zone di subduzione a scala globale**

Questo studio sulle zone di subduzione a scala globale si basa sull'analisi della sismicità di  $M_w \geq 5.5$  riportata dai cataloghi GEMS e CMT a partire dal 1976. Abbiamo sviluppato una procedura che, operando su transetti perpendicolari al trench, consente di classificare gli eventi di ogni zona di subduzione nelle tre categorie: interplate, intraslab e upper plate. Per ogni transetto e per ciascuna di queste categorie ricaviamo i principali parametri sismici (ad es. magnitudo massima, numero di eventi, momento sismico cumulato) che, analizzati sistematicamente insieme ad una serie di parametri geofisici e geologici legati alla subduzione (tra cui parametri cinematici relativi alle placche ed agli slab, parametri termici, spessore dei sedimenti al trench, etc.), consentono di ritrarre le caratteristiche globali della sismicità delle zone di subduzione e di rivelare ed approfondire possibili relazioni di causa-effetto tra coppie o gruppi di parametri.

Partecipanti: Arnaud Heuret, Claudia Piromallo, Francesca Funicello, Fabio Corbi.

### **Studio della zona di transizione del mantello a scala regionale (Argentina-Cile) tramite le fasi convertite Ps (receiver functions)**

Oggetto di studio è la zona di transizione in corrispondenza della regione di flat-subduction in Cile-Argentina tramite l'analisi delle fasi Ps convertite alle discontinuità del mantello e registrate da circa 100 stazioni. L'obiettivo è investigare le proprietà sismiche delle discontinuità del mantello (410, 660) a scala regionale per vincolare le caratteristiche dello stato termico e/o della composizione mineralogica della zona di transizione. In particolare esploriamo la dipendenza delle osservazioni dalla frequenza per poter meglio determinare lo spessore delle discontinuità.

Partecipanti: Luciana Bonatto, Claudia Piromallo, Sanne Cottaar.

### **Studio delle discontinuità della crosta e del mantello superiore delle Alpi occidentali con le P e S receiver functions applicate ai dati AlpArray**

Lo Studio è focalizzato sui dati registrati da un gruppo di stazioni permanenti e temporanee (AlpArray) nell'area delle Alpi occidentali. La metodologia prevede un calcolo accurato non automatico delle P e S receiver functions. Per ogni stazione viene calcolato un profilo di velocità delle onde P ed S fino a circa 300 km di profondità con un metodo di ottimizzazione globale di inversione congiunta delle P e S receiver functions. L'obiettivo è ricostruire l'andamento della Moho e della LAB in un'area che include il corpo d'Ivrea. Quest'area è particolarmente interessante data la possibile esistenza di tre differenti litosfere.

Gruppo di lavoro: Francesco Frugoni, Stephen Monna, Caterina Montuori, Claudia Piromallo.

### **Tomografia della crosta terrestre da ellitticità delle onde di Rayleigh**

Negli ultimi anni abbiamo assistito allo sviluppo di nuovi metodi per lo studio della crosta terrestre basati sullo studio dell'ellitticità delle onde di Rayleigh. Questo parametro, definito come il rapporto tra l'ampiezza della componente verticale e orizzontale dell'onda di Rayleigh, permette di avere informazioni sulla struttura crostale sottostante alla stazione ricevente senza bisogno di network estesi. Ci proponiamo di sviluppare la tecnica di misura da rumore sismico al fine di renderla sufficientemente robusta da diventare complementare ad altri approcci ormai consolidati, come la tomografia da correlazioni di rumore sismico. Ci proponiamo di studiare la crosta nell'area estesa delle Alpi, utilizzando la massiccia quantità di dati prodotta dal network AlpArray. Inoltre, parallelamente, svilupperemo progetti su altre aree di studio grazie a collaborazioni esterne, in particolare con Glenn Jones e Ana Ferreira (University College London, UK) che si occuperanno della struttura crostale della Groenlandia e con Laura Parisi e Martin Mai (Kauai, Arabia Saudita) che studieranno la struttura intorno allo Ngorongoro Ridge, in Tanzania.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste scientifiche, partecipazioni a convegni

Partecipanti: Andrea Berbellini, Andrea Morelli.

### **Tomografia anisotropa e geodinamica**

Le anomalie termo-petrologiche delle attuali immagini tomografiche del mantello terrestre sono potenzialmente affette dall'anisotropia che viene normalmente trascurata nell'inversione di dati sismologici. Considerata la presunta diffusa e significativa presenza di anisotropia del mantello, questa debolezza rappresenta una potenziale criticità per le interpretazioni dei modelli in ambito geodinamico. Qui proponiamo di sviluppare una metodologia che superi l'attuale stato dell'arte combinando modellazione geodinamica assieme a metodi di inversione sismica per costruire modelli tomografici che includano le previsioni fornite dalla modellazione petrologica e termo-meccanica per scomporre le anomalie di velocità sismica nelle componenti isotropa (di origine petrologica e termica) ed anisotropa (indotta meccanicamente). Come principale risultato, ci aspettiamo di fornire robuste interpretazioni della struttura profonda e dell'evoluzione tettono-magmatica di diverse ambienti tettonici. In particolare studieremo le zone di subduzione del Mediterraneo e Cascadia dove, nonostante la significativa disponibilità di dati sismici, esistono ancora notevoli incertezze sulla struttura e l'evoluzione tettonica.

Attività condotta nell'ambito del progetto ERC NEWTON coordinato da M. Faccenda (U. Padova).

Prodotti attesi: pubblicazioni su letteratura scientifica, presentazioni a convegni.

Partecipanti: A. Morelli, I. Molinari.

### **Autocorrelazione di rumore sismico**

L'analisi e l'utilizzo del rumore sismico per ricostruire la struttura terrestre hanno visto un enorme sviluppo nelle due passate decadi, soprattutto in connessione a metodi di correlazione applicati a coppie di stazioni sismografiche. È stato tuttavia mostrato che la tecnica dell'auto-correlazione della serie temporale di rumore ambientale registrata da una singola stazione può fornire la risposta sismica del mezzo sottostante. Nonostante sia stata sinora poco sfruttata

a causa di maggiori difficoltà nell'analisi ed interpretazione, l'auto-correlazione di rumore sismico rappresenta un approccio alternativo all'interferometria più classica e fornisce informazioni complementari sul mezzo. Qui proponiamo di applicarla alla estesa mole di dati disponibili per l'area alpina estesa, per ricavare informazioni sulla struttura della crosta e del mantello superiore.

Prodotti attesi: pubblicazioni su letteratura scientifica, presentazioni a convegni.

Partecipanti: A. Morelli, T. Ashruf (UniBo).

### **Struttura 3D della litosfera a scala regionale da rumore sismico**

Dalla correlazione il rumore sismico registrato a coppie di stazioni è possibile ottenere la funzione di Green del mezzo di propagazione e dunque importanti informazioni sulla struttura della litosfera. La misura di parametri come la velocità delle onde di superficie a diversi periodi permette l'applicazione di tecniche tomografiche per ottenere mappe di dispersione delle onde di superficie e, dall'inversione di queste, modelli 3D anisotropi del mezzo. Applicazioni a scala europea (AlpArray), nazionale e regionale (Alpi dell'Est, placca Adriatica, Italia).

Prodotti: articoli scientifici, partecipazioni a convegni

Personale: Irene Molinari, Maurizio Vassallo, Andrea Morelli, Fabrizio Cara, Giuseppe Di Giulio, Gaetano Festa.

### **Proprietà fisiche della crosta dai dati di pozzo**

Analisi dei dati dei log di pozzi profondi per ricavare alcune caratteristiche fisiche dei primi chilometri di crosta. Continueremo ad analizzare i log sonici disponibili per determinare le velocità delle onde sismiche, e di conseguenza le densità, nelle varie unità litologiche. Potremo quindi stimare con maggiore attendibilità la grandezza dello sforzo verticale, utile per la caratterizzazione completa delle tre componenti principale del tensore di sforzo. In particolare, ci dedicheremo all'analisi di tali dati in Italia meridionale.

### **IMAGINE\_IT – Modello 3D full-waveform della litosfera Italiana**

Il progetto PRACE "IMAGINE\_IT" ha lo scopo di sviluppare un nuovo modello 3D della litosfera Italiana ad alta risoluzione che sia di riferimento per studi sulla propagazione del campo d'onda sismico e della sorgente.

Il progetto sfrutta la combinazione di un codice ad elementi spettrali (SPECFEM3D, Peter et al., [2011]), ad elevata accuratezza ed efficienza computazionale, per la simulazione numerica del campo d'onda, e metodi adjoint [Tromp et al., 2005] per la tomografia 3D full-waveform.

Il principale vantaggio è utilizzare forme d'onda complete accuratamente simulate in 3D per vincolare l'inversione tomografica ottenendo quindi un'immagine della struttura litosferica più attendibile e ad alta risoluzione.

I risultati saranno pubblicati su riviste JCR e presentati a convegni internazionali.

Collaboratori: Federica Magnoni, Emanuele Casarotti, Raffaele Di Stefano, Maria Grazia Ciaccio e altri ricercatori internazionali.

### **Studio dell'attenuazione intrinseca e per scattering in Sicilia orientale**

Applicazione di tecniche basate sul modello di diffusione per la definizione di immagini 2-D dell'attenuazione intrinseca e per scattering in Sicilia orientale allo scopo di correlare le eterogeneità strutturali e i processi di attenuazione del mezzo.

Sono previste pubblicazioni e partecipazioni a convegni.

Partecipanti alle attività: E. Giampiccolo, T. Tuvè, G. Di Grazia.

### **Interpretazione delle caratteristiche del sismogramma tra effetti crostali ed effetti di sito**

Lo studio in oggetto ha come obiettivo l'interpretazione della presenza di un pacchetto a bassa frequenza identificato all'interno di un sottoinsieme di registrazioni sismiche raccolte durante la sequenza sismica del centro Italia 2016-2018 da alcune stazioni della rete temporanea 3A installate nel territorio del comune di Amatrice.

Partecipanti: Daniela Famiani, Giovanna Cultrera, Alessia Mercuri, Maddalena Michele e Maurizio Vassallo.

### **Stima gravimetrica della Moho Italiana**

Nel corso del 2020 ci si propone di calcolare un modello di Moho per l'intero territorio italiano, bacini marini compresi, utilizzando misure di gravità a terra ed eventualmente informazioni gravimetriche dedotte da modelli globali di gravità.

Prodotti attesi: articolo scientifico, modello digitale delle profondità della Moho

Contributo da: Alessandra Borghi, in collaborazione con il prof. Riccardo Barzagli (PoliMI).

### **Parametri di attenuazione crostale**

Sviluppo di tecniche di inversione dati sismologici per lo studio delle variazioni dei parametri di attenuazione crostale in diversi contesti sismotettonici. Loro validazione con modelli presenti in letteratura e interpretazione dei risultati in chiave geofisica.

Sono previste pubblicazioni e partecipazioni a convegni.

Partecipanti alle attività: P. Bordoni, J. A. Haines (GNS Science).

### **Anisotropia sismica del mantello per la caratterizzazione dei processi geodinamici**

Lo studio delle proprietà fisiche del mantello in zone di subduzione e collisione è fondamentale per la caratterizzazione dei processi geodinamici: un ruolo importante ha lo studio dell'anisotropia sismica nel mantello. Nel 2020 ci si propone l'obiettivo di analizzare le proprietà anisotropiche del sistema litosfera/astenosfera nell'area Italiana e non solo in particolare Alpina (progetti CIFALPS2 e ALPARRAY), Adriatica e Balcanica (progetto CASE ed ADRIA Array), fino all'Iran. Il pattern delle misure di anisotropia verrà quindi confrontato con la struttura dell'interno della Terra e il campo di deformazione osservato in superficie al fine di comprendere le relazioni esistenti tra crosta fragile, litosfera e mantello durante l'orogenesi e la collisione continentale.

Partecipano a questi studi: Paola Baccheschi, Simone Salimbeni, Silvia Pondrelli, Francesco Pio Lucente, Lucia Margheriti ed altri colleghi.

### **Intensità dell'anisotropia sismica**

Per descrivere nel modo più accurato possibile le proprietà fisiche del mantello e della litosfera, assume un ruolo importante lo studio dell'anisotropia sismica del mantello come strumento per la definizione accurata dei rapporti tra la dinamica a grande scala e le strutture locali. L'anisotropia sismica misurata dalle SKS ha messo a disposizione un'enorme quantità di dati sulla deformazione mantellica, non risolvendo però l'incertezza sulla sua distribuzione con la profondità. Avendo a disposizione dati sismologici adatti (es. AlpArray) si vuole procedere con l'analisi dell'intensità dell'anisotropia, tecnica che apre la possibilità alla risoluzione di quest'incognita.

Contributo da: Pondrelli S., Baccheschi P. e Salimbeni S. in collaborazione con M. Faccenda (UniPD).

### **Mantle degassing in collisional systems**

Il degassamento di fluidi dal mantello terrestre verso l'atmosfera in aree continentali e in assenza di vulcani permette di avere informazioni fondamentali per lo studio della tettonica crosta-mantello a scala regionale e sul ruolo delle faglie nel trasferimento dei fluidi (diffusione vs. advezione). L'utilizzo della geochimica dei gas nobili e della CO<sub>2</sub> ha permesso di identificare che, in aree caratterizzate da una tettonica distensiva, la sorgente di questi fluidi è da ricercare in accumuli di magma all'interfaccia crosta-mantello o successive intrusioni nella crosta. Tuttavia resta ancora molto da fare per definire l'origine dei fluidi mantellici in ambienti convergenti, come i margini di sutura tra le placche. L'obiettivo di questa attività è appunto quella di studiare l'origine e il ruolo dei terremoti nel trasferimento dei fluidi mantellici in questi ambienti geodinamici. Questo studio può anche fornire nuove conoscenze per meglio vincolare il degassamento di CO<sub>2</sub> in aree continentali anche in assenza di vulcani. Gli strumenti utilizzati sono la geochimica dei gas nobili e degli isotopi stabili.

I prodotti attesi sono pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali e la partecipazione a congressi.

Lo studio è condotto in collaborazione con università nazionali (es., Università di Palermo) ed internazionali (es., Università di Tokyo e di Tianjing) ed enti di ricerca internazionali (es., Institute of Earthquake Forecasting, IEF, Cina).

### **Deformazione e magmatismo durante estensione continentale**

Metodi e sviluppo: la deformazione continentale in margini divergenti è spesso associata a magmatismo (e alla sua espressione superficiale, il vulcanismo) e a intensa sismicità. L'interazione tra i due processi è ben testimoniata nel Rift Etiopico e lungo East African Rift System dove le complesse relazioni tra meccanismi di trasferimento di calore e stress nella crosta determinano l'assetto geodinamico del sistema. In particolare si studieranno le relazioni spaziali tra vulcanismo (campi vulcanici) e deformazione (sismicità e faglie) in aree caratterizzate da differenti stadi di rifting e nelle zone di propagazione del rift.

Prodotti previsti: pubblicazione di articoli in riviste IF

## **Deformazione crostale attiva**

### **Caratterizzazione sismotettonica dell'Appennino centrale**

Si intende procedere alla stima dello slip rate e relativo errore per le faglie sismogeniche dell'Appennino centrale tramite misure geodetiche, rilevamento geologico, analisi morfo-strutturali, acquisizione di profili topografici di dettaglio e modellazione agli elementi finiti. Il modello di lungo termine sarà successivamente usato per la determinazione della reologia crostale, della transizione fragile duttile e del rateo di sismicità atteso sul lungo termine.

Vanja Kastelic, Deborah Di Naccio, Arianna Pesci, Cinzia di Lorenzo, Vincenzo Sepe, Alessandro Galvani, Grazia Pietrantonio, Michele M. C. Carafa.

### **Rilevazione di dislocazione tettonica ed evoluzione geomorfologica del near-fault attraverso LiDAR e SfM**

Ricostruzione ad alta risoluzione di topografia 4D del near-fault attraverso rilievi time-lapse SfM e LiDAR sia aerei che terrestri. Obiettivi: 1) documentare l'anatomia pre-evento sismico delle scarpate di faglia attiva; 2) monitorarne l'evoluzione a breve termine; e 3) ricostruire la deformazione cosismica nel near-fault, documentando scarpate di faglia post-evento. Ciò consente l'identificazione e mappatura dettagliata della geometria delle faglie e dei markers geologici/geomorfologici dislocati; la documentazione post-terremoto delle caratteristiche cosismiche nelle zone di faglia e della distribuzione della deformazione nelle aree soggette a fagliazione superficiale; il monitoraggio in dettaglio dell'evoluzione morfologica di nuove rotture cosismiche durante le fasi post-sismiche e intersismiche; la costruzione di modelli di deformazione attraverso interferometria pre-/post-terremoto; il monitoraggio multi-temporale a lungo termine per analisi quantitative di morfoevoluzione del near-fault dovuti a processi esogeni.

S. Pucci, R. Civico, A. Pesci, C.A. Brunori, D. Pantosti, F. Villani, P.M. DeMartini, F. Cinti.

### **Dati di stress attivo**

Continueremo ad ampliare i dati di stress attivo presenti nel database IPSI (Italian Present-day Stress Indicators), riferiti alle orientazioni delle componenti principali di sforzo sul piano orizzontale. Sicuramente saranno analizzati i dati relativi ai meccanismi focali dei terremoti più recenti con le caratteristiche richieste per essere inseriti nel database. Analizzeremo anche dati relativi agli altri indicatori di stress qualora ne fossero disponibili di nuovi, ad esempio borehole breakout e faglie. In particolare cercheremo di aumentare il numero di informazioni nelle aree più carenti e in quelle con maggior complessità che richiedono un maggior dettaglio.

### **Misura delle deformazioni lungo versanti di faglia attivi**

Con l'obiettivo di:

- 1) studiare l'evoluzione geomorfologica del near-fault ed intercettare cambiamenti ambientali nella fase intersismica;
- 2) monitorare versanti interessati da faglie attive mediante l'installazione di piattaforme multisensore terrestri fisse, è previsto il monitoraggio di:
  - spostamenti superficiali con tecniche multitemporali di interferometria terrestre
  - cambiamenti superficiali mediante sensori ottici multispettrali.

Le piattaforme osservano in continuo o discretamente i cambiamenti utilizzando sistemi di rilevamento satellitare degli spostamenti al sensore (corner-reflector per l'interferometria satellitare o sensore CGPS). Le aree osservate saranno studiate anche attraverso tecniche LiDAR e SfM. Un primo test (interferometria terrestre) è stato effettuato nell'area Vettore Redentore.

Obiettivi attesi: Standardizzazione dei sistemi hardware & software; Pubblicazioni scientifiche.

Partecipanti: Brunori, Govoni, Cinti.

### **Indagini microstrutturali su piani di taglio in roccia**

L'Appennino centrale è caratterizzato dalla presenza di evidenti piani di taglio in roccia che rappresentano l'espressione in superficie di diversi meccanismi di deformazione: processi di fagliazione attiva, meccanismi di tettonica gravitativa, deformazioni gravitative profonde di versante. Questi meccanismi enucleano a differenti profondità, a diverse condizioni di temperatura e pressione e si sviluppano con differenti tassi di deformazione. Tali differenze possono lasciare sulle rocce carbonatiche una traccia permanente a livello microstrutturale. Allo scopo di distinguere i processi geologici che hanno determinato la formazione e l'esposizione dei piani di taglio in roccia è in corso la caratterizzazione sistematica microanalitica dei campioni prelevati su diversi piani di faglia in zone

caratterizzate da condizioni deformative note da letteratura. Le microstrutture sono state analizzate in microscopia elettronica a scansione (FESEM - Field Emission Scanning Electron Microscope e EMPA – Electron Microprobe Analyzer), accoppiando tecniche di imaging con dati microanalitici (chemical mapping). Le microstrutture rilevate sui campioni naturali saranno comparate con quelle presenti nel database di esperimenti effettuati con l'apparato rotary shear (SHIVA - Slow to High Velocity Apparatus) su rocce carbonatiche e con nuovi esperimenti di laboratorio. La comparazione è utile allo scopo di individuare le condizioni di deformazione che hanno prodotto quel particolare dato microstrutturale in termini di potenza (shear-stress\*velocità), temperatura, pressione e velocità.

La caratterizzazione sistematica delle microstrutture dei piani di taglio in roccia può divenire un valido strumento per discriminare e valutarne l'attività in termini di deformazione attiva. Tale approccio, integrato con le indagini applicate allo studio della geologia del terremoto (paleosismologia, geologia del Quaternario e geomorfologia), punta a fornire nuove informazioni sull'attività tettonica in corso, sulla caratterizzazione geometrica e cinematica dei sistemi di faglie attivi e sulle valutazioni dei rischi legati delle fragilità territoriali riconducibili alla presenza di deformazioni gravitative profonde di versante. Potranno essere di conseguenza introdotti nuovi criteri per la realizzazione della mappa delle faglie attive su scala nazionale.

Partecipanti: Moro, Saroli, Di Toro, Gori, Falcucci, Fondriest, Doumaz, Del Rio, Spagnuolo, Galadini.

#### **Studio della cinematica e delle deformazioni nell'area italiana**

L'analisi di serie temporali GNSS permette di studiare la cinematica e l'andamento delle deformazioni a varie scale. Le deformazioni possono essere di origine tettonica oppure possono essere indotte da fenomeni idrologici e meteorologici. Questi possono essere sia eventi estremi, di breve termine, come piogge intense, oppure anche di lungo termine con periodicità pluriennali, tipicamente dovuti a processi climatologici di grande scala. È necessario quindi cercare di distinguere tutte queste segnature nelle serie temporali, al fine di separare il segnale tettonico sia di lungo termine, sia quello eventualmente presente nelle fase preparatoria di eventi sismici.

#### **Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)**

La comprensione della sismogenesi si avvale di numerosi studi, sia concentrati su singole strutture che su sistemi di faglia estesi. Vengono anche esplorati meccanismi tettonici poco evidenti e dunque poco noti, in grado di offrire un'interpretazione innovativa su crisi sismiche di ampia portata spaziale e cronologica. Utilizzando dati di natura diversa (geologici, geomorfologici, sismometrici, geodetici, storici) le singole strutture vengono riconosciute responsabili di terremoti già noti, mentre ai sistemi di faglia viene attribuito un potenziale sismogenetico. Questo approccio è alla base del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), che esplora la sismogenesi del territorio nazionale e del Mediterraneo centrale sia grazie a osservazioni originali, sia attraverso il riesame sistematico di informazioni di letteratura.

Partecipano alle attività gli afferenti al DISS Working Group: Roberto Basili, Pierfrancesco Burrato, Michele M.C. Carafa, Deborah Di Naccio, Umberto Fracassi, Vanja Kastelic, Francesco E. Maesano, Gabriele Tarabusi, Mara M. Tiberti, Roberto Vallone, Gianluca Valensise, Paola Vannoli.

#### **Studi morfotettonici per la caratterizzazione della deformazione attiva**

La deformazione della superficie terrestre, cosismica o lenta, è uno degli effetti permanenti dell'attività delle grandi faglie crostali; la sua distribuzione, segno ed entità è funzione diretta della geometria e cinematica delle faglie stesse. Gli studi morfotettonici analizzano e cercano di quantificare mediante l'identificazione di opportuni marker l'impronta lasciata nel paesaggio dall'attività tettonica, così da poter caratterizzare le strutture oggi attive. Studi di morfotettonica quantitativa svolti alle diverse scale sono condotti mediante l'analisi multidisciplinare del paesaggio e dei sistemi sedimentari e geomorfologici, anche attraverso indagini di terreno, nelle principali zone attive dell'area mediterranea. Tali studi contribuiscono alla parametrizzazione delle faglie-sorgente dei principali terremoti. A loro volta queste informazioni sono utilizzate come dati di input per gli studi di pericolosità sismica e da maremoto. Queste attività sono condotte nell'ambito di diversi progetti di ricerca e collaborazioni con ricercatori di altri enti di ricerca e università.

Partecipano alle attività Ricercatori afferenti a diverse sedi dell'INGV.

#### **Studi di tettonica attiva nell'offshore e in aree marine costiere**

Attività di studio e ricerca condotte nell'offshore e in aree marine costiere per l'identificazione e caratterizzazione di sistemi di faglie attive e per la valutazione dei pericoli naturali. Queste attività includono sia l'acquisizione di nuovi dati attraverso campagne oceanografiche, sia l'interpretazione di dati geofisici disponibili pubblicamente o forniti da enti esterni. Queste analisi contribuiscono alla parametrizzazione delle faglie sorgenti dei terremoti principali e a loro volta



queste informazioni sono utilizzate come dati di input per gli studi di pericolosità sismica e da maremoto. Esse sono condotte nell'ambito di diversi progetti di ricerca e collaborazioni con Ricercatori di altri Enti di Ricerca e Università. Partecipano alle attività Ricercatori afferenti alle diverse Sedi dell'Ente.

#### **Passaggio fragile duttile in laboratori geologici naturali**

Metodi e sviluppo: Il passaggio fragile duttile (BDT) nella crosta governa lo sviluppo delle strutture fragili, la loro distribuzione spaziale e la loro interazione. La profondità e lo spessore del BDT hanno un ruolo importante nella ripartizione e trasferimento della deformazione e dello sforzo (differenze tra momento sismico e momento geodetico) nella crosta. Lo studio geologico di dettaglio di analoghi naturali esumati (sezioni crostali) permetterà di aggiungere importanti vincoli geometrici, cinematici e dinamici alla definizione di questo limite meccanico/reologico crostale. Prodotti previsti: pubblicazione di articoli in riviste IF.

### **Sorgente Sismica**

#### **Modelli di sorgente sismica da misure di deformazioni crostale**

Lo studio delle deformazioni crostali associate alle fasi pre- co- and post-sismiche costituisce un elemento fondamentale per l'identificazione e la parametrizzazione delle sorgenti sismogenetiche in tutte le loro fasi di attività. Si prevede quindi lo sviluppo di modelli volti a studiare l'attività delle sorgenti sismiche in relazione al contesto tettonico regionale vincolato da dati geodetici e geologici. In particolare verranno sviluppati modelli analitici e numerici in grado di riprodurre le deformazioni crostali al fine di riconciliare l'attività sismica registrata (strumentale e storica) e le deformazioni osservate, unitamente alla ricostruzione del campo di sforzo attivo. Si prevede inoltre l'automazione della generazione di prodotti legati alla sorgente finita (con modellazione diretta/inversa di dati sismologici e geodetici, nonché calcolo rapido di trasferimento di stress anche in relazione a sorgenti sismiche esistenti) in concomitanza con eventi sismici nazionali ed internazionali al di sopra di soglie predefinite, con possibilità di integrazione degli stessi nelle pagine <http://terremoti.ingv.it/> allo scopo di rendere fruibile ad esperti e non modellazioni in tempo quasi reale degli effetti di eventi sismici.

Contributi geologici e sperimentali contribuiranno a completare il quadro geofisico delle aree studiate.

#### **Calcolo del tensore momento sismico e sviluppo di nuovi modelli di velocità regionale**

L'Italia è nota per essere un paese sismicamente attivo, con terremoti confinati prevalentemente nel volume crostale a comportamento fragile; la maggior parte delle sequenze sismiche (e.g. L'Aquila 2009, Ferrara 2012 e Amatrice-Visso-Norcia 2016) infatti sono localizzate a profondità non superiori ai 30 km. Il reale bisogno di avere informazioni rapide sulle caratteristiche del terremoto è cresciuto negli anni recenti e il calcolo del tensore momento sismico, associato all'utilizzo di un modello di velocità regionale, mostra grandi potenzialità per migliorare la nostra conoscenza sulla tettonica, sulla sismicità regionale e sulla complessità del campo di stress, nonché sul processo sismogenetico e di rottura delle faglie.

Attraverso l'utilizzo di un modello di velocità regionale (nnCIA - Herrmann et al., [2011]) siamo in grado di fornire soluzioni focali in quasi real time per eventi di  $M > 2.8$  che avverranno in Appennino Centrale e con una magnitudo minima più elevata nelle diverse regioni italiane.

Per il calcolo di un corretto meccanismo focale è infatti necessario disporre di un modello di velocità regionale sviluppato ad hoc; da questo nasce l'esigenza di sviluppare nuovi modelli che siano in grado di simulare le caratteristiche del mezzo interessato per alcune nuove regioni del territorio italiano.

Durante le emergenze provvederemo a dotare l'Unità di Crisi INGV di tutte le informazioni ottenute in formato riassuntivo. Partecipanti: Irene Munafò e Luca Malagnini.

#### **Cartografia degli effetti della sorgente sismica**

La cartografia degli effetti di un terremoto è un'attività classica della sismologia. Oggi per esempio, prodotti come "Shakemap" sono utilizzati a fini di protezione civile per determinare le zone con maggior effetti.

Ma da un punto di vista di studioso della sorgente sismica, queste mappe non sono molto soddisfacenti perché naturalmente mettono in risalto più gli effetti di propagazione che gli effetti legati alla sorgente sismica.

Questa linea di attività usa i principi della cartografia degli effetti del terremoto, tramite una scelta particolare dei parametri di interesse ed un trattamento semplice del dato, per mettere in risalto dopo un terremoto parametri della sorgente sismica come il meccanismo focale e la direzionalità.

### **Rotture cinematiche su faglie non planare**

La rottura sismica è molto complessa. È un processo dinamico spazio temporale multi dimensionale e la sua modellazione necessita sempre una semplificazione.

Oggi, grazie ai sviluppi tecnologici con computer sempre più potenti ed a sviluppi teorici, la simulazione della sorgente sismica è lontana dal modello cinematico puntiforme di 30 anni fa, agli albori di questa disciplina. Oggi giorno, i modelli sono dinamici o cinematici su sistemi di faglie complesse. Queste modellazione vanno nel dettaglio del processo di rottura sul piano di faglia ed usano delle distribuzione statistiche di parametri della sorgente come lo sforzo, la dislocazione o la velocità di rottura.

Questo piano di faglia anch'esso non è più piano ma è una superficie irregolare (un manifold). Plasmare una data distribuzione statistica "2 point" su queste superficie è tecnicamente difficile. Questa linea di ricerca utilizza principi di geometrie computazionale per introdurre, nella modellazione cinematica, delle faglie con superfici irregolari.

### **Calcolo dei momenti tensori con modelli di velocità 3D e studio delle incertezze associate ai parametri stimati**

Per l'anno 2020 produrremo un catalogo di Momenti Tensori per i terremoti della sequenza dell'Appennino Centrale con magnitudo maggiore di 4 utilizzando il modello di velocità 3D IMAGINE [Casarotti et al., 2016].

Confronteremo i parametri di sorgente stimati con quelli ottenuti per gli stessi eventi attraverso la tecnica TDMT e già pubblicati sul sito: <http://terremoti.ingv.it/tdmt>.

Condurremo inoltre uno studio sull'incertezza dei parametri di sorgente stimati derivata dalla scelta del modello di velocità (1D e 3D) e dal numero e dalla distribuzione delle stazioni sismiche.

I risultati saranno pubblicati su riviste JCR e presentati a convegni internazionali.

L'attività verrà svolta in collaborazione con: Pietro Harris Artale, Federica Magnoni, Emanuele Casarotti ed Elisa Tinti (Università La Sapienza, Roma).

### **Studio della cinematica della sorgente sismica con modelli di velocità 3D**

Lo studio della cinematica della sorgente sismica utilizzando dati strong-motions è normalmente effettuato calcolando le funzioni di Green in modelli di velocità 1D senza topografia. Questa duplice assunzione può condizionare significativamente i valori dei parametri di sorgente ottenuti, soprattutto nel caso di terremoti accaduti in zone dove la topografia e la complessità della struttura crostale non sono trascurabili.

Sebbene la rilevanza dell'argomento, non ci sono attualmente molti studi in letteratura che analizzano l'impatto dell'utilizzo dei modelli di velocità 3D e della topografia nella stima dei parametri della sorgente sismica.

L'obiettivo di questo studio è quello di testare l'utilizzo dei modelli di velocità 3D recentemente prodotti per la struttura crostale dell'Italia nella stima del modello cinematico della sorgente dei maggiori terremoti italiani degli ultimi 10 anni.

Partecipano all'attività: Emanuele Casarotti, Elisa Tinti (Università degli studi La Sapienza) e Federica Magnoni.

### **Studio dell'evoluzione della trazione dinamica su faglie sperimentali**

La dinamica dei processi sismogenetici viene studiata attraverso un metodo sperimentale innovativo basato sulla simulazione di funzioni di velocità di dislocazione consistenti con i modelli numerici e con alcune delle soluzioni teoriche dell'equazione dell'elastodinamica (e.g. funzione Yoffe). Si eseguiranno test "trial and error" con l'apparato di tipo rotary SHIVA per verificare la che l'evoluzione della trazione dinamica risultante dall'applicazione di queste velocità sia compatibile con la propagazione di un terremoto.

### **Pressurizzazione di fluido in materiali non coesivi**

Studio sperimentale della pressurizzazione di fluido durante la fase di nucleazione propagazione e arresto di un terremoto su rocce di faglia. Si studiano in particolare la pressurizzazione termica, invocata nei modelli teorici come possibile meccanismo di indebolimento ma della quale manca ancora l'evidenza sperimentale. Si utilizza l'apparato di tipo rotary SHIVA con un nuovo prototipo progettato all'INGV per il confinamento dei fluidi in rocce non coesive. Questo tipo di studi ci darà inoltre informazioni sulla stabilità dei sedimenti, specie quelli che si trovano sui margini di placca e che sono ritenuti incapaci di accumulare stress e nucleare o propagare terremoti.

Partecipano alle attività: Stefano Aretusini, Elena Spagnuolo, Giuseppe Di Stefano, Giulio Di Toro.

### **Microfisica dei meccanismi di indebolimento in relazione all'aumento di temperatura**

Studi sperimentali dimostrano che la temperatura ha un ruolo chiave nella nucleazione di instabilità frizionali. Tuttavia la misura delle temperature in condizioni prossime a quelle della nucleazione e propagazione di un terremoto sono ancora tecnicamente proibitive. Abbiamo sviluppato un sistema di misura delle temperature con fibre ottiche capace di superare questo limite tecnologico. Utilizzeremo questo sistema durante gli esperimenti sull'apparato di tipo rotary.

Questa misura, combinata con analisi micro - e nano - strutturali al SEM e al TEM ci permetterà di comprendere e parametrizzare la microfisica dei processi di indebolimento.

Partecipano alle attività: Stefano Aretusini, Elena Spagnuolo, Giovanni Romeo, Giuseppe Di Stefano, Giulio Di Toro, in collaborazione con l'Università di Madrid e con l'Università di Utrecht.

#### **Meccanica delle rocce in zona di subduzione**

Studio sperimentale delle proprietà meccaniche delle rocce di faglia provenienti da progetti di perforazione profonda (IODP, ICDP) in zone di subduzione (e.g. Costa Rica, Sumatra, Tohoku-Oki, Hikurangi). Si studiano: la capacità delle litologie di superficie di immagazzinare e rilasciare energia, i processi di indebolimento e l'interazione con i fluidi. Si realizzeranno esperimenti su rocce analoghe, studiando l'evoluzione di queste litologie con la profondità. Gli esperimenti sono effettuati sull'apparato di tipo rotary SHIVA, i prodotti naturali sono confrontati con quelli sperimentali con analisi microstrutturali. Studio finalizzato alla definizione di parametri di input per la modellazione sismica e tsunamigenica. Studio svolto in collaborazione con: con l'Università di Modena, L'Università di Firenze, Taiwan University (TW) e l'Ifremer (FR).

Partecipano alle attività: Elena Spagnuolo, Stefano Aretusini, Giuseppe Di Stefano, Giulio Di Toro.

#### **Leggi di scala della sorgente sismica**

Malagnini et al. [2020] hanno recentemente dimostrato che lo scaling dello slip cosismico medio segue un andamento indicativo di stress drop costante, mentre lo slip cosismico massimo segue un andamento dello stress drop analogo a quanto descritto da Nadeau e Johnson [1998], completamente consistente con la teoria dell'Elastic Rebound.

Nel corso del 2020 verrà approfondito lo studio di questo argomento attraverso l'analisi di un esteso data set di eventi sismici e simulazioni numeriche.

#### **Stress Drop, Stress apparente, efficienza della radiazione sismica**

Calderoni et al. [2020] hanno analizzato la variabilità del Brune stress drop ( $\Delta\sigma$ ) e stress apparente ( $\tau_a$ ) di 23 terremoti avvenuti in un piccolo volume crostale adiacente all'ipocentro del terremoto distruttivo di Mw6.1 del 6 Aprile 2009. La variabilità dello stress drop e dello stress apparente degli eventi del cluster è di un fattore 10, ben oltre la variabilità delle incertezze associate ad ogni stima. L'efficienza della radiazione sismica  $\eta_{sw} = \tau_a/\Delta\sigma$  varia all'incirca tra 0.1 e 0.2, ma nei giorni poco prima e poco dopo la scossa principale  $\eta_{sw}$  raggiunge valori molto più bassi, fino ad un valore pari 0.06. Questo fenomeno può essere la conseguenza della migrazione della rottura in quei giorni verso il volume focale caratterizzato da una più alta resistenza dinamica. La variazione temporale  $\eta_{sw}$  viene interpretata come variazione spaziale dovuta alla migrazione dei terremoti nell'asperità della faglia che ha generato la scossa principale. Contestualmente non è stata osservata nessuna variazione  $\Delta\sigma$  e tra i foreshocks e gli aftershocks ma i più bassi e i più alti valori di  $\Delta\sigma$  risultano essere ben correlati con i più alti e i più bassi valori del b-value, stimati dai altri autori nello stesso volume di nucleazione della rottura.

Nel corso del 2020 verrà approfondito lo studio di questo argomento attraverso l'analisi di un esteso data set di eventi sismici anche nell'ambito di collaborazioni internazionali.

Partecipano all'attività: Giovanna Calderoni, Antonio Rovelli, Rita Di Giovambattista.

#### **Rotational Seismology**

Recenti risultati dimostrano l'importanza delle registrazioni del moto rotazionale del suolo per la caratterizzazione della sorgente sismica, specialmente per segnali sismici di carattere vulcanico e sismotettonico. L'università di Monaco (LMU) in collaborazione con la ditta francese iXBlue hanno sviluppato un giroscopico a fibra ottica portatile (FOG) che è stato recentemente testato insieme all'INGV in ambiti differenti: durante la sequenza sismica dell'Appennino Centrale, in concomitanza dell'installazione dell'array CISA in Umbria (Progetto FISR), sul vulcano Stromboli e nel laboratorio del Gran Sasso. Nel 2019 è stato installato FOG all'interno del LNGS. Per il prossimo triennio sono previste ulteriori campagne di misura con FOG in concomitanza di array sismici, come anche per lo studio del campo d'onda della sorgente sismica in ambiente vulcanico.

Partecipano alle attività: Thomas Braun, Aladino Govoni, Gaetano de Luca, Andrea Morelli, Andrea Berbellini, Peter Danecek, Gianni Romeo.

## Sismicità dell'Italia

### Attività di sismologia sperimentale della sezione di Pisa

Il Laboratorio di sismologia sperimentale della Sezione di Pisa si dedicherà alle seguenti attività:

1. Studio della struttura crostale ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $Q$ ) nelle aree geotermiche della Toscana meridionale;
2. Studio sismotettonico e struttura crostale 3D del bacino del Mugello;
3. Sviluppo ed implementazione di algoritmi basati su Machine Learning e Matched Filtering per l'analisi automatica di segnali sismici;
4. Installazione di una rete temporanea di 20 stazioni nella Toscana sud-occidentale (collaborazione con Univ. Ginevra e CNR-IGG);
5. Caratterizzazione della sorgente sismo-acustica al vulcano Etna utilizzando dati acquisiti da esperimenti temporanei (progetto EUROVOLC; collaborazione con IAS-Dublino e Univ. Liverpool).

Partecipanti: Damiano Biagini, Rebecca Bruni, Marco Capello, Spina Cianetti, Michele D'Ambrosio, Sonja Gaviano, Carlo Giunchi, Davide Piccinini, Gilberto Saccorotti, Luciano Zuccarello.

### Rilocalizzazione della sismicità italiana dal 2016 al 2020 su griglie di calcolo ad alta risoluzione spaziale

Nel 2020 continua l'attività di ricerca cominciata nel 2019 in cui verrà rilocalizzata la sismicità italiana registrata dal 2016 al 2020 e analizzata dal Bollettino Sismico Italiana. Il nuovo catalogo sarà basato sull'applicazione del programma NonLinLoc su griglie di calcolo molto fitte (250 metri) in modelli di velocità locali per ottenere soluzioni ipocentrali ad alta risoluzione spaziale. Questa attività ha come scopo l'inserimento nel biennio 2020-2021 delle soluzioni nelle elaborazioni pubblicate nel catalogo strumentale INGV e incluse nelle mappe generate attraverso i sistemi GeoServer e ArcGiS.

Partecipano D. Latorre, M. Pastori, R. DiStefano, L. Margheriti, L. Scognamiglio.

### Studi di dettaglio di recenti microsequenze e sciami del Bollettino Sismico Italiano (BSI)

Il BSI, prodotto dalla revisione dei terremoti di  $M_L > 1.5$  registrati dalla RSN, è una preziosa banca dati che offre l'opportunità di poter eseguire approfondimenti sulle numerose microsequenze e sciami di magnitudo bassa-moderata che avvengono annualmente.

Partendo dal database BSI (tempi di arrivo P ed S, polarità, ampiezza) analizzeremo la sismicità minore, cioè quella costituita da scosse di bassa magnitudo ( $M < 5$ ), elaborando le variazioni spazio-temporali di sciami e microsequenze ed effettuando rilocalizzazioni tramite l'utilizzo di modelli 1-D specifici (vincolati da dati di sottosuolo) e codici di localizzazione avanzati (NonLinLoc). Le analisi, che includeranno il calcolo dei meccanismi focali per la determinazione dei parametri dei piani di faglia, individueranno aree di interesse sismotettonico ma poco investigate per la pericolosità moderata e/o la mancanza di sequenze rilevanti in epoca strumentale (possibili targets: Costa Romagnola, Monferrato, Chianti, bacino di Umbertide, Cosentino).

Partecipanti: Maria Grazia Ciaccio, Luigi Improta, Arianna Lisi, Barbara Castello, Franco Mele, Paola Baccheschi, Diana Latorre.

### Creazione di cataloghi di sismicità ad alta risoluzione

Attraverso l'applicazione di moderne tecniche di analisi, lavoreremo alla creazione di una serie di nuovi cataloghi di terremoti ad alta risoluzione, sia in termini di magnitudo di completezza che di localizzazioni ipocentrali, relativi a diverse zone del territorio italiano. Tra questi ci sarà un nuovo catalogo dell'area interessata dalla recente sequenza sismica del Centro Italia sia per il periodo prima della sequenza (2009-2015) che per quello durante la sequenza 2016-2017. Un altro catalogo sarà quello della sismicità di tutto il territorio italiano per l'intervallo 1981-2018. Entrambi i cataloghi saranno basati su tecniche di localizzazione relativa e includeranno il ricalcolo delle magnitudo locali.

Uno degli utilizzi principali dei nuovi cataloghi sarà lo studio dell'impatto della risoluzione degli stessi, relativamente al loro utilizzo in sistemi di forecast. Lauro Chiaraluce, Raffaele Di Stefano, Barbara Castello, Diana Latorre, Maddalena Michele.

### Exploiting di forme d'onda sismiche con tecniche di analisi avanzate

L'analisi un elevato numero di forme d'onda sismiche richiede algoritmi di processamento efficienti, come quelli basati sul Machine Learning (ML) la cui implementazione necessita di una grande quantità di campioni. Utilizzeremo tecniche di matched filter per ampliare i cataloghi esistenti e creare database da utilizzare per il training del ML. Applicheremo

queste tecniche in aree interessate da sismicità di magnitudo bassa-moderata organizzata in cluster (es. fluid-driven seismicity tipica di aree geotermiche ed invasi artificiali) e in aree dove in passato si sono verificati forti terremoti (e.g., Mugello, Appennino Meridionale) riducendo le magnitudo di completezza e consentendo l'analisi dei parametri caratteristici della sismicità.

Partecipanti: Spina Cianetti, Matteo Di Giovanni, Sonja Gaviano, Carlo Giunchi, Luigi Improta, Davide Piccinini, Luisa Valoroso.

#### **Aggiornamento dei dati di base relativi alla sequenza sismica del 1703 in Italia centrale**

La recente sequenza sismica dell'Italia centrale avvenuta nel 2016-17 ha mostrato diversi elementi di similitudine con quella che colpì la stessa area nel gennaio-febbraio 1703. Il quadro attuale di conoscenza di quella sequenza, dal punto di vista degli effetti, risulta ancora lacunoso. Nel triennio ci si propone di concludere il lavoro di aggiornamento dei dati sugli effetti della sequenza del 1703 e produrre un nuovo data-set arricchito in numero di località e con nuove assegnazioni delle intensità che tengano conto della progressione del danno causato da scosse ripetute, Nuovi parametri saranno calcolati.

Partecipanti: Andrea Tertulliani, Laura Graziani, Antonio Rossi. Prodotti attesi: aggiornamento DBMI, pubblicazioni.

#### **Evidenze geologiche dei maremoti del passato**

Ci occupiamo dello studio e individuazione di evidenze geologiche dei paleomaremoti mediante studi geomorfologici e di stratigrafia integrata ad alta risoluzione. Nel prossimo triennio, si intende intraprendere nuovi studi in siti archeologici costieri nelle aree di Napoli e Salerno dove evidenze di paleomaremoti sono state già segnalate. Studi analoghi sono stati intrapresi e saranno oggetto di ulteriori indagini nell'area archeologica della Capitanata (Gargano), al fine di identificare eventi ad alta energia che hanno modificato il paleoambiente.

Si prevede di analizzare carotaggi già prelevati nell'offshore della Sicilia SE per valutare l'impatto del backwash.

Partecipanti: Smedile, De Martini, Pantosti, Cinti, Pizzimenti, Brunori.

#### **Studio degli tsunami storici in area Italiana**

In quest'ambito proseguirà l'attività intrapresa negli anni precedenti che ha portato alla realizzazione dell'Italian Tsunami Effects Database (ITED), raccolta delle osservazioni di effetti di tsunami lungo le coste italiane, e all'aggiornamento dell'Euro Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC). Saranno condotti studi di revisione di eventi storici avvenuti nel territorio italiano che attualmente non sono sufficientemente supportati da documentazione attendibile e pertanto necessari di ulteriori approfondimenti.

Partecipano alle attività: Beatriz Brizuela, Laura Graziani, Alessandra Maramai.

#### **Il terremoto del 251 d.C. a Santa Venera al Pozzo (Acireale, Catania): progetto ArcHo**

Evidenze del terremoto del 251 d.C. sono state scoperte recentemente nel sito archeologico di Santa Venera al Pozzo (Acireale, Catania). Il sito, ubicato sul versante sud-orientale dell'Etna, è noto per le sue emissioni di fluidi idrotermali sfruttate per uso curativo sin dall'epoca romana. Nell'ambito del progetto ArcHo (POFERS 2014-2020- Regione Sicilia) verrà eseguito uno studio multidisciplinare (archeologico, geologico, geofisico e geochimico) al fine di migliorare le conoscenze degli eventi naturali (terremoti e parossismi) che hanno colpito l'area in antico. I risultati delle ricerche verranno utilizzati per creare un museo in realtà aumentata per la valorizzazione dei beni culturali e naturali.

#### **Riordino e informatizzazione dell'archivio storico macrosismico umbro-tosco-marchigiano**

Nel corso delle ricerche svolte dagli anni Ottanta del Novecento a oggi sulla sismicità storica dell'Italia centrale dal gruppo di lavoro di Macerata-Ancona, diretto da Giancarlo Monachesi e operante prima in ambito GNDT/CNR poi in ambito INGV, è stato accumulato un patrimonio di dati estremamente consistente ma disponibile in formati perlopiù cartacei e, in qualche caso, estremamente deperibili (fotografie, diapositive, fotocopie e trascrizioni manoscritte di fonti documentarie, narrative, epigrafiche, iconografiche etc.). Tutti questi documenti verranno acquisiti e trasferiti su supporto digitale.

A cura di: Viviana Castelli, Giancarlo Monachesi.

#### **Terremoti sconosciuti, dimenticati, negletti**

A dispetto di oltre trent'anni di ricerche di sismologia storica, pur con risorse sempre più limitate nell'ultimo decennio, la completezza delle conoscenze storiche sulla sismicità dell'Italia è molto limitata, in particolare per alcune aree e alcune finestre temporali. Nel 2020 sarà ripreso lo studio di alcune centinaia di tracce di terremoti sconosciuti ai cataloghi correnti (oppure dimenticati o negletti), prossimi o superiori alla soglia del danno, individuati dalle ricerche

precedenti. Studio che sarà esteso e approfondito nel corso del triennio per tutti i casi significativi, contribuendo anche ad analisi approfondite sulla completezza storica dei dati di sismicità.

A cura di: Filippo Bernardini, Romano Camassi, Viviana Castelli, Emanuela Ercolani. Prodotti attesi: aggiornamento banca dati, pubblicazione.

#### **Revisione sismicità del Mugello**

Il terremoto del 9 dicembre 2019 in Mugello (Mw 4.5) rappresenta l'occasione per rivedere e approfondire le conoscenze sulla sismicità di quella particolare area. Nel catalogo CPTI15 sono riportati circa 30 terremoti tra il 1542 e il 2009, di cui una quindicina avvenuti prima del 1900. A parte i due massimi storici conosciuti (1542 e 1919), si tratta di eventi 'minori' che localmente hanno causato effetti di danno e in buona parte sostenuti da studi obsoleti o speditivi. Nel 2020 si prevede l'approfondimento delle ricerche su questi terremoti, per migliorarne i dati di base.

A cura di: Filippo Bernardini, Romano Camassi, Viviana Castelli, Emanuela Ercolani. Prodotti attesi: aggiornamento banca dati, pubblicazione.

#### **Sismologia storica**

I margini di miglioramento delle conoscenze sulla storia sismica italiana sono molto elevati sia per la ricchezza della documentazione non ancora esplorata (in particolare per alcune finestre temporali) che per la possibilità di approfondire studi che risalgono ad alcuni decenni fa, migliorando sensibilmente i dati di base.

Nel 2020, e nell'intero triennio, gli approfondimenti riguarderanno la revisione di alcune decine di studi obsoleti che risalgono alla stagione 1980-1995 e la prosecuzione dello studio ex novo di terremoti della seconda metà del '900 documentati dal solo Bollettino ING, terremoti di importanza cruciale per la calibrazione delle relazioni intensità magnitudo.

A cura di: Raffaele Azzaro, Filippo Bernardini, Maria Giovanna Bianchi, Romano Camassi, Viviana Castelli, Cecilia Ciuccarelli, Alberto Comastri, Emanuela Ercolani, Laura Graziani, Mario Locati, Alessandra Maramai, Dante Mariotti, Andrea Rovida, Andrea Tertulliani. Prodotti attesi: aggiornamento banche dati, studi, pubblicazioni.

#### **Studio della sismicità offshore della Sicilia orientale: progetto FOCUS**

La Sicilia orientale è stata colpita da terremoti storici altamente distruttivi, le sorgenti sismiche che li hanno generati sono ancora oggi incerte. Sappiamo che esistono faglie sottomarine che costituiscono il prolungamento delle faglie mappate sul fianco orientale dell'Etna: queste sono possibili sorgenti di alcuni dei terremoti storici. La regione offshore della Sicilia orientale a sud dello stretto di Messina è caratterizzata da un'ampia regione con sismicità diffusa, con numerosi eventi fino a magnitudo 4, la cui esatta profondità, posizione e meccanismi focali sono difficili da determinare, a causa dell'assenza di stazioni al mare. Il progetto FOCUS coordinato da Marc-André Gutscher del Laboratoire Géosciences Océan, Univ. Brest FRANCE prevede vari studi di interesse per l'INGV tra cui l'installazione di una rete temporanea di sismometri e sensori di pressione per fondali marini alla quale INGV contribuirà con l'installazione di stazioni temporanee a terra nel 2021.

Milena Moretti e Lucia Margheriti sono le persone INGV attualmente coinvolte.

#### **Progetto PRIN- MUSE-4D (2019-2021)**

Ricostruzione delle caratteristiche geometriche, cinematiche e meccaniche delle faglie attive e della struttura 3D e proprietà fisiche della crosta (time-dependent) in aree dell'Appennino meridionale sorgenti di forti terremoti (Campania-Lucania-Calabria). Costruzione di cataloghi di sismicità ad alta risoluzione combinando l'utilizzo di tecniche di detezione template-matching (bassa magnitudo di completezza) con tecniche di localizzazione relative con cross-correlazione e doppie differenze. I nuovi cataloghi permetteranno di: definire le faglie attive; studiare patterns di sismicità; investigare possibili variazioni spazio-temporali di diversi osservabili sismologici; studiare il ruolo dei fluidi nella sismogenesi.

In collaborazione con Università di Chieti, Perugia, Messina, Catania, Pavia. Partecipanti: Luisa Valoroso, Davide Piccinini, Giovanni Diaferia, Luigi Improta, Laura Scognamiglio, Maurizio Vassallo, Pasquale De Gori.

#### **Caratterizzazione dei parametri di sorgente dei terremoti storici italiani**

L'analisi dei dati macrosismici di HSIT ha permesso di elaborare un metodo per stimare la profondità dei terremoti storici in Pianura Padana. Si prevede testare la metodologia su tutto il territorio nazionale al fine di poter assegnare un range probabile di profondità agli eventi storici del catalogo dei Forti Terremoti (CFTI5Med). Si cercherà successivamente di associare ciascun evento storico ad una tipologia di sorgente sismogenetica e di indagare sulla direzionalità attraverso lo studio del campo macrosismico.

Partecipano alle attività: Patrizia Tosi, Paola Sbarra, Valerio De Rubeis, Pierfrancesco Burrato, Paola Vannoli, Gianluca Valensise, Roberto Vallone.

#### **Analisi dei dati Hai Sentito Il Terremoto per una migliore definizione delle intensità macrosismiche**

La grande quantità di dati proveniente dal sistema HSIT permette la quantificazione dei singoli effetti sulle persone e sugli oggetti. Questo permetterà una valutazione più oggettiva delle intensità macrosismiche dal II al VI grado MCS ed EMS. Si cercherà di quantificare anche la percezione del terremoto all'interno di un veicolo fermo o in movimento.

Partecipano alle attività: Patrizia Tosi, Paola Sbarra, Valerio De Rubeis, Diego Sorrentino.

### **Sismologia, geofisica e geologia per l'ingegneria sismica**

#### **Relazioni empiriche tra parametri strumentali di moto del suolo e intensità macrosismica MCS online (da Hai Sentito Il Terremoto)**

Obiettivo di questo studio è derivare relazioni empiriche predittive che legano i parametri strumentali di moto del suolo (Peak Ground Velocity -PGV- and Peak Ground Acceleration -PGA-) e l'intensità macrosismica MCS ricavata dai questionari online dell'INGV (Hai Sentito Il Terremoto). Le leggi empiriche predittive adottate attualmente per il territorio italiano sono basate sui dati di intensità ricavati da campagne macrosismiche condotte per stimare il danneggiamento a seguito di forti terremoti e non tramite questionari online. Pertanto, l'approccio seguito in questo studio ed applicato con successo in altri contesti (ad es. alcune zone degli Stati Uniti) per quanto riguarda l'Italia è invece nuovo.

Il dataset è derivato da terremoti per i quali sono disponibili sia i dati strumentali di moto del suolo sia i questionari macrosismici online per la medesima località (o per siti adeguatamente vicini), focalizzandosi principalmente sulle sequenze sismiche del 2009, 2012 e 2016-2017. Vengono analizzati anche i dati di terremoti nel far-field per poter caratterizzare il moto del suolo sia di elevata che di debole intensità.

Collaboratori: Claudia Piromallo, Nicola Alessandro Pino, Paola Sbarra, Patrizia Tosi, Valerio De Rubeis.

#### **Anisotropia e amplificazione direzionale in area vulcanica: caso-studio del Piton de la Fournaise**

Recenti lavori pubblicati hanno riscontrato in zona di faglia una relazione di ortogonalità tra la direzione di massima amplificazione e la polarizzazione evidenziata dallo splitting delle onde S. Infatti, negli ambiti finora considerati, entrambi i fenomeni sono causati dalla presenza di campi di fratture.

In questo studio, gli stessi metodi precedentemente utilizzati con successo saranno applicati all'area vulcanica del Piton de la Fournaise.

Attività in collaborazione con Victoria University of Wellington, NZ.

Partecipanti: Marta Pischiutta.

#### **Amplificazione direzionale in zona di faglia: studio ad ampia scala nella California Meridionale**

Diversi recenti lavori hanno evidenziato l'occorrenza di effetti di amplificazione direzionale in zona di faglia, non associabili al ben noto fenomeno delle onde intrappolate. La direzione di amplificazione è stata riconosciuta essere ortogonale rispetto all'andamento prevalente del campo di fratturazione.

In questo studio sono stati reperiti numerosi dati di eventi sismici alle stazioni di diverse reti installate nell'ultimo ventennio nella California Meridionale, e a ridosso dei sistemi di faglie San Andreas, San Jacinto, Elsinore, ecc. L'utilizzo di un ingente numero di stazioni sismiche consentirà una stima della reale occorrenza e sistematicità degli effetti di amplificazione direzionale in zona di faglia, unitamente alla valutazione del livello di amplificazione e della direzione di polarizzazione prevalente.

Sono previste pubblicazioni su riviste JCR e presentazioni a convegni nazionali e internazionali.

Attività in collaborazione con USGS, Menlo Park.

Partecipanti: Marta Pischiutta.

#### **Amplificazione su topografia: occorrenza e consistenza con il modello proposto in letteratura**

Durante la sequenza sismica del Centro Italia 2016-2017, il gruppo Emersito ha installato diverse stazioni sismiche in corrispondenza di tre alti morfologici (Montereale, Civitella del Tronto, Amandola), per studiare l'occorrenza di effetti di amplificazioni di sito. I dati registrati saranno analizzati mediante tecnica HVSR (eventi sismici e rumore ambientale) e SSR (eventi sismici). In caso di amplificazione direzionale, sarà identificata la direzione di polarizzazione tramite

l'analisi Time-Frequency. Per riprodurre l'amplificazione direzionale osservata, è infine prevista l'esecuzione di simulazioni numeriche 2D e 3D.

È prevista la pubblicazione su rivista JCR.

Partecipanti: Marta Pischiutta, Alessia Mercuri, Sara Lovati, Giovanna Cultrera, Paola Bordoni, Marco Massa, Antonio Fodarella, Ezio D'Alema.

#### **Algoritmi automatici basati sulla tecnica del telerilevamento per la valutazione dei danni da terremoto: il contributo dei dati macrosismici**

La crescente richiesta di una risposta tempestiva nella stima dei danni da terremoti ha portato ad utilizzare tecniche di telerilevamento utili alle attività di soccorso. L'utilizzo delle immagini satellitari può essere efficace per la mappatura rapida dei danni dopo un terremoto. Gli algoritmi che producono tali mappe possono beneficiare della verità a terra fornita dai dati macrosismici come input. Si sta studiando come utilizzare dati ottici e SAR applicando sia l'algoritmo Features Stepwise Thresholding che nuovi algoritmi che utilizzano reti neurali per ottenere una mappa dei danni che indichi le aree più colpite. Attività in collaborazione con Università Parthenope, Napoli.

Partecipanti: Arcoraci Luca, Christian Bignami, Laura Graziani, Alessandra Maramai, Alessandro Piscini, Andrea Tertulliani.

#### **EdiSecur - Sviluppo di un innovativo sensore ottico per il monitoraggio del comportamento dinamico di edifici in area sismica**

Il progetto, finanziato dalla regione Lazio, si propone di sviluppare un sensore ottico basato su tecnologia laser che permetta di monitorare a distanza il comportamento dinamico di strutture civili, senza accedere all'interno.

Il progetto terminerà il 28/08/2020, nei prossimi mesi verranno eseguiti test per verificare la capacità del prototipo di rilevare a distanza le vibrazioni meccaniche attese per l'edificio. Saranno eseguite misure contemporanee con i sismografi e con lo strumento innovativo e al fine confrontare i risultati e verificarne la correttezza e la applicabilità in campo civile.

Sono previste attività di promozione e diffusione dei risultati.

Partecipano al progetto: A. Tertulliani (Responsabile), G. Cultrera, A. Fodarella, G. Milana, D. Famiani, A. Mercuri, E. Giacomozzi, G. Buffarini (Enea), SpacEarth Technology Srl (Spinoff INGV).

#### **Picchi anomali nelle registrazioni accelerometriche della sequenza del Centro-Italia 2016-17**

Durante il terremoto di Norcia, il più energetico della sequenza sismica del Centro Italia 2016-2017 (Mw 6.5), alcune stazioni installate in area epicentrale dal gruppo Emersito hanno registrato accelerogrammi con dei picchi anomali ad alta frequenza, generando valori elevati di peak-ground-acceleration, e con forme d'onda che ricordano quelle associate alla non-linearità dei terreni per forti terremoti avvenuti nel mondo. I dati saranno analizzati sia tramite test di calibrazione in laboratorio sia confrontandoli con le registrazioni di stazioni di altre reti sismiche. Le verifiche in laboratorio consentiranno di capire meglio le performance del sistema digitalizzatore-accelerometro in prossimità della saturazione del sistema. I risultati saranno presentati a ESG6 "International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion" che si terrà a Kyoto nel 2021.

Partecipanti: G. Di Giulio, F. Cara, G. Cultrera, G. Milana, M. Vassallo, M. Di Persio, R. Cogliano, G. Riccio.

#### **Linee guida europee per la caratterizzazione dei siti delle reti sismiche**

Nelle finalità del progetto Europeo SERA NA5 Task 7.2 (2017-2020), sono state definite delle Linee Guida Europee per la caratterizzazione sismica dei siti di stazioni sismiche permanenti. Le Linee Guida si basano su un gruppo di indicatori selezionati come più rappresentativi della risposta sismica locale, e sulla definizione di Quality Indexes che consentono di valutare in maniera quantitativa la caratterizzazione sismica delle stazioni. La strategia proposta, applicata a poche stazioni, necessita di un testing esteso a un maggior numero di casi studio (siti delle Reti Sismiche Nazionali, IV e IT, e altre stazioni delle reti Europee) per verificare ed eventualmente implementare i criteri proposti. I risultati saranno condivisi a livello internazionale tramite pubblicazioni e presentazioni a convegni.

Partecipano alle attività: G. Cultrera, G. Di Giulio, M. Vassallo, F. Cara, D. Famiani, A. Mercuri, G. Milana, C. Felicetta, F. Pacor.

#### **Ricostruzione del moto sismico di forti terremoti a siti ravvicinati**

Lo studio è focalizzato sull'utilizzo delle registrazioni degli aftershocks da reti temporanee ad alta densità per ricostruire il segnale temporale che si sarebbe registrato agli stessi siti durante il mainshock. Questa procedura può permettere una valutazione approssimata della correlazione tra danneggiamento e scuotimento al suolo, come nel



caso del paese di Amatrice, senza dover ricorrere a modelli rappresentativi della sorgente sismica e mezzo di propagazione.

Partecipanti: Alessandro Todrani (dottorando Università Roma3), Giovanna Cultrera.

#### **Analisi di correlazione tra indicatori di risposta sismica locale**

Lo studio riguarda l'analisi statistica della correlazione tra diversi parametri (geologici, geotecnici, geofisici e sismologici) utilizzati per definire la risposta sismica locale, con l'obiettivo di identificare gli indicatori che più contribuiscono alla variabilità del segnale sismico registrato. È parte di una tesi di dottorato.

Partecipanti: Doriana Attolico (dottoranda Università di Bari), Giovanna Cultrera.

#### **Applicazione della nuova tecnica delle doppie correzioni empiriche per il calcolo delle funzioni di trasferimento**

È in corso uno studio volto all'applicazione di una tecnica innovativa (Kawase et al. 2018) sul dataset acquisito dalla rete sismica 3A installata nel comune di Amatrice durante la sequenza sismica 2016-2018 del centro Italia. Tale metodologia consiste nel calcolo delle funzioni di trasferimento sulla base del principio del campo diffuso correggendo i rapporti spettrali ricavati dal rumore ambientale per ottenere la funzione di trasferimento di un sito.

L'obiettivo è di verificare l'efficacia di questa nuova tecnica in contesti geologici differenti da quelli in cui è già consolidata e di confrontarne i risultati con quelli delle classiche tecniche geofisiche e sismologiche.

#### **"Blast test" per lo studio dei fenomeni di liquefazione**

In continuità con le attività svolte nel 2016 e nel 2018 si prevede la partecipazione ad un nuovo "Blast test" finalizzato allo studio del fenomeno della liquefazione del terreno attraverso l'utilizzo di cariche esplosive controllate. In tale progetto, coordinato dal Prof. K. Rollins della Brigham Young University (Utah), sono previste indagini geofisiche volte alla caratterizzazione degli strati liquefacibili di terreno

Partecipanti: G. Di Giulio, L. Minarelli, G. Milana, M. Vassallo.

#### **ESG6 Blind Prediction Test**

È avviata la partecipazione al "Blind Test" previsto nell'ambito del convegno internazionale "International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion" che si terrà a Kyoto nel 2021. In tale ambito si richiede ai gruppi partecipanti di stimare il moto al suolo nel sito test di Kumamoto dopo aver determinato il modello di sottosuolo sulla base di dati geofisici forniti dall'organizzazione. I vari gruppi di lavoro saranno liberi di applicare qualsiasi tecnica disponibile in letteratura basata sia su moderazione numerica che sull'utilizzo di GMPE per cercare di riprodurre il moto del suolo effettivamente sperimentato dal sito di indagine durante la sequenza sismica che ha interessato l'area nel 2016.

Partecipanti: P. Bordoni, F. Cara, G. Di Giulio, G. Milana, M. Vassallo.

#### **Studi di pericolosità sismica e da maremoto**

##### **Sviluppi di modelli per il rateo a breve termine**

Il modello ETAS (Epidemic Type of Aftershock Sequence) è un modello statistico più utilizzato in ambito scientifico per calcolare la variazione di probabilità indotta da uno sciame sismico. La nostra attività che si svilupperà sarà focalizzata nello sviluppo e test di nuovi modelli, che includano informazioni geologiche come possibili indicatori geodinamici. Lo scopo ultimo è quello di produrre modelli che portino ad un aumento della capacità predittiva dei terremoti. Sono previste pubblicazioni su riviste JCR e presentazioni a convegni nazionali e internazionali.

Partecipano a questa attività Anna Maria Lombardi, Maura Murru, Ilaria Spassiani, Angela Stallone e Matteo Taroni.

##### **Studio degli tsunami storici in area Euro-Mediterranea**

Lo studio degli effetti dei maremoti storici accaduti nell'area Euro-Mediterranea rappresenta un prezioso contributo agli studi di hazard. In quest'ambito proseguirà l'attività intrapresa negli anni precedenti che ha portato alla realizzazione dell'Italian Tsunami Effects Database (ITED) raccolta delle osservazioni di effetti di tsunami lungo le coste italiane utili agli studi di hazard. Allo stesso modo proseguiranno gli studi già intrapresi di revisione e aggiornamento dell'Euro Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC).

Un'attenzione particolare sarà rivolta agli eventi della regione Adriatica sia orientale che occidentale. Si prevede inoltre di inserire nel catalogo gli tsunami dell'area Euro-Mediterranea avvenuti negli ultimi anni.

Partecipano alle attività: Beatriz Brizuela, Laura Graziani, Alessandra Maramai.

#### **Analisi del record paleosismologico dell'Appennino centrale per lo sviluppo di scenari multi-scala di fagliazione superficiale**

Si analizzano le età di paleoterremoti derivate dalle trincee lungo le faglie dell'Appennino centrale, valutando le incertezze dei dati disponibili. Tramite un approccio statistico si individuano diversi scenari di fagliazione superficiale derivati dalle combinazioni dei paleoeventi alla scala delle singole faglie e regionale. Si esamina così la distribuzione e la variabilità degli intervalli di ricorrenza degli eventi nel medio e lungo termine, fornendo elementi per la comprensione dell'interazione tra le faglie, e l'individuazione di clusters. Si prevede di completare la procedura per tutti i dati e di realizzare mappe illustranti scenari multi-temporali di fagliazione nell'Appennino centrale.

Partecipanti: Francesca R. Cinti, Anna Maria Lombardi, Daniela Pantosti, Riccardo Civico.

#### **Armonizzazione dei dati di ingresso per analisi di pericolosità sismica e da maremoto**

Il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) è una risorsa che fornisce dati di ingresso in continuo aggiornamento per analisi di pericolosità. Il database si utilizza in modelli di pericolosità a varie scale spaziali e temporali di natura prevalentemente probabilistica, ma anche con approccio deterministico nei casi che lo richiedono, e sia dipendenti che indipendenti dal tempo. Una delle caratteristiche fondamentali del DISS è l'armonizzazione dei dati, la stima delle incertezze epistemiche e aleatorie, e la valutazione dell'impatto dei singoli parametri. A questo scopo vengono eseguite elaborazioni originali per la realizzazione di modelli di sismicità sottoposte attraverso esperimenti dedicati (scenari e analisi di scuotimento o maremoto eseguiti in collaborazione con modellisti) ad analisi di sensibilità.

Partecipano alle attività gli afferenti al DISS Working Group: Roberto Basili, Pierfrancesco Burrato, Michele M.C. Carafa, Deborah Di Naccio, Umberto Fracassi, Vanja Kastelic, Francesco E. Maesano, Gabriele Tarabusi, Mara M. Tiberti, Roberto Vallone, Gianluca Valensise, Paola Vannoli.

#### **Approccio integrato e multi-scala per la definizione della pericolosità da frana sismo-indotta nel territorio italiano**

Questa attività è condotta nell'ambito di un progetto finanziato dal MATTM, e ha come obiettivo la definizione di una procedura multi-scala per mappare e monitorare aree potenzialmente suscettive a frane sismo-indotte. Alle scale nazionale e regionale si esplorerà l'effetto della sismicità strumentale e storica sulle aree in frana e se ne studierà il potenziale innesco di nuove. Alla scala locale si valuteranno con modellazioni numeriche i fattori di innesco e le condizioni di stabilità, le relazioni tra scuotimento e assetto geologico-strutturale, si effettueranno simulazioni delle traiettorie per valutare il rischio, e si testeranno sistemi di monitoraggio multi-strumentali a basso costo.

I partecipanti a questa attività appartengono alle sezioni Roma 1, ONT e Pisa.

#### **Attribuzione classe di suolo secondo la normativa antisismica per le stazioni della rete sismica INGV**

Si prevede di attribuire la classe di suolo a tutte le stazioni della rete sismica nazionale INGV (RSN) applicando delle procedure semi-automatiche basate sui contenuti informativi del Database relazionale di CaRatterizzazione dei Siti delle Stazioni Sismiche Permanenti (CRISP): stratigrafie, cartografia geologica e litologica di superficie, dati tabellari delle caratteristiche meccaniche dei terreni, modelli concettuali geologici, profili di velocità delle onde S. La classificazione è utile per gli studi di Ground Motion Prediction Equation, per la realizzazione delle Shakemaps e per la qualificazione dei metadati delle forme d'onda registrate. Sono previste pubblicazioni su riviste JCR e presentazioni a convegni nazionali e internazionali. Partecipanti: Luca Minarelli, Giovanna Cultrera, Gabriele Tarabusi.

#### **Dati di input per la nuova mappa di pericolosità Europea (ESHM20)**

Nel corso del 2020 verranno finalizzati i datasets di input della European Seismic Hazard Map 2020 (ESHM20; progetto EU H2020 SERA-JRA3; <http://www.sera-eu.org/>): 1) un catalogo dei terremoti 1000-1899 che propone parametri omogenei alla scala Europea dal punto di vista dei dati di base (intensità macrosismiche e cataloghi nazionali) e delle procedure applicate; 2) lo European Fault Source Model 2020 (EFSM20), un modello di faglie crostali e subduzioni armonizzato alla scala dell'intero continente europeo.

Questi dati confluiscono nella piattaforma del consorzio europeo European Facilities for Earthquake Hazard and Risk, EFEHR (<http://www.efehr.org/en/home/>).

Partecipano a questa attività Roberto Basili, Michele M.C. Carafa, Vanja Kastelic, Francesco E. Maesano, Mara M. Tiberti, Andrea Rovida, Andrea Antonucci

## **Variazioni delle caratteristiche dei parametri crostali e precursori**

### **Variazioni temporali della frequenza di risonanza e della velocità Vs dal rumore sismico ambientale**

Il rumore sismico ambientale registrato a singola stazione verrà analizzato per ricavare l'evoluzione temporale di parametri elastici che caratterizzano il sottosuolo nell'intorno della stazione stessa. Lo studio si basa sulla determinazione del rapporto spettrale HV calcolato sui dati in continuo, suddivisi in finestre temporali mobili. Verranno analizzati i dati registrati durante le sequenze sismiche del Centro Italia (sequenza sismica di L'Aquila e di Amatrice-Norcia-Visso) per estrarre le variazioni di velocità delle onde S calcolate prima, durante e dopo l'accadimento di forti terremoti.

Parte dell'attività si svolgerà nell'ambito della Convenzione INGV-DPC All.B2 2019-21.

Sono previste pubblicazioni su riviste JCR e presentazioni a convegni nazionali e internazionali.

Personale coinvolto: Maurizio Vassallo, Fabrizio Cara, Giovanna Cultrera, Giuseppe Di Giulio, Alessia Mercuri, Giuliano Milana, Gaetano Riccio.

### **Studio sismologico, idrogeologico e idrochimico nell'area di Cassino**

In seguito a numerose segnalazioni di boati con tremore risentiti dalla popolazione del Cassinate, è stata avviata, a partire dal 2016, un'indagine multidisciplinare (Progetto Caira, dal nome della località principalmente interessata) per approfondire la comprensione del fenomeno in atto. I boati hanno un'origine superficiale e sono probabilmente legati alla circolazione dei fluidi (acqua e gas) in zone carsiche. Alla luce di ciò, e sulla scia dell'esperienza acquisita in passato (e.g. Guidonia 2001), è iniziato uno studio idrogeologico, idrochimico e sismologico per individuare la sorgente del fenomeno. Al contempo, sono stati posizionati sensori acustici per registrare i boati e studiarne il contenuto in frequenza.

Al momento, la rete sismica consiste di 9 stazioni tutte installate all'interno dei territori comunali di Cassino, Terelle, Villa Santa Lucia e Piedimonte San Germano. Tra il 2016 ed il 2019 sono stati rilevati circa 3000 eventi sismici di cui solo il 30% circa è localizzabile con errori sufficientemente piccoli. La microsismicità ha profondità ipocentrale tra i 1.2 ed i 4 km. La misura in continuo ad alta frequenza (20 campioni al secondo) di alcuni parametri fisici (temperatura, pressione idraulica, salinità) è in corso in due siti opportunamente selezionati su base idrogeologica e geochemica: da settembre 2018 in un pozzo ubicato nei pressi di Cassino (Sant'Angelo in Theodice) e da maggio 2019 nella galleria di drenaggio dell'Acquedotto Campano di Venafro. Le serie temporali sono confrontate con i dati di piovosità riferiti ai bacini idrologici di interesse. Nell'anno in corso, e nel biennio seguente, continueranno le attività di raccolta dati al fine di ottenere un modello concettuale atto a comprendere la fenomenologia osservata.

Le attività di ricerca sono effettuate in stretta collaborazione con l'Università degli studi di Cassino e del Lazio meridionale (dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica, Prof. Michele Saroli).

### **Variabilità atmosferica prima di forti terremoti**

Il modello LAIC (Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling) prevede che nella fase di preparazione di un forte terremoto la litosfera interagisca con la bassa atmosfera rilasciando cariche elettriche e/o gas riscaldando i primi strati dell'aria. Analisi di alcuni casi studio [Qin et al., 2011, 2012; Piscini et al., 2017; Marchetti et al., 2019] hanno confermato che alcuni parametri dell'atmosfera (ad es. calore latente superficiale, temperatura al suolo, vapore acqueo, metano, etc.) subiscono dei cambiamenti anomali che non si possono giustificare con le normali condizioni meteorologiche e la tipica dinamica atmosferica. Tali anomalie si presentano normalmente da pochi giorni ad alcuni mesi prima del terremoto. Si prevede che nel prossimo triennio si possa analizzare sistematicamente la variabilità dei parametri atmosferici prima di forti terremoti su tutto il globo e per un periodo significativo di anni.

### **Studio della variabilità di parametri statistici di sequenze sismiche**

Una sequenza sismica può essere di tre tipi [Mogi, 1963]: a) scossa principale con scosse premonitrici e repliche b) scossa principale con repliche ma senza scosse premonitrici; c) sciame senza chiara scossa principale. Ovviamente, ad oggi, solo a sequenza conclusa è possibile capire a quale tipo può appartenere la sequenza stessa. Alcuni contributi di sismologia statistica nell'ultima decade [De Santis et al., 2010, 2011, 2015, 2019; Cianchini et al., 2020] sembrano permettere di conoscere con buona probabilità questa risposta. Nei prossimi tre anni si vuole esplorare con maggiore attenzione alcune delle metodologie che hanno dato risultati incoraggianti (per es. caos, entropia ed "accelerated moment release").

### **Studio sull'insorgenza di variabilità chimiche nelle zone ipocentrali**

Riconosciute sempre a posteriori, le anomalie chimiche sono state spesso registrate in concomitanza di eventi sismici. Per capirne meglio l'insorgenza, è preferibile capire cosa accade nel processo di preparazione di un terremoto e cosa questo comporta da un punto di vista chimico. Scholz dava per assodata la presenza di acqua nella regione dilatante. Non ci sono certezze che l'acqua (libera) si presenti a profondità ipocentrali ubiquitariamente, ma tre perforazioni confermano la sua presenza. L'acqua è uno degli elementi chimici principali, solvente per eccellenza per quanto riguarda i soluti ionici. Se il processo di preparazione di un terremoto è un processo di pressioni, qualcosa nell'acqua accade. Un ciclo di pressioni è in grado di apportare profondissimi cambiamenti a tutto il sistema acqua roccia. Anche irreversibilmente. Previste pubblicazioni e partecipazioni a congressi.

### **Creazione di serie temporali ad alta risoluzione da dati multi-disciplinari per la descrizione e la modellazione dello spettro di deformazione di un sistema di faglie attive**

I dati acquisiti in continuo dalle stazioni sismiche, geodetiche e geochemiche dell'infrastruttura di monitoraggio e ricerca a carattere multidisciplinare denominata TABOO (The Altotiberina Near Fault Observatory), dopo essere memorizzati in formati standard in database dedicati, saranno utilizzati per la creazione di numerosi prodotti scientifici, ad alta risoluzione, relativi alla variazione nello spazio e nel tempo di parametri geofisici riconducibili ai più diversi fenomeni di deformazione attiva legata alla attivazione sia lenta che veloce di un sistema di faglie estensionali. Tra questi dati, da questa annualità saremo in grado di includere dati registrati da sensori di deformazione (strainmeters) installati in pozzo.

Allo scopo di meglio comprendere in quale momento del ciclo sismico di una faglia attiva (inteso soprattutto come fase inter- e/o pre-sismica) ci troviamo, tutte le osservazioni sperimentali, incluse le loro derivazioni quali le modellazioni, saranno confrontate attraverso moderne tecniche quali algoritmi basati su intelligenza artificiale, con dati acquisiti durante esperimenti di laboratorio.

Lauro Chiaraluce, Enrico Serpelloni, Antonio Caracausi, Antonio Piersanti, Marco Cattaneo, Samer Bagh.

### **Variazioni del campo di stress e altri parametri da dati di pozzi**

Intendiamo analizzare alcuni pozzi profondi distribuiti sul territorio italiano per verificare eventuali variazioni dell'orientazione del campo di stress e dei principali parametri geofisici (sonico, resistività, gamma ray...) prima e dopo un evento sismico rilevante. Si tratta di un tentativo che riteniamo interessante ma che, essendo basato su dati storici, potrebbe anche non produrre risultati qualora non trovassimo dati utili in numero adeguato.

### **Variazioni di velocità crostale da analisi di cross-correlazioni di rumore sismico**

Dall'analisi delle cross-correlazioni del rumore sismico ambientale è possibile stimare la serie temporali delle variazioni (relative) di velocità crostale. Attraverso lo studio dei segnali registrati prima-durante-dopo l'occorrenza di terremoti, si possono discriminare diversi tipi di variazioni: co-sismica, post-sismica, stagionale... Si proseguono le applicazioni di questa tecnica nella zona dell'Italia centrale (con particolare riferimento al Near Fault Observatory dell'Alto Tiberina) e si amplia lo spettro delle applicazioni a zone soggette a variazioni idrologiche di bacino (progetto TRANSIENTI) e aree interessate dall'attività antropica (coltivazione idrocarburi e reiniezione delle acque di scarto, progetto Val d'Agri). Scopo ultimo quello di confrontare le serie temporali di variazioni di velocità crostale con quelle delle deformazioni ottenute dallo studio dei dati GPS e di tutti gli altri osservabili che si misurano in zona.

Prodotti: pubblicazione in riviste JCR e partecipazioni a convegni nazionali e internazionali.

Personale coinvolto: Lucia Zaccarelli, Licia Faenza, Andrea Berbellini, Andrea Morelli, Carlos Almagro Vidal.

### **Acquisizione dati idrologici e idrochimici per studi sui transienti dei terremoti**

Gli studi sui transienti geochemici e idrologici in aree sismiche traggono un indubbio vantaggio dal poter disporre di serie temporali discrete e/o continue sulle acque sotterranee (portate di sorgenti, livelli di falda in pozzi e piezometri, analisi chimiche e isotopiche, ecc.). Tali dati, infatti, costituiscono i cosiddetti "livelli di fondo" caratteristici di ogni acquifero considerato e possono essere utilizzati al fine di discriminare eventuali variazioni stagionali da quelle legate ai processi pre, co e post-sismici. Infatti, proprio la mancata conoscenza del background geochemico e idrologico rende meno robusta l'analisi post-terremoto pregiudicando, a volte, il fine ultimo della ricerca, cioè la produzione di modelli interpretativi del fenomeno osservato e delle eventuali variazioni riscontrate. Per i motivi sopra esposti la mia idea è stipulare accordi quadro/convenzioni a fini di ricerca con: 1) stabilimenti termali, 2) impianti di imbottigliamento di acque naturali e minerali e 3) enti/società che gestiscono acquedotti. I destinatari degli accordi/convenzioni sono dislocati su tutto il territorio nazionale e, per legge, devono effettuare una serie di analisi chimiche su una base temporale indicata da un apposito decreto e/o dispongono di reti locali per la misura di parametri idrologici finalizzata

allo studio e alla salvaguardia della preziosa riserva idrica. I dati saranno acquisiti, archiviati ed elaborati (insieme a quelli della piovosità) per definire il background dei parametri d'interesse da utilizzare in occasione di forti terremoti futuri o di sequenze sismiche particolarmente energetiche e/o con un numero rilevante di eventi.

#### **Monitoraggio acquifero Gran Sasso (groundwater)**

Dal 2015 è in funzione un sistema multiparametrico in continua ad elevato campionamento (20 Hz a canale) per il monitoraggio dell'acquifero del Gran Sasso.

I parametri acquisiti sono Temperatura, Conducibilità elettrica e pressione idraulica e verranno acquisiti anche altri sondaggi presenti nei LNGS e nelle gallerie autostradali.

Verranno aumentati il numero dei sensori e aggiunte sonde di CO<sub>2</sub>, torbidità, misuratori di bolle, ecc

Da circa un anno è in funzione un analogo sistema di monitoraggio nell'acquifero dell'area di Venafro (dove sono presenti le prese dell'acquedotto campano).

#### **Analisi di stabilità delle faglie e studio dei fenomeni precursori in laboratorio**

Studio sperimentale sulla stabilità delle faglie in relazione al tasso di carico (e.g. il lento carico tettonico oppure il carico dovuto alla propagazione di una rottura dinamica oppure fenomeni di triggering da eventi vicini) con macchine sperimentali del tipo: rotary SHIVA, la superpressa uniaassiale, un nuovo biassiale (EXTEND) e la triassiale BRAVA. Studio dei fenomeni precursori in termini di deformazione, concentrazione di radon, segnali specifici nella radiazione elettromagnetica (nel very low frequency band), emissioni acustiche e attenuazione. La misura della deformazione verrà effettuata con telecamere ad alta velocità, strain gauges e fibre ottiche. La misura dell'attenuazione con un nuovo modulo per la misura delle proprietà elastiche della roccia. Questo modulo è stato testato e reso operativo di recente. Il radon e le VLF verranno misurate con gli strumenti operativi della rete IRON e Cassandra dell'INGV. Partecipano alle attività: Elena Spagnuolo, Stefano Aretusini, Giuseppe Di Stefano, Giacomo Pozzi, Giulio Di Toro, Adriano Nardi, Alessandro Pignatelli, Marta Pischiutta, gruppo IRON, in collaborazione con l'Università del Texas (Austin), l'UCL di Londra e l'EPFL di Losanna.

#### **Detezione di fenomeni di diffusione crostale**

I lavori di Lucente et al. [2011] e Malagnini et al. [2012] hanno dimostrato la grande importanza della diffusione dei fluidi crostali nella preparazione di un grande evento sismico. Un algoritmo di analisi del catalogo sismico recentemente sviluppato da Parsons e Malagnini permette la detezione di periodi in cui la sismicità è dominata dalla riduzione della resistenza (strength) delle faglie sismogenetiche dovuta all'incremento diffusivo della pressione di poro. Nel corso del 2020 saranno studiate una serie di sequenze sismiche.

#### **Variazioni della varianza spaziale del rilascio di energia sismica**

In un recente studio, Malagnini e Sebastiani [2020] hanno studiato le variazioni temporali della varianza spaziale del "baricentro" dell'energia radiata lungo il segmento di Parkfield della faglia di San Andreas. Tale varianza ha un andamento pulsante, quasi periodico, con picchi che crescono durante la prima parte del ciclo sismico, e decrescono, fino a un valore minimo facilmente quantificabile, nella parte finale del ciclo. Tale andamento sembra permettere la previsione dell'istante di tempo in cui avverrà il terremoto, con precisione sempre maggiore quanto più ci si avvicina al tempo di rottura. Per il caso del segmento di Parkfield, Malagnini e Sebastiani hanno formulato un modello concettuale per spiegare il fenomeno. Nel corso del triennio 2020-2022 verranno esplorate un certo numero di situazioni a complessità crescente.

#### **Variazioni temporali di attenuazione non-geometrica: indicazioni sullo stato di stress delle rocce cristalli e possibile precursore**

L'attenuazione sismica è da sempre considerata una proprietà costante delle rocce cristalli, fatta eccezione per le zone vulcaniche attive, ovvero quelle che hanno subito forti scuotimenti sismici prodotti da eventi a distanza locale.

I lavori di Malagnini e collaboratori hanno recentemente dimostrato che il contributo non geometrico all'attenuazione dell'energia sismica è modulato nel tempo da una serie di fattori esterni: dalla dilatazione dovuta al trasferimento di stress di terremoti locali (effetti puramente statici), agli stress mareali a diversi periodi (effetti quasi-statici) alle sollecitazioni dovute alle deformazioni dinamiche prodotte da terremoti moderati e grandi a distanze regionali (<1000 km), ovvero da terremoti di grande magnitudo ( $M \geq 8$ ) avvenuti in qualsiasi parte del mondo (effetti dinamici).

Oltre alle perturbazioni statiche di stress, le variazioni di  $1/Q_s$  indotte da terremoti sono determinate dalle riduzioni di permeabilità dovute a fenomeni di riduzione della pervietà di poro delle rocce cristalli, dovuti a deposizione di

microparticelle mobilizzate dallo scuotimento sismico in volumi rocciosi adiacenti, ovvero dagli incrementi di permeabilità delle rocce cristalline dovuta alla dissoluzione dei depositi di microparticelle presenti nei pori di tali rocce. Si è osservato che condizioni di pre-frattura lungo la faglia di San Andreas a Parkfield corrispondono a chiare anomalie di  $1/Q_s$ , e come l'occorrenza di terremoti su tale faglia produca improvvise inversioni di tale parametro. Nel corso del triennio 2020-2022 verificheremo la possibile detezione di segnali precursori in diverse regioni del mondo, compreso l'Appennino Centrale e Settentrionale.

## **Sismologia in Tempo Reale**

### **Posizionamento delle stazioni RING in tempo reale**

L'attuale infrastruttura della RING è composta da più di 200 stazioni permanenti distribuite sul territorio nazionale che trasmettono dati in tempo reale presso la sede Irapina. Si propone di testare le diverse metodologie attualmente disponibili per determinare la posizione in tempo reale alle stazioni RING e di confrontarne le diverse soluzioni in termini di accuratezza e consistenza. A partire da tale posizionamento GNSS in tempo reale, si propone inoltre di testare e sviluppare metodologie per il calcolo di parametri sismologici potenzialmente utili nelle procedure di Early Warning.

### **Time Domain Moment Tensor**

Il sito <http://terremoti.ingv.it/tdmt> contiene le soluzioni dei momenti tensoriali per i terremoti italiani di  $M > 3.5$  dal 2006 ad oggi calcolati automaticamente e in tempo reale con il codice Time Domain Moment Tensor [Dreger et al., 2003].

Per ogni soluzione sono pubblicate sul sito le 6 componenti del MT, strike, dip e rake dei due piani di rottura, il momento sismico e la  $M_w$  calcolata a partire dal momento sismico secondo la relazione di Aki [1977]. Viene fornita inoltre la percentuale di doppia coppia (DC) che da indicazioni sull'origine tettonica del terremoto.

Ogni soluzione automatica viene rivista da un sismologo e aggiornata sul sito.

Per il 2020 e il biennio successivo questa banca dati verrà mantenuta e aggiornata con i terremoti che accadranno. Verrà altresì testata la possibilità di sostituire la procedura attualmente in utilizzo con una sua versione più recente che permette di calcolare oltre alla componente di DC la componente isotropica (ISO). Questa componente indica una variazione volumetrica dovuta ad implosione o esplosione, per cui la sua stima permetterà di discriminare gli eventi puramente tettonici da quelli ad esempio vulcanici o dovuti ad attività estrattiva.

### **MEGLIO**

MEGLIO è l'acronimo per "Measuring Earthquake signals Gathered with Laser Interferometry on Optic fibers". MEGLIO 1.0 è un progetto pilota per registrare segnali generati da terremoti su fibra ottica attiva tramite interferometria laser. Il progetto è un accordo fra INGV, OpenFiber, INRIM, Pangea Formazione e Metallica Bresciana. L'interferometro progettato da INRIM basato sulla produzione di una luce ultra stabile permetterà di osservare su tratti della rete in fibra della OpenFiber i segnali prodotti da perturbatori come le onde sismiche generate da un terremoto. La Pangea Formazione, usando algoritmi di machine learning, svilupperà l'analisi del dato.

I primi dati fatti, con uno strumento non adattato a questo target, sono già molto promettenti. Aspettiamo un miglioramento netto del nuovo prototipo. Lo scopo finale di questo progetto è la caratterizzazione di questi segnali, nuovi per la sismologia, e giudicare se queste misure possano migliorare e integrare il sistema di monitoraggio dei terremoti già esistente.

### **CISA**

Nell'ambito dei progetti FISR e in stretta collaborazione con la ditta SARA-electronic instruments di Perugia e l'Osservatorio FFB (Uni Monaco, DE) è stato installato in Umbria un array sismico, chiamato Central Italian Seismic Array (CISA). CISA è composto da 9 stazioni sismiche, ognuna autonomamente alimentata da batteria/pannelli solari e attrezzata con un digitalizzatore a 24 bit, un velocimetro a tre componenti e un modem LTE per la trasmissione in tempo reale dei dati. Gli obiettivi scientifici di CISA sono: (i) di abbassare la soglia di detezione della rete sismica nazionale per gli eventi sismici che si manifestano in Umbria e (ii) di identificare le faglie attive e studiare le dinamiche di rottura di terremoti moderati su scala regionale. Ad oggi l'installazione dell'array CISA può essere considerata conclusa. I dati vengono trasmessi in tempo reale a un server localizzato presso la ditta SARA-electronic instruments e poi inoltrati (protocollo seedlink) sui centri di acquisizione presso la sede INGV di Arezzo (RM1). In collaborazione con l'Osservatorio FFB è stato sviluppato un codice ObsPy per l'analisi f-k dei datastream in tempo reale che consente il calcolo dei parametri ipocentrali. È ancora in corso lo sviluppo di automatizzazione di tale procedura.

Partecipano alle attività: Thomas Braun (RM1), Aladino Govoni (ONT), Marco Caciagli (BO), William Thorossian (ONT), Daniela Famiani (RM1).

**Sviluppo tecnologico e performance dei sistemi di acquisizione dedicati all'EEW**

Nell'ambito del Progetto Premiale ART-IT (Coord. Amato A.) verrà valutata la performance del sistema di acquisizione della rete sismica in acquisizione presso la Sede di Ancona dell'ONT, concentrando le analisi sulle latenze di trasmissione con differenti vettori e protocolli TCP/IP e sulla rumorosità di differenti sensori MEMS rispetto a accelerometri di riferimento. Verranno utilizzati i dati raccolti negli ultimi anni dal software PRESto e dall'installazione di accelerometri a basso costo per produrre simulazioni di Earthquake Early Warning, con differenti configurazioni di rete e differenti parametri focali di eventi sismici significativi nell'area tra l'Alta Valle del Tevere e i Monti Sibillini.

Partecipano alle attività: Ladina Chiara, Cattaneo Marco, Marzorati Simone, Pantaleo Debora, Calamita Carlo, Amato Alessandro e collaborazioni con Dipartimento di Ingegneria Informatica (DII) dell'Università Politecnica delle Marche e Università di Napoli Federico II.

**Studio e calibrazione dei parametri di configurazione del programma di Early warning PRESto.**

Le attività di ricerca comprendono lo studio dei parametri di calibrazione del programma di early warning, PRESto e la corretta calibrazione di questi ultimi per l'area del Centro Italia, scelta come test site per il progetto. I parametri sono generalmente scelti e calibrati sulla base delle dimensioni dell'area, della geometria di rete, del tipo di strumentazione di acquisizione adoperata e dei livelli di rumore sismico che caratterizzano l'area. È inoltre oggetto della ricerca la valutazione delle performance del software in termini di capacità di detezione, localizzazione e calcolo della magnitudo nell'area test e l'effetto della variazione dei parametri di configurazione sulla qualità e affidabilità degli output.

Partecipano alle attività: Simona Carannante, Marco Massa, Ezio D'Alema, Sara Lovati.





3.

## Linea di Attività "Ricerca - Vulcani"



## Attività di Ricerca

Dipartimento

Vulcani

Area di Intervento:

Linea di Attività: "Ricerca - Vulcani"

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2020

a.

### Finalità e Obiettivi

L'articolazione del Dipartimento Vulcani in tre distinte Linee di attività (LdA) ha l'obiettivo di evidenziare e valorizzare le tre principali attività che realizza l'Istituto ovvero l'attività di ricerca libera nelle diverse aree tematiche che caratterizzano le scienze vulcanologiche, l'attività di servizio svolta a beneficio del Dipartimento della Protezione Civile e di altre istituzioni nazionali ed internazionali con l'obiettivo di contribuire alla mitigazione del rischio vulcanico, e l'attività di mantenimento e ulteriore sviluppo delle infrastrutture di ricerca dell'Ente, siano esse reti di monitoraggio, laboratori sperimentali ed analitici, risorse di calcolo scientifico, banche dati, osservatori multidisciplinari da terra e satellitari, e strumenti o prodotti necessari alle diverse attività realizzate.

Per quanto riguarda la Linea "Ricerca - Vulcani", le attività sono state raggruppate in sei diverse Aree tematiche ovvero:

- 1) storia eruttiva;
- 2) struttura e sistema di alimentazione dei vulcani;
- 3) proprietà chimico-fisiche dei magmi e dei prodotti vulcanici;
- 4) processi pre-eruttivi;
- 5) processi eruttivi e post-eruttivi;
- 6) pericolosità vulcanica e contributi alla stima del rischio.

A queste tematiche strettamente vulcanologiche si aggiungono poi due tematiche trasversali, ovvero comuni ai tre Dipartimenti, denominate:

- I. ricostruzione e modellazione della struttura crostale;
- II. studi per le georisorse.

Le Aree tematiche individuate sono tutte da intendersi a carattere multidisciplinare e aggregante rispetto alle diverse metodologie di indagine impiegate nella ricerca. Allo stesso tempo le diverse Aree tematiche sono complementari e funzionali le une alle altre con l'obiettivo di descrivere i processi vulcanici nella loro interezza e nel modo più quantitativo, coerente e completo possibile. È da notare infine che questa linea riflette direttamente le attività realizzate dall'Ente nell'ambito della categoria "Ricerca" come definita nelle linee guida per la compilazione del PTA.

L'insieme delle ricerche condotte e delle competenze esistenti all'interno di questa Linea di attività permettono anche di individuare alcuni Obiettivi Strategici di ampio respiro su cui si sta lavorando e si intende focalizzare le attività di ricerca. Qui di seguito se ne elencano alcuni (indicati con V-OS#) che si prevede di approfondire e sviluppare ulteriormente nel corso del prossimo triennio e che, in linea di principio, sono di interesse per i principali vulcani attivi italiani e per molti vulcani esteri. Questi obiettivi vanno visti come un tentativo, seppur da affinare, di identificare delle ricerche scientifiche e tecnologiche in grado di portare a un salto di qualità nella nostra conoscenza del funzionamento dei vulcani nonché nella nostra capacità di prevederne il comportamento futuro. Allo stesso tempo questi obiettivi, una volta meglio circostanziati e applicati ad uno specifico vulcano di interesse, possono rappresentare dei progetti scientifici, multidisciplinari e aggreganti delle diverse competenze esistenti nell'Istituto. È da evidenziare infine come il raggiungimento di questi Obiettivi consentirà inoltre di sviluppare ulteriormente il contributo della ricerca vulcanologica alle attività di sorveglianza e di mitigazione del rischio vulcanico realizzate dall'ente per le autorità di protezione civile nazionali e internazionali (vedi Scheda di dettaglio delle Linee di attività "Vulcani - Servizi e ricerca per la società").

Gli Obiettivi Strategici individuati, che rappresentano in buona parte la continuazione e il naturale sviluppo di quelli previsti dai precedenti PTA, possono essere sinteticamente descritti come segue:

### **V-OS1) Realizzazione di un nuovo modello 4D (3D spaziale e tempo-dipendente) dei vulcani italiani**

Questo obiettivo mira alla ricostruzione della struttura e dei sistemi di alimentazione dei vulcani attivi italiani tramite l'utilizzo di nuove e più accurate tecniche di osservazione e indagine, siano esse nuovi sistemi di monitoraggio o specifiche campagne strumentali di natura geofisica o geochemica. La ricostruzione a più alta risoluzione delle proprietà del sistema vulcanico in 3D e dei suoi rapporti con la struttura tettonica regionale, nonché la sua eventuale evoluzione nel tempo, rappresentano infatti una informazione fondamentale per poter comprendere la dinamica del sistema e poterne prevedere il comportamento futuro. Prime ricostruzioni 3D dei principali vulcani italiani quali Vesuvio, Campi Flegrei, Etna e Stromboli sono già state realizzate ma nuove e più accurate indagini sono oggi possibili e auspicabili utilizzando le più moderne tecnologie disponibili. Lo stesso vale per altri vulcani meno indagati, come ad esempio Ischia e Vulcano, e per i numerosi vulcani sottomarini, molti dei quali ancora scarsamente conosciuti ma potenzialmente sorgenti di fenomeni pericolosi. Una attività rilevante di questo obiettivo dovrebbe consistere nella realizzazione di un sistema informatico in grado di visualizzare, integrare ed elaborare la grande quantità di dati multidisciplinari raccolti dalle precedenti campagne strumentali e dalle diverse reti di osservazione presenti su ciascuno dei vulcani attivi italiani con l'obiettivo di ottenere una rappresentazione il più possibile coerente e accurata del loro stato e della loro evoluzione.

### **V-OS2) Caratterizzazione della dinamica di risveglio dei vulcani e previsione dell'attività eruttiva**

La comprensione della dinamica di risveglio dei vulcani rappresenta una delle maggiori sfide della vulcanologia moderna. La difficoltà è dovuta sia alla sostanziale inaccessibilità del sistema vulcanico alla osservazione diretta sia alla estrema variabilità della dinamica a seconda della tipologia del vulcano. A fronte di importanti progressi fatti nella previsione dei fenomeni per vulcani a condotto aperto e caratterizzati da frequente attività, come l'Etna e lo Stromboli, profonde incertezze permangono nell'interpretazione dei segnali di sistemi vulcanici a condotto chiuso e di cui non abbiamo osservato recenti eruzioni, come per esempio i Campi Flegrei e il Vesuvio. A causa di queste incertezze, l'eruzione presa come riferimento per la stesura dei piani di emergenza da parte del Dipartimento della Protezione Civile per questi vulcani è semplicemente estrapolata dalla loro storia eruttiva, senza alcun riferimento ad eventuali possibili segnali di preannuncio. La possibilità di rappresentare con un sufficiente grado di accuratezza l'evoluzione di questo processo richiede comunque la conoscenza dettagliata della struttura del sistema a grande e piccola scala e dei suoi rapporti con la tettonica locale e regionale (vedi obiettivo strategico V-OS1), la disponibilità di specifiche reti di monitoraggio ad alta risoluzione spaziale e temporale, nonché la disponibilità di modelli fisico-matematici in grado di descrivere i processi fondamentali che regolano la dinamica del risveglio e le relazioni tra i diversi segnali osservabili misurati. Un aspetto cruciale e di lungo termine di questo obiettivo è quello di poter relazionare, nel modo più accurato possibile, la tipologia dei segnali registrati durante il risveglio del vulcano con la scala e la tipologia (e se possibile gli *Eruption Source Parameters*) dell'eruzione attesa. Lo sviluppo di metodi probabilistici e statistici in grado di quantificare le diverse incertezze in gioco, accoppiato all'utilizzo dei dati di monitoraggio e di modelli fisico-matematici per la simulazione dei fenomeni, potrebbe infatti portare alla individuazione degli scenari pre-eruttivi ed eruttivi più verosimili in funzione dei segnali registrati.

### **V-OS3) Osservazione, misurazione e modellazione fisico-matematica dei processi eruttivi**

L'eccezionale difficoltà di comprendere la natura dei fenomeni vulcanici è in gran parte associata alla impossibilità di controllare e quindi riprodurre tali fenomeni, alla loro pericolosità che ne impedisce una facile misurazione, nonché alla difficoltà di descriverne la dinamica tramite semplici equazioni di trasporto e costitutive. Questo obiettivo mira a migliorare la descrizione dei fenomeni eruttivi tramite lo sviluppo e l'integrazione di tecniche di misura più accurate dei fenomeni osservati, la realizzazione di esperimenti di laboratorio in grado di mimare i processi osservati e descriverne le equazioni costitutive, e lo sviluppo di modelli fisico-matematici più realistici. La sinergia e la complementarità tra osservazioni e misurazioni dei fenomeni, esperimenti di laboratorio e descrizioni teoriche e numeriche dei fenomeni rappresentano infatti il principale motore per lo sviluppo della conoscenza dei processi vulcanici. La stessa ricostruzione dei parametri eruttivi (*Eruption Source Parameters*) di un evento è possibile attraverso l'integrazione di osservazioni (misure) e modelli (teorici o numerici) dei fenomeni osservati. Obiettivo primario nel triennio sarà in particolare l'integrazione dei dati ottenuti dalle attività osservative e di monitoraggio con i modelli fisico-matematici, anche attraverso lo sfruttamento di nuove infrastrutture di calcolo ed analisi dati, al fine di: 1) fornire casi di validazione e calibrazione dei modelli computazionali; 2) migliorare le previsioni realizzate attraverso tecniche di *data-assimilation*; 3) fornire modelli interpretativi e analisi dei dati di osservazione e monitoraggio. Un ulteriore aspetto importante di questo obiettivo è la possibilità di integrare e concentrare i suddetti metodi di indagine su fenomeni e/o eruzioni ben osservati e studiati, ovvero su *case-studies* di riferimento, in modo di ridurre le incertezze in gioco e ottenere così una rappresentazione unitaria delle dinamiche indagate.

b.	Contenuto Tecnico-Scientifico
	<p>In questa sezione vengono sinteticamente presentate le diverse aree tematiche che costituiscono la Linea di attività "Ricerca - Vulcani", illustrandone alcune delle attività che saranno realizzate e alcuni degli Obiettivi Specifici che saranno perseguiti nel corso dell'anno e, in alcuni casi, nel corso del biennio successivo. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto tramite un Forum dedicato alla preparazione del PTA e disponibile nel nuovo sito web dei Dipartimenti (ex Strutture di Ricerca) dell'INGV (<a href="http://strutture.rm.ingv.it/forums/">strutture.rm.ingv.it/forums/</a>). I prodotti attesi da queste attività sono principalmente pubblicazioni scientifiche su riviste JCR e non-JCR, rapporti scientifici e tecnici, presentazioni a convegni e workshop, nuovi progetti scientifici e nuove collaborazioni nazionali e internazionali.</p> <p><b>1. Storia eruttiva</b></p> <p>Questa area tematica include gli studi mirati alla ricostruzione e caratterizzazione della storia dei sistemi vulcanici. L'area include l'analisi della natura ed estensione dei depositi e dei prodotti vulcanici mirata alla ricostruzione dei fenomeni pre-eruttivi, eruttivi e post-eruttivi e alla creazione delle relative basi dati. Include inoltre indagini geologiche, tefro-stratigrafiche, tefro-cronologiche, magnetostratigrafiche, statistiche, archeologiche e ricerche storiche.</p> <p><b>Studio dell'attività eruttiva del vulcano Melbourne (Antartide)</b>  Studio stratigrafico e caratterizzazione geochimica dei depositi piroclastici eruttati dal Pleistocene ad oggi dal vulcano Melbourne (Antartide) allo scopo di ricostruire l'attività eruttiva recente.  Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.  Proponente/i: P. Del Carlo, INGV Pisa.</p> <p><b>Tefrostratigrafia e tefrocronologia</b>  Studio tefro-stratigrafico e tefro-cronologico allo scopo di ottenere informazioni sulla storia eruttiva dei vulcani italiani ed esteri (età, ricorrenza, magnitudo, dispersione prodotti e possibili hazard connessi e dinamica eruttiva) nonché come metodo per la datazione degli archivi naturali e la sincronizzazione di eventi geologici, climatici e archeologici. Specifica attenzione verso l'area tirrenica meridionale, Italia centrale e Mare di Ross (Antartide).  Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.  Proponente/i: A. Di Roberto, P. Del Carlo, INGV Pisa.</p> <p><b>Geochimica nello studio dei sistemi magmatici</b>  Si intende contribuire alla definizione dei processi differenziativi dei magmi, e della struttura ed evoluzione dei sistemi magmatici di vulcani attivi attraverso studi di geochimica e geochimica isotopica. Inoltre, gli isotopi radiogenici dello Sr e del Nd e la geochimica degli elementi maggiori ed in traccia saranno utilizzati per effettuare correlazioni stratigrafiche tra depositi distali e prossimali di grandi eruzioni avvenute nel Pleistocene, allo scopo di migliorare le conoscenze sulla tefrostratigrafia dei prodotti vulcanici distali in Italia centrale e più in generale nel Mediterraneo. Il riconoscimento di marker stratigrafici ha importanti implicazioni anche in termini di pericolosità vulcanica, contribuendo a meglio definire le aree interessate dalla caduta di materiale piroclastico durante le grandi eruzioni.  Proponente/i: I. Arienzo, INGV-OV.</p> <p><b>2. Struttura e sistema di alimentazione dei vulcani</b></p> <p>In questa area tematica vengono realizzati studi della struttura del sistema vulcanico e della sua evoluzione geologico-strutturale; relazioni tra sistema vulcanico, contesto geodinamico e assetto vulcano-tettonico; indagini sul sistema magmatico e sulla sua evoluzione inclusa la caratterizzazione della sua geometria e delle zone sorgenti e di stoccaggio del magma; studi sulla dinamica e sulla geometria delle intrusioni magmatiche e sui campi di fratture associati agli eventi intrusivi, anche connessi con collassi di settore; studio delle condizioni chimico-fisiche dei magmi e delle rocce tramite metodologie geofisiche, geochimiche, petrologiche, mineralogiche e fisico-matematiche.</p> <p><b>Studio delle manifestazioni fumaroliche nei vulcani Antartici</b>  Questo studio si propone di investigare la geochimica dei gas nei vulcani Melbourne e Rittmann, localizzati lungo la catena delle Montagne Transantartiche nella regione Northern Victoria Land in Antartide, in cui sono note manifestazioni fumaroliche diffuse. Tale ricerca, già iniziata e inserita nei cicli delle campagne antartiche del PNRA, si</p>

propone di continuare nel biennio 2020-2021 le attività di esplorazione e campionamento nei suddetti vulcani, al fine di caratterizzare i fluidi naturali emessi dalle fumarole presenti e nella comprensione della loro origine e circolazione.

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: G. Giuffrida, F. Grassa, G. Giudice INGV Palermo; A. La Spina, G. Salerno INGV-OE; P. Del Carlo, INGV Pisa. Per i dati di laboratorio: F. Grassa, M. Longo, G. Capasso, A. Rizzo, M. Tantillo, F. Salerno, Y. Oliveri, INGV Palermo.

#### **Dinamiche di degassamento e magmatiche nel plumbing system dell'Etna e Stromboli**

Questa attività è finalizzata alla caratterizzazione allo studio della composizione chimica e flusso dei gas vulcanici misurati nel plume vulcanico totale e caratteristico per singolo cratere. L'attività sarà eseguita tramite misure distali e prossimali in remoto con tecniche di spettroscopia UV e IR, e tramite la rete FLAME. L'obiettivo dell'attività è di indagare sulla dinamica di apporti di magma ricco in volatili nella porzione superficiale dell'edificio vulcanico (0-5 km dai crateri) tramite l'osservazione simultanea di specie di gas con differenti caratteristiche.

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: G. Salerno; A. La Spina, T. Caltabiano, P. Bonfanti, S. Giammanco, F. Murè, R. Maugeri, P. Principato, INGV-OE.

#### **Ricostruzione di serbatoi profondi e sistemi di alimentazione da dati geodetici**

In questo studio si propone di elaborare un metodo per ricostruire serbatoi profondi e sistemi di alimentazione in ambienti vulcanici vincolati da dati geodetici a grande copertura spaziale da interferometria SAR. I modelli impiegati sono ad elementi finiti e possono tenere conto delle complessità locali dell'area vulcanica studiata. I modelli saranno applicati a Long Valley Caldera (USA) e ai Campi Flegrei.

Proponente/i: E. Trasatti, INGV-ONT, in collaborazione con colleghi dell'Università di Bologna, University of Vienna (Austria) e USGS (USA).

#### **LakeCarb - Massive volcanic CO<sub>2</sub> discharge from active lava lakes - Nyiragongo and Nyamuragira (Democratic Republic of Congo)**

L'obiettivo di questo progetto consiste nello studio dei gas vulcanici del Nyiragongo e Nyamuragira (Democratic Republic of Congo) attraverso campagne di misure finalizzate alla mappatura delle emissioni di gas dai suoli e alla misura dei gas fumarolici raggiungibili nelle aree crateriche sommitali, in accoppiamento alle misure in-plume delle emissioni gassose dei laghi di lava. L'intento principale del progetto è rivolto alla ricostruzione dell'attuale attività vulcanica e alla comprensione dell'evoluzione del degassamento (con particolare attenzione alla CO<sub>2</sub>) per entrambi i vulcani, dalla profondità del mantello fino all'atmosfera. Questa ricerca si estende per il biennio successivo.

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: G. Giuffrida, F. Grassa, A. Rizzo, S. Cappuzzo INGV Palermo. Partecipano attivamente alla ricerca colleghi dell'Università di Palermo, di Caserta e di istituti stranieri: U. Clermont Auvergne, Francia; U. Heidelberg, Germania. Per i dati di laboratorio: F. Grassa, M. Longo, G. Capasso, A. Rizzo, M. Tantillo, F. Salerno, Y. Oliveri, INGV Palermo.

#### **GEOchemistry of volcanic gases of the COMoros Archipelago – GECO**

L'obiettivo di questa indagine sarà quello di colmare le lacune geochimiche esistenti a Gran Comore e Mayotte, isole dell'arcipelago delle Comore. Lo studio mirato della geochimica delle emissioni gassose delle due isole sarà rivolto in particolare, all'identificazione ed eventuale quantificazione dell'entità del degassamento vulcanico sulle principali emissioni gassose delle isole; all'identificazione delle caratteristiche dei gas intrappolati nelle rocce e nei minerali della serie principali. L'integrazione dei risultati ottenuti dallo studio consentiranno una ricostruzione geochimica del complesso quadro geodinamico di queste isole e rappresenterà un'opportunità importante per lo sviluppo di modelli di degassamento ancora poco conosciuti nell'Arcipelago delle Comore. Questa ricerca si estende per il biennio successivo.

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: A. Rizzo, F. Grassa, G. Giuffrida, S. Cappuzzo, V. Francofonte INGV Palermo. Partecipano attivamente alla ricerca colleghi dell'Università di Ferrara e di istituti stranieri (IPGP-Francia). Per i dati di laboratorio: F. Grassa, M. Longo, G. Capasso, A. Rizzo, M. Tantillo, F. Salerno, Y. Oliveri, INGV Palermo.

#### **La geochimica nello studio dei sistemi di alimentazione dei vulcani**

In questo studio si intende effettuare analisi isotopiche di Sr, Nd, e Li, unitamente all'analisi chimica (maggiori e

tracce) dei prodotti emessi da vulcani attivi e quiescenti finalizzate i.) allo studio dei processi magmatici e ii.) allo studio dei sistemi di alimentazione dei vulcani. Unitamente all'acquisizione di dati isotopici su vetri, minerali e rocce totali e all'interpretazione dei risultati delle indagini chimiche, ove possibile saranno effettuati studio delle inclusioni silicatiche al fine di definire i parametri fisici e chimici che presiedono alla dinamica interna dei sistemi magmatici.  
Proponente/i: I. Arienzo, INGV-OV.

#### **Relazioni tra le dinamiche magmatiche e contesto tettonico-strutturale dell'Etna**

Gli studi recenti evidenziano come i processi magmatici all'interno del sistema di alimentazione dell'Etna siano in qualche modo correlati con il contesto tettonico-strutturale della regione etnea. In tale prospettiva lo studio si propone di rivedere le variazioni composizionali dei magmi dell'Etna misurate durante il monitoraggio degli ultimi anni, confrontandole con i dati acquisiti dalle reti strumentali permanenti del sistema di monitoraggio. L'obiettivo è quello di ricostruire i processi e le dinamiche magmatiche nel sistema di alimentazione del vulcano, evidenziando possibili correlazioni con la variazione dello stile eruttivo e il contesto tettonico-strutturale del vulcano.

Prodotti previsti: presentazioni a congressi e pubblicazioni scientifiche.

Proponente/i: R.A. Corsaro in collaborazione con personale dell'INGV-OE.

#### **Studio del magmatismo antico dell'Etna (Isole dei Ciclopi, Acicastello, Catania)**

Questo studio si è potuto svolgere parzialmente nel 2019, a causa di impedimenti burocratici connessi allo stato di "Riserva Naturale Integrale" delle Isole dei Ciclopi. Dopo avere effettuato rilievi mediante droni, si proseguirà con un approfondimento dello studio dei caratteri geologici, strutturali e magmatologici dell'Isola Lachea, la più grande dell'arcipelago. Si confida di ottenere le autorizzazioni per effettuare il campionamento e procedere con la caratterizzazione chimica dei prodotti e la datazione delle rocce. Infine, utilizzando i prodotti ottenuti con i droni verranno realizzati dei modelli in realtà virtuale aumentata.

Prodotti previsti: presentazioni a Congressi, pubblicazione scientifica e materiale divulgativo e didattico.

Proponente/i: R.A. Corsaro in collaborazione con personale dell'INGV-OE, dell'IGG-CNR (Pisa) e UniMi (Bicocca).

#### **Studio della dinamica e struttura delle porzioni sommerse dei vulcani**

Si intende continuare la fruttuosa collaborazione con le unità di Ricerca della Geomar per approfondire metodi e strumenti per la misura e lo studio della dinamica dei versanti sommersi dei vulcani, elemento indispensabile per avere un quadro veramente completo dei fenomeni vulcanici (specialmente sui vulcani insulari e costieri) e vulcano-tettonici.

Proponente/i: A. Bonforte, G. Puglisi, INGV-OE.

#### **Dinamica di fianco e spreading all'Etna**

È sempre più evidente l'importante ruolo ricoperto dalla generale dinamica di fianco all'Etna. Le recenti crisi hanno evidenziato sempre di più come importanti ed improvvisi eventi intrusivi possano accelerare la continua dinamica di versante, innescando conseguenti crisi sismiche che si sovrappongono a quelle eruttive. Il continuo approfondimento di questi aspetti consentirà di chiarire sempre di più i meccanismi alla base di questa dinamica e, in connessione con la linea Vulcani - Ricerca e Servizi per la Società, sviluppare modelli e sistemi per un migliore monitoraggio.

Proponente/i: A. Bonforte, F. Guglielmino, G. Puglisi, INGV-OE.

#### **Distribuzione spaziale del vulcanismo nei pianeti rocciosi del sistema solare e nei satelliti ghiacciati**

Metodi e sviluppo: la manifestazione superficiale della deformazione e dei fluidi circolanti in profondità nella crosta (magmi o acqua) sulla Terra, pianeti rocciosi e satelliti ghiacciati consiste in fratture e faglie e in vulcani (punti di emissione). L'analisi strutturale e lo studio della distribuzione spaziale di questi elementi possono dare informazioni sulla struttura meccanica della crosta e sul "plumbing system" dei sistemi vulcanici in pianeti rocciosi (e.g., Marte) e satelliti ghiacciati (Encelado, Ganimede). Questi studi sono importanti per l'esplorazione geologica dei pianeti e in previsione delle prossime missioni sul pianeta rosso (e.g. ExoMars dell'ASI).

Prodotti previsti: pubblicazione di articoli su riviste del JCR.

Proponente/i: F. Mazzarini, I. Isola, INGV Pisa.

#### **Distribuzione spaziale del vulcanismo monogenetico e struttura della crosta continentale**

Il vulcanismo monogenetico è associato a grandi apparati centrali oppure è concentrato in aree specifiche formando dei campi vulcanici di vasta estensione areale ma con bassi volumi eruttati. L'analisi della distribuzione spaziale del vulcanismo e, possibilmente, di quella temporale può fornire importanti conoscenze sul sistema magmatico e sulla

struttura meccanica della crosta. I risultati dello studio di campi vulcanici in aree selezionate e in importanti edifici vulcanici saranno confrontati con dati geofisici indipendenti per avere informazioni su plumbing system, strutture cristalline e possibili ricadute per l'analisi della pericolosità associata.

Prodotti previsti: pubblicazione di articoli su riviste del JCR.

Proponente/i: F. Mazzarini, M. Favalli, I. Isola, INGV Pisa.

#### **Geometria del plumbing system e dinamiche magmatiche: applicazione al Piton de la Fournaise (La Réunion)**

L'obiettivo di questo studio è l'integrazione delle conoscenze esistenti sulla geometria del plumbing system intra-crosta al di sotto del vulcano Piton de la Fournaise (La Réunion Island). L'approccio scientifico prevede lo studio integrato di gas nobili-CO<sub>2</sub>, petrografia e composizione dei prodotti, e stima della pressione di intrappolamento in inclusioni fluide di olivine e pirosseni da lave ed enclave mafici ed ultramafici eruttati nell'area di Bellecombe. I risultati ottenuti saranno integrati alle conoscenze esistenti al fine di ricostruire il path di risalita dei magmi dal mantello ed identificare possibili zone di storage e differenziazione dei magmi prima dell'eruzione. Inoltre, le conoscenze acquisite saranno utili ai fini del monitoraggio vulcanico. Questa ricerca si protrarrà anche nel biennio successivo e l'approccio scientifico sarà applicato anche ad altri sistemi magmatici già monitorati regolarmente (Stromboli).

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: A.L. Rizzo, F. Grassa, M. Liuzzo, INGV Palermo, alcuni tesisti, dottorandi e post-doc dell'Università di Palermo, e colleghi Universitari associati alla Sezione INGV di Palermo.

#### **Geochemia dei volatili nel mantello litosferico in zone di subduzione o prossimali**

Questo studio ha come obiettivo quello di vincolare la composizione elementare ed isotopica di gas nobili (He, Ne e Ar) e CO<sub>2</sub> nel mantello in zone di subduzione o prossimali, ponendo particolare attenzione alla presenza ed eventuale contributo/contaminazione di volatili riciclati nel mantello durante il processo di subduzioni (es. CO<sub>2</sub>) o residenti nella crosta che contengono carbonio (es. decarbonatazione di sedimenti pelagici, assimilazione crostale). Questa ricerca è condotta attraverso lo studio integrato della composizione elementare ed isotopica di CO<sub>2</sub> e gas nobili (He, Ne e Ar) in inclusioni fluide di olivine e pirosseni da basalti ed enclave ultramafici, e le conoscenze petrografiche e di composizione chimica della roccia e dei minerali. Le evidenze ottenute dallo studio delle inclusioni fluide saranno confrontate a quelle ottenute da studi precedenti sui gas emessi in superficie in prossimità delle aree di studio. Le aree oggetto di studio sono alcuni segmenti dell'arco vulcanico del Centro e Sud America, delle Aleutine, della Kamchatka e l'Etna. Questa ricerca si protrarrà anche nel biennio successivo e potrà includere altri sistemi magmatici (es. la zona di retroarco della Patagonia).

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: A.L. Rizzo, F. Grassa, M. Liuzzo INGV Palermo, alcuni tesisti, dottorandi e post-doc dell'Università di Palermo, e colleghi Universitari associati alla Sezione INGV di Palermo.

#### **Geochemia dei volatili nel mantello litosferico in zone di magmatismo intra-placca in crosta oceanica**

In questa ricerca la composizione elementare ed isotopica di gas nobili (He, Ne e Ar) e CO<sub>2</sub> nel mantello in zone di magmatismo in crosta oceanica anche prossimali a margini distensivi (Azzorre, Capo Verde, Canarie, Reunion) verrà stimata attraverso lo studio di inclusioni fluide in noduli ultramafici e prodotti eruttivi integrato alle conoscenze petrografiche e di composizione chimica della roccia e dei minerali. Identificazione, modellazione e valutazione dei tempi di accadimento di processi di rifusione parziale, metasomatismo/rifertilizzazione, riciclo di volatili nel mantello, degassamento magmatico, contaminazione crostale ed atmosferica. Attenzione sarà anche posta all'origine geodinamica del magmatismo (es. presenza di componente plume). Ove possibile, stima della barometria di provenienza dei prodotti. Le evidenze ottenute dallo studio del mantello e dei prodotti magmatici saranno confrontate a quelle ottenute da studi precedenti sui gas emessi in superficie in prossimità delle aree di studio. Questa ricerca si protrarrà anche nel biennio successivo e potrà includere altre porzioni di mantello e relativi sistemi magmatici che si sono originati.

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: A.L. Rizzo, F. Grassa, M. Liuzzo, INGV Palermo, alcuni tesisti, dottorandi e post-doc dell'Università di Palermo e colleghi Universitari associati alla Sezione INGV di Palermo.

#### **Geochemia dei volatili nel mantello litosferico in zone di distensione continentale**

In questo studio l'obiettivo principale è quello di vincolare la composizione elementare ed isotopica di gas nobili (He, Ne e Ar) e CO<sub>2</sub> nel mantello in zone di Rift continentale (Europa, Messico, Antartide, Africa), attraverso lo studio di inclusioni fluide in noduli ultramafici integrato alle conoscenze petrografiche e di composizione chimica dei minerali.



Identificazione, modellazione e valutazione dei tempi di accadimento di processi di rifusione parziale, metasomatismo/rifertilizzazione, riciclo di volatili nel mantello, degassamento magmatico, contaminazione crostale ed atmosferica. Attenzione sarà anche posta all'origine geodinamica del magmatismo (es. presenza di componente plume). Ove possibile, stima della barometria di provenienza dei prodotti. Le evidenze ottenute dallo studio del mantello e dei prodotti magmatici saranno confrontate a quelle ottenute da studi precedenti sui gas emessi in superficie in prossimità delle aree di studio. Questa ricerca si protrarrà anche nel biennio successivo e potrà includere altre porzioni di mantello e relativi sistemi magmatici che si sono originati.

Prodotti attesi: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR.

Proponente/i: A.L. Rizzo, F. Grassa, M. Liuzzo, INGV Palermo, alcuni tesisti, dottorandi e post-doc dell'Università di Palermo e colleghi Universitari associati alla Sezione INGV di Palermo.

### **3. Proprietà chimico-fisiche dei magmi e dei prodotti vulcanici**

Questa area tematica include studi analitici, sperimentali e teorico-computazionali mirati alla definizione delle proprietà costitutive dei magmi e dei prodotti dell'attività vulcanica; proprietà chimiche e fisiche dei magmi e dei prodotti dell'attività effusiva ed esplosiva; studi mirati alla caratterizzazione della natura multifase e multicomponente dei magmi, dei prodotti effusivi e delle miscele piroclastiche.

#### **Proprietà chimico-fisiche della cenere vulcanica**

Studio delle caratteristiche tessiturali, morfologiche e composizionali della cenere vulcanica allo scopo di individuare i meccanismi di frammentazione e i parametri identificativi dei diversi stili eruttivi che generano cenere, con particolare riferimento ai prodotti emessi durante le recenti eruzioni sommitali e laterali dell'Etna.

Partecipante/i: C. D'Oriano, P. Del Carlo, M. Pompilio, INGV Pisa.

#### **Analisi minero-petrologiche**

In questa ricerca si intende contribuire alla conoscenza delle proprietà chimico-fisiche dei magmi e dei prodotti vulcanici mediante analisi minero-petrologiche. Saranno effettuati studi delle forme, delle tessiture e del chimismo di diversi tipi di prodotti vulcanici i) primari, ii) di alterazione e iii) da ambiente acido-solfatico. Tali studi hanno implicazioni per la definizione della struttura ed evoluzione del sistema di alimentazione dei vulcani, per la definizione delle relazioni tra sistema profondo e sistema idrotermale superficiale in vulcani quiescenti, dei processi eruttivi, pre e post eruttivi, nella pericolosità vulcanica.

#### **Database delle firme spettrali dei prodotti dell'attività vulcanica**

Le caratteristiche spettrali delle superfici vulcaniche dell'Etna sono state acquisite in situ durante diverse campagne da uno spettrometro Fieldspec Pro. I dati raw vengono elaborati per creare gli spettri di riflettanza che verranno poi inseriti in un database che rappresenta la libreria spettrale dei prodotti dell'attività vulcanica. Tale database sarà interrogabile attraverso un'interfaccia WEBGIS che permetterà all'utente di visualizzare e scaricare i dati. Gli spettri contenuti nella libreria spettrale verranno utilizzati nelle attività di calibrazione e validazione dei sensori remoti e come riferimento per la realizzazione di mappe delle superfici vulcaniche da dati remoti.

Prodotti attesi: libreria spettrale delle superfici dell'Etna.

Proponente/i: L. Colini, C. Spinetti, F. Doumaz, INGV-ONT.

### **4. Processi pre-eruttivi**

L'area tematica include lo studio della dinamica del magma all'interno del sistema vulcanico; analisi del processo di risalita del magma in superficie e delle interazioni tra magma, roccia incassante e sistema idrotermale; monitoraggio dei segnali geofisici e geochimici associati ai movimenti e alla risalita del magma e analisi della loro evoluzione; sviluppo di modelli concettuali, analogici, statistici e teorico-computazionali in grado di descrivere i processi che controllano la risalita dei magmi e la loro relazione con i segnali registrati in superficie.

#### **Misure di gas nei plumes vulcanici con dati di osservazione della terra iperspettrali**

La recente messa in orbita del primo satellite iperspettrale italiano ASI-PRISMA con risoluzione spettrale elevata nelle bande dello spettro elettromagnetico VIS-SWIR consentirà la misura di gas nella regione spettrale del medio infrarosso dove gli assorbimenti di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> contenuti nei plumes vulcanici presentano caratteristiche tali da consentirne la misura attraverso lo sviluppo di tecniche d'inversione del segnale telerilevato e dopo un'accurata

verifica della sensibilità strumentale.

Prodotti attesi: pubblicazioni in riviste JCR e presentazioni ai Congressi.

Partecipante/i: C. Spinetti, M.F. Buongiorno, V. Romaniello, INGV Roma.

#### **Definizione dei processi e delle dinamiche magmatiche pre-eruttive all'Etna e a Stromboli**

In questa ricerca si prevede di eseguire studi sperimentali per la calibrazione di modelli termodinamici e cinetici che servono a determinare le traiettorie polibariche e politermiche pre- e sin-eruttive del magma nel sistema di alimentazione, l'analisi microchimica e tessiturale dei minerali e dei vetri eruttati per la stima dei tempi di ricarica magmatica indotti dall'intrusione di nuovo magma profondo nei diversi reservoirs cristallini ed il calcolo delle velocità di risalita del magma all'interno del condotto vulcanico nella fase sin-eruttiva e confronto con dati da osservazioni dirette.

Partecipante/i: E. Del Bello, J. Taddeucci, P. Scarlato, M. Nazzari, Di Stefano INGV Roma, D. Andronico INGV-OE, C. D'Orlando, P. Landi INGV Pisa, S. Mollo Università La Sapienza.

#### **Monitoraggio geochimico di Cava dei Selci (Colli Albani) e valutazione della pericolosità delle sue emissioni gassose**

Il monitoraggio geochimico di Cava dei Selci, la principale zona di emissione di gas dei Colli Albani, ripreso nel 2019, continuerà nel 2020 e anni successivi. Verranno monitorati: (in continuo) flusso di CO<sub>2</sub> e radon nel suolo; parametri ambientali; livello, temperatura, conducibilità e CO<sub>2</sub> disciolta in un pozzo d'acqua e (periodicamente) flusso di gas su maglia fissa, composizione chimica e isotopica di gas e acqua. Il processamento dei dati (almeno tre anni) consentirà di comprendere le variazioni geochimiche e di formulare un modello per discriminare le anomalie dovute ad unrest vulcanico. Verrà valutata la pericolosità delle emissioni di gas di Cava dei Selci, simulando la dispersione nella zona abitata sottostante.

Prodotti attesi: rapporti periodici per il DPC e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M.L. Carapezza, F. Barberi, G. Galli, N.M. Pagliuca, A. Patera, L. Pizzino, A. Sciarra, M. Ranaldi, L. Tarchini, INGV Roma, M. Bisson, D. Granieri, INGV Pisa.

#### **Dinamica dei parossismi a Stromboli**

Simulazioni numeriche del processo di risalita di batch di magma ricco in volatili (magma LP), e segnali geofisici associati (ground displacement, tilt, strain, gravity), anche al fine di individuare segnali o insiemi di segnali diagnostici del processo e che possano essere utilizzati come early warning.

Partecipante/i: P. Papale, INGV Pisa.

#### **Studio della relazione fra l'attività di degassamento delle Salinelle e l'attività di degassamento quiescente dell'Etna**

Studio della variazione composizionale e spaziale delle varie polle che caratterizzano l'attività di degassamento delle Salinelle di Paternò in relazione al degassamento quiescente dell'Etna. Lo studio verrà effettuato mediante spettrometria all'infrarosso utilizzando lo spettrometro OP-FTIR.

Partecipante/i: A. La Spina, Pietro Bonfanti INGV-OE.

#### **Caratterizzazione del degassamento vulcanico dell'Etna, Stromboli e Vulcano**

Questo studio è finalizzato alla caratterizzazione della composizione chimica e dei flussi emessi del plume vulcanico emesso da Etna, Stromboli e Vulcano tramite osservazioni in remoto passivo/attivo FTIR e FLAME/SO<sub>2</sub> camera. L'attività sarà svolta per scopi di ricerca e di servizio per DPC.

Prodotti attesi: rapporti periodici per il DPC e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: G. Salerno, A. La Spina, P. Bonfanti, T. Caltabiano, S. Giammanco, F. Murè, R. Maugeri, P. Principato INGV-OE.

#### **Andamento temporale dei processi di mingling in camere magmatiche**

Simulazioni numeriche di dinamiche di ricarica magmatica in reservoirs sub-superficiali hanno mostrato che l'evoluzione dipende dalle caratteristiche fisiche dei magmi coinvolti (densità, viscosità), così come dalla geometria e dimensione del sistema. Studieremo come l'evoluzione temporale e l'efficacia del mixing dipendono da questi parametri.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: C. Montagna, INGV Pisa.

### **Studio dei segnali geofisici associati a dinamiche magmatiche sub-superficiali all'Etna**

Simulazioni numeriche condotte sul sistema di alimentazione dell'Etna hanno mostrato che dinamiche di arrivo di magma ricco in gas in reservoirs superficiali producono segnali di deformazione e gravità specifici. Confronteremo i segnali sintetici calcolati con quelli registrati dalle reti di monitoraggio, e invertiremo il segnale sintetico, in modo da isolare alcune caratteristiche che possano aiutare ad individuare il processo sorgente.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: C. Montagna, INGV Pisa.

### **Studio degli effetti del flushing di CO<sub>2</sub> in reservoir magmatici**

La dinamica legata all'arrivo di fluidi magmatici ricchi in CO<sub>2</sub> all'interno di reservoirs sub-superficiali sarà analizzata mediante simulazioni numeriche di processi di crescita e risalita di bolle in magmi con diverse caratteristiche fisiche e a diverse profondità. L'utilizzo di superfici di saturazione multi-fluido daranno indicazioni sull'evoluzione spazio-temporale del sistema, e si cercherà di definire in quali range parametrici il flushing di CO<sub>2</sub> può determinare eruzioni.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: C. Montagna, INGV Pisa.

### **Studio di unrest vulcanici mediante analisi di dati telerilevati e modellazione**

Questa attività di ricerca è focalizzata sull'analisi di dati interferometrici SAR multi-temporali per lo studio, l'interpretazione e la modellazione di sorgente vulcaniche al fine di studiare fasi pre-eruttive e di unrest. Tali studi sono orientati alla determinazione delle sorgenti vulcaniche attive e alla costruzione di scenari di deformazione pre-eruttivi. I modelli saranno applicati ai Campi Flegrei e altri unrest vulcanici nel mondo.

Partecipante/i: M. Albano, S. Atzori, C. Bignami, G. Pezzo, M. Polcari, S. Salvi, S. Stramondo, C. Tolomei, E. Trasatti, INGV Roma, con il supporto del Laboratorio GEOSAR, in collaborazione con INGV-OV, IGEPN (Ecuador) e VDAP-USGS (USA).

### **Condizioni pre-eruttive e sin-eruttive**

È in corso uno studio mirato alla determinazione dei tempi e meccanismi di apertura dei sistemi magmatici e di risalita dei magmi nei condotti vulcanici e loro implicazioni sulla possibile durata dei precursori, attraverso analisi geochimiche, tessiturali (2D e 3D) ed esperimenti di decompressione, su rocce alcaline dei vulcani napoletani ad alto rischio.

Partecipante/i: L. Pappalardo INGV-OV.

### **Le eruzioni esplosive mafiche della Provincia Comagmatica Romana**

In questo studio si continueranno gli studi di eruzioni fortemente zonate associate agli ultimi eventi di collasso della caldera di Latera (Lazio settentrionale). Lo scopo della ricerca è la comprensione dei meccanismi magmatici che favoriscono l'emissione esplosiva di ingenti quantità di magmi poco evoluti e la definizione dei meccanismi di mescolamento pre- e sin-eruttivi.

Partecipante/i: P. Landi INGV Pisa.

### **Dinamiche magmatiche pre e sin-eruttive dello Stromboli**

Verrà approfondito lo studio petrografico e composizionale dei prodotti eruttati durante i parossismi recenti e storici di Stromboli, con l'obiettivo di migliorare la conoscenza dei meccanismi, tempi di risalita e interazione dei magmi nelle fasi pre e sin-eruttive. Le indagini analitiche comprenderanno studi tessiturali, mappatura degli elementi maggiori e in traccia e transetti composizionali in cristalli e vetri. I dati raccolti verranno confrontati con i risultati ottenuti da studi di petrologia sperimentale, condotti in collaborazione con colleghi di varie sedi universitarie.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: D. Andronico, A. Cristaldi, INGV-OE, E. Del Bello, G. Di Stefano, T. Ricci, P. Scarlato, J. Taddeucci, INGV Roma1, C. D'Oriano, P. Landi, INGV Pisa, S. Mollo Università La Sapienza.

### **Interconnessione tra le caratteristiche strutturali dell'Etna e le aree ad alta emissione di CO<sub>2</sub>**

Grazie alle sue limitate interazioni con il mezzo roccioso e alla sua facile rilevabilità, l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) è, tra le specie gassose emesse dai vulcani, tra le più frequentemente misurate per monitorare l'attività. Inoltre, la CO<sub>2</sub> è la seconda più abbondante specie gassosa dopo l'acqua (H<sub>2</sub>O) contenuta nei magmi, pertanto rappresenta uno dei maggiori contributi del degassamento magmatico. In questo studio si cercherà di affrontare le tematiche connesse alle

variazioni di flusso della CO<sub>2</sub> diffusa dai suoli e le manifestazioni eruttive dell'Etna. Altresì si proverà a individuare le possibili geometrie strutturali favorevoli la percolazione dei gas magmatici del plumbing-system intermedio-superficiale. Questa ricerca si estende per il biennio successivo e potrà includere altri sistemi magmatici (es. Etna, Stromboli).

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: S. Gurrieri, G. Giuffrida, S. Cappuzzo, V. Francofonte, INGV Palermo. Per i dati di laboratorio: F. Grassa, M. Longo, G. Capasso, A. Rizzo, M. Tantillo, F. Salerno, Y. Oliveri INGV Palermo.

#### **Studio multidisciplinare dei parametri sismologici, geochimici e meteorologici per la caratterizzazione della dinamica dei Campi Flegrei e del Vesuvio**

Tale ricerca è volta all'analisi congiunta della sismicità di tipo vulcano-tettonico e di alcuni parametri geochimici e meteorologici. Alcuni risultati significativi sono già stati ottenuti per il Vesuvio ed i Campi Flegrei. In particolare per quest'ultima area sono state evidenziate correlazioni tra attività sismica, cicli di piovosità, pressione atmosferica, nonché ricorrenze cicliche e modulazioni su scala temporale mareale (da semi-diurna ad annuale). I risultati suggeriscono che anche i fenomeni esogeni concorrono con quelli endogeni alla dinamica della caldera flegrea, e che possono essere indicatori delle variazioni dello stato del sistema. Uno studio analogo sarà intrapreso a breve per il Vesuvio.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: S. Petrosino, INGV-OV.

#### **Caratterizzazione della dinamica di sorgente ai vulcani napoletani**

Diversi anni di collaborazione con l'Università degli Studi di Salerno, hanno permesso di ottenere interessanti risultati sulla caratterizzazione delle sorgenti presenti in aree vulcanica mediante l'uso combinato della tecnica di Independent Component Analysis (ICA) e della polarizzazione del campo d'onda sismico. Queste tecniche si stanno applicando al rumore sismico ed alla sismicità di Ischia e Campi Flegrei ed i risultati verranno interpretati unitamente ad altri dati geofisici ed in rapporto alla geologia locale.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: S. Petrosino INGV-OV.

#### **Nuovi approcci all'analisi delle serie tiltmetriche per lo studio della dinamica crostale dei Campi Flegrei, Vesuvio e Ischia**

L'attività di ricerca nasce da una collaborazione tra INGV-OV ed Università degli Studi di Salerno, ed ha permesso di mettere a punto un nuovo approccio basato sulla tecnica di Independent Component Analysis (ICA) per lo studio dei segnali tiltmetrici. Dalle prime applicazioni ai Campi Flegrei sono emersi interessanti risultati sull'interazione tra le maree crostali a medio/lungo periodo e la dinamica del vulcano. La caldera infatti risponde alle deformazioni mareali con oscillazioni che avvengono lungo piani di tilt ben definiti, il cui orientamento è vincolato dal campo di sforzo locale.

Si prevede di effettuare uno studio analogo per il Vesuvio e per Ischia.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: S. Petrosino INGV-OV.

#### **Sensori distribuiti in fibra ottica per il monitoraggio vulcanico**

Questo studio è focalizzato sull'analisi dei dati acquisiti attraverso l'utilizzo di sensori distribuiti in fibra ottica negli esperimenti condotti nel 2018 e 2019 nel territorio etneo. I sensori distribuiti in fibra ottica consentono di misurare variazioni di strain dinamico prodotte da sorgenti sismo-acustiche e forniscono misure ad elevata risoluzione spaziale (fino a 0.8 cm) e temporale (frequenza di campionamento 1 kHz) in un'ampia banda di frequenza (> 8 mHz). Si propone di implementare algoritmi di elaborazione dei segnali acquisiti per validare, identificare e caratterizzare variazioni di strain dinamico associato a processi vulcanici. L'analisi congiunta con segnali acquisiti da sensori tradizionali (sismometri, dilatometri, tiltmetri e infrasonici) consentirà di: (i) verificare l'accuratezza di sensori distribuiti in fibra ottica per il monitoraggio vulcanico; (ii) rilevare variazioni di strain dinamico che precedono e accompagnano periodi di ripresa dell'attività vulcanica. Lo studio sarà eseguito in cooperazione con i ricercatori dell'Istituto GeoForschungsZentrum (Potsdam, Germania) con il quale si è recentemente siglata una convenzione per una collaborazione scientifica.

Partecipante/i: G. Currenti INGV-OE.

#### **Analisi minero-petrologiche per i processi pre-eruttivi**

Si prevede di contribuire attraverso questo studio alla conoscenza dei processi pre-eruttivi mediante analisi

minero-petrologiche attraverso: i) lo studio delle tessiture e del chimismo di prodotti vulcanici, ivi incluso studi di inclusioni vetrose, per migliorare le conoscenze sulle condizioni dei sistemi magmatici di alimentazione; e ii) studi minero-petrologici di prodotti da ambiente acido-solfatico per investigare il significato in relazione alla dinamica (degassamento, riscaldamento, fratturazione, ecc) di un magma eruttabile. I prodotti acido-solfatici di sistemi idrotermali attivi saranno ulteriormente investigati per la componente organica allo scopo di verificare la risposta dell'ecosistema estremofilo alla dinamica endogena (in collaborazione con ricercatori di Università di Napoli e Institute Pasteur, Francia).

#### **Stime del flusso di SO<sub>2</sub> utilizzando strumentazione satellitare polare**

Sviluppo di una procedura per la stima del flusso di SO<sub>2</sub> durante le fasi quiescenti dell'Etna, utilizzando strumentazione satellitare polare. La grande sensibilità dei nuovi sensori polari a bordo dei satelliti Sentinel darà, per la prima volta, la possibilità di misurare anche le basse quantità di SO<sub>2</sub> emesse dal vulcano in fase non eruttiva. Tale stima permetterà di rilevare variazioni che potrebbero essere legate all'imminenza di una eruzione. Questa attività verrà condotta in collaborazione con i colleghi delle sedi di INGV-OE e INGV Pisa.

Partecipante/i: S. Corradini, L. Merucci, D. Stelitano, L. Guerrieri INGV Roma.

#### **Studi tomografici in velocità e attenuazione all'Etna**

Questo studio prevede l'applicazione di tecniche tomografiche in velocità e attenuazione e di tecniche per lo studio di dettaglio della variazione del rapporto VP/VS, finalizzate alla determinazione delle dinamiche pre-eruttive al Mt. Etna.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: E. Giampiccolo, O. Cocina INGV-OE, P. De Gori, C. Chiarabba INGV Roma.

#### **Le inclusioni vetrose nello studio dei processi pre-eruttivi**

Si intende effettuare analisi del contenuto degli elementi volatili (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, Cl, S, F) delle inclusioni silicatiche intrappolate in cristalli di olivina, pirosseno e feldspato, mediante spettrometria all'infrarosso, microsonda elettronica e microsonda ionica. I risultati ottenuti saranno elaborati al fine di definire le profondità di cristallizzazione e/o mescolamento dei magmi e i parametri fisici e chimici che presidono la dinamica interna dei sistemi magmatici di vulcani attivi.

Partecipante/i: I. Arienzo INGV-OV.

#### **Incremento del rapporto isotopico dello Sr nei magmi recenti di Stromboli**

Lo studio è stato pensato dopo i parossismi dell'estate 2019 a Stromboli. Difatti l'analisi dei campioni eruttati nel corso dei due eventi, anche se preliminare, ha evidenziato un significativo incremento del rapporto isotopico dello Sr, che non è documentato nei prodotti dell'attività recente, ma è invece tipico dei prodotti eruttati fino al 1985, come suggerito dalla letteratura. Lo studio, partendo da una revisione dei dati già disponibili in letteratura, si propone di infittire l'analisi chimica (elementi maggiori, in tracce, Sr-Nd isotopi nelle rocce totali e nei vetri) dei campioni disponibili negli ultimi 20 anni, così da individuare quando sia iniziato l'aumento del rapporto isotopico dello Sr, e quali siano i possibili processi magmatici pre-eruttivi che lo hanno determinato.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: R.A. Corsaro con colleghi dell'INGV-OE e INGV-OV. È prevista anche una collaborazione con l'Università di Perugia per misure sui vetri vulcanici.

#### **Volcanic gas measurements with gas-sensor-equipped drones**

Measurement of volcanic gas concentrations with portable gas analyzers installed on flying drones. This methodology allows deriving the bulk gas composition (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S) and fluxes from fumaroles or plumes. Current application: Pisciarelli fumarolic field (Campi Flegrei). Potential future application: Stromboli volcano.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: G. Tamburello, INGV Bologna, T. Ricci, INGV Roma, E. Marotta, P. Belviso, G. Avvisati, E. Bagnato, R. Avino, S. Caliro INGV-OV.

#### **Circolazione di fluidi e segnali connessi**

In questo studio si propone di studiare i segnali geochimici e geofisici generati dalla circolazione di gas vulcanici e fluidi idrotermali in funzione dell'evolversi delle condizioni al contorno, ed in relazione alle proprietà delle rocce incassanti. La simulazione numerica di selezionati casi di studio consentirà di generare serie temporali sintetiche da confrontare con dati reali. Lo studio contribuirà all'elaborazione e aggiornamento dei modelli concettuali utilizzati per

l'interpretazione dei dati di monitoraggio.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M. Todesco INGV Bologna.

#### **Studio idrogeochimico delle acque della falda freatica del Vesuvio, finalizzato allo sviluppo di una rete di monitoraggio**

La ricerca riguarderà la caratterizzazione geochimica delle acque della falda Vesuviana per la definizione di un modello geochimico concettuale di circolazione dei fluidi. I risultati saranno di supporto nella definizione delle future attività di monitoraggio geochimico multiparametrico della falda. Modifiche della composizione, della temperatura e di livello delle acque di falda possono infatti riflettere variazioni dell'attività vulcanica, in quanto, la falda rappresenta il recettore preferenziale del flusso di fluidi ed energia rilasciati dal sistema.

Partecipante/i: S. Caliro INGV-OV.

#### **Studio delle emissioni sottomarine del Golfo di Pozzuoli e sviluppo di tecniche di monitoraggio**

Lo studio contribuirà ad estendere le conoscenze del sistema idrotermale dei Campi Flegrei attraverso il censimento, il campionamento e la caratterizzazione geochimica delle emissioni fluide sottomarine del Golfo di Pozzuoli. La stima delle condizioni termodinamiche di serbatoio, la valutazione dell'origine dei fluidi e la stima del flusso di fluidi emesso permetteranno di riconoscere le aree con le emissioni di maggiore interesse per un monitoraggio sistematico, monitoraggio che contribuirà alla valutazione dello stato di attività vulcanica del sistema. L'area di studio include la secca delle Fumose, dove il rilascio energetico associato all'emissione dei fluidi è paragonabile all'energia associata al processo di degassamento nell'area Solfatarata – Pisciarelli.

Partecipante/i: S. Caliro INGV-OV.

#### **Studio idrogeochimico delle acque della falda freatica dei Campi Flegrei finalizzato allo sviluppo di una rete di monitoraggio**

La ricerca riguarderà la caratterizzazione geochimica delle acque termali e di falda presenti nella caldera flegrea e la definizione di un modello geochimico concettuale di circolazione dei fluidi. I risultati saranno di supporto nella definizione delle future attività di monitoraggio geochimico multiparametrico della falda. Modifiche della composizione, della temperatura e di livello delle acque di falda possono infatti riflettere variazioni dell'attività vulcanica, in quanto, la falda rappresenta il recettore preferenziale del flusso di fluidi ed energia rilasciati dal sistema vulcanico idrotermale dei Campi Flegrei.

Partecipante/i: S. Caliro INGV-OV.

#### **Monitoraggio dell'output di calore diffuso per evidenziare fluttuazioni delle emanazioni volatili**

Le anomalie termiche sono la migliore evidenza della risalita di fluidi profondi attraverso fratture attive. Sfruttando la mobilità delle emanazioni volatili, il monitoraggio delle anomalie termiche minori potrà rivelare i processi pre-eruttivi e quantificare i transienti nell'output di volatili, per caratterizzare condizioni di disequilibrio nel sistema. Dove prevale il processo diffusivo, intorno alle emissioni fumaroliche, il monitoraggio dell'intensità e dell'estensione dell'anomalia termica è sostenibile nel lungo periodo. Strumenti semplici e robusti, da installare in una rete di siti preselezionati in relazione al pattern strutturale, permettono di definire e seguire nel tempo l'evoluzione dei processi esalativi, dalla fase pre-eruttiva all'unrest.

Partecipante/i: S. Diliberto INGV Palermo.

#### **Confronto e integrazione di dati di deformazione e microgravimetrici**

Si intende continuare la collaborazione per il confronto dei dati e dei modelli derivanti da tecniche di misura geodetiche diverse, di deformazione del suolo e microgravimetriche. È stata più volte dimostrata la complementarietà delle due tecniche nel rilevamento e definizione delle sorgenti magmatiche; si intende proseguire nel confronto ed integrazione dei dati per arrivare a dei modelli sempre più completi delle sorgenti.

Partecipante/i: A. Bonforte, D. Carbone, F. Greco INGV-OE.

#### **Geochimica dei fluidi emessi alla Réunion (Oceano Indiano)**

Questo studio ha come obiettivo quello di definire le caratteristiche geochimiche dei fluidi termali emessi nell'area di Cilaos (Piton des Neiges) ed all'evoluzione temporale della loro composizione in relazione alle variazioni di stato di attività del vulcano Piton de la Fournaise. I fluidi di Cilaos sono gli unici emessi sull'isola su cui è possibile effettuare un campionamento periodico e che non sono contaminati da fluidi atmosferici. Un'altra problematica di interesse

complementare a questo studio riguarda la valutazione dello stato di attività del Piton des Neiges, ove sono ubicate queste emissioni, che è l'edificio vulcanico più antico dell'isola apparentemente non più interessato da eventi eruttivi ma con una sismicità ancora presente. La geochimica dei fluidi sarà quindi integrata alle indicazioni geofisiche ed alle conoscenze di base sul plumbing system dei due vulcani al fine di meglio comprendere il path di risalita dal mantello dei magmi e valutare la possibili intrusioni di fusi al di sotto del Piton des Neiges. Questa ricerca si protrarrà anche nel biennio successivo.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: A.L. Rizzo, F. Grassa, M. Liuzzo, INGV Palermo, alcuni tesisti, dottorandi e post-doc dell'Università di Palermo, e colleghi esterni all'INGV inclusi alcuni Professori universitari associati alla Sezione di Palermo.

#### **Numerical simulation of magma chamber and magma ascent dynamics at Etna and Stromboli**

Transient multi-D dynamics of magma convection, mixing, and ascent through the eruptive conduit/fissure, aimed at defining links with geophysical signals recordable from the surface (seismometers, tiltmeters, GPS, dilatometers, gravimeters). Early recognition of impending eruptions is one objective of this study.

Partecipante/i: P. Papale, INGV Pisa.

### **5. Processi eruttivi e post-eruttivi**

Questa tematica comprende lo studio della dinamica delle fenomenologie eruttive e post-eruttive; l'osservazione dei processi attraverso tecniche di misura, locali e remote, finalizzate alla quantificazione delle variabili fisiche e chimiche che descrivono i fenomeni e la loro dinamica; lo sviluppo di modelli concettuali, analogici, statistici e teorico-computazionali dei processi eruttivi del vulcanismo esplosivo ed effusivo, dallo svuotamento del serbatoio magmatico, alla risalita del magma nella crosta fino alle diverse manifestazioni eruttive in superficie e in atmosfera. Include inoltre lo studio della dinamica dei fenomeni collegati (e.g. esplosioni freatiche, collassi di versante, frane, tsunami, lahar, degassamento naturale, vulcanismo secondario, ecc.).

#### **Processi di sedimentazione nelle ignimbriti**

In questo studio si analizzano le proprietà del sistema di trasporto e deposizionale nelle grandi ignimbriti vulcaniche, combinando gli studi sedimentologici con la modellizzazione numerica.

Partecipante/i: T. Esposti Ongaro e colleghi di INGV Pisa.

#### **Dinamica delle correnti piroclastiche**

Vengono affrontate le problematiche della modellizzazione e simulazione numerica 3D di correnti piroclastiche, in regime diluito e nel regime stratificato, in presenza di topografia. In particolare, sono affrontati specificatamente gli aspetti legati alla turbolenza multifase e alla dinamica dei mezzi granulari in regime frizionale. Applicazione ai flussi di Soufrière Hills (Montserrat, UK) e alla simulazione di scenari eruttivi sui vulcani Italiani.

Partecipante/i: T. Esposti Ongaro e colleghi di INGV Pisa.

#### **Sistemi vulcano-idrotermali ed eruzioni freatiche**

Questa ricerca affronta le problematiche dell'interazione tra sistemi magmatici profondi e sistemi idrotermali dal punto di vista del trasferimento di volatili e di calore, per comprendere la dinamica di pressurizzazione di un sistema superficiale potenzialmente capace di generare un'esplosione freatica. È inoltre studiata la dinamica di "flashing" del sistema idrotermale in condizioni critiche e supercritiche e la dinamica di eiezione del materiale frammentato (ceneri e litici di grandi dimensioni). Applicazioni al sistema dei Campi Flegrei e de La Soufrière de Guadeloupe (FR).

Partecipante/i: T. Esposti Ongaro e colleghi di INGV Pisa.

#### **Relazione tra parametri eruttivi e segnali sismo-vulcanici**

Lo studio proposto prevede la caratterizzazione dei fenomeni eruttivi dell'Etna (fontane di lava e parossismi), attraverso l'integrazione di dati sismo-vulcanici e della video-sorveglianza, acquisiti dalle reti permanenti di monitoraggio dell'INGV-OE. Nel corso del biennio si proseguiranno gli studi sulla correlazione tra i segnali sismo-vulcanici e i parametri vulcanologici, e sui metodi di stima dei parametri eruttivi dai dati del tremore vulcanico. Tale studio è finalizzato alla caratterizzazione dell'eruzione attesa in termini di dinamica, stile e durata e allo sviluppo nel futuro di un tool per la stima di parametri eruttivi (come l'altezza della fontana di lava).

Partecipante/i: M. Sciotto, S. Scollo, INGV-OE, A. Cannata Università di Catania.

### **Studio dei parossismi di Stromboli di luglio e agosto 2019**

La ricerca si basa su studi di terreno sulla dispersione dei prodotti dei parossismi di Stromboli e analisi dei differenti tipi di deposito (tephra fallout, balistici, correnti piroclastiche). Analisi microchimica e tessiturale dei prodotti eruttati. Parametrizzazione micro tessiturale e chimica. Stima dei principali parametri fisici dei processi eruttivi: frammentazione del magma, altezza colonne, durata ricaduta dei prodotti da immagini del web, flussi di massa, stima dei tempi di risalita del magma all'interno del condotto vulcanico nella fase sin-eruttiva e confronto con dati delle osservazioni dirette.

Partecipante/i: D. Andronico, A. Cristaldi, INGV-OE, E. Del Bello, G. Di Stefano, T. Ricci, P. Scarlato, J. Taddeucci, INGV Roma, C. D'Oriano, P. Landi, INGV Pisa, S. Mollo Università La Sapienza.

### **Dinamiche eruttive di magmi basaltici Etna e Stromboli**

Analisi microchimica e tessiturale dei prodotti di eruzioni dell'Etna e Stromboli selezionate sulla base delle osservazioni in tempo reale realizzata con sistemi di video-acquisizione ad alta velocità dell'infrarosso termico e nel visibile. Parametrizzazione microtessiturale e chimica e confronto con gli stili eruttivi osservati per lo studio delle dinamiche di degassamento nei sistemi basaltici. Stima dei tempi di risalita del magma all'interno del condotto vulcanico nella fase sin-eruttiva e confronto con dati delle osservazioni dirette.

Partecipante/i: E. Del Bello, J. Taddeucci, P. Scarlato, M. Nazzari, G. Di Stefano INGV Roma, D. Andronico, A. Cristaldi, INGV-OE, C. D'Oriano, P. Landi, INGV Pisa, S. Mollo Università La Sapienza.

### **Osservazioni in tempo reale delle dinamiche eruttive**

Analisi quantitative delle immagini registrate dalle telecamere ad alta velocità di fenomeni eruttivi (Etna, Stromboli, Batu Tara, Yasur, Fuego, Pacaya, Kilauea, Sakurajima) e confronto con altri parametri geofisici (sismo-acustici) per l'identificazione di parametri chiave per la definizione delle dinamiche eruttive, quali velocità di uscita, volumi di materiale piroclastico, tassi eruttivi, rapporto cenere/particelle/gas, ricostruzione 3D di traiettorie, dinamiche di frammentazione, aerodinamica dei balistici.

Partecipante/i: J. Taddeucci, P. Scarlato, E. Del Bello, L. Spina, T. Ricci INGV Roma, D. Andronico, A. Cristaldi, INGV-OE, in collaborazione con U. Kueppers (LMU), J. Johnson (University of Boise), B. Houghton (University of Hawaii), Patrick (USGS).

### **Dinamiche di formazione dei jet vulcanici**

Simulazione sperimentale di jet vulcanici utilizzando un apparato shock-tube presso il laboratorio di vulcanologia sperimentale ROMA1-HPHT Lab, finalizzata allo studio dell'attività esplosiva Stromboliana, Vulcaniana e idromagmatica e dei relativi markers sismici ed acustici. Misure di particelle e gas pressurizzato in espansione vengono riprodotti e scalati in laboratorio, per determinare quali dinamiche di condotto controllano le caratteristiche del jet alla bocca eruttiva. Contestualmente, la misura delle componenti vibrazionali (mediante accelerometri) ed acustiche (attraverso microfoni) delle esplosioni di laboratorio consente di definire le relazioni esistenti tra i segnali geofisici e i relativi processi sorgente. Infine, l'utilizzo di un condotto sperimentale in resina, caratterizzato da una morfologia irregolare della superficie interna, permette di esplorare l'effetto della rugosità del condotto sulle dinamiche eruttive dei jet.

Partecipante/i: J. Taddeucci, P. Scarlato, E. Del Bello, L. Spina, INGV Roma.

### **Processi di risospensione di cenere vulcanica ad opera del vento.**

Simulazioni sperimentali di risospensione della cenere vulcanica utilizzando tunnel del vento ambientale presso Università di Aarhus (Danimarca) per la determinazione della threshold friction velocity e dinamiche di detachment (saltazione e rotolamento). Misure in campagna di processi di risospensione di cenere deposta o rimaneggiata su suoli e superfici antropiche con tunnel del vento portatile.

Partecipante/i: E. Del Bello, J. Taddeucci, P. Scarlato, T. Ricci, INGV Roma, D. Andronico INGV-OE, in collaborazione con J. Merrison (U. Aarhus).

### **Processi di ricaduta di cenere vulcanica**

Modellazione sperimentale di ricaduta di piroclasti vulcanici utilizzando il nuovo apparato realizzato presso il laboratorio di vulcanologia sperimentale ROMA1-HPHT lab. Misura di velocità di caduta, parametri di forma di particelle, coefficiente di drag, confronto con simulazioni numeriche. L'attività si svolge a Roma, L'obiettivo a lungo termine è una migliore modellazione della dispersione della cenere in atmosfera in condizioni sin- e post-eruttive attraverso l'integrazione dei modelli sperimentali nelle simulazioni numeriche di dispersione dei plumes.



Partecipante/i: E. Del Bello, J. Taddeucci, P. Scarlato INGV Roma, D. Andronico, INGV-OE, M. De Michieli Vitturi, INGV Pisa.

#### **Tassi eruttivi globali**

Analisi dei database di eruzioni vulcaniche con metodi statistici per l'ottenimento di tassi eruttivi alla scala globale.

Partecipante/i: P. Papale, INGV Pisa.

#### **Mappatura e quantificazione dei prodotti vulcanici integrando dati da remoto e di terreno**

Mappatura e quantificazione dei prodotti vulcanici emessi durante eventi eruttivi di particolare interesse avvenuti sia a Stromboli che all'Etna, integrando dati da remoto e di terreno. Queste attività e relative analisi forniscono stime sulle quantità di materiale eruttato e calcoli di parametri morfometrici, contribuendo così ad una migliore conoscenza di alcuni aspetti relativi ai processi eruttivi e post-eruttivi.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M. Bisson, P. Landi, INGV Pisa, D. Andronico, INGV-OE, C. Spinetti, M.F. Buongiorno, INGV Roma.

#### **Validazione delle masse e flusso di SO<sub>2</sub> misurati da spazio sull'IR e UV**

Sebbene l'SO<sub>2</sub> sia la terza specie in ordine di abbondanza, questa svolge un ruolo fondamentale in vulcanologia per il riconoscimento di dinamiche magmatiche e per l'opportunità di modellizzare le masse di magma degassato tramite combinazione del flusso di SO<sub>2</sub> con dati petrologici. Inoltre la facilità di misura a distanza in spettroscopia a reso questa specie un essenziale strumento per il monitoraggio negli osservatori vulcanologici. Negli ultimi anni l'utilizzo di nuovi sensori su piattaforme satellitare ha consentito l'osservazione di SO<sub>2</sub> vulcanica sia in condizione eruttive che quiescente eg., TROPOMI. L'attività che si svolge nell'ambito di questo task riguarda la collaborazione con gruppi di ricerca (e.g., INGV-ONT, BIRA, KNMI) per lo studio, l'analisi di sensibilità e la validazione di masse e flussi di SO<sub>2</sub> osservati da spazio con gli stessi prodotti ottenuti da terra tramite le reti FLAME o misure discrete.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: G. Salerno, T. Caltabiano, INGV-OE.

#### **Caratterizzazione dei diversi stili esplosivi allo Stromboli**

L'attività esplosiva ordinaria dello Stromboli è stata classificata a grandi linee in relazione alla quantità di materiale fuso coinvolto. Lo scopo di questa attività è di individuare un differente pattern compositivo che caratterizza le differenti tipologie di attività esplosiva. Lo studio verrà condotto mediante acquisizione di spettri nella regione dell'infrarosso utilizzando lo spettrometro OP-FTIR. La metodologia OP-FTIR presenta il grande vantaggio di acquisire simultaneamente informazioni su un ampio spettro di componenti gassose vulcaniche (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, CO, ecc.).

Partecipante/i: A. La Spina, G. Salerno, P. Bonfanti, INGV-OE.

#### **Volcanological monitoring and DEM updating by UAVs**

La ricerca prevede l'utilizzo di differenti tipologie di droni con sensori di varia natura per il monitoraggio vulcanologico, morfo strutturale e l'aggiornamento di modelli digitali della superficie. La collaborazione con il gruppo GEOMAR (Germania) assicurerà l'aggiornamento annuale della topografia dell'area sommitale dell'Etna e Stromboli realizzando DEM e Ortofoto ad alta risoluzione (40-20 cm) nonché il modello termico 3D del vulcano. Saranno così quantificati i prodotti eruttati (area e volume) con elevata precisione. La progettazione e implementazione della sensoristica permetterà il campionamento di gas e ceneri direttamente dal plume.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR. I prodotti didatticamente più significativi delle elaborazioni fotogrammetriche, verranno sviluppati in realtà virtuale

Partecipante/i: M. Cantarero, Emanuela De Beni, Alex Messina, Cristina Proietti, INGV-OE.

#### **Studio dell'interazione tra attività vulcanica, sismica e stabilità dell'edificio dell'Etna**

Questa attività si propone di studiare l'interazione tra l'attività vulcanica (intrusiva e parossistica), il collasso del fianco orientale del Monte Etna e le strutture sismogenetiche che caratterizzano l'area. Lo studio si propone di individuare i fenomeni e le relazioni attive nelle fasi sin-eruttive così come nel long-period. Saranno impiegati dati da interferometria SAR multitemporali e GNSS per coprire i periodi pre-eruttivi, post-eruttivi e sin-eruttivi. I modelli impiegati saranno di tipo analitico e numerico ad elementi finiti, questi ultimi caratterizzati dalla topografia/batimetria dell'area e dalle strutture sismiche presenti. Si prevede l'integrazione con dati sismologici e tomografici.

Partecipante/i: M. Albano, S. Atzori, C. Bignami, C. Chiarabba, P. De Gori, G. Pezzo, M. Polcarì, C. Tolomei, E.

Trasatti, INGV-ONT, D. Palano, INGV-OE.

#### **Topographic change-detection e geomorfometria in aree vulcaniche**

Generazione ed elaborazione di Modelli Digitali di Elevazione (DEM) ad alta risoluzione volta all'estrazione delle variabili topografiche e dei volumi accumulati/mossi in seguito a fenomeni di natura gravitativa (e.g. colate di lava, flussi piroclastici e lahars), con particolare riferimento alle Isole di Vulcano e Stromboli e all'Etna per quanto riguarda il territorio italiano, ad alcuni vulcani Islandesi (fra cui l'Hekla), e alle Canarie.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M. Favalli, L. Nannipieri, S. Tarquini, A. Fornaciai, INGV Pisa.

#### **Analisi minero-petrologiche per i processi eruttivi e post-eruttivi**

Contributo alla conoscenza dei processi eruttivi e post-eruttivi mediante analisi minero-petrologiche. Saranno effettuati: i) lo studio delle tessiture e del chimismo di prodotti vulcanici per migliorare le conoscenze della dinamica magmatica (cristallizzazione, degassamento, ecc.) nel corso dell'*unrest* eruttivo ad alto impatto sul territorio, ii) studi minero-petrologici per indagare i processi di alterazione ad opera dei fluidi idrotermali nel corso della dinamica post-eruttiva, e iii) studi minero-petrologici di prodotti da ambiente acido-solfatico per il riconoscimento delle relazioni tra il sistema endogeno e le fenomenologie osservabili (degassamento, sorgenti termali, polle, ecc.) in superficie. I prodotti acido-solfatici di vulcani quiescenti saranno ulteriormente investigati per la componente organica allo scopo di caratterizzare l'ecosistema estremofilo in contesti idrotermali continentali (in collaborazione con ricercatori di Università di Napoli e Institute Pasteur, Francia).

#### **Integrazione delle stime di ceneri, SO<sub>2</sub> ed altezza delle nubi vulcaniche utilizzando strumentazione satellitare**

Sviluppo di procedure per la stima dei parametri legati alla cenere e all'SO<sub>2</sub> presente nelle nubi vulcaniche generate in fase eruttiva dell'Etna e di Stromboli, integrando le misure realizzate da strumentazione satellitare polare e geostazionaria. I parametri stimati saranno massa, spessore ottico e raggio effettivo di cenere, massa dell'SO<sub>2</sub> e altezza della nube. Tale integrazione permetterà di sfruttare l'alta risoluzione temporale dei sensori geostazionari con l'alta risoluzione dei polari, migliorando la stima e riducendo gli errori associati. Questa attività verrà condotta in collaborazione con i colleghi delle sedi INGV-OE e Pisa.

Partecipante/i: S. Corradini, L. Merucci, D. Stelitano, L. Guerrieri, INGV-ONT.

#### **La composizione del magma influenza la taglia degli eventi parossistici a Stromboli?**

Lo studio, pensato dopo i parossismi dell'estate 2019 a Stromboli, si propone di investigare se esiste una correlazione tra caratteristiche composizionali del magma, intensità dei parossismi e posizione delle bocche della terrazza craterica che li producono, tenendo in considerazione gli ultimi venti anni dell'attività del vulcano. A tale scopo si procederà a una revisione delle fenomenologie eruttive descritte in letteratura, in report, bollettini etc. Inoltre si analizzeranno i dati composizionali delle rocce (elementi maggiori, in tracce, Sr-Nd isotopi nelle rocce totali e nei vetri) prodotte in laboratori omogenei e si programmeranno nuove misure in campioni disponibili. Lo studio sarà effettuato da personale dell'INGV-OE e INGV-OV. È prevista anche una collaborazione con l'Università di Perugia per misure sui vetri vulcanici.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: R.A. Corsaro, INGV-OE.

#### **In-situ volcanic ash analysis with optical microscope-equipped automatic stations**

We are developing a portable instrument that can be easily deployed on active volcanoes for continuously collecting volcanic ash produced by explosive eruptions, and analyze it under an optical microscope. Images are sent via wifi to an available online repository. They will allow obtaining morphometric parameters (e.g. circularity, aspect ratio). The morphometry of volcanic ash provides information on fragmentation processes, and on transport and sedimentation mechanisms. Future application: Stromboli volcano (Italy).

Partecipante/i: G. Tamburello, INGV Bologna, D. Andronico, D. Randazzo, INGV-OE.

#### **High-frequency UV camera imagery of SO<sub>2</sub> degassing during explosive volcanic activity**

The conventional UV camera system used for measuring SO<sub>2</sub> fluxes acquires data at ~1 Hz and can potentially lose significant gas variations during the explosive event. We developed a portable UV camera system that can measure SO<sub>2</sub> volcanic flux with a temporal resolution up to ~50 Hz. This new system will be used in tandem with thermal infrared and high-speed visible imagery in order to study the gas/solid coupling during explosive volcanic activity (e.g.

strombolian activity in Stromboli). The higher temporal resolution of the recorded SO<sub>2</sub> flux may provide a better understanding of the complex dynamics of the explosive volcanic activity. Current and future applications: Stromboli and Etna volcano (Italy).

Partecipante/i: G. Tamburello, INGV Bologna, T. Ricci, E. Bagnato, J. Taddeucci, E. Del Bello, P. Scarlato, INGV Roma1.

#### **Integrazione dati e modelli integrati geofisici/geodetici**

Si intende proseguire l'attività di studio e ricerca per l'utilizzo combinato dei dati di monitoraggio geofisico/geodetico, per la produzioni di nuovi dati integrati che permetterà una più immediata informazione delle dinamiche geofisiche e produrrà anche nuovi input per i modelli di inversione geodetica. In particolare si prevede di utilizzare l'algoritmo SYSTEM per l'integrazione numerica delle mappe di spostamento ottenute con tecniche satellitari DInSAR con i dati geodetici acquisiti dalle reti terrestri (GNSS, Livellazione e Tilt), al fine di stimare il campo di deformazione in 3D e tutte le componenti del tensore di strain.

Partecipante/i: A. Bonforte, F. Guglielmino, G. Puglisi, INGV-OE.

#### **Global eruption rates**

Definition of global eruption rates from statistical analysis of global volcanic databases.

Partecipante/i: P. Papale, INGV Pisa.

### **6. Pericolosità vulcanica e contributi alla stima del rischio**

Questa area tematica include studi mirati alla quantificazione della pericolosità vulcanica alle diverse scale spaziali e temporali; lo sviluppo di metodi probabilistici (e.g. alberi degli eventi) e deterministici per la definizione di scenari pre-eruttivi ed eruttivi e creazione di mappe di pericolosità; lo sviluppo di modelli e metodi finalizzati alla previsione dell'attività vulcanica e all'identificazione dei segnali precursori; la caratterizzazione dei fenomeni pericolosi associati (e.g. deformazioni del suolo, attività sismica, esplosioni freatiche, collassi di versante, frane, tsunami, lahar, degassamento naturale, vulcanismo secondario, ecc.); contributi alla stima del rischio vulcanico incluse indagini di vulnerabilità e d'impatto dei fenomeni.

#### **Benchmarking e Validazione dei modelli numerici**

Sono sviluppate le collaborazioni, a livello nazionale ed internazionale, per sviluppare un quadro consensuale per la validazione e la stima dell'incertezza dei modelli numerici. In particolare, è in corso una collaborazione internazionale per la validazione dei modelli di correnti piroclastiche, utilizzando laboratori di grande scala (PELE, Massey University, NZ; University of Buffalo, USA) e casi test naturali.

Partecipante/i: T. Esposti Ongaro e collaboratori, INGV Pisa.

#### **Identificazione delle aree soggette a potenziale instabilità nell'isola di Ischia**

Identificazione e mappatura delle aree sorgenti di lahar, flussi vulcanoclastici e frane nell'isola di Ischia in caso di eventi vulcanici e sismici. Tali attività si basano su un approccio multidisciplinare mirato ad integrare dati di osservazione della terra (SAR ed ottici), dati geofisici, dati di terreno e parametri morfometrici derivati da DEM ad alta risoluzione spaziale (< m).

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M. Bisson, INGV Pisa, C. Spinetti, L. Colini, C. Tolomei, R. De Ritis, INGV-ONT.

#### **Valutazione della pericolosità per rilascio di gas e formazione di lahar dal lago Albano**

Le eruzioni più recenti dei Colli Albani, avvenute dal cratere più profondo del Lago Albano, hanno generato anche l'emissione di lahar. Il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e della composizione di acque e gas disciolti, già condotto dal 2003 al 2010, è stato ripreso nel 2019. La CO<sub>2</sub> disciolta nell'acqua di fondo è diminuita nel tempo, soprattutto per fenomeni di roll-over in inverni rigidi. Tuttavia essa potrebbe aumentare nuovamente per crisi sismiche o unrest vulcanico. Nel 2020-2021, nel monitoraggio del lago verrà incluso anche il controllo continuo della temperatura a varie profondità. Verrà valutata la pericolosità del rilascio di gas e dell'impatto di nuovi lahar.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M.L. Carapezza, F. Barberi, N.M. Pagliuca, A. Patera, M. Ranaldi, INGV Roma1, M. Bisson, INGV Pisa, F. Di Gangi, M Liotta, INGV Palermo.

#### **Aggiornamento delle topografie vulcaniche da remoto**

Questo studio prevede la realizzazione di Modelli Digitali del Terreno ad alta risoluzione spaziale e verticale (< m) delle aree vulcaniche attive di Stromboli ed Etna attraverso le tecniche di Remote Sensing utilizzando tecnologia LiDAR da aereo e fotogrammetria stereo implementata da tecniche 'SfM' (Structure for Motion) applicate a dati satellitari utilizzando bande multispettrali e pancromatiche nell'ambito delle collaborazioni tra INGV, USGS e NASA-AMES. Le topografie vulcaniche aggiornate e accurate sono basi fondamentali per la mitigazione della pericolosità e rischio vulcanico.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M. Bisson, INGV Pisa, C. Spinetti, M.F. Buongiorno, INGV-ONT.

#### **Dispersione di solfati-vulcanici nella regione Mediterranea**

L'emissione di gas/aerosol vulcanici ha un forte impatto sull'ambiente terrestre, sulla composizione dell'atmosfera e nell'equilibrio climatico con effetti variabili su scala temporale e spaziale. Tra i gas vulcanici un ruolo primario è svolto dall'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) a causa della sua conversione in aerosol solfati via ossidazione atmosferica. L'Etna è uno dei maggiori e persistenti emettitori di gas e aerosol in atmosfera. L'obiettivo della ricerca è investigare l'entità e l'impatto di SO<sub>2</sub> e aerosol solfati nel Mediterraneo attraverso un approccio integrato di misure prossimali, distali e spaziali e di modellistica. La linea di ricerca è svolta in collaborazione con L'Università di Parigi (UPEC) e l'ENEA. Tra gli obiettivi gli effetti sul clima e l'ambiente.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: G. Salerno, T. Caltabiano, INGV-OE.

#### **Pericolosità dei fenomeni effusivi attraverso modelli probabilistici**

Verrà eseguita la generazione di mappe di hazard da flusso di lava mediante codici probabilistici (DOWNFLOW e/o MrLavaLoba) per alcuni vulcani fra cui Piton de La Fournaise e vulcani islandesi.

Prodotti attesi: partecipazioni a convegni e pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: M. Favalli, A. Fornaciai, S. Tarquini, M. de' Michieli Vitturi, INGV Pisa.

#### **Analisi di dati multi-parametrici ed applicazioni al forecast delle eruzioni**

Implementazione di modelli ibridi fisico-stocastici, ed uso di metodologie di machine learning per l'analisi di dati multi-parametrici ed applicazioni al forecast delle eruzioni.

Partecipante/i: Personale della Sezione INGV di Bologna.

#### **Degassamento e dinamica di laghi craterici attivi**

I laghi craterici attivi sono "finestre" dentro i sistemi magmatico-idrotermali, che permettono di studiare il degassamento del vulcano sottostante, poiché il gas emesso dal reservoir profondo viene "assorbito" dentro il corpo di acqua per un certo tempo. I laghi craterici attivi possono essere considerati quindi fumarole ad "aria aperta". I laghi craterici sono sensibili a cambi di T e pressione, e quindi intrinsecamente suscettibile a attività freatica. Capire il degassamento, la circolazione di fluidi dentro e intorno al lago nel tempo e nello spazio, può offrire la chiave per trovare precursori di eruzioni freatiche, in vulcani con o senza la presenza di un lago nel cratere. La ricerca si basa su (1) misure e campionamenti diretti, in collaborazione con colleghi esteri, (2) esperimenti di laboratorio, (3) modelli numerici, e (4) modelli statistici. Tempo: 3 anni

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: D. Rouwet, G. Tamburello, M. Todesco, L. Sandri, INGV Bologna, G. Pecoraino, A. Caracausi, INGV Palermo.

#### **Dinamica di degassamento del Lago Albano, Colli Albani, Roma**

Attraverso le campagne di misure e campionamento si studierà l'evoluzione temporale del contenuto di CO<sub>2</sub> disciolto nel Lago Albano. Queste osservazioni permetteranno di capire quando Lago Albano sarà ricaricato con CO<sub>2</sub> (spesso in relazione con attività sismica), e come, quando e quanto CO<sub>2</sub> verrà rilasciato dalla superficie di Lago Albano. L'obiettivo è di stimare se il rischio di "Nyos gas burst" sono possibile in futuro.

Tempo di esecuzione dell'attività: 2 anni.

Prodotti attesi: pubblicazioni su riviste JCR.

Partecipante/i: D. Rouwet, G. Tamburello, G. Chiodini, INGV Bologna; T. Ricci, M. Procesi INGV Roma1; G. Pecoraino, INGV Palermo.

### **Valutazione probabilistica della pericolosità da balistici e da dispersione di gas a La Soufriere de Guadeloupe**

Nell'ambito del progetto EUROVOLC, si finalizzerà la valutazione probabilistica della pericolosità da balistici e da dispersione di gas a La Soufrieré de Guadeloupe (Antille). Lo studio viene svolto da ricercatori della sezione di Bologna in collaborazione con colleghi dell'Università di Ginevra, del BGS (UK) e dell'IPGP (Francia).

Partecipante/i: L. Sandri, INGV Bologna.

### **Implementazione statistica di un modello concettuale per il forecast dell'attività eruttiva all'Etna nel breve termine**

Nell'ambito dei progetti Ash-Resilience ed EUROVOLC, ci si propone di finalizzare il modello concettuale che sintetizza i processi che portano all'occorrenza di eventi eruttivi di diverso tipo o stile all'Etna (ad esempio, eruzioni laterali o sommitali), ed implementarlo in un tool statistico. Lo studio coinvolge ricercatori delle Sezioni Osservatorio Etneo, Bologna, Osservatorio Vesuviano, Pisa e Palermo.

Partecipante/i: L. Sandri, INGV Bologna.

### **Studi di clustering temporale dell'attività vulcanica**

Lo ricerca propone di proseguire il lavoro avviato lo scorso anno nello studio dell'occorrenza delle esplosioni vulcaniche al Galeras (Colombia) per studiare le caratteristiche dell'occorrenza "a cluster" al Galeras e ad altri vulcani.

Partecipante/i: L. Sandri, INGV Bologna e personale della Sezione di Bologna.

### **Stima della probabilità eruttiva e analisi della pericolosità di sistemi vulcanici in altre regioni del mondo**

La ricerca riguarda la stima della pericolosità vulcanica di sistemi vulcanici in altre regioni del mondo tra cui: la caldera di Aso (Giappone), Santorini (Grecia), i vulcani Cotopaxi e Guagua-Pichincha (Ecuador), il San Salvador (El Salvador) ed il Nejapa-Chiltepe (Nicaragua), La Soufriere (Guadeloupe) ed il Morne Trois Pitons (Dominica), il vulcano Taal (Filippine), la Long-Valley caldera e la catena Mono-Inyo (USA), i vulcani di Colima (Messico). La ricerca si concentra sulla verifica e il miglioramento delle metodologie di stima della pericolosità già implementate nello studio dei vulcani italiani.

Partecipante/i: A. Bevilacqua, INGV Pisa, in collaborazione con colleghi della Sezione di Pisa, di Università ed Istituti nazionali ed esteri.

### **Mappe di pericolosità da proietti balistici di esplosioni maggiori e parossismi a Stromboli**

La ricerca riguarda la produzione di mappe e stime localizzate di pericolosità da proietti balistici (bombe) di esplosioni maggiori e parossismi a Stromboli. Questa attività si basa sull'analisi statistica dei dati di terreno riferiti ai fenomeni passati, inclusi gli effetti principali dell'incertezza nella loro ricostruzione. È utilizzata una simulazione Monte Carlo di gittata, direzione ed ampiezza dei settori interessati, e numero di bombe al metro quadrato. I risultati sono confrontati e integrati con i dati riguardanti i parossismi dell'estate 2019, e con la modellistica numerica della dispersione di proietti.

Partecipante/i: A. Bevilacqua, INGV Pisa, in collaborazione con colleghi della Sezione di Pisa ed Osservatorio Etneo.

### **Analisi probabilistica del pattern temporale di parossismi ed esplosioni maggiori a Stromboli**


La ricerca riguarda lo sviluppo e l'applicazione di modelli statistici per il pattern temporale delle esplosioni maggiori e dei parossismi nel catalogo storico di Stromboli. In particolare, si usano modelli di Poisson basati sulla stima del tasso annuale medio (attuale o passato) e modelli di Markov per i tempi di attesa tra un'esplosione e la successiva. L'attività include l'aggiornamento del catalogo storico delle circa 150 esplosioni maggiori e parossismi avvenute dopo il 1875 note con sufficiente completezza grazie alle documentazioni storiche.

Partecipante/i: A. Bevilacqua, INGV Pisa, in collaborazione con colleghi della Sezione di Pisa, Osservatorio Etneo e University of Bristol.

### **Mappe di pericolosità da flussi piroclastici di Campi Flegrei, Vesuvio e Stromboli tramite modelli numerici e quantificazione dell'incertezza**

La ricerca riguarda la simulazione Monte Carlo dei modelli numerici per i flussi piroclastici al variare delle loro condizioni iniziali, includendo la quantificazione delle principali incertezze in gioco. L'attività include la calibrazione delle condizioni iniziali tramite modelli semplificati, e sotto condizioni spaziali, di scala e di reologia affette da incertezza. Si considerano i casi studio di Campi Flegrei, Vesuvio e Stromboli utilizzando modelli fisici opportuni ai diversi scenari.

Partecipante/i: A. Bevilacqua, INGV Pisa, in collaborazione con colleghi della Sezione di Pisa, Osservatorio



Vesuviano, Università di Firenze e Université Clermont Auvergne.

4.

Tematiche trasversali ai  
tre Dipartimenti





## Attività di Ricerca

Dipartimento	Ambiente, Terremoti, Vulcani
--------------	------------------------------

Area di Intervento:	Tematiche Trasversali ai tre Dipartimenti
---------------------	-------------------------------------------

Data Inizio:	1-1-2020	Data Fine:	31-12-2022
--------------	----------	------------	------------

### a. Finalità e Obiettivi

La aree tematiche trasversali ai tre Dipartimenti si caratterizzano per il loro carattere multidisciplinare, che comprende attività di ricerca che spaziano attraverso discipline molto diverse tra loro e che includono una notevole varietà di processi naturali che caratterizzano il sistema Terra. Le ricerche condotte nell'ambito di queste aree tematiche si prefiggono di sviluppare le conoscenze di elementi critici del sistema Terra nel suo insieme, per la ricostruzione di dettaglio del sottosuolo e per lo sfruttamento delle georisorse.

Queste ricerche contemplano l'integrazione di diverse competenze e metodologie scientifiche. Le due aree tematiche trasversali sono sinteticamente elencate nel seguito:

#### Ricostruzione e modellazione della struttura crostale

Tematica: Studi di prospezione geofisica e di modellazione analogica e teorico-computazionale mirati alla ricostruzione della struttura e dinamica crostale anche attraverso approcci innovativi multidisciplinari e integrati. La ricostruzione della struttura crostale, a diverse scale e con diversi tipi di dati e metodologie rappresenta anch'essa una attività trasversale alle tre Strutture dell'INGV che contribuisce fortemente alla comprensione del sistema Terra. Al tempo stesso beneficia di tutti gli avanzamenti di conoscenza ottenuti negli aspetti legati al verificarsi di eventi che "illuminano" una porzione crostale, come nel caso del verificarsi di terremoti e eruzioni vulcaniche. Questa tematica si avvale principalmente di indagini e prospezioni *ad hoc* che vengono utilizzate per modellare la struttura crostale a diverse profondità e con diverse finalità e applicazioni.

#### Studi per le georisorse

Questa area tematica trasversale alle tre Strutture dell'INGV che ha carattere intrinsecamente multidisciplinare. Include le ricerche focalizzate alla individuazione e caratterizzazione delle georisorse (quali, p.e., la coltivazione di idrocarburi, la produzione di energia geotermica, lo stoccaggio di gas naturale e CO<sub>2</sub>). Include inoltre gli studi mirati alla stima dell'impatto dello sfruttamento sull'ambiente naturale con particolare attenzione alla sismicità indotta, alla caratterizzazione dello stato fisico e alla possibile evoluzione dei *reservoir* interessati dalla estrazione/iniezione di fluidi, all'inquinamento causato da sostanze nocive rilasciate dagli impianti in atmosfera e nel sottosuolo.

#### Mesi persona delle aree tematiche trasversali ai tre Dipartimenti

I mesi-persona 2020 dichiarati nelle aree tematiche trasversali ai tre Dipartimenti sono 136 (di cui 61 su "Studi per le georisorse" e 75 su "Ricostruzione e modellazione della struttura crostale") che rappresentano l'1.3% dei mesi persona totali dell'Istituto dichiarati per il 2020.

#### Pubblicazioni JCR 2019 delle aree tematiche trasversali ai tre Dipartimenti

Gli obiettivi tradizionali delle attività di ricerca sono quelli di realizzare pubblicazioni scientifiche, pertanto i prodotti per eccellenza delle attività di ricerca sono le pubblicazioni su riviste censite nel *Journal Citation Report* (JCR).

Per il 2019 sono riferibili alle attività di ricerca delle aree tematiche trasversali ai tre Dipartimenti 19 pubblicazioni JCR, che rappresentano circa il 3.4% della produzione scientifica dell'intero Ente, a fronte di un impegno in mesi-persona 2019 dichiarato per le aree tematiche trasversali di 116, pari all'1,2% del totale dell'Istituto.

b.	Contenuto Tecnico Scientifico
	<p>In questo paragrafo vengono presentate in maniera sintetica le aree tematiche trasversali ai tre Dipartimenti, su cui si sviluppano attività di ricerca e le rispettive attività di ricerca programmate ed in corso. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito dei Dipartimenti dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente.</p> <p><b>Ricostruzione e modellazione della struttura crostale</b></p> <p>Tematica: Studi di prospezione geofisica e di modellazione analogica e teorico-computazionale mirati alla ricostruzione della struttura e dinamica crostale anche attraverso approcci innovativi multidisciplinari e integrati.</p> <p><b>Interferometria sismica per la ricostruzione di modelli di velocità</b></p> <p>Nell'ultimo decennio l'uso di metodi di interferometria sismica basati sul rumore sismico ambientale è diventato sempre più popolare. L'interesse crescente è legato alla possibilità di ricostruire le proprietà elastiche del mezzo di propagazione mediante analisi effettuate sul solo rumore registrato alle stazioni sismiche, senza l'uso di segnali relativi a sorgenti naturali (terremoti) o artificiali. In continuità con le attività svolte nel 2016 e nel 2018 si prevede l'applicazione di metodi interferometrici per la ricostruzione di modelli di velocità 1D, 2D e 3D a scala locale come supporto agli studi di microzonazione sismica; nell'esplorazione del sottosuolo in aree di bacino e in aree urbane; per lo studio del sottosuolo in zone soggette a coltivazione, reiniezione e stoccaggio di idrocarburi.</p> <p>Sono previste pubblicazioni su riviste JCR e presentazioni a convegni nazionali e internazionali.</p> <p>Personale coinvolto: Maurizio Vassallo, Antonella Bobbio, Fabrizio Cara, Rocco Cogliano, Giovanna Cultrera, Giuseppe Di Giulio, Antonio Fodarella, Alessia Mercuri, Giuliano Milana, Irene Molinari, Andrea Morelli, Stefania Pucillo, Gaetano Riccio.</p> <p><b>Fluidi supercritici nella crosta</b></p> <p>Temperature e pressioni crescenti nella crosta provocano variazioni nella struttura molecolare di fluidi tra i quali H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, fino a quando il mutuo rapporto intermolecolare cambia. Sono elementi o liquidi o aeriformi a condizioni ambiente, scendendo in profondità cambiano fase, fino alla fase supercritica. I fluidi supercritici presentano caratteristiche peculiari nei confronti di soluti inorganici ionici anche con caratteristiche covalenti crescenti. Lo studio e l'applicazione di questo rapporto, H<sub>2</sub>O roccia, CO<sub>2</sub> roccia e H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> roccia, interessa sia lo studio dei terremoti, lo studio dello sfruttamento delle risorse geotermiche, alla mineralogia.</p> <p><b>Investigazione geofisica di zone di faglia attive con approccio multi-disciplinare</b></p> <p>Svolgeremo attività di ricerca e sviluppo metodologico per imaging 2D e 3D ad alta e altissima risoluzione e in profondità (1-2 km) di zone di faglia attive in contesti ad elevata pericolosità sismica, come fatto dopo le emergenze sismiche in Italia Centrale del 2009 e 2016-2017. Le metodologie prevedono acquisizione, processing e inversione di dati elettromagnetici (TDEM), di resistività elettrica (array 2D e 3D) e sismica attiva con sorgenti vibratorie (Minivib). I prodotti attesi (tomografie di resistività, Vp, Vs, anche in time-lapse, profili sismici a riflessione) definiranno struttura e proprietà fisiche delle zone di faglia in rapporto al contesto sismotettonico</p> <p>Partecipanti: F. Villani, V. Sapia, L. Improta, C.A. Brunori, D. Pantosti, R. Civico, S. Pucci, P.M. De Martini, P. Baccheschi, A. Smedile, V. Materni, M. Marchetti, M. Pischiutta.</p> <p><b>Struttura crostale dei margini passivi e delle zone di transizione oceanica</b></p> <p>Nel corso del 2020 saranno analizzati dati di anomalia magnetica disponibili da varie zone dei margini passivi dell'Oceano Atlantico e dell'Oceano Indiano. Assieme ad altri dati geofisici di letteratura, soprattutto di rifrazione e riflessione sismica, questi dati saranno utilizzati per modellare la struttura crostale, soprattutto delle zone di transizione tra crosta continentale ed oceanica (OCT, Ocean-Continent transition). Si tratta di aree dove si realizza un'interazione tra vari processi tettonici e magmatici complessi e non ancora del tutto compresi. Anche l'esumazione e la serpentinizzazione di ampie zone di mantello sembrano avere un ruolo importante nel processo di spreading oceanico, e sono state del tutto trascurate fino a pochi anni fa. Sono zone attualmente di grande interesse poiché vi sono stati rinvenuti nel corso degli ultimi anni significativi giacimenti di idrocarburi.</p> <p><b>Circolazione di fluidi in faglie in crosta superiore</b></p> <p>Metodi e sviluppo: I fluidi in crosta fragile interagiscono con le faglie favorendo con la lubrificazione lo slip anche per</p>

faglie non orientate in modo ottimale col campo di sforzo applicato e, con pressioni di fluidi elevate, favorire lo sviluppo di slip asismico. Inoltre le faglie si possono comportare come barriere idrauliche favorendo localmente alta pressione di poro, idrofratturazione e, dipendendo dalla composizione del fluido, deposizione di minerali. Questo continuo feedback tra faglie e fluidi è un processo transiente nello spazio e nel tempo molto complesso da modellare. Il risultato di questa interazione è registrato nelle zone di faglia esumate il cui studio strutturale, geochimico e mineralogico può dare importanti vincoli per i modelli numerici/analitici, permettendo inoltre di acquisire dati petrofisici. L'INGV ha le competenze multidisciplinari richieste per affrontare in modo sistematico questo importante argomento.

Prodotti previsti: pubblicazione di articoli in riviste IF, creazione di data base

#### **Modellazione di strutture crostali attraverso la tecnica delle prospezioni aeromagnetiche**

Questa tematica prevede l'impiego di un sistema di acquisizione aeromagnetica per la mappatura di anomalie di origine crostale. I dati così ottenuti vengono utilizzati per la ricostruzione di strutture geologiche attraverso l'integrazione con informazioni provenienti da altre discipline. Questa metodologia è stata applicata con successo in vari progetti di ricerca finalizzati alla modellazione crostale sia in ambientazione tettonica che vulcanica. I prodotti di questa attività sono rappresentati da pubblicazioni scientifiche.

Si prevede di realizzare nuovi rilievi ad alta risoluzione in particolari settori del Distretto Vulcanico Sabatino e nella regione sud-orientale della Sicilia.

Per i prossimi anni si prevede di modellare dati storici aeromagnetici acquisiti nel corso degli anni sul territorio italiano sia in ambientazione tettonica che vulcanica.

#### **Studi per le Georisorse**

Qui si raccolgono contributi sintetici (max 100 parole) su attività e obiettivi di ricerca per il 2020 (possibilmente con menzione dei prodotti previsti quali pubblicazioni di articoli, redazione di volumi, organizzazione di workshop, ecc.) e una prospettiva di sviluppo per il biennio successivo. Tematica: Ricerche focalizzate alla individuazione e caratterizzazione delle georisorse (quali, p.e., la coltivazione di idrocarburi, la produzione di energia geotermica, lo stoccaggio di gas naturale e CO<sub>2</sub>). Include inoltre gli studi mirati alla stima dell'impatto dello sfruttamento sull'ambiente naturale con particolare attenzione alla sismicità indotta, alla caratterizzazione dello stato fisico e alla possibile evoluzione dei reservoir interessati dalla estrazione/iniezione di fluidi, all'inquinamento causato da sostanze nocive rilasciate dagli impianti in atmosfera e nel sottosuolo.

#### **Progetto Geotermico Pilota Castel Giorgio (Umbria-Lazio): studio e monitoraggio geofisico e geochimico**

È stato appena concesso il primo permesso di ricerca per impianti geotermici pilota da realizzare nel campo di media entalpia di Castel Giorgio. Dal 2011 al 2018, l'INGV ha svolto in quest'area il monitoraggio geochimico e sismico preliminare alla realizzazione di pozzi profondi (di produzione e reiniezione). Nel 2020 (e anni successivi) l'attività verrà ripresa, mirando in particolare a studiare l'eventuale insorgenza di sismicità indotta, subsidenza ed emissione anomala di gas dal suolo. Con questa ricerca l'INGV ha per primo la possibilità di monitorare un processo geotermico completo, dagli studi preliminari alla produzione di energia elettrica. L'attività interessa tutti e tre i Dipartimenti e i risultati verranno pubblicati su riviste JCR. Personale: M.L. Carapezza, T. Braun, N.M. Pagliuca, V. Sepe (ed altri).

#### **KMT - Krafla Magma Testbed**

Simulazioni numeriche del sistema magmatico-geotermale al vulcano Krafla, oggetto di studi da parte di un consorzio internazionale riunito nel KMT. Studio delle dinamiche e dei processi associati al drilling all'interno di una camera magmatica (soggetto a disponibilità di fondi dedicati, attualmente in attesa di risposta).

#### **Indagini geoaologiche nell'area dei vulcani di fango delle Salinelle di Paternò (CT)**

L'area presenta un'abbondanza di resti archeologici attestanti il suo utilizzo in antico, nonostante il territorio risulti ancora poco esplorato dal punto di vista archeologico. La presenza nel territorio di Salinelle e resti archeologici rende quest'area estremamente interessante per indagini multidisciplinari che verranno eseguite nell'ambito di una convenzione recentemente attivata tra INGV, Regione Siciliana e comune di Paternò. Le indagini saranno mirate alla valorizzazione dei resti archeologici in loco, al miglioramento della storia sismica del territorio e al monitoraggio geochimico e geofisico delle Salinelle.

A cura di Salvatore Giammanco e Carla Bottari

### **Ricerche finalizzate all'avvio di applicazioni geotermiche in Italia**

L'Italia è un paese virtuoso da un punto di vista geotermico sia per essere stato il primo a produrre energia elettrica da questa fonte sia per avere un territorio ricco di risorse. Sfortunatamente, a esclusione della regione Toscana, la realizzazione di applicazioni geotermiche rilevanti per la comunità, trova una fortissima stasi. In questa ottica l'INGV sta avviando una serie di attività con l'obiettivo di:

- sviluppare, in una o più Isole Minori italiane, un impianto di desalinizzazione alimentato da energia geotermica (Partecipanti: Procesi M., Di Felice F., Sez.Catania, Centro Monitoraggio Eolie, ENEA);
- stimare le potenzialità geotermiche di sistemi idrocarburi depleti, in Italia e alcuni Paesi europei selezionati, al fine di proporre una riconversione per produzione di calore geotermico.

(Partecipanti: INGV, UniSapienza, CNR e Istituti di Ricerca/Università Europei).

### **SECURE**

The scientific goals of the project SECURE are to develop at different scales multiple applicable prediction- and characterization tools for the intensive recovery of gas reservoirs, conventional and unconventional hydrocarbon deposits and geothermal reservoirs. Likelihood-based approaches will be implemented in order to describe the generation of microcracks that includes also the inversion of parameters which describe the stability and integrity of the reservoir systems. We concentrate our research on hydromechanical and thermal processes which are accompanied by the generation and growth of microcracks (microseismicity) that will be realized by the combination of physical multi-phase models with fracture mechanics. We further implement the newest monitoring techniques for the characterization of the microseismicity Based on the close cooperations with industrial partners from Germany and Europe the applicability of the developments of SECURE will be guaranteed. An improved understanding of the processes for the stability and integrity of reservoir systems will contribute both, for a sustainable and operational recovery of the underground, as well as for a better assessment of potential environmental perils. SECURE aims further to develop guidelines for a sustainable development and hence a better public acceptance. Besides the community, civil protection and regulatory authorities, partners from industries are potential users of the project results. The developments will be based on already existing datasets concerning the description of the following reservoir systems:

1. Differential compaction of conventional gas reservoirs and the prediction of seismicity rates and expectable earthquakes (cooperation NAM, KNMI).
2. Understanding of strongly varying rates of microquakes during hydrofracking operations inside rocks with low permeability (cooperation Äspö).
3. Development of a process model for microcracks and seismicity inside gas reservoirs (cooperation CASTOR, Salzkavernen).
4. Coupled, poro-thermo-elastic and reactive multiphase-model for aquifer-systems under geothermal production (cooperation Molasse and INGV).

Partecipano alle attività: Thomas Braun

### **Circolazione di fluidi, mineralizzazioni e faglie**

Metodi e sviluppo: I fluidi nella crosta terrestre interagiscono con la matrice solida sia chimicamente sia meccanicamente. La presenza di faglie e sistemi di fratture aumenta la porosità efficace della matrice rocciosa favorendo quindi la canalizzazione dei fluidi e il loro spostamento anche per distanze considerevoli. In particolare, faglie e fratture sono spesso utilizzate dai fluidi mineralizzanti nei giacimenti minerali. Le modalità di interazione fluido roccia, il tipo di fluidi mineralizzanti e il setting strutturale sono quindi fattori importanti nello sviluppo di depositi minerali. Questo continuo feedback tra faglie e fluidi è un processo transiente nello spazio e nel tempo molto complesso da modellare e la possibilità di avere analoghi naturali esposti per poter capire la dinamica e lo sviluppo di questi sistemi è di fondamentale importanza. Nell'Isola d'Elba orientale le ottime esposizioni permettono di studiare nel dettaglio questi processi rendendo questa parte dell'isola un laboratorio naturale per lo studio dei processi di mineralizzazione lungo fratture e faglie nella crosta superiore. L'INGV ha le competenze multidisciplinari richieste per affrontare in modo sistematico questo importante argomento.

Prodotti previsti: pubblicazione di articoli in riviste IF, creazione di data base

5.

Linea di Attività "Ricerca e Servizi - Ambiente"



## Attività di Ricerca

<b>Dipartimento</b>	<b>Ambiente</b>
---------------------	-----------------

<b>Area di Intervento:</b>	Linea di Attività "Servizi e Ricerca per la Società" - Dipartimento Ambiente
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------

<b>Data Inizio:</b>	1-1-2020	<b>Data Fine:</b>	31-12-2022
---------------------	----------	-------------------	------------

### a. Finalità e Obiettivi

Sono diverse le attività di ricerca e servizio che hanno implicazioni ed impatto per la Società svolte nel Dipartimento Ambiente dell'INGV. La messa a punto di un sistema esperto per le Pubbliche Amministrazioni non può prescindere dalla rete di osservazioni geofisiche e geochimiche che, attraverso tecniche di intelligenza artificiale, consentono di usufruire di dati e risultati. Le attività condotte, pertanto, si svolgono su richiesta di e/o in convenzione con diversi soggetti interessati, quali istituzioni nazionali, organismi internazionali, autorità locali. In particolare, queste attività comprendono sia i servizi istituzionali INGV (cartografia, bollettini, previsioni ionosferiche, ecc.) che i servizi per consulenze ed accordi con Enti locali (Comuni, Regioni, Arpa) ed Istituzioni dello Stato (Carabinieri, Forze Armate, Guardia Costiera, Aeronautica Militare, ENAC e Ministero dell'Ambiente). Ad esempio, ricadono in questa LdA le attività svolte per la carta magnetica d'Italia, gli scenari di aumento di livello marino sui beni culturali e ambientali, i bollettini mensili ionosferici e magnetici, le previsioni ionosferiche e oceanografiche, i servizi per il rilevamento e le attività di contrasto all'inquinamento sotterraneo, i servizi per organismi internazionali (es. Attività di consulenza tecnico-scientifica all'Autorità Nazionale (MAECI), ai sensi della Legge 197/2003, sul Trattato internazionale sulla proibizione totale dei test nucleari - CTBT) ed infine l'attività di sorveglianza dei fenomeni di meteorologia spaziale effettuata per l'aviazione civile nell'ambito del consorzio PECASUS (<http://pecasus.eu/>).

Le attività relative ai servizi e alle ricerche per la società del Dipartimento Ambiente che ci si prefigge di effettuare nel periodo di riferimento sono:

- il monitoraggio di diverse componenti del sistema Terra (campo magnetico terrestre, ionosfera, mari e oceani) con il rilevamento sistematico dello stato fisico di queste componenti naturali;
- la fornitura di servizi di mappatura e di previsione della loro evoluzione a diverse scale temporali e scale geografiche;
- proseguo e sviluppo dei prodotti di sorveglianza per la meteorologia spaziale per l'aviazione civile (ICAO) nel contesto del consorzio PECASUS;
- la formulazione di scenari di aumento di livello marino in zone costiere di alto valore ambientale e culturale, anche ai fini della loro protezione per i cambiamenti climatici;
- le attività svolte per la sicurezza nazionale antiterrorismo e le consulenze tecniche per la sicurezza internazionale;
- gli interventi volti alla caratterizzazione delle condizioni geologiche del sottosuolo in aree soggette a fenomeni di instabilità (movimenti franosi e/o genesi di sink-holes, ovvero di fenomeni di sprofondamento del suolo) e la definizione della predisposizione ai movimenti lenti e catastrofici della superficie topografica;
- le prospezioni e la modellistica per l'identificazione, rilevamento e monitoraggio di fenomeni di inquinamento ambientale (sottosuolo, acque, aria);
- la definizione dei modelli concettuali dei corpi idrici sotterranei finalizzate alla redazione di "Piani di gestione delle Acque";
- il rilevamento del livello di radioattività naturale in suoli, acque sotterranee e indoor e i pericoli connessi alla salute pubblica derivanti dalla infiltrazione di agenti inquinanti (tutela delle risorse idriche, delle risorse agroalimentari e della biodiversità);
- la fornitura giornaliera di previsioni oceanografiche per l'area del Mediterraneo prodotte utilizzando i due diversi forzanti atmosferici ECMWF e COSMO-ME.

I principali obiettivi specifici nell'ambito delle attività di servizio e ricerca per la società (ricerca istituzionale) sono quelli di garantire l'operatività ed il mantenimento degli elevati standard raggiunti dalle infrastrutture di ricerca (osservatori, reti, database e centri di calcolo), con prosecuzione ed implementazione delle attività di monitoraggio ed organizzazione dei dati in database interoperabili che forniscono gli input necessari ai modelli disponibili per il monitoraggio dei fenomeni geofisici di pertinenza della Struttura Ambiente, che riguardano la caratterizzazione della variabilità e dinamica del campo geomagnetico, della media e alta atmosfera, dei mari e del territorio. Gli osservatori geofisici sono distribuiti sul territorio nazionale, nell'area mediterranea, nella regione polare Nord (Svalbard, Groenlandia), nella regione polare Sud (Concordia e Stazione Mario Zucchelli, Stazione SANSA e Stazione EACF), in Kenya ed in Sud America (Argentina e Brasile).

#### **Obiettivi Strategici**

- **Sviluppo di un servizio nazionale per lo Space Weather:** Le osservazioni provenienti dalle stazioni di misura di parametri geomagnetici e ionosferici saranno rese disponibili all'interno delle sale di monitoraggio e sorveglianza dell'INGV al fine di garantire da un lato la continuità di importanti serie storiche di dati, utili per lo studio dei cambiamenti a lungo termine, e dall'altro propedeutici per lo sviluppo di un primo servizio nazionale per lo Space Weather, orientato alla previsione di fenomeni che si esplicano nell'ambiente circumterrestre, soprattutto allo scopo di mitigare il loro effetto sui sistemi tecnologici. Nel triennio ci si prefigge di proseguire nella fornitura dei prodotti all'interno del consorzio europeo PECASUS, selezionato da ICAO (International Civil Aviation Organization) come uno dei tre centri mondiali per la fornitura di un servizio globale di Space Weather per la sicurezza dell'aviazione civile che nel Novembre 2019 ha iniziato le sue attività operative tramite un servizio 24 ore su 24.
- **Servizi e consulenze nazionali ed internazionali:** Prospezioni geofisico-geochimiche e sviluppo di tecnologie innovative per far fronte a richieste di intervento per l'identificazione ed il controllo di eventi di inquinamento del territorio e delle acque, nonché per il servizio richiesto per le consulenze per la sicurezza in ambito nazionale ed internazionale.
- **Definizione di accordi di collaborazione con le autorità competenti per l'effettuazione di attività finalizzate alla redazione di "Piani di gestione delle Acque":** Questi prevedono, per i vari bacini idrogeologici, la definizione di modelli concettuali da sviluppare previo approfondimento del quadro conoscitivo esistente, con l'effettuazione di indagini geologiche, idrogeologiche, geofisiche, idrogeochimiche ed isotopiche. Le attività previste seguiranno i criteri stabiliti dalle normative vigenti in materia di tutela delle acque dall'inquinamento. L'obiettivo della normativa consiste nella realizzazione di modelli che costituiscano la base conoscitiva per la progettazione dei programmi di monitoraggio e di valutazione del rischio, la cui finalità ultima sarà una corretta gestione della risorsa.
- **Consolidamento e sviluppo dei servizi di osservazioni e previsioni geofisiche e oceanografiche:** Gestione, mantenimento e sviluppo dei servizi di osservazione e previsione delle attività geomagnetiche e ionosferiche e del servizio INGV di previsioni oceanografiche per il Mar Mediterraneo. Il continuo sviluppo e la gestione del sistema di previsione/analisi/rianalisi per il Mar Mediterraneo è finalizzata alla creazione di applicazioni per il monitoraggio a breve e lungo termine dell'ambiente marino e di servizi dedicati agli utenti, sia essi interni che esterni all'Ente. Un'applicazione che si intende rilanciare è quella relativa alla dispersione di inquinanti a mare e degli impatti derivanti sull'ambiente costiero e marino. Tale sistema necessita di una gestione operativa di una banca dati, sia in real time che in delay mode, necessari a fornire tutte le condizioni al contorno (condizioni iniziali, laterali e forzanti atmosferici) e dei dati per l'assimilazione tramite la quale l'errore predittivo è contenuto entro valori accettabili. La continua valutazione dell'errore associato alle principali variabili prognostiche viene effettuata e fornita contestualmente mediante servizi web dedicati. L'obiettivo è di adeguare i servizi e le applicazioni dedicati agli utenti tenendo in considerazione le reali esigenze dell'utente, in concerto con le necessità evidenziate da chi opera attività di monitoraggio in mare. In secondo luogo si intende ampliare la banca dati marini come servizio interno all'Ente in modo da organizzare i dati raccolti secondo gli standard e i formati europei ed internazionali, fornendo all'utente la possibilità di pubblicare i propri dati di ricerca seguendo i principi OPEN DATA e le linee guida FAIR per la gestione dei dati. I dati potranno poi essere veicolati nelle principali infrastrutture dati europee, come richiesto dalle nuove chiamate europee, dunque favorendo la competitività dell'Ente.
- **Nuova edizione della carta magnetica d'Italia 2020.0:** Nel triennio di riferimento verranno condotte le misure delle componenti geomagnetiche, rivisitando i capisaldi della rete nazionale, al fine di produrre le nuove carte magnetiche d'Italia centrate temporalmente al 2020.0, in collaborazione con l'Istituto Geografico Militare.



b.	Contenuto Tecnico Scientifico
	<p><b>Servizi e Ricerca per la Società</b></p> <p>Sotto la voce “Servizi e Ricerche per la Società” ricadono quelle attività che possono considerarsi comprese nella definizione “Ricerca Istituzionale” data dall’ANVUR. Per l’INGV vengono raccolte in questa Linea di Attività tutte le attività realizzate dall’Istituto nell’ambito di servizi svolti per altre istituzioni ed enti dello stato e del territorio, per istituzioni internazionali e più in generale verso la società. In particolare, nella LdA “Servizi e ricerche per la società della Struttura Ambiente” sono incluse sia i servizi istituzionali INGV (cartografia, bollettini, previsioni ionosferiche, ecc...) che i servizi per consulenze ed accordi con Enti locali (Comuni, Regioni...) ed Istituzioni dello Stato (Carabinieri, Forze Armate...). Ad esempio, ricadono in questa LdA le attività svolte per la carta magnetica d’Italia, i bollettini mensili ionosferici e magnetici, le previsioni ionosferiche e oceanografiche, i servizi per i carabinieri e le forze armate, i servizi per organismi internazionali (es. Comprehensive Test Ban Treaty,...).</p> <p>Le attività in corso e previste per il 2020 comprendono:</p> <p><b>The Environmental Mixed Table Computer - Adventure game within TROPOMAG (Influence of geomagnetic storms on the TROPOsphere dynamics: Can the Earth's MAGnetic field be considered a proxy of climate changes?) project</b></p> <p>The Environmental Mixed Table Computer - Adventure game within the TROPOMAG project will implement the interactive learning strategies, technology and effectiveness of an already existing successful digital serious game EvoQuest (as widely tested in several European countries) with new adventures through a participatory approach with schools. The final outreach product, after testing the didactic results, will be an environmental educational serious game to ensure effective dissemination and communication and raise awareness and understanding, especially in countries exposed to hydro and geomorphological hazard to instil a culture of safety for the promotion of best practices. Partecipanti: G.L. Piangiamore (coordinatore WP3), R. Tozzi, P. De Michelis, M. Pezzopane, I. Coco, S. De Gregorio, P. Madonia (coordinatore progetto TROPOMAG), S. Maraffi (UNICAM), F. Sacerdoti (E-voluzione s.r.l.). Se passasse l’ultima call del Bando Progetti di Dipartimento INGV Ambiente.</p> <p><b>SchoolQuest: An open platform to easily develop and use Class Educational Role-Playing games for all European Citizens</b></p> <p>"SchoolQuest" is an innovative educational product we hope to develop to create a European online community where Role-playing educational adventures can be used in schools of any grade. The technique has been already largely tested (with the formerly name of "GeoQuest") in Italy and Iceland from nursery schools to high level schools and university with excellent results at all ages (more than 40 classrooms). We aim to create a Cloud Community Platform to share educational contents among European Schools, in particular educational interactive computer multidisciplinary Game Adventures, multilanguage, to be played by students all together in classrooms all over Europe. Partecipanti: G.L.Piangiamore (INGV), UNICAM, E-voluzione, Università "l'Orientale", Città della Scienza, University of Oslo, Cloud Sigma (società di Cloud servicing)(Switzerland), SMS Engineering LTD, Atelierul de idei TRAIN-IC S.R.L. (Romania), Laterna Magica Nonprofit Korlátolt Felelossegu Tarsasag (Hungary), Centre for Inclusive Education (Bulgaria), NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATION AGENCY OF EUROPEAN INNOVATIONS (Ukraina), LTG (Geological Survey of Lithuania). Se passasse l’ultima call di HORIZON 2020.</p> <p><b>INGV-EAS: a collection of Episodes of Situated Learning as interactive learning tools for modern School to disseminate the multidisciplinary research activities carried out by the Ambiente Department of the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia</b></p> <p>The design of new materials for educational institutions at international level by the innovative EAS method is based on interactivity and e-learning to promote the important research activities conducted by Ambiente Department of the INGV not commonly well-known as Terremoti and Vulcani ones. The INGV-EAS collection will be a multiple media (paper, IT) tool for schools, as a profitable interaction between School and Research supporting also Geoscience strategies for digital school. Here are some of the possible themes to develop in our collection: Geomagnetism, Aeronomy, Gravimetry, Marine Geophysics, Environmental Geophysics, Antarctic Exploration, Hydrogeologic Risk, Climate Change, Geochemical investigations. Partecipanti: G.L.Piangiamore, S. Lepidi, M. Cascone in collaborazione con tutti i colleghi del Dip. Ambiente che vorranno contribuire. Se passasse l’ultima call del Bando di ricerca libera INGV.</p>

### **GeoRisk: a gami-learning tool (App e gioco da tavolo per l'apprendimento a scuola dei rischi naturali)**

Si propone un'innovativa metodologia di sperimentazione e verifica di gami-learning, nella quale il gioco digitale costituisce lo strumento di verifica degli apprendimenti veicolati con il gioco da tavolo. Lo scopo è far crescere una diffusa consapevolezza sull'importanza della scienza e della tecnologia per la vita quotidiana e per lo sviluppo sostenibile della società; promuovere l'educazione ambientale nelle scuole attraverso la partecipazione attiva degli alunni nel processo di apprendimento e nell'acquisizione di nuove conoscenze, abilità e competenze, educandoli ad un uso corretto degli strumenti tecnologici, che possono costituire un valido strumento di comunicazione consapevole per le generazioni del nuovo millennio. Partecipanti: G.L.Piangiamore (INGV), Sabina Maraffi (UNICAM), Francesco Sacerdoti (E-voluzione s.r.l.)

### **Geophysics for safety, defence and counter-terrorism**

Defence and Counter-terrorism:

sviluppo di sensori low-cost intelligenti da impiegare in sistemi magnetometrici subacquei/terrestri per la detection di operatori ostili in avvicinamento ad infrastrutture critiche; vettorizzazione della rotta dell'intruso; classificazione del target sulla base della lunghezza d'onda dell'anomalia magnetica generata; test sperimentali in ambiente operativo con uomini e mezzi delle Forze Armate

Harbour Waterside Management:

tecniche di misura newtoniana per la previsione della dinamica mareale di origine meteobarica in ambiente portuale; sviluppo di sistemi per la previsione del franco d'acqua portuale per la sicurezza della navigazione d'approccio e dello stazionamento in banchina; aggiornamento real-time della batimetria elettronica

Partecipa all'attività Osvaldo Faggioni

### **Sviluppo di una infrastruttura di monitoraggio Space Weather**

Nel 2020 si intende proseguire lo sviluppo dell'infrastruttura HW/SW per la gestione di una sala di monitoraggio Space Weather. Le attività di questo anno prevedono il completamento dell'infrastruttura HW/SW per l'acquisizione, la gestione, l'archiviazione, la disseminazione e lo sfruttamento dei dati da reti e osservatori ionosferici. È prevista per il 2020 la realizzazione di una sala di monitoraggio dei dati e prodotti per lo Space Weather. L'attività è da intendersi in coordinamento con altre attività scientifico-tecnologiche che riguardano lo Space Weather soprattutto in ambito aviazione civile.

Partecipanti: Paolo Bagiacchi, Claudio Cesaroni, Domenico Di Mauro, Ingrid Hunstad, Carlo Marocci, Emanuele Pica, Luca Spogli, Simone Vecchi

### **Progetto LSV-AUV sviluppo di un sistema autonomo per mapping geofisico**

Il progetto LSV-AUV (2018-2020) ha come obiettivo quello di sviluppare un veicolo autonomo marino (AUV) per la mappatura idrografica e geofisica di fondali marini fino a 1000 metri di profondità. INGV partecipa al progetto in qualità di partner scientifico in relazione alle attività di integrazione di strumentazione sonar (sub bottom profiler, side scan sonar e multibeam) oltreché analisi ed interpretazione dati e mapping batimetrico. Il progetto si prefigge quello di proporre un sistema AUV di alte performance capace di operare in acque profonde e anche in condizioni di mare agitato-mosso (sea-state 3-4). Il progetto vede il coinvolgimento di ditte e società italiane e partner economico finanziatore straniero. Questo tipo di veicolo può essere un ottimo punto di partenza per le esigenze di investigazione di tutte le varie agenzie italiane ed europee, civili e militari, che operano nell'ambito dell'idrografica.

### **Geofisica per l'archeologia**

A seguito di Convenzioni con varie Sovrintendenze vengono applicate moderne ed efficaci tecniche di prospezione geofisica per la valorizzazione del patrimonio archeologico e storico culturale. Attualmente ricerche in corso nella provincia di Viterbo (Grotte di Castro, Piansano), nel Parco Archeologico di Pompei, nel sito di Cannatello (AG). Partecipano alle attività: Marco Marchetti, Vincenzo Sapia, Valerio Materni, Marta Pischiutta, Luca Miconi, Matteo Migliari.

### **Geofisica per il contrasto all'inquinamento sotterraneo**

Integrazione di tecniche geofisiche per una migliore definizione dell'assetto del sottosuolo e la definizione di masse sepolte potenzialmente inquinanti. Attività finalizzata al contrasto dell'inquinamento sotterraneo mediante la ricerca di interrimenti di rifiuti pericolosi e di fusti contenenti materiali tossici, nell'individuazione e nella definizione spaziale di discariche abusive, nel monitoraggio di vecchie cave riempite o di siti sospetti per conto di Comuni, Regione Lazio, Arpa e Ministero dell'Ambiente. Accordi in essere con Carabinieri Forestali e con Commissario Straordinario Bonifiche

dei Carabinieri. Attività di indagine geofisica in corso su tutto il territorio nazionale con i Carabinieri Forestali. Partecipazione al Gruppo di Lavoro "Terra dei Fuochi" con contributo tecnico scientifico alle indagini geofisiche. Partecipano alle attività: Marco Marchetti, Vincenzo Sapia, Valerio Materni, Luca Miconi.

#### **Studio dei gas disciolti nelle falde superficiali dell'Emilia Romagna**

Si continueranno le attività svolte in collaborazione con la Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) per il monitoraggio di alcuni siti ritenuti di interesse e quelli eventualmente oggetto di segnalazioni, al fine di realizzare una banca dati e una mappatura che consenta di caratterizzare i gas presenti nelle falde superficiali e nel sottosuolo della Regione e l'interpretazione dei fenomeni anomali segnalati sul territorio.

Collaborano alle attività: Giancarlo Tamburello, Dmitri Rouwet, Giovanni Chiodini, Alessandra Sciarra, Tullio Ricci, Romano Camassi, Micol Todesco, oltre a colleghi delle università di Bologna, Modena, Ferrara e Firenze.

#### **Sistema Cal/Val integrato rilocabile per il trattamento delle osservazioni in mare e valutazione dei modelli oceanici**

L'obiettivo della ricerca è la finalizzazione di un servizio rilocabile e integrato per la Calibrazione e Validazione (Cal / Val) di prodotti di modellistica oceanografica mediante l'uso di dati marini dalle stazioni fisse disponibili. Tali servizi consentono di confrontare le variabili oceaniche essenziali modellate con misurazioni corrispondenti coerenti e valutare costantemente la qualità dei modelli numerici attraverso metodi statistici. Questo è fondamentale sia per la calibrazione che per la validazione di modelli di circolazione oceanografica, ma anche per il monitoraggio continuo dell'ambiente marino in zone costiere, sia di mare aperto e profondo.

Partecipanti: Paolo Oliveri, Simona Simoncelli, Pierluigi Dipietro, Claudia Fratianni, Antonio Guarnieri.

#### **Previsioni oceanografiche e monitoraggio dell'ambiente marino**

Il continuo sviluppo e la gestione del modello di previsione del Mediterraneo è finalizzata alla disseminazione di prodotti (previsioni, analisi e rianalisi), alla creazione di servizi dedicati agli utenti (interni e esterni all'Ente) e allo sviluppo di applicazioni per il monitoraggio di breve e lungo periodo dell'ambiente marino. Il sistema di previsione richiede la gestione, sia in near real time che in delay mode, di molteplici dati in input, quali forzanti atmosferici, condizioni al contorno laterali (modelli globali), dati in situ e da satellite per l'assimilazione. L'analisi dei dati marini provenienti da diverse banche dati e infrastrutture europee (Copernicus Marine Service, SeaDataNet) e internazionali (World Ocean Database) consente inoltre il continuo sviluppo di: 1) tecniche di controllo di qualità dei dati osservativi; 2) tecniche di validazione di modelli di previsione e rianalisi; 3) indicatori per il monitoraggio a breve e lungo termine dello stato del mare e degli effetti del cambiamento climatico sull'ambiente marino; 4) climatologie decadal per il Mar Mediterraneo.

Partecipanti: Claudia Fratianni, Gelsomina Mattia, Damiano Delrosso, Pierluigi Di Pietro, Paolo Oliveri, Simona Simoncelli, Antonio Guarnieri.

#### **Servizi di Previsione Ionosferica in area Mediterraneo**

Anche per il 2020 obiettivo primario sarà il mantenimento degli alti standard delle tavole di previsione ionosferica nell'area del Mediterraneo.

La conoscenza dettagliata delle condizioni ionosferiche è, infatti, presupposto essenziale per l'impiego delle onde radio in banda HF per la comunicazione a breve e a lunga distanza. Tale sistema di comunicazione, specie in area Mediterranea, resta di primaria importanza anche in presenza di tecnologie veloci e sofisticate di comunicazione digitale.

Tra i principali utenti del servizio di previsione ionosferica fornito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si annoverano le Forze Armate ed il Ministero degli Interni.

Le tavole di previsione ionosferica, elaborate dalla sezione Roma 2, sono usate, infatti, nelle esercitazioni mensili per la verifica delle apparecchiature radio della rete HF coordinate dalla Direzione centrale per la Difesa civile e le Politiche di protezione civile in collaborazione con l'ARI (Associazione Radioamatori Italiani).

Le tavole di previsione ionosferica, elaborate in formato PDF con cadenza bimestrale, sono ospitate sul seguente sito pubblico dedicato:

<http://previsioniionosferiche.rm.ingv.it/index.php>

Realizzano questo servizio Silvia Pau ed Andrea Malagnini

#### **Consulenze tecniche per la sicurezza internazionale**

Attività di consulenza tecnico-scientifica all'Autorità Nazionale (MAECI), ai sensi della Legge 197/2003, sul Trattato

internazionale sulla proibizione totale dei test nucleari (CTBT). In tale ambito, gestione di un centro di calcolo tecnologicamente avanzato e dell'infrastruttura di comunicazione, acquisizione ed analisi di dati provenienti da 3 tecnologie di forme d'onda (sismica, infrasonica, idroacustica), garantendo l'integrità e la sicurezza delle informazioni. Creazione di rapporti riservati riguardanti eventi di particolare interesse nazionale. Messa in opera di soluzioni tecnologicamente innovative sia relativamente all'hardware del centro di calcolo che agli strumenti software.

**Convenzione per attività mirate alla valorizzazione, monitoraggio e fruizione didattica delle Salinelle dei Cappuccini di Paternò**

Convenzione tra INGV, Dip. Beni Culturali e dell'Identità Siciliana della Regione Siciliana e Comune di Paternò (CT) per la riqualifica, tutela e monitoraggio dei vulcani di fango noti come Salinelle dei Cappuccini, alla periferia NW di Paternò (CT). L'Osservatorio Etneo si occuperà del monitoraggio geochimico, geofisico e sismico di questi fenomeni naturali. I dati saranno utilizzati per la fruizione in sicurezza del sito da parte dei visitatori, per studiare la dispersione dei gas in atmosfera, per stimare le potenzialità geotermiche dell'area e per studiare le variazioni temporali nell'output di fluidi in funzione delle variazioni di attività vulcanica dell'Etna.

6.

Linea di Attività "Ricerca e Servizi - Terremoti"



## Attività di Ricerca Istituzionale

<b>Struttura</b>	<b>Terremoti</b>
------------------	------------------

<b>Area di Intervento:</b>	Linea di Attività "Servizi e Ricerca per la Società" - Terremoti
----------------------------	------------------------------------------------------------------

<b>Data Inizio:</b>	1-1-2020	<b>Data Fine:</b>	31-12-2022
---------------------	----------	-------------------	------------

<b>a.</b>	<b>Finalità e Obiettivi</b>
-----------	-----------------------------

La linea di Attività "**Servizi e Ricerca per la Società Terremoti**" evidenzia il ruolo fondamentale che l'ente ha nella società per quanto riguarda sorveglianza, monitoraggio e prevenzione nel campo dei terremoti e maremoti. Queste attività riguardano sia la sismicità naturale che quella potenzialmente legata ad attività antropiche.

Le attività svolte in questa linea sono fortemente dipendenti dagli avanzamenti della conoscenza ottenuti dalle attività di ricerca libera sui terremoti, come quelli svolti in T8 (v. Linea di Attività Ricerca Terremoti), finalizzati propriamente all'analisi rapida dei dati del monitoraggio sismico. Infatti, una volta consolidati, i risultati della ricerca possono essere mutuati per rispondere alle necessità della società civile attraverso il rilascio di prodotti o azioni specifiche. Viceversa, le richieste che vengono dalla società stessa sono prezioso stimolo allo sviluppo di nuova ricerca e nuove sfide. Pertanto, la linea Ricerca Terremoti e la Linea Servizi e Ricerca Terremoti non vanno viste come contenitori stagni bensì in continua osmosi.

Anche le infrastrutture giocano un ruolo fondamentale, imprescindibile per queste attività. La valorizzazione e sostenibilità delle infrastrutture dell'ente, delle reti e dei sistemi osservativi, dei sistemi di calcolo, dei laboratori analitici e sperimentali sono quindi priorità per il prossimo triennio perché sia possibile proseguire nella fornitura di questi servizi e per rispondere ad eventuali nuove richieste della società civile e accettare sfide del mondo scientifico.

L'INGV è parte del Sistema Nazionale di Protezione Civile (legge 24 febbraio 1992, n. 225) ed è Centro di Competenza del Dipartimento (DPCM 27 febbraio 2004). In linea con lo statuto dell'Ente e con l'Accordo Quadro DPC-INGV 2012 - 2021, l'Istituto fornisce monitoraggio, sorveglianza e consulenze a DPC su tematiche di pericolosità e rischio sismico, vulcanico e da maremoto. Una parte preponderante del lavoro di questa Linea è dedicato a queste attività, a dimostrare l'impegno dell'Ente verso la Società.

Oltre a sorveglianza e monitoraggio, la Linea si occupa della gestione e distribuzione dei dati, della preparazione e aggiornamento di procedure per affrontare le emergenze sismiche e da maremoto, della preparazione di prodotti applicativi e delle attività di comunicazione e formazione durante le emergenze sismiche o da maremoto, per sensibilizzare la popolazione alle problematiche della pericolosità sismica. Vengono sviluppati anche studi e ricerche con obiettivi finalizzati, quali la realizzazione di Mappe di Pericolosità, oppure attività di carattere tecnologico, come l'aggiornamento della strumentazione utilizzata per il monitoraggio. Le attività di questa Linea rappresentano il primo passo del trasferimento dei risultati dai massimi avanzamenti della ricerca e sviluppo tecnologico all'operatività.

Un contributo importante alla Linea di Attività Servizi e Ricerca per la Società deriva dalle attività svolte nei centri. Il Centro di Pericolosità Sismica e il Centro Allerta Tsunami sono principalmente impegnati nell'ambito delle convenzioni con DPC, mentre il Centro di Monitoraggio del Sottosuolo è fortemente coinvolto alla verifica dell'applicabilità degli Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità e delle deformazioni del suolo prodotte da attività antropiche. Sono state avviate o sono in fase di avvio attività di monitoraggio in diversi settori del paese. Inoltre il Centro collabora con il MISE anche su tematiche di pericolosità di aree con sfruttamento di risorse naturali offshore.

Altre attività incluse in questa Linea sono principalmente relative a convenzioni e accordi con le Pubbliche Amministrazioni, Enti Locali o con l'industria (es. studi di microzonazione o attività di formazione).

Da un punto di vista progettuale, alcune attività che ricadono in questa linea sono finanziate a livello europeo dalla DG-ECHO (es. ARISTOTLE2) e hanno come obiettivo lo sviluppo di un sistema europeo e mediterraneo di analisi multirischio (terremoti, maremoti, vulcani, inondazioni, meteo, incendi ecc). Le attività in corso mostrano un forte potenziale per l'Ente nel prossimo triennio, sia per il tipo di prodotti previsti che per la rilevanza dell'interoperatività che si verrebbe a creare con gli altri paesi europei.

Gli obiettivi strategici a valenza pluriennale in questa linea sono:

- 1) **Obiettivo SRST1: Avanzamento delle procedure per la gestione delle emergenze sismiche e da maremoto.**  
Organizzare e coordinare le attività necessarie durante un'emergenza sismica e da maremoto prevede la preparazione di protocolli che considerino tutti i livelli in cui l'ente è coinvolto: dal monitoraggio alla comunicazione, sia verso DPC che verso il pubblico. È in completamento la stesura e ufficializzazione del Protocollo di Ente per le Emergenze Sismiche e da Maremoto nel quale si descrive la modalità di attivazione dell'Unità di Crisi e il suo ruolo, verranno aggiornati i Protocolli dei Gruppi Operativi dopo 2 anni dall'ufficializzazione, e si procede allo studio delle procedure per affrontare un'emergenza mista sismico-vulcanica, in collaborazione con il Dipartimento Vulcani.
- 2) **Obiettivo SRST2: Nuovi sviluppi della comunicazione in emergenza** La comunicazione durante le emergenze sismiche ha un ruolo fondamentale nella gestione dell'emergenza stessa ed ha come obiettivo primario quello di fornire, in tempi veloci, informazioni corrette e comprensibili a DPC e al cittadino. Nei confronti di DPC, la comunicazione va ormai oltre i 2' 5' 30' della tempistica con cui si comunicano i parametri di un evento sismico, a favore della qualità dell'informazione, migliorata poichè viene aumentata e meglio definita la rapportistica e la partecipazione a tavoli o strutture operative comuni (es. al Comitato Operativo e alla Di.Coma.C. 2016-2017). Per quel che riguarda i cittadini, il Dipartimento Terremoti dell'INGV da alcuni anni si è dotato di strumenti e risorse per comunicare sia via web che mediante canali social (Twitter, blog, Facebook, YouTube). Tra i Gruppi Operativi in emergenza si attiva IES, che svolge attività informative per le scuole e la popolazione coinvolta nell'emergenza sismica, per condividere le conoscenze sulla sismicità del territorio, sulle sue caratteristiche di pericolosità, sulla sequenza sismica in corso e su quanto è possibile fare per ridurre il rischio. Gli incontri, tenuti da personale del Gruppo IES, sono anche l'occasione per condividere e discutere liberamente dubbi, esperienze, interrogativi su quanto è successo e su quanto potrà accadere in futuro.
- 3) **Obiettivo SRST3: Consolidamento delle attività dei Centri (CAT, CPS, CMS).** Le attività dei Centri, finalizzate a integrare le professionalità dell'INGV con obiettivi ad ampia prospettiva, proseguiranno. Il CAT, attivo dall'inizio del 2017 dopo diversi anni di test, proseguirà il monitoraggio H24 dei terremoti potenzialmente tsunamigenici a scala globale, in particolare per l'area per la quale invia messaggi di allerta maremoto al DPC e a molti Centri della regione Euro-Mediterranea, come Tsunami Service Provider (TSP) per l'IOC-UNESCO. Il CAT proseguirà altresì lo studio e la definizione della S-PTH (Pericolosità probabilistica per i maremoti di origine sismica) per le coste italiane. Il CMS, Centro di Monitoraggio del Sottosuolo, attivato nel 2017 per il coinvolgimento dell'INGV come referente per il monitoraggio degli effetti delle attività antropiche di utilizzo del sottosuolo per fini energetici (estrazione e stoccaggio di idrocarburi e sfruttamento di energia geotermica) lavorerà, d'intesa con il MISE-DGS-UNMIG, per implementare le Linee Guida proposte per il monitoraggio di sismicità e deformazioni del suolo, mutuando gli avanzamenti della conoscenza e dell'innovazione tecnologica ai servizi e viceversa per la sicurezza e sostenibilità ambientale, sociale ed economica dello sfruttamento delle georisorse. Il CPS, oltre alla elaborazione finale della nuova mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale, ospita le attività di ricerca che finora hanno permesso lo sviluppo di un primo modello di stima della pericolosità sismica di breve termine.
- 4) **Obiettivo SRST4: Rilascio del nuovo Modello di Pericolosità Sismica del territorio nazionale.** INGV ha realizzato nel 2004 il Modello di Pericolosità Sismica per l'Italia (MPS04) che nel 2006 è stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale quale elaborato di riferimento per la classificazione sismica dei comuni italiani e nel 2009 è stato recepito nelle Norme Tecniche delle Costruzioni per la definizione dell'azione sismica. Nel 2015, attraverso il Centro di Pericolosità Sismica (CPS), INGV ha lanciato un programma per l'aggiornamento del modello coinvolgendo una larga comunità: oltre 150 ricercatori di INGV, Università, CNR, OGS, ecc. La nuova mappa di pericolosità sismica, che è frutto di un lungo lavoro di integrazione di dati e modelli, è tuttora in fase di revisione da parte di una commissione di esperti nominata dal DPC e potrà essere rilasciata solo al termine di questa lunga fase di revisione, auspicabilmente entro il 2020. In quel momento si aprirà una fase di comunicazione al pubblico (esperto o meno) dei risultati e dell'impatto del nuovo modello su classificazione e norme per le costruzioni.

<b>b.</b>	<b>Contenuto Tecnico Scientifico</b>
-----------	--------------------------------------

Nella linea "Servizi e Ricerche per la Società" sono incluse le attività classificate dall'ANVUR come "Ricerca Istituzionale". Sono inclusi i servizi svolti per altre Istituzioni ed Enti dello Stato e del territorio, per istituzioni internazionali e per conto terzi. In particolare, in questa Linea sono inclusi il monitoraggio e la sorveglianza sismica e per maremoti, svolti nell'ambito dell'Accordo Quadro con il Dipartimento della Protezione Civile, nonché tutti i servizi istituzionali INGV (cartografia, bollettini, banche dati, mappe di pericolosità, ecc.) e i servizi per le consulenze con Enti locali (Comuni, Regioni, ecc.) ed Istituzioni dello Stato (Carabinieri, Forze Armate, ecc.). Le informazioni riportate di



seguito provengono dai contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto tramite un Forum dedicato alla preparazione del PTA e disponibile nel nuovo sito web dei Dipartimenti (ex Strutture di Ricerca) dell'INGV ([strutture.rm.ingv.it/forums/](http://strutture.rm.ingv.it/forums/)).

#### **Scenari di scuotimento al sito**

Nell'ambito dell'accordo tra l'INGV e il MISE-DGSAIE sono stati sviluppati degli scenari di pericolosità sismica finalizzati all'analisi della risposta sismica locale di un sito nell'area di Sulmona, selezionato per la realizzazione di un impianto di spinta del gas. Obiettivo dello studio era quello di fornire accelerogrammi sintetici e spettri di risposta al sito.

Le attività svolte dai componenti del gruppo di lavoro hanno affrontato gli aspetti: 1) parametrizzazione delle sorgenti sismogenetiche, 2) valutazione della pericolosità sismica sia con approcci scenario-based che probabilistici (poisson e time renewal), 3) selezione degli accelerogrammi naturali di input, 4) modellazione numerica dinamica bidimensionale della risposta sismica locale con inclusione degli effetti non-lineari. È stato prodotto un rapporto tecnico.

Le attività proseguiranno con una raccolta dati per una definizione più accurata del modello di sottosuolo in un'area più estesa (bacino chiuso) e con la scrittura di lavori per riviste scientifiche specializzate.

Lista dei partecipanti: Paola Bordoni, Giuliano Milana, Stefano Gori, Aybige Akinci, Carlo Meletti e Francesco Visini, Francesca Pacor, Sara Sgobba, Fabrizio Cara.

#### **Ottimizzazione software della capacità di detezione e localizzazione del servizio di sorveglianza sismica**

La localizzazione automatica dei terremoti in tempo reale a partire dai dati registrati dalla Rete Sismica Nazionale nella sala operativa di Roma si effettua tramite la suite di softwares "EarthWorm". Questo software è molto robusto e anche molto utilizzato da istituti che svolgono monitoraggio e sorveglianza in tutto il mondo. Queste due caratteristiche sono importanti e ci hanno assicurato in questi anni localizzazioni di buona qualità per tutti gli eventi che per convenzione dobbiamo fornire al Dipartimento della Protezione Civile e che vengono rivisti e comunicati dai turnisti.

Nell'ultimo anno stanno assumendo sempre più importanza, nella comunicazione verso DPC e verso il pubblico le localizzazioni automatiche, è quindi importante ottimizzare la capacità di detezione e localizzazione del sistema automatico.

La quantità di parametri che gestisce Earthworm è grande e, per certi moduli, ciascun parametro può essere regolato singolarmente per ciascuna componente di ogni sensore della rete. Il comportamento di questa piattaforma è soddisfacente nel suo insieme. Tuttavia sarebbe utile, per certi casi limite (per esempio eventi fuori rete), migliorare l'assetto attuale. Per questo sono state sviluppate delle soluzioni software virtuali per potere testare sia su dataset controllati, sia sui dati in tempo reale diverse configurazioni di EarthWorm.

Testeremo con gli strumenti sviluppati il comportamento di Earthworm rispetto ad altri softwares come SeisComp3 o nuove tecnologie come il "machine learning", in parallelo all'attività 24h del monitoraggio sismico.

Partecipanti: Matteo Quintiliani, André Herrero, Diana Latorre, Valentino Lauciani, Lucia Margheriti, Salvatore Mazza, Franco Mele, Anna Nardi, Marina Pastori, Maurizio Vassallo.

#### **La paleosismologia per immagini: collezione fotografica di deformazioni cosismiche riconoscibili nelle pareti di trincee**

Si intende realizzare una collezione fotografica (libro e/o formato digitale) di faglie ed elementi di deformazione cosismica riconoscibili all'interno di trincee paleosismologiche. Le immagini fotografiche illustreranno esempi di deformazioni stratigrafiche e strutturali in differenti contesti cinematici, e saranno accompagnate da disegni schematici e brevi testi descrittivi dello specifico elemento deformativo e del paleoterremoto che lo ha prodotto. La collezione diventerà un glossario di paleosismologia visivo per specialisti della ricerca e studenti, nonché uno strumento di divulgazione della storia sismica.

Tra gli ideatori/realizzatori INGV: Francesca R. Cinti, Daniela Pantosti, Daniela Riposati per il Laboratorio Grafica e Immagini.

#### **Analisi e controllo qualità dati accelerometrici RSN in tempo reale**

Acquisizione, analisi automatica, archiviazione e controllo di qualità in tempo reale per tutti i dati registrati dalle stazioni accelerometriche in telemetria, appartenenti sia alla rete sismica nazionale (RSN) gestita dall'INGV che a network gestiti da partner in convenzione o accordo di scambio dati con INGV. Le analisi proposte saranno finalizzate sia alla pubblicazione immediata dei principali parametri di scuotimento di interesse ingegneristico pochi minuti dopo l'evento sia al costante controllo e verifica della qualità del dato acquisito dalle stazioni. Saranno effettuate verifiche

delle accelerazioni registrate sia mediante analisi spettrali dei dati sia tramite la stima di residui tra dato osservato e dato predetto dai modelli di scuotimento attualmente disponibili. I risultati consentiranno a seguito di ogni evento (comprese le emergenze) di valutare la corretta installazione ed il corretto settaggio di acquisitori e sensori della rete, al fine di definire direttive e interventi mirati alla ottimizzazione della qualità e della capacità di registrazione dei siti. Nel complesso le analisi consentiranno di aumentare l'efficienza della rete accelerometrica in termini di numero di registrazioni di qualità utilizzabili sia a fini di monitoraggio che ingegneristico. I risultati e le statistiche per ogni evento e stazione saranno disponibili tramite report dedicati in aree riservate sul portale web ISMD.

Partecipano alle attività: Marco Massa, Ezio D'Alema, Sandro Rao, Alfonso Mandiello, Lucia Margheriti.

#### **Stima automatica della magnitudo minima di detezione delle reti di monitoraggio sismico**

Realizzazione della procedura automatica per la stima dinamica del valore minimo di magnitudo rilevabile da reti sismiche (permanenti e temporanee) utilizzate per il servizio di monitoraggio e di sorveglianza sismica.

Verranno utilizzate e integrate risorse già presenti e sviluppate presso l'ONT:

1. software SQLX per il calcolo dei livelli di disturbo alle stazioni;
2. Web Services INGV (<http://webservices.ingv.it>) per la selezione delle stazioni funzionali alla stima e per la selezione dei livelli di disturbo;
3. procedura di calcolo descritta in Marzorati e Cattaneo [Quaderni di Geofisica, N.136, 2016].

Il prodotto finale sarà uno valido strumento da impegnare in più servizi (i.e le relazioni prodotte settimanalmente dal Funzionario sismologo oppure in occasione di una sequenza sismica a valle della installazione delle stazioni permanenti, oppure per il rappresentante dell'INGV al tavolo del DPC quando viene convocato il Comitato Operativo, ecc).

Parteciperanno alle attività: Simone Marzorati, Marco Cattaneo, Valentino Lauciani, Alfonso Mandiello, Lucia Margheriti e Milena Moretti.

#### **Co-coordinamento del CEOS Seismic Demonstrator**

Nell'ambito della partecipazione al Working Group on Disasters del CEOS (Committee for Earth Observation Satellites), INGV è co-Chair del Seismic Demonstrator, una iniziativa a cui aderiscono 4 agenzie spaziali e oltre 15 istituti di ricerca internazionali.

Attraverso il Seismic Demonstrator ricercatori di tutto il mondo possono ottenere dati da satellite per studiare zone di faglia e terremoti.

Le attività di INGV consistono nel coordinamento (insieme con ESA) dell'iniziativa e nella valutazione delle richieste, nonché nella esecuzione di studi su deformazioni cosismiche con dati satellitari. L'iniziativa è attualmente programmata fino al 2023.

Partecipa all'attività: Stefano Salvi.

#### **Realizzazione e messa on-line del sito WEB di SISMICO**

È in fase di sviluppo il sito WEB dedicato alle attività svolte dal gruppo operativo SISMICO, il coordinamento delle Reti Sismiche Mobili INGV di pronto intervento.

Il sito, la cui struttura e veste grafica ripercorrono le scelte fatte per altri siti dell'INGV (nazionale, ONT, ecc), sarà il mezzo per divulgare le attività che vengono svolte da SISMICO in occasione di una emergenza sismica o vulcanica con l'intento di darne una maggior visibilità.

L'obiettivo è quello di rendere il sito fruibile entro l'anno.

Partecipano alle attività: Milena Moretti, Ivano Carluccio, Ezio D'Alema, Sergio Falcone, Carmelo La Piana, Simone Marzorati.

#### **Caratterizzazione del sito di Sos Enattos (NU) nell'ambito del progetto SARGRAV e Einstein Telescope**

Nell'ambito della convenzione tra INFN, UniCa, UniSS, INGV e Regione Sardegna per la realizzazione del laboratorio sotterraneo SARGRAV, nel corso del 2019 sono stati installati due sismometri nella miniera dismessa di Sos Enattos (NU), a diverse profondità. Una di queste stazioni, posta a -111m dalla superficie e caratterizzata da un rumore sismico particolarmente basso è stata inserita nella RSN dal 29/10/2019 (IV.SENA). Inoltre sono stati eseguiti rilievi con 5 stazioni sismiche durante gli scoppi effettuati per la realizzazione del laboratorio. Nel corso del 2020 sono previsti ulteriori misure per la caratterizzazione del sito tramite array sismici temporanei.

Partecipanti: Matteo Di Giovanni, Marco Capello, Carlo Giunchi, Marco Olivieri, Michele d'Ambrosio, Gilberto Saccorotti.

### **Sperimentazione degli ILG nella concessione di Mirandola**

Il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) ha inserito la concessione "Mirandola" nell'elenco dei siti italiani dove verranno sperimentati per un periodo di due anni gli Indirizzi e Linee Guida (ILG) per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro. Le attività industriali qui includono produzione di idrocarburi e reiniezione di acque di scarto. L'attività di monitoraggio prevede l'applicazione di un "sistema a semaforo" basato sulle analisi in tempo quasi reale della sismicità locale (localizzazione ipocentrale, magnitudo, PGV, PGA) e dei dati registrati dalla rete GPS, integrati da analisi periodiche di deformazione del suolo basate su tecniche di interferometria satellitare SAR e dei valori delle pressioni di poro. La divulgazione dei risultati avverrà attraverso report trimestrali e una pagina WEB dedicata.

Partecipano alle attività: Lucia Zaccarelli, Mario Anselmi Andrea Morelli, Giuseppe Pezzo, Enrico Serpelloni.

### **Studio di incertezze epistemiche nella localizzazione di terremoti locali ed implicazioni per la gestione della sismicità indotta**

L'obiettivo di questa attività è lo studio di incertezze epistemiche nella localizzazione di terremoti locali ed di altri parametri usati nella gestione di sistemi di supporto alle decisioni nell'ambito dell'applicazione delle linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo in aree di attività antropica nel sottosuolo.

Partecipanti: personale afferente al CMS (Bologna, Arezzo, Roma).

### **Monitoraggio della sismicità e delle deformazioni alla concessione Gorgoglione (Basilicata)**

Il 30 Novembre 2018 è stato firmato l'accordo quadro per l'applicazione degli indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo, e delle pressioni di poro alla concessione "Gorgoglione" tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE), la Regione Basilicata (Dip. Ambiente ed Energia), e l'INGV. Il CMS ha iniziato i lavori per predisporre l'acquisizione dei dati di monitoraggio in tempo reale, e si prevede che nell'arco dell'anno 2020 si dia inizio alle attività di monitoraggio.

Le attività di monitoraggio prevedono l'applicazione di un "sistema semaforo" basato sulle analisi in tempo quasi reale della sismicità locale (localizzazione ipocentrale, magnitudo, PGV, PGA) e dei dati di GPS. La divulgazione dei risultati avverrà attraverso report e una pagina WEB dedicata.

Partecipanti: Alex Garcia, Andrea Morelli, Paolo Zerbinato, Maddalena Errico.

### **Ricerca Psicosociale applicata ai Terremoti e Maremoti**

La ricerca psicosociale applicata ai terremoti produce, da alcuni anni, osservazioni sistematiche su temi rilevanti per la riduzione dei rischi: percezione, rumors, disaster memory, comunicazione.

Nel 2018 è stato istituito il Laboratorio per lo Studio della Percezione dei Rischi e La memoria dei disastri naturali, con lo scopo di contribuire alla ricerca scientifica svolta in ambito internazionale, svolgendo ogni attività necessaria per sviluppare collaborazioni tra studiosi/e di vari settori con la finalità di aumentare la consapevolezza del rischio da parte dei cittadini e di contribuire alla sua riduzione.

Le attività del laboratorio riguardano studi su:

- la Percezione del Rischio Sismico, che attraverso la raccolta continua dei dati, consente di creare un osservatorio permanente (report annuali);
- la Percezione del Rischio Maremoto, avviata per la prima volta in Italia nel 2018 attraverso un studio pilota nelle regioni dell'Italia meridionale, completato nel 2019 (pubblicazioni 2020);
- Studio dei Rumors collegati ai terremoti.

### **Monitoraggio Geotermia Toscana**

In Italia la produzione di energia geotermica ad alta-entalpia viene realizzata esclusivamente in Toscana nei siti del Monte Amiata e di Larderello-Travale. Comparata con la media del territorio nazionale, la sismicità presente nelle aree geotermiche toscane è moderata, sia in termini di frequenza che di magnitudo. A partire dagli anni '90 l'ENEL ha installato due reti sismiche locali per il monitoraggio della sismicità nelle aree geotermiche di Larderello-Travale e Monte Amiata. Il monitoraggio sismico effettuato da ENEL rappresenta uno strumento importante per la valutazione della micro-sismicità nelle aree geotermiche toscane. In attesa che gli Indirizzi e Linee Guida (ILG) per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro vengano convertite in monitoraggio obbligatorio per tutte le concessioni di produzione geotermica, la Regione Toscana (RT) di concerto con ENEL ha volontariamente deciso di avviare una valutazione scientifica dell'attuale monitoraggio sismico realizzato da ENEL-Greenpower nelle

aree geotermiche toscane di Larderello-Travale e Monte Amiata. Partecipano alle attività: Thomas Braun, Andrea Morelli, Daniela Famiani.

### **ILG Val d'Agri**

Il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) ha inserito la concessione "Val d'Agri" nell'elenco dei siti italiani dove verranno sperimentati per un periodo di due anni gli Indirizzi e Linee Guida (ILG) per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro. Le attività industriali in Val d'Agri includono la produzione di idrocarburi e la reiniezione di acque di scarto. Dopo la nomina dell'INGV nel 2016 come Struttura Preposta al Monitoraggio (SPM), sono stati stipulati i necessari accordi/convenzioni che hanno portato all'inizio della sperimentazione nel Novembre del 2018. L'attività di monitoraggio da parte della SPM prevede l'applicazione di un "sistema semaforo" basato sulle analisi in tempo quasi reale della sismicità locale (localizzazione ipocentrale, magnitudo, PGV, PGA) e dei dati registrati dalla rete GPS, di seguito integrati da analisi periodiche di deformazione del suolo basata sull'utilizzo di immagini satellitari e dei valori delle pressioni di poro. La divulgazione dei risultati avverrà attraverso report semestrali e una pagina WEB dedicata. Partecipano alle attività: Stefania Danesi, Thomas Braun, Andrea Morelli, Daniela Famiani, Mauro Buttinelli, Daniela Famiani, Letizia Anderlini, Andrea Berbellini, Matteo Albano, Marco Polcari, Marco Caciagli.

### **Stima rapida dell'impatto del terremoto**

Test e implementazione del sistema automatico VIDEAT (Valutazione dell'Impatto e del Danno Economico Atteso per il Terremoto) che prevede l'integrazione di differenti tipologie di dato (dati di sorgente, Shakemap, dati macrosismici on-line e diretti, dati sulla popolazione e sugli edifici ISTAT) per la valutazione in tempo quasi reale dell'impatto del terremoto in termini di popolazione italiana esposta ad ogni grado di intensità macrosismica ed effettuare una stima rapida delle vittime, del danno economico e del danneggiamento al patrimonio immobiliare.

Partecipano alle attività: Patrizia Tosi, Paola Sbarra, Valerio De Rubeis, Diego Sorrentino.

### **Nuove funzionalità del sistema Hai Sentito Il Terremoto (HSIT)**

Verrà costruita una nuova interfaccia grafica GIS per la consultazione e la visualizzazione dei dati di intensità macrosismica e dei singoli effetti derivati dai questionari HSIT. Ci sarà la possibilità di visualizzare diversi "layer" per confrontare le intensità con altri database geografici.

Partecipano alle attività: Patrizia Tosi, Paola Sbarra, Valerio De Rubeis, Diego Sorrentino.

### **Caratterizzazione della risposta sismica dei siti delle reti accelerometriche nazionali (INGV e DPC)**

Nell'ambito della Convenzione INGV-DPC All.B2 2019-21, si stanno conducendo le attività relative alla caratterizzazione sismica dei siti di installazione delle stazioni accelerometriche permanenti delle reti accelerometriche nazionali (INGV e DPC): (i) caratterizzazione di dettaglio di circa 15 siti, con la realizzazione di cartografia geologica e misure di rumore sismico in configurazione di array per la determinazione dei profili di velocità delle onde sismiche; (ii) attività relative alle analisi sismologiche delle registrazioni archiviate nelle banche dati (ITACA, ESM, EIDA) per l'identificazione di parametri utili alla risposta sismica locale; (iii) gestione delle informazioni di sito nei database istituzionali dedicati (ITACA, CRISP). I risultati delle attività di caratterizzazione dei siti delle stazioni sismiche permettono di distribuire dati di alta qualità tramite le infrastrutture presenti nell'ente, quali le banche dati accelerometriche ITACA ESM e ISMD. Partecipanti: coordinatrici G. Cultrera (INGV-RM1) e F. Pacor (INGV-MI); M. D'Amico, C. Felicetta, C. Mascandola, M. Massa, G. Lanzano, S. Lovati, L. Luzi, R. Puglia, E. Russo, S. Sgobba (INGV-MI); C.A. Brunori, F. Cara, R. Cogliano, G. Di Giulio, D. Di Naccio, D. Famiani, A. Fodarella, A. Mercuri, G. Milana, L. Minarelli, S. Pucillo, G. Riccio, G. Tarabusi, M. Vassallo, L. Zarrilli (INGV-RM1); M. Pischiutta (INGV-RM2); P. Casale, M. Quintiliani (INGV-ONT).

### **Microzonazione sismica del territorio**

La microzonazione sismica (MZS) dei territori colpiti a partire dalla sequenza aquilana del 2009, da forti terremoti, ha sempre visto la partecipazione attiva dell'INGV che ha messo in campo competenze sismologiche, geofisiche e geologiche durante la citata sequenza del 2009 e, successivamente, durante le crisi sismiche del 2012 in Emilia Romagna, del 2016-2017 nell'Italia Centrale, del 2017 sull'Isola di Ischia. Nei due casi più recenti le attività INGV sono state inserite in quelle del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni, CentroMS, (Accordo Prot. CNR n. 8564 del 9 febbraio 2015), istituito come accordo di collaborazione tra Dipartimenti ed Istituti CNR, Enti di Ricerca e Dipartimenti universitari. Il CentroMS ha fra i suoi obiettivi quello di fornire supporto scientifico e tecnico ai

soggetti istituzionalmente interessati alla MZS sismica e alle sue applicazioni, con particolare riferimento alla pianificazione urbanistica e alle problematiche geologiche, geotecniche e geofisiche connesse all'emergenza sismica. Per il 2020 continueranno le attività previste dall'accordo con la Regione Abruzzo per realizzare indagini geofisiche e sismologiche finalizzate alla MZS di livello III dei comuni di Avezzano e Sulmona. In tale ambito verranno realizzate estese campagne di raccolta ed elaborazione di dati di rumore ambientale finalizzati alla caratterizzazione delle coltri sedimentarie presenti nelle aree di indagine. In tale contesto si sperimenteranno le più recenti metodologie di analisi dati scaturite secondo quanto emerso dal recente workshop del progetto SERA tenutosi a L'Aquila nel Marzo 2019.

Anche nel 2020 continuerà la Partecipazione al Comitato di Indirizzo del CentroMS.

Partecipanti: G. Cultrera, P. Bordoni, F. Cara, R. Cogliano, G. Di Giulio, D. Di Naccio, D. Famiani, A. Fodarella, A. Mercuri, G. Milana, L. Minarelli, M. Pischiutta, F. Pacor, S. Pucillo, G. Riccio, M. Vassallo.

### **Il gruppo di emergenza EMERSITO**

Emersito è un gruppo INGV multisezione che opera in emergenza dopo eventi sismici distruttivi, installando reti temporanee per valutare l'amplificazione del moto sismico superficiale e per attività di microzonazione sismica.

Attività del triennio: ridefinire lista partecipanti; pubblicazioni ultime emergenze; preparazione del sito web del gruppo; divulgazione scientifica; partecipazione alla convenzione INGV-DPC-AII.A 2019-2021, Task WP9.2 col proposito di:

- a) aggiornare stazioni sismiche con sistemi real-time;
- b) valutare la strumentazione ottimale per le emergenze;
- c) verificare procedure di installazione/gestione delle stazioni;
- d) verificare analisi preliminare dei dati per reportistica.

Partecipanti 2019:

<https://drive.google.com/open?id=1DATFoOjHLCj7FQbL-VN8SZJp3fhTGEoz>

### **Progetto Premiale 2015 ART-IT (Allerta Rapida forti Terremoti in Italia)**

Proseguirà nell'ambito del progetto premiale 2015 ART-IT (Allerta Rapida Terremoti in Italia) la fase di sperimentazione del sistema di allerta rapida PRESTo, in collaborazione con l'Università di Napoli Federico II. Le funzionalità del sistema saranno valutate sia su dati acquisiti in tempo reale che su dati off-line di terremoti passati.

Partecipano alle attività: Alessandro Amato (ONT-Roma), Marco Cattaneo, Simone Marzorati, Chiara Ladina (ONT-sede Ancona), Marco Massa, Ezio D'Alema, Simona Carannante, Sara Lovati (sezione Milano).

### **SISMIKO: coordinamento delle Reti Sismiche Mobili INGV in emergenza**

SISMIKO è uno dei cinque GO dell'INGV che prevede il coordinamento a livello nazionale delle Reti Sismiche Mobili di Pronto Intervento, coinvolgendo circa 90 unità di personale afferente a tutte le Sezioni INGV.

SISMIKO garantisce un efficace e rapido intervento nell'area interessata da una emergenza sismica o vulcanica, per densificare, nel più breve tempo possibile, le reti sismiche permanenti presenti mediante l'installazione di stazioni temporanee. L'integrazione alle reti permanenti aumenta la capacità di detezione dei terremoti e la qualità delle loro localizzazioni consentendo nell'immediato di definire con maggiore precisione ed accuratezza il fenomeno in corso ai fini del servizio di sorveglianza sismica e fornendo dei dati di ottima qualità e dettaglio per studi successivi di sismotettonica e fisica del terremoto. Sovente anche con altri enti di ricerca e Università italiane ed europee.

Nel 2020 si prevede: l'organizzazione di seminari e incontri dedicati alle attività propedeutiche alle emergenze, oltre ad esercitazioni tematiche, per garantire l'informazione e la formazione del personale aderente a SISMIKO. In particolare verranno approfonditi i temi riguardanti le procedure previste nel proprio protocollo operativo e gli strumenti, informatici e logistici, già creati o in fase di progettazione e di realizzazione che agevolano la buona gestione di un'emergenza sismica.

A cura di: Milena Moretti, Paola Baccheschi, Adriano Cavaliere, Ezio D'Alema, Pierdomenico Del Gaudio, Ferruccio Ferrari, Danilo Galluzzo, Simone Marzorati, Felice Minichiello, Davide Piccinini, Stefano Speciale e SISMIKO TEAM.

### **Preparazione e gestione di un'emergenza sismica: attività dei gruppi operativi**

Nell'ambito delle attività previste per la preparazione e la gestione di un'emergenza sismica, l'INGV dispone di 5 gruppi operativi (GO) che vengono attivati immediatamente in caso di terremoti significativi in territorio nazionale:

- EMERGEo: si occupa del rilievo degli effetti geologici cosismici superficiali
- EMERSITO: si occupa dello studio degli effetti di sito e degli studi propedeutici alla microzonazione sismica
- QUEST: effettua il rilievo macrosismico
- IES: rivolto alle attività informative per le scuole e la popolazione coinvolta

- SISMOKO: contribuisce al monitoraggio della sismicità attraverso l'installazione di una rete sismica temporanea.

Le attività dei Gruppi operativi sono codificate nell'Accordo Quadro DPC-INGV vigente e regolamentate secondo il proprio protocollo interno.

Nel 2020 si prevede: mantenimento delle strutture, l'aggiornamento delle procedure di intervento dei singoli gruppi e test durante una esercitazione nazionale (autunno).

Maggiori informazioni, nei Paragrafi dedicati ai singoli GO.

A cura dei coordinatori dei gruppi operativi (in ordine alfabetico): Raffaele Azzaro, Romano Camassi, Fabrizio Cara, Ezio D'Alema, Paolo Marco De Martini, Milena Moretti, Concetta Nostro, Stefano Pucci, Gaetano Riccio e Andrea Tertulliani.

7.

Linea di Attività “Ricerca e Servizi - Vulcani”





## Attività di Ricerca

Dipartimento

Vulcani

Area di Intervento:

Linea di Attività: "Servizi e ricerca per la società - Vulcani"

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2022

a.

### Finalità e Obiettivi

L'articolazione del Dipartimento Vulcani in tre distinte Linee di attività (LdA) ha l'obiettivo di evidenziare e valorizzare le tre principali attività che realizza l'Istituto ovvero l'attività di ricerca libera nelle diverse aree tematiche che caratterizzano le scienze vulcanologiche, l'attività di servizio svolta a beneficio del Dipartimento della Protezione Civile e di altre istituzioni nazionali ed internazionali con l'obiettivo di contribuire alla mitigazione del rischio vulcanico, e l'attività di mantenimento e ulteriore sviluppo delle infrastrutture di ricerca dell'Ente, siano esse reti di monitoraggio, laboratori sperimentali ed analitici, risorse di calcolo scientifico, banche dati, osservatori strumentali da terra e satellitari, sale operative e strumenti o prodotti necessari alle diverse attività realizzate.

Relativamente alla Linea "Servizi e ricerca per la società - Vulcani", essa è dedicata prevalentemente alle attività di sorveglianza ma anche a quelle relative alla stima della pericolosità vulcanica, a breve, medio e lungo termine, che l'Istituto realizza per il Dipartimento della Protezione Civile, per le autorità di protezione civile regionali e locali (Regioni e Comuni), per le autorità aeronautiche relativamente al rischio per il traffico aereo rappresentato dall'emissione di ceneri vulcaniche (ENAC e Aeronautica Militare), nonché per altre autorità di protezione civile europee e internazionali (e.g. DG-ECHO delle UE). La maggior parte di queste attività sono realizzate nell'ambito dell'Allegato "A" dell'Accordo Quadro tra DPC e INGV e nell'ambito del Centro di Pericolosità Vulcanica (CPV), finanziato nell'ambito dell'Allegato "B" dello stesso Accordo, che hanno come obiettivo principale la realizzazione di servizi e prodotti istituzionali relativi alla stima della pericolosità vulcanica.

Le attività di questa Linea si basano fortemente sulle infrastrutture di ricerca e sulle attività di innovazione tecnologica che a sua volta rappresentano la terza Linea di attività, trasversale ai tre Dipartimenti. Particolare rilevanza rivestono le reti geofisiche, geochimiche, geodetiche, gravimetriche, elettromagnetiche, ecc. installate sui vulcani attivi nazionali, nonché i laboratori analitici e sperimentali per la caratterizzazione dei magmi, dei prodotti e dei processi vulcanici, le banche dati vulcanologiche, le risorse di calcolo e i modelli numerici per la simulazione dei processi vulcanici, le osservazioni da terra e da satellite, le sale operative attive presso gli Osservatori vulcanologici. È da osservare qui che le attività incluse nelle due Linee "Servizi e ricerca per la società - Vulcani" e "Infrastrutture di ricerca e sviluppo tecnologico" sono ricomprese nella categoria "Ricerca Istituzionale" come definita nelle linee guida del PTA. Si nota infine che le attività di servizio relative alla "Terza missione" realizzate in ambito vulcanologico sono descritte nella relativa sezione del PTA.

L'insieme delle attività condotte e delle competenze esistenti all'interno di questa Linea di attività permettono anche di individuare alcuni Obiettivi Strategici su cui si intende focalizzare le attività nei prossimi anni. Qui di seguito si elencano tre Obiettivi Strategici (indicati ancora con V-OS# e con numerazione a seguire rispetto a quelli riportati nella Scheda della Linea di attività "Ricerca - Vulcani") che si prevede di approfondire e sviluppare nel corso del prossimo triennio. Questi obiettivi vanno visti come obiettivi scientifici e tecnologici di medio e lungo periodo in grado di portare a un salto di qualità nella stima della pericolosità associata dei vulcani attivi italiani e quindi a più efficaci azioni di mitigazione del rischio ad essi associato da parte delle autorità di protezione civile. Allo stesso tempo questi obiettivi, una volta meglio circostanziati e applicati ai diversi vulcani di interesse, possono rappresentare dei veri e propri progetti istituzionali, multidisciplinari e aggreganti delle diverse competenze esistenti nell'Ente.

Gli Obiettivi Strategici individuati, che rappresentano la continuazione di quelli previsti dai precedenti PTA possono essere sinteticamente descritti come segue:

#### **V-OS4) Ottimizzazione dei sistemi di sorveglianza e sviluppo di sistemi di early-warning dei vulcani italiani**

Questo obiettivo si prefigge di ottimizzare i sistemi di sorveglianza dei vulcani attivi italiani col fine di massimizzare l'efficacia e l'economicità di tali sistemi. In particolare, i sistemi di sorveglianza dovrebbero essere sempre più progettati in funzione delle specifiche caratteristiche del vulcano monitorato e dei principali fenomeni pericolosi attesi. Un aspetto importante di questo task dovrebbe essere lo sviluppo di efficaci sistemi di *early-warning* mirati a registrare i primissimi segnali del possibile risveglio del vulcano e a caratterizzare la tipologia e la dinamica degli eventi attesi (vedi anche obiettivo strategico V-OS2). Sistemi di questo tipo sono già in fase di significativo sviluppo all'Etna e allo Stromboli anche in collaborazione con altri Centri di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile. Lo sviluppo di sistemi analoghi per vulcani quiescenti e caratterizzati da elevatissimo rischio come il Vesuvio e i Campi Flegrei, rappresenterebbe un sostanziale aiuto per una migliore gestione di eventuali future emergenze. L'ottimizzazione dei sistemi di sorveglianza dovrebbe quindi basarsi su una approfondita analisi e comprensione dei meccanismi pre-eruttivi ed eruttivi attesi e dei fenomeni ad essi correlati e portare così ad una pianificazione ottimale del sistema di monitoraggio finalizzato all'attività di sorveglianza. Tale obiettivo dovrebbe inoltre realizzarsi in stretto collegamento e sinergia con gli Obiettivi Strategici V-OS1 e V-OS2.

#### **V-OS5) Stima quantitativa della pericolosità e del rischio vulcanico**

Al fine di poter classificare i territori intorno ad un vulcano in funzione della loro esposizione al rischio vulcanico, è necessario disporre di stime, per quanto possibile quantitative, della pericolosità e del rischio associato a ciascuno vulcano attivo italiano, sia subaereo che sottomarino. A causa delle numerose e macroscopiche incertezze in gioco nei sistemi vulcanici, la stima quantitativa della pericolosità dei fenomeni è sempre stata un difficile obiettivo da raggiungere. Ciò nonostante, il rilevante bagaglio di conoscenze acquisito sui vulcani italiani permette oggi di fare ulteriori passi in avanti in questa direzione. È inoltre importante non solo disporre di stime della pericolosità dei fenomeni in termini quantitativi e probabilistici (se possibile con le associate incertezze, vedi anche Obiettivi Strategici V-OS2 e V-OS3) ma anche combinare queste stime con informazioni e dati di vulnerabilità ed esposizione dei territori interessati. Soltanto la stima del rischio può infatti permettere di individuare le reali criticità associate ad uno o più scenari vulcanici e permettere quindi alle autorità di protezione civile di predisporre i necessari piani di emergenza e mitigazione. Sebbene una stima rigorosa e quantitativa del rischio sia certamente un obiettivo non perseguibile nel corso di un triennio, lo sviluppo di scenari o comunque di analisi semplificate dell'impatto e del rischio dei fenomeni, già permettono di ottenere informazioni di grande utilità ai fini di protezione civile. In particolare, lo sviluppo di una mappa di pericolosità e di rischio vulcanico a scala nazionale e per diversi orizzonti temporali può rappresentare un utile strumento di pianificazione urbanistica e di gestione del rischio da perseguire nel medio termine. Contributi alla stima della pericolosità potranno inoltre essere realizzati anche per specifici vulcani attivi esteri, sia in periodi di pace che durante crisi ed emergenze, queste ultime rappresentando momenti estremamente istruttivi per acquisire importanti conoscenze per la mitigazioni del rischio.

#### **V-OS6) Comunicare i fenomeni vulcanici e la loro pericolosità**

Questo obiettivo si prefigge di sviluppare attività di comunicazione finalizzate ad una corretta comprensione dei fenomeni e processi vulcanici, con le tutte le loro peculiarità e complessità, da parte della società in genere e dei diversi soggetti che la compongono. Particolare attenzione verrà posta nello sviluppo di tecniche, metodi e mezzi in grado di comunicare efficacemente, anche in situazioni di emergenza, i diversi livelli di conoscenza che caratterizzano i sistemi vulcanici, con le relative incertezze, anche in relazione alla pericolosità e rischio a loro associati.

### **b. Contenuto Tecnico-Scientifico**

In questa sezione vengono sinteticamente presentate le principali attività e tematiche che costituiscono la Linea di attività "Servizi e ricerca per la società - Vulcani" con particolare riferimento ad alcuni degli Obiettivi Specifici che saranno perseguiti nel 2020 e nel biennio successivo. Queste attività hanno il fine ultimo di migliorare le conoscenze ed i servizi realizzati dall'Ente per altre istituzioni dello Stato e del territorio, per istituzioni internazionali e più in generale verso la società. In particolare, in questa LdA sono incluse le attività svolte in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile, quelle realizzate per le autorità aeronautiche nazionali (ENAC e AM) in relazione al rischio associato alle cenere vulcanica per il traffico aereo, nonché quelle per altre istituzioni europee e internazionali (e.g. EU DG-ECHO, ICAO, GEO-GSNL) in relazione a sistemi di allertamento ed *early-warning* per la mitigazione del rischio vulcanico a scala sovranazionale. Le informazioni riportate di seguito provengono dai contributi

forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto tramite un Forum dedicato alla preparazione del PTA e disponibile nel nuovo sito web dei Dipartimenti (ex Strutture di Ricerca) dell'INGV ([strutture.rm.ingv.it/forums/](http://strutture.rm.ingv.it/forums/)). I prodotti attesi da queste attività di servizio sono principalmente comunicati, bollettini e relazioni di sorveglianza, rapporti scientifici e tecnici, pubblicazioni scientifiche su riviste JRC e non-JCR, presentazioni a convegni e workshop, nuovi progetti scientifici e nuove collaborazioni nazionali e internazionali.

### **Servizi e ricerca per la società**

In questa Linea di attività vengono raccolte tutte le attività realizzate dall'Istituto nell'ambito di servizi svolti per altre istituzioni ed enti dello stato e del territorio, per istituzioni internazionali e più in generale verso la società. In particolare, in questa LdA sono incluse le attività svolte in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile, quelle per le autorità aeronautiche nazionali (ENAC, AM) in relazione al rischio associato alle cenere vulcanica per il traffico aereo, nonché quelle per altre istituzioni europee e internazionali (e.g. EU DG-ECHO, ICAO, GEO-GSNL) in relazione a sistemi di allertamento ed *early-warning* per la mitigazione del rischio vulcanico a scala sovranazionale. Gli obiettivi descritti dai colleghi e qui di seguito riportati rappresentano un sottoinsieme di tutte le attività svolte in questa LdA. Per una descrizione dettagliata di tutte le attività si rimanda ai piani di attività e ai workplan delle specifiche Convenzioni e contratti firmati.

### **Analisi dei segnali sismo-vulcanici per il monitoraggio e la sorveglianza**

L'analisi spazio-temporale dei segnali sismo-vulcanici è tra gli strumenti più importanti, già in forza all'INGV-OE, per la comprensione della dinamica dei fluidi magmatici e per scopi di monitoraggio e sorveglianza vulcanica. Le attività proposte riguardano: i) il miglioramento del sistema automatico di localizzazione del tremore vulcanico, in termini di risoluzione temporale; ii) lo sviluppo e l'implementazione di un tool di analisi, caratterizzazione e localizzazione del tremore infrasonico. Tali strumenti permetteranno di incrementare le conoscenze nell'ambito dei processi di risalita del magma in superficie e della sua interazione con le rocce incassanti e l'atmosfera, ed hanno il fine ultimo di contribuire all'ottimizzazione dei sistemi di sorveglianza vulcanica.

Proponenti: Sciotto Mariangela, Giuseppe Di Grazia, Andrea Cannata (Università di Catania).

### **Monitoraggio della fagliazione superficiale per creep asismico in aree urbanizzate**

Si è iniziato nel 2019 e si intende proseguire una attività di monitoraggio in stretta collaborazione con le Amministrazioni locali, per il controllo dell'attività di fagliazione superficiale delle strutture dell'Etna che attraversano aree urbanizzate, utilizzando dati multidisciplinari in situ e da remoto.

Proponenti: Raffaele Azzaro, Alessandro Bonforte, Stefano Branca, Salvatore Gambino, Francesco Guglielmino.

### **Monitoraggio delle sorgenti di CO<sub>2</sub> in aree vulcaniche**

La composizione chimica ed isotopica dei gas vulcanici viene determinata sul campo grazie ai recenti progressi tecnologici ed alla implementazione di tecniche analitiche accurate ed affidabili. Gli obiettivi di questo studio includono misure dirette del budget e della composizione isotopica dei gas dai suoli e in atmosfera in sistemi vulcanici come strumento efficace per parametrizzare e comprendere il processo di degassamento magmatico. I risultati saranno elaborati per la pubblicazione su riviste JCR e presentati a congressi internazionali con l'obiettivo di favorire il dibattito sulle strategie innovative applicate al monitoraggio vulcanico.

Personale coinvolto: Roberto Di Martino, Giorgio Capasso.

### **Etna: Emissioni di CO<sub>2</sub> dai suoli in aree periferiche e dinamiche magmatiche**

Campagne periodiche di misura del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli, in 145 punti, nelle aree periferiche dell'Etna. Attraverso un modello concettuale le variazioni di flusso registrate sono messe in relazione a ingressi e trasferimenti di magma all'interno del sistema di alimentazione etneo. I dati acquisiti consentono di ottenere un quadro dello stato del sistema di alimentazione magmatico e contribuiscono alla valutazione di pericolosità del vulcano. Attività inserita nella convenzione INGV-DPC All. A.

Personale coinvolto: Sofia De Gregorio, Marco Camarda, Vincenzo Prano, R.M.R. Di Martino e Ygor Oliveri.

### **Monitoraggio periodico del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli nell'isola di Vulcano**

Campagne bimestrali di misura del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli, in 51 punti ubicati alla base del cratere di La Fossa e nell'abitato di Vulcano Porto, volte a evidenziare ed a definire spazialmente la presenza di eventuali anomalie nell'emissione di fluidi riconducibili all'attività del vulcano. I dati acquisiti consentono di effettuare valutazioni sullo stato di attività del vulcano e contribuiscono alle stime di pericolosità.

Personale coinvolto: M. Camarda, S. De gregorio, G. Capasso, V. Prano, R.M.R. Di Martino, Y. Oliveri.

#### **Monitoraggio del flusso di SO<sub>2</sub> emesso nel plume vulcanico dell'Etna, Stromboli e Vulcano**

Nell'ambito del programma di monitoraggio geochimico in accordo all'allegato A DPC-INGV, è eseguito il campionamento del flusso di SO<sub>2</sub> emesso nel plume vulcanico dell'Etna, Stromboli e Vulcano in remoto tramite la rete FLAME (rete di spettrometri scanner DOAS). Le variazioni di flusso di SO<sub>2</sub> emesso riflettono principalmente le risalite ed il trasferimento di fluidi profondi (magma e gas) verso la superficie, ed inoltre, attraverso queste misure è possibile modellizzare le masse di magma degassato. I dati acquisiti sono analizzati automaticamente e disponibili in Sala operativa per scopi di sorveglianza e monitoraggio ai fini della valutazione sullo stato di attività dei vulcani contribuendo alla stima di pericolosità.

Prodotti: pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR, disseminazione a congressi; rendiconti per DPC, presentazioni a convegni

Personale coinvolto: G. Salerno, T. Caltabiano, F. Murè; R. Maugeri; P. Principato, S. Giammanco.

#### **Monitoraggio delle emissioni di radon nei suoli dell'Etna**

Le emissioni di gas radon dai suoli saranno monitorate ad alta frequenza (ogni 15 minuti) in tre siti localizzati a varia quota sull'Etna. I sensori sono già in funzione da anni e sono installati al fondo di pozzetti profondi circa 2m. L'analisi delle serie temporali dei dati, unite a quelle già acquisite in passato, permetterà di filtrare efficacemente le influenze ambientali sui segnali acquisiti e di comprendere meglio i meccanismi di rilascio di fluidi pressurizzati e/o di rilascio di strain tettonico localizzato.

#### **Monitoraggio discreto di gas e acque termali dell'isola di Ischia**

Il monitoraggio discontinuo dell'isola di Ischia consiste nel campionamento semestrale di pozzi e sorgenti e di gas fumarolici distribuiti su tutta l'isola. Per ogni campionamento vengono acquisiti: in campagna i parametri chimico-fisici (T, pH, EC, Eh) delle acque e in laboratorio le analisi chimiche degli elementi maggiori, minori ed in tracce e la composizione isotopica del D e <sup>18</sup>O. I gas vengono analizzati per la determinazione della composizione chimica ed isotopica del C della CO<sub>2</sub> e dell'He. I dati raccolti vengono utilizzati per la valutazione dello stato di attività del vulcano ed inseriti nei bollettini, nelle relazioni scientifiche di sorveglianza e in pubblicazioni scientifiche.

#### **Monitoraggio discreto della falda termale dell'isola di Vulcano**

Nell'ambito del programma di monitoraggio geochimico dell'isola di Vulcano vengono effettuati campionamenti bimestrali delle acque della falda termale dell'area di vulcano Porto per la determinazione dei parametri chimico fisici di campo (Temperatura, pH, Eh e conducibilità) e le successive analisi di laboratorio per la determinazione della composizione chimica degli elementi maggiori e per la composizione isotopica. Viene anche effettuata l'analisi della composizione chimica ed isotopica dei gas disciolti nelle acque.

Oltre che fornire utili indicazioni ai fini della ricerca sulla circolazione dei fluidi nelle porzioni periferiche dell'edificio vulcanico, i dati raccolti verranno utilizzati per la valutazione dello stato di attività del sistema vulcanico, per la validazione dei parametri chimico-fisici misurati dalla rete di monitoraggio continuo della falda termale. I risultati di questa attività saranno utilizzati per la compilazione dei bollettini periodici inviati al DPC e per pubblicazioni scientifiche.

Partecipanti:Giorgio Capasso, Marco Camarda, Vincenzo Prano, Roberto M.R. Di Martino.

#### **Monitoraggio geochimico discreto di fluidi dell'isola di Pantelleria**

Nell'isola di Pantelleria si effettua semestralmente il campionamento di acque e sorgenti termali e di gas fumarolici. Per ogni campione di acqua si acquisiscono le caratteristiche chimico-fisiche (T, pH, EC, Eh) e la composizione chimica ed isotopica del D e del <sup>18</sup>O, e la composizione chimica dei gas disciolti in falda. I campioni gassosi vengono analizzati per la determinazione della composizione chimica ed isotopica del C della CO<sub>2</sub> e dell'He. I dati ottenuti vengono utilizzati al fine di verificare lo stato dell'attività vulcanica. I risultati del monitoraggio saranno inseriti nei bollettini, nelle relazioni scientifiche di sorveglianza e in pubblicazioni scientifiche.

#### **Caratterizzazione del sistema idrotermale e monitoraggio geochimico Vesuvio**

Caratterizzazione del sistema idrotermale del Vesuvio e valutazione dello stato di attività vulcanica, attraverso: i) il monitoraggio delle composizioni chimico isotopiche dei fluidi emessi per la stima delle condizioni termodinamiche del serbatoio e dell'origine dei fluidi; ii) la misura del processo di degassamento tramite il monitoraggio con stazioni

multiparametriche in continuo e campagne periodiche di misura dei flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo. I risultati di questa attività saranno inseriti nei bollettini, nelle relazioni scientifiche di sorveglianza e in pubblicazioni scientifiche.

#### **Caratterizzazione del sistema idrotermale e monitoraggio geochimico Campi Flegrei**

Caratterizzazione del sistema idrotermale dei Campi Flegrei e valutazione dello stato di attività vulcanica, attraverso: i) il monitoraggio delle composizioni chimico isotopiche dei fluidi emessi per la stima delle condizioni termodinamiche del serbatoio e dell'origine dei fluidi; ii) la misura del processo di degassamento tramite il monitoraggio con stazioni multiparametriche in continuo e campagne periodiche di misura dei flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo. I risultati di questa attività saranno inseriti nei bollettini, nelle relazioni scientifiche di sorveglianza e in pubblicazioni scientifiche.

#### **Monitoraggio della capacità riducente dei gas vulcanici**

La ripartizione degli elementi con elevata affinità per la fase gas in equilibrio con i magmi dipende dalle condizioni di temperatura, pressione e fugacità di ossigeno. Il contenuto di idrogeno dei gas vulcanici (capacità riducente) fornisce indicazioni sulla fugacità di ossigeno e sul processo di degassamento magmatico. I dati finora acquisiti sui vulcani Etna e Stromboli suggeriscono che il monitoraggio della concentrazione di idrogeno, come parametro ausiliario del flusso di CO<sub>2</sub> dai suoli, permette una migliore correlazione tra le variazioni del degassamento vulcanico e quelle dell'attività eruttiva.

I risultati saranno elaborati per la pubblicazione su riviste JCR e presentati a congressi internazionali con l'obiettivo di favorire il dibattito sulle strategie innovative di monitoraggio vulcanico.

Personale coinvolto: Roberto M.R. Di Martino, Marco Camarda, Sergio Guerrieri.

#### **Rilevazione di hot spots, VRP e determinazione di inizio dell'eruzione utilizzando strumentazione satellitare geostazionaria e polare**

Utilizzando il sistema di ricezione in real time dei dati satellitari da strumentazione polare e geostazionaria sviluppato all'INGV-ONT, realizzazione di un sistema di rilevazione degli hot spot (MS2RWS) e del Volcanic Radiative Power (VRP) per l'individuazione dell'inizio dell'eruzione di Etna e Stromboli. La variazione di hot spots e VRP nella serie temporale permetterà di avere informazioni sul cambiamento dello stato di attività del vulcano legato alla possibile imminenza di una eruzione.

Responsabili: Stefano Corradini, Luca Merucci, Massimo Musacchio, Malvina Silvestri, Dario Stelitano, Lorenzo Guerrieri.

#### **Monitoraggio di nubi vulcaniche utilizzando strumentazione satellitare geostazionaria e polare**

Utilizzando il sistema di ricezione in real time dei dati satellitari da strumentazione polare e geostazionaria sviluppato all'INGV-ONT, realizzazione di un sistema di rilevazione e stima delle nubi vulcaniche in atmosfera. La stima quantitativa riguarderà i parametri legati alla presenza di ceneri (massa, spessore ottico e raggio effettivo) e del SO<sub>2</sub> (massa). Utilizzando i dati meteorologici di vento all'altezza della nube, verrà anche sviluppata una procedura per la stima del flusso di ceneri ed SO<sub>2</sub>. L'attività sarà condotta assieme ai colleghi delle sezioni di Catania e Pisa.

Responsabili: Luca Merucci; Stefano Corradini; Dario Stelitano; Lorenzo Guerrieri.

#### **Data assimilation di misure satellitari all'interno di modelli di dispersione di cenere e gas vulcanici**

Integrazione di dati osservativi e modelli di simulazione attraverso procedure di "data-assimilation" atte a migliorare le stime ottenute dai modelli numerici circa la concentrazione in atmosfera di cenere e gas vulcanici. In caso di eruzione, tale procedura permetterà di correggere in real-time i risultati dei modelli di dispersione tramite l'assimilazione dei dati satellitari riguardanti la presenza di cenere e gas in atmosfera. Il progetto prevede l'utilizzo di codici e procedure sviluppati ad-hoc, così come l'implementazione di modelli e dati già ampiamente utilizzati dalla comunità vulcanologica. Sarà valutata, di concerto con gli osservatori, l'eventuale implementazione in via sperimentale di tali procedure in sala operativa.

Questa attività è una collaborazione tra le sedi INGV di Pisa, Roma e Bologna.

Responsabili: Federica Pardini, Stefano Corradini, Antonio Costa, Mattia de' Michieli Vitturi, Tomaso Esposti Ongaro, Lorenzo Guerrieri, Luca Merucci, Dario Stelitano.

#### **Sviluppo di un prototipo per stime a breve termine di pericolosità da caduta di ceneri su un dominio a scala nazionale ed alta risoluzione**

Attraverso lo sfruttamento di risorse di calcolo alla esascala, nell'ambito del progetto ChEESE, si sta sviluppando un prototipo di servizio per stime a breve termine di pericolosità da caduta di ceneri su un dominio a scala nazionale ed

alta risoluzione, dai Campi Flegrei. Negli anni futuri, se verranno reperite adeguate risorse computazionali, lo stesso strumento potrebbe essere sviluppato per altri vulcani (Vesuvio o Etna).

Lo studio viene effettuato da ricercatori delle sezioni di Bologna, Pisa, Osservatorio Vesuviano, in collaborazione con il BSC di Barcellona (Spagna) e IMO (Islanda).

#### **Stima della pericolosità da lahar dovuti a un'eruzione della taglia di riferimento al Vesuvio**

Si propone di combinare i risultati ottenuti mediante la simulazione numerica della propagazione dei lahar per ottenere mappe probabilistiche di pericolosità da invasione di lahar generati dalla rimobilizzazione dai depositi del Vesuvio. Le simulazioni sono effettuate con un metodo di campionamento stratificato dei parametri di input del modello numerico, coerente con i valori massimi di pioggia disponibili nell'area sorgente e con le dimensioni e morfologia dei bacini idrografici da cui i lahar possono originarsi.

Lo studio coinvolge ricercatori delle Sezioni di Pisa, Bologna e Osservatorio Vesuviano, e dell'Università di Bari.

#### **“Best Practices” nel monitoraggio petrologico dei vulcani attivi**

Nell'ambito delle attività del progetto EUROVOLC, verrà svolta una analisi critica dei metodi che vengono utilizzati per effettuare il monitoraggio petrologico dei vulcani attivi presso gli osservatori vulcanologici di tutto il mondo. In particolare si raccoglieranno informazioni sui protocolli di campionamento, sulle tecniche analitiche, sulle modalità di elaborazione, interpretazione e disseminazione dei dati raccolti e sulla tempistica relativa. Lo scopo è quello di ottimizzare le procedure utilizzate e di identificare i parametri chiave che possono essere correlati a quelli ricavati dalle altre tecniche di monitoraggio.

Le attività verranno svolte dalla Sezione di Pisa e OE-Catania.

#### **Implementazione rete GNSS mobile e periodica in Sicilia orientale**

Le reti GNSS periodiche, solo in Sicilia orientale, constano di centinaia di capisaldi su aree tettoniche e vulcaniche attive. Tali reti sono fondamentali per la ricerca, grazie alle serie storiche pluri-decennali che costituiscono un patrimonio unico ed inestimabile di conoscenza, ma anche essenziali in occasione di crisi sismiche e vulcaniche per avere il dettaglio sul campo deformativo. Il mantenimento e la continuazione delle misure rimane essenziale per non perdere il patrimonio di dati per lo studio delle dinamiche a lungo termine delle aree sismiche e vulcaniche ma anche per l'occasionale intensificazione del monitoraggio. Inoltre, lo sviluppo della rete verso un sistema mobile e real-time, consentirebbe un temporaneo e locale incremento dei sistemi di sorveglianza, immediato e necessario durante periodi di emergenza.

Personale ricercatore coinvolto: Alessandro Bonforte, Francesco Guglielmino, Giuseppe Puglisi, Rosanna Velardita.

Personale tecnico coinvolto: Salvatore Consoli, Benedetto Saraceno, Emilio Biale, Danilo Contrafatto, Pasqualino Cappuccio, Francesco Calvagna, Gianpiero Aiesi.

#### **Gestione dell'iniziativa GEO-GSNL**

L'INGV è fortemente coinvolto nella iniziativa internazionale Geohazard Supersites and Natural Laboratories (GSNL, geo-gsnl.org), istituita nell'ambito dell'organizzazione intergovernativa GEO (Group on Earth Observation).

Sono partners di questa iniziativa il Working Group on Disasters del CEOS (Committee for Earth Observation Satellites), che include le maggiori agenzie spaziali globali, 9 dei maggiori istituti di ricerca geofisica del mondo (INGV, USGS, KOERI, IMO, ITZAK, SERNAGEOMIN, GNS Science, etc.), nonché dei consorzi per la distribuzione dei dati (EPOS, UNAVCO).

INGV è Chair dell'iniziativa e gestisce la rete dei Supersites, coordina due Supersites (Etna e Campi Flegrei-Vesuvio), ed è membro del Scientific Advisory Committee.

Le varie attività di INGV consistono nel coordinamento dell'iniziativa, nella valutazione delle richieste di nuovi Supersites, nella valutazione dei report di attività biennali, nella relazione sui risultati al CEOS WG on Disasters, nella esecuzione di ricerche sui Supersites, nella messa a disposizione di dati delle reti INGV sui due Supersites italiani.

All'iniziativa fa capo una comunità di oltre 140 ricercatori da tutto il mondo, le cui ricerche su ogni Supersite (vulcanico o sismico) vengono condivise con gli istituti locali e da essi disseminate presso gli utenti istituzionali, garantendo un rapido utilizzo dei risultati.

Partecipano all'attività: Stefano Salvi, Massimo Cocco, Giuseppe Puglisi, Sven Borgstrom.

#### **Servizio Multi hazard Early-Warning Aristotle - VULCANI**

Il partenariato ARISTOTLE è un servizio 24/7 di early-warning sull'accadimento di disastri naturali a scala mondiale svolto per il Centro di Coordinamento di Risposta alle Emergenze Europeo (ERCC) e consiste di comunicazione

tramite reportistica e procedure dedicate e teleconferenze periodiche di approfondimento. I rischi considerati sono: vulcani, terremoti, tsunami, incendi, eventi meteorologici, alluvioni e incendi. L'INGV è responsabile del progetto ed ha la leadership del rischio vulcanico e di terremoti/tsunami. Il servizio vulcani consiste di un partenariato che comprende INGV, BGS e KNMI.

L'INGV ha la responsabilità della gestione e della fase operativa del servizio che è svolto tramite funzionari vulcanologi dell'INGV che rispondono e/o attivano allerte sullo stato dei vulcani a copertura Europea e Pan-Europea e a livello globale in h 8/5.

#### **Sviluppo e applicazione di modelli statistici e numerici per la mappatura della probabilità eruttiva a breve termine della caldera dei Campi Flegrei**

La ricerca riguarda l'aggiornamento spaziale delle mappe di probabilità di apertura bocche/fratture eruttive tramite l'utilizzo dei dati deformativi e sismici raccolti dalle reti di monitoraggio. L'attività include lo sviluppo, lo studio, e l'applicazione di modelli stocastici per l'effetto di potenziali segnali precursori sulle stime temporali della probabilità di eruzione.

Questa ricerca coinvolge colleghi delle Sezioni di Pisa e Napoli-Osservatorio Vesuviano, e si avvale della collaborazione con la University at Buffalo, la Tufts University, e l'Università di Napoli "Federico II".

#### **Stima quantitativa e modellazione della dipendenza statistica di sismicità ed eruzioni all'Etna sulla base dei cataloghi storici**

La ricerca riguarda l'analisi della dipendenza statistica tra terremoti maggiori ed eruzioni laterali dell'Etna nel record storico del 1800-2018, svolta in collegamento con le attività di raccolta e aggiornamento dati nei cataloghi. L'attività include l'analisi del catalogo dei terremoti, l'analisi del catalogo delle eruzioni laterali, e l'analisi della serie temporale dei terremoti osservata dal punto di vista delle eruzioni laterali e quantifica l'incremento del tasso probabilistico dei terremoti maggiori nei giorni o mesi dopo un'eruzione laterale, e per quanto tempo questo possa durare.

Questa ricerca coinvolge colleghi delle Sezioni di Pisa e Catania-Osservatorio Etneo, e si avvale della collaborazione con la Scuola Normale Superiore di Pisa.

#### **Valutazione e comunicazione delle attività di sorveglianza svolte a Vulcano**

Attività svolta secondo accordi tra INGV e DPC, per semplificare le comunicazioni concordate con il DPC e supportare le valutazioni di pericolosità, attraverso l'interpretazione sintetica dei dati quantitativi provenienti dalle prospezioni periodiche e dalle reti di monitoraggio gestite dall'ente (attività in All. A). I risultati delle interpretazioni sono periodicamente presentati in videoconferenza, in date stabilite dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) ed in presenza di quello Regionale (DRPC) e degli altri centri di competenza incaricati di attività di sorveglianza (e.g. Università, CNR), mensilmente viene compilato e diffuso un bollettino che riporta l'aggiornamento dati per una selezione di parametri geochimici indicativi del livello di attività esalativa.

#### **Valutazione della percezione della pericolosità e rischio vulcanico**

Indagini finalizzate a valutare la percezione del rischio per i pericoli vulcanici da parte della popolazione esposta ed a proporre adeguate strategie di comunicazione finalizzate alla mitigazione del rischio da parte delle autorità competenti. Tali attività vengono svolte in collaborazione con il DPC, nell'ambito dell'Accordo quadro INGV-DPC. Nelle indagini viene utilizzato un questionario che viene rielaborato ad ogni utilizzo sulla base della finalità, del contesto sociale e dei pericoli vulcanici.

Priorità: ripetizione indagine Campi Flegrei (in corso); ripetizione indagine nell'isola di Stromboli.

Partecipanti: Nave (OV), Ricci (Roma1).





8.  
8.

# Infrastrutture e sviluppo tecnologico



## Infrastruttura di Ricerca

Infrastruttura

IT1 – Reti di monitoraggio e sorveglianza

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2022

a.

### Finalità e Obiettivi

Le Reti geofisiche sono delle strutture di osservazione distribuite e rappresentano la principale risorsa della comunità scientifica per condurre una ricerca di frontiera e promuovere l'innovazione scientifica e tecnologica. Queste infrastrutture di ricerca a carattere multidisciplinare e finalizzate al monitoraggio e alle osservazioni, sono alla base del sistema progettato e sviluppato nel corso degli anni dall'INGV, per studiare e comprendere l'evoluzione della Terra e le sue dinamiche.

I dati provenienti da tutte le Reti oggi in funzione rendono possibile da parte dell'INGV non solo lo svolgimento delle attività di ricerca, ma anche il monitoraggio e la sorveglianza in tempo reale, dell'attività sismica e vulcanica sull'intero Territorio nazionale e nel Mediterraneo.

Ed è proprio il duplice compito di ricerca e sorveglianza a rendere unico il patrimonio infrastrutturale gestito da INGV con il fine di ricercare quotidianamente standard sempre più elevati che consentano di conoscere e capire i processi naturali e rispondere quindi alla società con sempre maggior prontezza, chiarezza ed efficacia.

Dal censimento delle infrastrutture concluso nel secondo semestre 2019 è risultato che l'infrastruttura Reti di Monitoraggio e Sorveglianza è composta da 96 reti che possono essere raggruppate nelle seguenti tematiche osservative:

- Reti Sismiche Permanenti (Nazionale, Accelerometrica, MedNet e dei Vulcani della Campania e della Sicilia).
- Rete Integrata Nazionale GPS (RING).
- Reti Geofisiche dei vulcani della Campania.
- Reti Geodetiche dei vulcani della Campania.
- Reti Geochimiche dei vulcani della Campania.
- Reti Geofisiche dei vulcani della Sicilia.
- Reti Geodetiche dei vulcani della Sicilia.
- Reti Geochimiche dei vulcani della Sicilia.
- Reti di Monitoraggio Geochimico in aree sismiche.
- Reti Sismiche Mobili.
- Reti GPS Discontinue.
- Reti Sismologiche sottomarine (OBS).
- Near Fault Observatories (NFO).
- Rete Magnetica Nazionale.
- Rete di monitoraggio delle scintillazioni ionosferiche.
- Reti di misura di campi elettromagnetici ULF-ELF-VLF.
- Vento Porti e Mare (VPM).
- Rete mareografica JRC-INGV.
- Rete Radon IRON.

Per la gestione di un numero così elevato di reti l'INGV si è dotato di un Tavolo Tecnico dedicato a questa infrastruttura. A questo tavolo sono affidate le azioni di coordinamento e di armonizzazione nello sviluppo e nell'integrazione delle reti ad esso afferenti. Vista l'ampia multidisciplinarietà delle reti, per non perdere in snellezza operativa, le attività del Tavolo si possono, all'occorrenza e in modo dinamico, sviluppare coinvolgendo sotto tavoli di lavoro di tipo tematico (es. reti sismiche, reti geodetiche, e così via) affiancando ai membri del tavolo ulteriori professionalità e competenze dell'Istituto. Per la gestione e il coordinamento delle singole infrastrutture a scala nazionale alla cui gestione concorrono molte sezioni e sedi dell'Istituto, il Tavolo promuove la costituzione di tavoli di coordinamento (o *board*) specifici. La gestione delle singole infrastrutture di Rete a scala locale è, generalmente, demandata alle Sezioni secondo il criterio della competenza geografica.

Molte reti sono supportate da laboratori di analisi e/o di sviluppo che, oltre ad essere i luoghi dove si conduce ordinaria gestione e manutenzione della strumentazione impegnata nell'infrastruttura, sono luoghi specializzati dove si sviluppano nuovi sistemi sia per l'aggiornamento e il miglioramento delle componenti della rete stessa, che per il miglioramento qualitativo e gestionale mediante sviluppo di software di analisi e di controllo di qualità.

Le Reti di osservazione sono inoltre inserite all'interno della rete delle infrastrutture europee (ESFRI) per quanto riguarda la Terra solida (attraverso l'infrastruttura EPOS) e gli osservatori sottomarini (attraverso l'infrastruttura EMSO).

Le reti mobili e discontinue costituiscono una irrinunciabile risorsa dell'INGV per l'integrazione delle reti permanenti sia durante le emergenze sismiche e vulcaniche che per la realizzazione di progetti scientifici in aree specifiche. Possono inoltre infittire in modo mirato le reti permanenti assolvendo al duplice obiettivo di aumentare i dati a disposizione e di permettere la validazione di siti di installazione su un orizzonte temporale lungo per un eventuale sviluppo delle reti permanenti che integrano.

## **b. Contenuto Tecnico Scientifico**

### **Rete Sismica Nazionale (RSN)**

La Rete Sismica Nazionale si compone, conteggiando tutti i flussi di dati acquisiti presso le apparecchiature della Sala di Sorveglianza Sismica INGV di Roma, di più di 500 stazioni ubicate su tutto il territorio nazionale e all'estero. Sono utilizzati per il monitoraggio i dati provenienti da più di 300 stazioni di proprietà INGV, dati provenienti da circa 90 stazioni gestite da altri enti di ricerca italiani, dati di 38 stazioni estere, e di 18 stazioni della rete MedNet, ubicate in Italia, Europa, e Nord Africa ed altri di reti installate per esperimenti.

Nello specifico, contribuiscono alla Rete Sismica Nazionale molte stazioni appartenenti a reti locali, regionali ed estere, tra cui:

- la rete dell'Italia Nord Occidentale Lunigiana Garfagnana gestita dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita dell'Università di Genova (DISTAV, rete GU);
- la rete a larga banda dell'Italia Nord Orientale gestita dal Centro Ricerche Sismologiche (CRS, rete OX) dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS (sede di Udine);
- le reti del Trentino (ST) e del Sud Tirolo (rete SI);
- la rete della Regione Marche (rete IV);
- la rete dell'Alta Val Tiberina (Progetto TABOO, rete IV, codice di stazione ATxx);
- 4 stazioni della rete di Larderello (rete IV), gestita da Enel Green Power.

Sono circa 200 le stazioni gestite da INGV (IV e MN) dotate di accelerometro nel territorio nazionale. Oltre alle stazioni con codice IV ed MN, l'INGV grazie ad una serie di convenzioni attive di scambio dati con altri enti pubblici/Università gestisce l'acquisizione di altre numerose stazioni sia velocimetriche che al contempo accelerometriche (in totale circa 300). Tutti i dati confluiscono in tempo reale nell'archivio dell' ONT.

Nei siti sono impiegati sensori a larga banda (40-120s) e a banda allargata (5 sec), installati su tutto il territorio nazionale e con maggior copertura nelle aree a maggior pericolosità sismica. Per quanto riguarda invece il sistema di acquisizione remoto, l'Istituto impiega sia acquisitori di tipo commerciale, sia una tipologia di acquirente costruito in sede, nominato GAIA, grazie al supporto dei vari laboratori delle reti sismiche, descritti nell'apposita sezione dedicata ai laboratori.

L'inter-distanza media dei siti è oggi pari a circa 40 km. Questo consente la registrazione e la localizzazione di tutti gli eventi di magnitudo maggiore di 1.5 su tutto il territorio nazionale.

La trasmissione dei dati dai siti remoti è realizzata tramite diversi collegamenti fisici (satellitare e terrestre) e più protocolli, per assicurare la ridondanza in caso di guasti.

L'acquisizione è centralizzata ed effettuata presso l'Osservatorio Nazionale Terremoti a Roma e duplicata a Grottaminarda, sempre per ragioni di ridondanza. I dati sono archiviati su supporti di alta disponibilità in una SAN (*Storage Area Network*) e resi disponibili in formati standard internazionali attraverso servizi web dedicati. Ricordiamo che l'INGV è uno dei nodi della federazione di archivi europei, denominata EIDA (*European Integrated Data Archive*), che ha appunto lo scopo di archiviare e rendere disponibili alla comunità scientifica e non, tutti i dati acquisiti dalle stazioni sismiche Europee. Il codice di rete FDSN (*International Federation of Digital Seismograph Networks*, [www.fdsn.org](http://www.fdsn.org)) della RSN è IV.

Il flusso dei dati provenienti dalla RSN è alla base del sistema di sorveglianza sismica del territorio nazionale e del bacino del mediterraneo. I dati sono indirizzati nella Sala Sismica gestita dall' ONT di Roma dove il personale in turno

H24 determina in tempo reale i parametri ipocentrali e la magnitudo dei terremoti. Dopo questa rapida elaborazione, avviene l'archiviazione e la distribuzione, sempre in tempo reale, di tutte le informazioni ricavate.

### **Rete Accelerometrica**

L'INGV acquisisce dati in tempo reale da circa 300 stazioni accelerometriche permanenti installate sul territorio nazionale. Di queste l'INGV gestisce direttamente circa l'80% delle stazioni, di cui 182 hanno codice di rete FDSN IV (Rete Sismica Nazionale) e 8 hanno codice di rete MN (rete MedNet). Le citate stazioni sono gestite dal Centro Nazionale Terremoti (ONT, sedi di Roma, Ancona e Grottaminarda) e dalle Sezioni di Milano e di Catania.

Ad oggi circa 70 stazioni accelerometriche IV sono equipaggiate con il solo sensore accelerometrico. La maggior parte di queste stazioni è ubicata in pianura padana, nelle Prealpi Venete e Lombarde e nella regione Marche. Le restanti stazioni presentano al contrario l'accoppiamento con un sensore velocimetrico. La maggior parte delle stazioni è equipaggiata con lo stesso tipo di accelerometro (Kinematics Episensor) allo scopo di avere una risposta il più possibile omogenea. Lo stesso discorso vale per la tipologia di acquisitori che vede prevalere (circa il 55%) l'utilizzo dell'acquisitore GAIA2, progettato e realizzato direttamente presso i laboratori dell'ONT. Per quanto riguarda l'acquisizione dati delle stazioni non proprietarie, l'INGV ha all'attivo una serie di convenzioni di scambio dati con enti pubblici e università quali la provincia autonoma di Trento, l'Università degli Studi di Genova, l'OGS e l'Università della Basilicata. Inoltre l'INGV acquisisce attualmente i dati della rete IX (IsNet, ex AMRA) e 40 stazioni della rete RAN gestita dal DPC. Nel complesso la sala di sorveglianza sismica dell'ONT Roma, riceve dati in telemetria da 298 stazioni accelerometriche permanenti. Tutti i dati in continuo della rete accelerometrica INGV, compresi quelli acquisiti dagli enti in convenzione di scambio dati, sono ridonati al centro di acquisizione della sezione di Milano. Gli *stream* in continuo dei dati accelerometrici INGV sono resi disponibili nei formati standard internazionali attraverso il portale EIDA. Inoltre l'INGV dispone di banche dati dedicate tra cui ISMD (INGV Strong Motion Data, <http://ismd.mi.ingv.it>) ed ESM (Engineering Strong Motion database, <http://esm.mi.ingv.it>). La disponibilità di dati accelerometrici è rilevante in caso di terremoti da moderati a forti al fine di evitare fenomeni di saturazione in corrispondenza delle stazioni installate in area epicentrale, consentendo di svolgere correttamente molte delle analisi sismologiche fondamentali tra cui il calcolo della magnitudo, la determinazione del tensore momento sismico e la localizzazione del terremoto utilizzando i tempi di arrivo delle onde S (informazione necessaria per vincolare la profondità dell'evento). Ruolo fondamentale della rete accelerometrica è la registrazione di dati di qualità utilizzati per il calcolo dei principali parametri di scuotimento ai fini di sismologia applicata all'ingegneria e per la produzione immediata delle *shakemaps* inteso come strumento utile ai fini degli interventi di protezione civile.

### **Attività e Progetti nel Triennio**

Nel triennio 2018 - 2020 verrà effettuata come di consueto la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria della RSN, sia velocimetrica che accelerometrica. Per quanto riguarda lo sviluppo della RSN, questo sarà sia di tipo tecnologico, mirato ad un costante aggiornamento della tecnologia dei sistemi di acquisizione e di trasmissione dati allo stato dell'arte, sia di tipo topologico, con la realizzazione di nuove stazioni ove necessario ad assicurare una migliore distribuzione di queste nel territorio, perseguita mediante una copertura dei principali gap della rete nelle aree dove questa è giudicata insufficiente.

Concorrono a ciò 2 importanti Progetti in via di presentazione ed approvazione che verranno sviluppati nel triennio:

#### **Rete sismica Mediterranea (MedNet)**

La Rete Mediterranea (MedNet) è una rete di stazioni sismiche a larga banda installate nei Paesi che circondano il Mediterraneo e gestita dall'INGV in collaborazione con molti istituti geofisici. MedNet venne creata alla fine degli anni '80 ed in Europa è stata una delle primissime a fornire dati broadband di altissima qualità, grazie alla strumentazione di avanguardia e alla cura particolare della costruzione dei siti, progettati per avere il massimo della stabilità rispetto a gradienti di temperatura e pressione e quindi il minimo del rumore sismico. Fin dagli esordi inoltre si è fatta l'archiviazione delle forme d'onda in continuo, che attualmente sono tutte disponibili attraverso i servizi del European Integrated Data Archive (EIDA). Questa rete contribuisce alla copertura strumentale dell'area euro-mediterranea una regione ad alta sismicità e un sistema tettonico piuttosto complesso.

MedNet contribuisce anche all'operatività del Centro di Allerta Tsunami (CAT). 35 stazioni risultano appartenere alla rete MedNet, di cui attualmente 23 stazioni che trasmettono i dati su più collegamenti fisici (satellitari e terrestri) e protocolli (<http://cnt.rm.ingv.it/instruments/network/MN>). Negli anni, per motivi principalmente di natura socio-politica sono state chiuse diverse stazioni soprattutto in Nord Africa, ma attualmente si sta lavorando a un rilancio della Rete

da svilupparsi nei prossimi 3 anni, con l'intento di consolidare o attivare nuovi rapporti con Enti internazionali, monitorare la distribuzione e l'uso dei dati (attraverso gli strumenti di EIDA e il doi 10.13127/SD/fBBtDtd6q) e la riattivazione e recupero di siti e strumenti al momento sottoutilizzati.

#### **Reti Sismiche Permanenti dei vulcani della Campania**

Le Reti Sismiche Permanenti dei vulcani della Campania sono reti finalizzate allo studio e al monitoraggio della sismicità dei vulcani Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia.

Queste reti insistono su aree caratterizzate dalla forte antropizzazione la quale determina da un lato la difficoltà di dover acquisire segnali in presenza di un forte livello di noise sismico indesiderato, dall'altro, l'assoluta necessità di assolvere al meglio sia la missione di servizio per la società, in chiave di sorveglianza vulcanica, sia di studio e ricerca per la comprensione dei sistemi vulcanici.

Per tali ragioni queste reti hanno la peculiarità di essere molto dense in modo da avere una ottima capacità di detezione anche per eventi sismici di più piccola magnitudo nonostante il rumore antropico.

Queste reti sono costituite sia da moderni digitalizzatori equipaggiati con velocimetri, in alcuni casi affiancati da accelerometro, sia da stazioni di tipo analogico i cui segnali digitalizzati presso il centro di acquisizione dell'Osservatorio Vesuviano. Quasi tutte le stazioni digitali utilizzano il digitalizzatore GILDA progettato e realizzato presso l'Osservatorio Vesuviano.

Le stazioni analogiche sono oggetto di dismissione in favore di strumentazione allo stato dell'arte secondo un obiettivo progettuale strategico di ammodernamento strumentale.

Questo processo di ammodernamento della rete analogica viene realizzato prevedendo, su alcuni siti di particolare interesse, l'installazione della moderna stazione digitale in coesistenza con la stazione analogica. Quest'ultima viene tenuta in esercizio allo scopo di avere una ridondanza funzionale e per dare continuità nei dati nella transizione strumentale.

I sensori che equipaggiano queste reti sono di vario tipo: velocimetri a banda molto larga, velocimetri a banda larga e a corto periodo sia da pozzo che da superficie, accelerometri sia da pozzo che da superficie. Un certo numero di stazioni sismiche di tipo digitale acquisiscono anche il segnale di una ventina di sensori di tipo infrasonico a banda estesa o a corto periodo. Questi ultimi sono stati progettati e prodotti presso l'Osservatorio Vesuviano.

Allo stato attuale la rete di monitoraggio sismico permanente dei vulcani della Campania consiste di 57 siti stazione tutti gestiti dall'Osservatorio Vesuviano e tutti con trasmissione in tempo reale e continuo verso il centro di acquisizione dell'Osservatorio Vesuviano. La centralizzazione dei dati è effettuata attraverso collegamenti telematici cablati forniti da provider commerciali oppure attraverso una infrastruttura di ponti radio su frequenze UHF o WiFi installata e gestita dall'Osservatorio Vesuviano.

La rete del Vesuvio conta 20 siti stazione per un totale di 15 velocimetri a larga banda, 8 a corto periodo, 2 a banda larghissima, e 2 accelerometri. La rete di monitoraggio sismico dei Campi Flegrei conta 24 siti stazione per un totale di 17 velocimetri a larga banda, 3 a banda molto larga, 7 a corto periodo e 5 accelerometri. La rete sismica di monitoraggio di Ischia, potenziata su finanziamento straordinario in seguito all'evento sismico dell'Agosto 2017, conta adesso su 9 siti stazione per un totale di 8 velocimetri a larga banda, 3 a corto periodo e 4 accelerometri. Si considera parte della rete sismica di Ischia la stazione sismica installata sull'isola di Procida ma questa stazione assume grande importanza anche per la detezione della sismicità nell'area sud occidentale dei Campi Flegrei.

A potenziamento delle reti sopra descritte c'è poi una rete che si estende a larga maglia nella regione Campania con quattro siti stazione per un totale di 2 velocimetri a banda molto larga e 3 a corto periodo. Infine va detto che sull'Isola di Stromboli è presente una rete sismica broad band e gestita in cooperazione tra Osservatorio Vesuviano ed Etno.

Per tutte queste reti si prevede, come linea programmatica sempre presente, il costante ammodernamento strumentale e gli adeguamenti ed aggiornamenti impiantistici delle stazioni. Qualità del dato fornito e robustezza nel funzionamento sono obiettivi imprescindibili per queste reti.

Tutte queste azioni trovano applicazione nell'ambito dei progetti in cui l'istituto si impegna. Si citano, a tal proposito, il FISR "Sale Operative integrate e Reti di Monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0" grazie al quale si stanno realizzando importanti risultati nella multiparametricità delle stazioni. Queste reti sono anche oggetto di importante potenziamento nell'ambito dei progetti in corso PON-GRINT e POR "PRESERVE".

#### **Reti Sismiche Permanenti dei vulcani della Sicilia**

Il monitoraggio sismico continuo dei vulcani della Sicilia è condotto dalla sezione di Catania Osservatorio Etno, mediante una rete composta da quasi 50 stazioni operanti sull'Etna, le Isole Eolie e Pantelleria, equipaggiate con sensori velocimetrici a larga banda, corto periodo ed accelerometrici (9 stazioni), integrate nella Rete Sismica

Nazionale. Molti dei siti di installazione ospitano anche strumentazione geodetica GPS. Ad oggi, sull'Etna risultano operanti 29 velocimetri, tutti a larga banda, e 6 accelerometri. Sull'Etna è altresì installata una rete permanente per l'acquisizione dei segnali infrasonici. Tale rete consta di 10 microfoni a condensatore e sfrutta il sistema di digitalizzazione e trasmissione dati delle stazioni sismiche in cui i sensori sono installati. I microfoni sono distribuiti sia in area sommitale che a quote intermedie e consentono la caratterizzazione dei fenomeni esplosivi e di degassamento del vulcano. Tre di queste stazioni sommitali dell'Etna sono anche equipaggiate con dei radiometri per la misura delle anomalie termiche.

Alle Eolie è presente un'alta densità di stazioni (5 a Vulcano, 7 a Stromboli e una per ogni altra isola). Alcuni di questi siti (Alicudi, Lipari, Vulcano) sono anche equipaggiati con accelerometri per la registrazione dei segnali strong motion delle aree sismogenetiche del Golfo di Patti e del basso bacino del Tirreno. L'infrastruttura consiste anche di tutti i sistemi di trasmissione e centralizzazione dei dati. I dati raccolti sono classificati, archiviati in un database e condivisi con gli altri osservatori dell'INGV. Le reti sismiche permanenti descritte sono gestite dall'Area Operativa **Reti strumentali per il monitoraggio sismico ed infrasonico**, formalizzata all'interno dell'Unità Funzionale Sismologia. Tra le sue attività, essa garantisce lo sviluppo, il test e l'adozione di nuove tecnologie, l'ottimizzazione delle tecniche d'intervento, la definizione degli standard operativi adottati dal personale per la risoluzione delle problematiche che caratterizzano la gestione e la manutenzione delle Reti. Cura l'efficienza del laboratorio elettronico e delle telecomunicazioni ad essa assegnato, gestisce gli strumenti che lo compongono e verifica la qualità delle misure effettuate e dei prodotti. Propone gli acquisti dei materiali necessari al mantenimento delle reti e dei materiali di consumo, partecipando attivamente al processo decisionale che conduce alla scelta delle strumentazioni da impiegare, agli standard di acquisizione ed al settaggio dei parametri operativi. Gestisce i rapporti con le altre sedi dell'INGV ed in particolar modo con l'ONT riguardo agli aspetti legati all'interscambio dei dati e alla definizione dei parametri di acquisizione.

Per la trasmissione dei dati oltre che i vettori satellitari UMTS e radio, si avvale anche di una dorsale di telecomunicazioni ad alta velocità ed a bassa latenza gestita da INGV-OE, operante su bande licenziate 7 e 13 GHz, che interconnette tutte le sedi INGV operanti sull'isola attraverso 17 nodi dislocati prevalentemente in Sicilia Orientale.

#### **Rete Integrata Nazionale GPS (RING)**

L'INGV svolge ricerche nel campo della geodesia spaziale finalizzate allo studio delle deformazioni del suolo, principalmente per applicazioni legate alla tettonica attiva e alla geodinamica dell'area euro-mediterranea. L'infrastruttura principale per questa attività è la rete GPS denominata RING (Rete Integrata Nazionale GPS) attualmente costituita da oltre 200 stazioni dislocate su tutto il territorio nazionale e, fuori dal territorio nazionale, a Malta e in Grecia. Le stazioni sono costituite da strumentazione GPS e in parte GNSS, ossia in grado di registrare non solo i segnali della costellazione GPS ma di altre costellazioni Global Navigation Satellite System, e monumentazioni di elevata qualità. Una parte delle stazioni RING è collocata in prossimità di sismometri a larga banda e sensori strong - motion della Rete Sismica Nazionale. Le stazioni della rete RING acquisiscono i dati con frequenze di campionamento che arrivano fino ai 10 Hz e sono connesse in tempo reale ai centri di acquisizione dati dell'Osservatorio Nazionale Terremoti (Roma e Grottaminarda). I dati GPS sono trasmessi utilizzando diversi sistemi come: collegamenti via satellite, Internet, GPRS/UMTS e rete wireless.

I dati della rete RING, e di altre reti GPS permanenti, vengono archiviati ed analizzati in maniera routinaria, da almeno 3 centri di analisi dell'ONT, che utilizzando software diversi (i 3 principali software scientifici, BERNESE, GAMIT/GLOBK e GIPSY) garantendo in questo modo anche un possibile controllo da eventuali errori sistematici dipendenti dalle modalità di analisi. Il prodotto finale dei centri di analisi INGV è una mappa di velocità di moto del suolo a scala Euro-Mediterranea, che rappresenta il prodotto geodetico più spazialmente denso e accurato in Europa, permettendo potenzialmente all'INGV di avere una posizione di rilievo nell'ambito dei prodotti geodetici in ambito EPOS.

La rete RING è stata recentemente utilizzata anche per misure di Total Electron Content (TEC) in tempo reale sull'Italia come ulteriore metodo di indagine della dinamica ionosferica.

#### **Reti Geodetiche GPS discontinue**

Le reti geodetiche discontinue consistono in capisaldi geodetici che sono stati dislocati dall'ING/INGV negli ultimi 30 anni circa in varie zone sismicamente attive e vulcaniche del territorio italiano e in alcuni Paesi vicini (Albania, Grecia, Francia, Tunisia). Se all'inizio queste rappresentavano le uniche reti geodetiche per il monitoraggio delle deformazioni del suolo, attualmente queste costituiscono un valido raffittimento della rete continua RING, permettendo di aumentare la risoluzione spaziale delle deformazioni del suolo a costi ridotti. Queste reti vengono periodicamente

misurate con strumentazione GPS per il monitoraggio delle deformazioni lente del suolo in area tettonica e vulcanica con l'obiettivo di migliorare le conoscenze sulle sorgenti tettoniche o magmatiche. La frequenza con cui queste reti vengono misurate varia in funzione della dinamica dell'area e in occasione di eventi particolari che richiedono un maggiore dettaglio temporale. In alcuni casi sono state realizzate delle reti di tipo semi-continuo, in cui le stazioni sono lasciate in acquisizione per durate di diversi mesi o anni, ed alcune di queste stazioni possono venire successivamente integrate nella rete RING. Le reti geodetiche discontinue si sono dimostrate determinanti per definire nel dettaglio le deformazioni cosismiche durante i forti terremoti dell'Umbria-Marche del 1997, dell'Aquila 2009, dell'Emilia 2012 e dell'Italia centrale del 2016-2017. Hanno fornito anche importanti risultati nelle zone vulcaniche dell'Italia meridionale.

#### **The Alto Tiberina Near Fault Observatory (NFO TABOO)**

I *Near Fault Observatories* NFO sono infrastrutture di ricerca composte da Reti multidisciplinari (sismiche, geodetiche, geochimiche) molto dense con sensori installati sia in superficie sia all'interno di pozzi profondi fino a qualche centinaio di metri, poste molto vicine a faglie considerate attive. L'obiettivo di queste reti è di misurare il più ampio spettro di osservabili riconducibili a movimenti deformativi della crosta terrestre (quali terremoti, terremoti lenti, deformazioni asismiche) che avvengono appunto lungo le faglie per capirne le cause, il processo di preparazione e l'evoluzione.

In questo tipo di installazioni l'inter-distanza media tra i siti di osservazione è di circa 5 km. Questo garantisce ad esempio la possibilità di registrazione e quindi di studiare, micro-terremoti (con magnitudo anche negativa).



*Stazione mobile Telecamere.*

A oggi è operativo il NFO dell'Alta Valle del Tevere detto *The Alto Tiberina Near Fault Observatory* (TABOO), gestito principalmente dall'ONT, con la collaborazione delle Sezioni di Roma1, Palermo e con la sede di Ancona. Questa infrastruttura di ricerca all'avanguardia nel mondo è uno dei 7 NFO che attraverso l'infrastruttura EPOS (European Plate Observing System) collabora alla creazione di una rete di servizi che faciliti la ricerca nell'ambito delle Scienze della Terra Solida, per una società più sicura (geo-hazard) e sostenibile (geo-risorse).

Nel corso del prossimo triennio è prevista una ulteriore implementazione tecnologica dell'infrastruttura di ricerca e monitoraggio TABOO, che consiste nella installazione di un array di 6 *strainmeters* e sensori sismici in altrettanti pozzi che verranno perforati in collaborazione con ICDP.

Nel PON-GRINT (OR3) è previsto il potenziamento multidisciplinare in tre aree di intervento che ricadono principalmente sul territorio delle regioni Campania, Molise, Basilicata e Calabria., con un approccio concettualmente vicino a quello del Near Fault Observatory (NFO). L'implementazione della parte geochimica in GRINT ha obiettivo principale una rete di monitoraggio per acquisizione dati geochimici ad alta frequenza e loro trasmissione, finalizzata



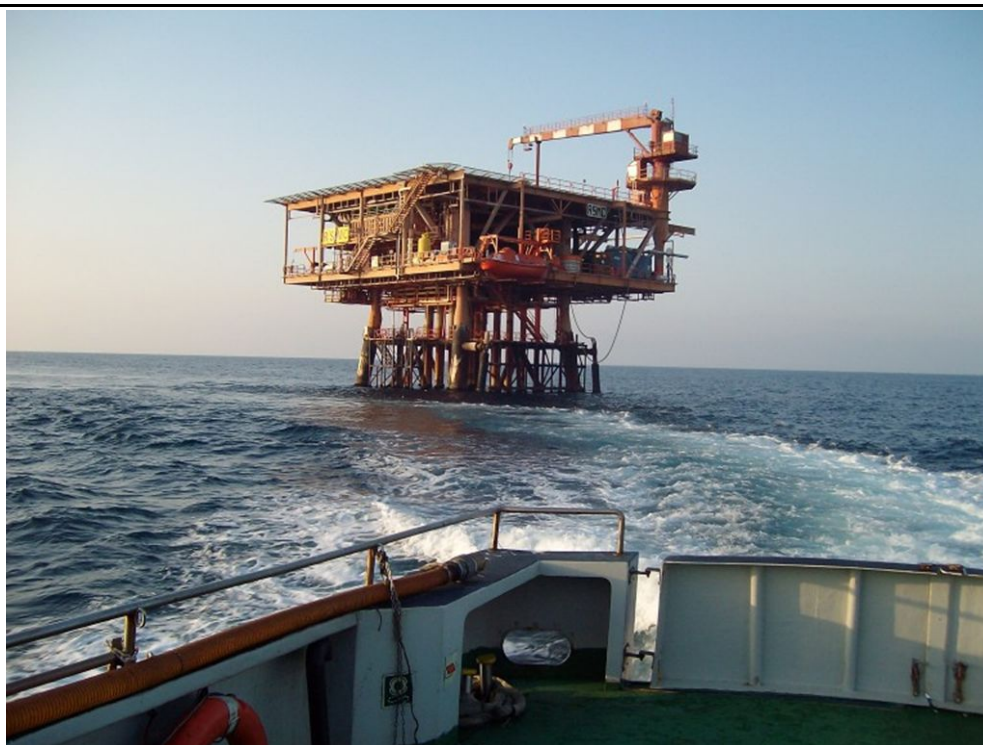
ad intraprendere un approccio multidisciplinare del monitoraggio in aree sismiche ed in particolare in prossimità di faglie attive. Il potenziamento della rete geochimica consentirà di integrare i nuovi dati acquisiti con quelli che la comunità INGV già produce garantendo un reale e concreto approccio multidisciplinare al monitoraggio. Il potenziamento prevede stazioni di monitoraggio a) dei parametri chimico-fisici in acque di pozzi e sorgenti, pressione totale e di CO<sub>2</sub>; b) flusso di CO<sub>2</sub> dai suoli. È prevista l'installazione in un numero ridotto di siti di strumentazioni per misure isotopiche della CO<sub>2</sub>, e delle abbondanze delle specie chimiche maggiori e di alcune di quelle in traccia. Sia le stazioni gas che quelle acque saranno messe in opera in siti individuati da studi precedenti e dove i fluidi emessi risultano sensibili ai processi deformativi e sismici su scala regionale. I siti di installazione delle stazioni acque sono in parte quelli gestiti dalle ARPA regionali e quindi la convenzione già in essere tra INGV-ISPRA-ARPA garantisce la realizzazione del progetto di potenziamento della OR3.

#### **Rete Sismica Mobile (RSM)**

Unità della Rete Sismica Mobile (RSM) organizzate per allestire reti temporanee sono operative in diverse Sezioni INGV che si occupano ordinariamente del monitoraggio sismico del territorio nazionale: Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT), Osservatorio Vesuviano (OV), Osservatorio Etneo (OE), Milano, Pisa, Roma 1. Nel complesso, la RSM è dotata di strumentazione sismica eterogenea per dinamica, numero di canali, tipo di sensori e banda di frequenza che nel suo complesso permette indagini che ricoprono settori come la fisica dei terremoti, la sismotettonica, la pericolosità sismica e la risposta sismica locale. Le attività svolte nel corso di esperimenti scientifici importanti per la ricerca di base, diventano fondamentali in occasione di emergenze sismiche o vulcaniche per fini di sorveglianza, per la determinazione delle strutture sismogeniche attivate, per la valutazione dello scuotimento differenziale in correlazione con il danneggiamento, per gli studi di microzonazione e altre attività in fase di post-emergenza. L'installazione di stazioni sismiche temporanee, a integrazione della rete permanente, contribuisce infatti a migliorare significativamente la qualità del monitoraggio sismico, aumentando la capacità di rilevazione della microsismicità e affinando la qualità delle localizzazioni ipocentrali. Lo sviluppo tecnologico dei sistemi di trasmissione dati e la riduzione dei consumi energetici degli strumenti, permettono la trasmissione in tempo reale dei dati delle stazioni della RSM in modo che vengano integrati nella RSN. Consentendo una rapida e più dettagliata descrizione del fenomeno in corso, le stazioni della RSM potenziano le capacità della sorveglianza in atto che contribuisce alle azioni di Protezione Civile in caso di calamità naturale. Per questo, una porzione della RSM viene gestita dai Gruppi Operativi SISMICO e EMERSITO in occasione di emergenze, come codificato nell'Accordo Quadro DPC-INGV. I dati registrati della RSM sono archiviati nei formati standard equivalenti a quelli della RSN e sono resi disponibili attraverso il nodo INGV dell'archivio online EIDA. Attraverso l'interazione con l'Ufficio Gestione Dati e seguendo le politiche dell'Istituto, ai dati delle campagne di misura temporanee è ora possibile associare un DOI che permette un'ulteriore valorizzazione dell'enorme patrimonio scientifico derivante dall'archiviazione delle registrazioni sismiche digitali prodotte negli ultimi due decenni. La RSM e i Gruppi Operativi ricevono, in cooperazione, un supporto anche dal Laboratorio per lo studio degli Effetti di Sito (si veda scheda IT2) che condivide la sua dotazione strumentale.

#### **Rete Sismica sottomarina (OBS)**

La rete OBS/H dell'INGV è costituita da 20 moduli OBS/H (stazioni sismiche/idrofoniche da fondo mare) equipaggiati con velocimetro a larga banda (60 sec-100 Hz) e un idrofono con banda passante 0.1 Hz-5 KHz e 18 OBS da prospezione da utilizzarsi per le campagne di sismica attiva. Gli OBS/H INGV hanno un'autonomia massima di 18 mesi in funzione della pianificazione della campagna e del loro utilizzo. I dati degli OBS/H e degli OBH, convertiti dai formati proprietari a quelli in uso presso la comunità scientifica (SAC e M5ED) sono resi disponibili attraverso il nodo EIDA. Grazie ad un Accordo quadro stipulato tra il MISE, l'INGV ed Assomineraria ha avuto inizio la strumentazione di alcune piattaforme di estrazione offshore che consentiranno un'effettiva espansione della rete sismica nazionale alle aree marine. La prima piattaforma ad essere strumentata nel corso del 2020 è stata ROSPO MARE C ubicata nel Mare Adriatico nell'offshore Abruzzese. I segnali sismici della stazione di "ROSPO" sono acquisiti in tempo reale presso la sala di monitoraggio sismico di Roma.



*La piattaforma ROSPO MARE-C.*

#### **Rete mareografica JRC-INGV**

La rete mareografica per la misurazione del livello del mare JRC-INGV consta oggi di quattro sensori, installati tra il febbraio 2016 e il settembre 2017, a Pantelleria (TR), Portopalo di Capo Passero (SR), Le Castella (KR) e Marina di Teulada (CA). Le installazioni utilizzano stazioni di produzione JRC denominate IDSL (*Inexpensive Device for Sea Level monitoring*) con spese di installazione e manutenzione, dopo i primi due anni di funzionamento, a carico di INGV. I segnali prodotti vengono utilizzati per il servizio di allerta Tsunami effettuato dal CAT-INGV in ambito SIAM, e sono distribuiti ad altri istituti di ricerca e sorveglianza tsunami tramite il centro di raccolta dati dell'IOC (Intergovernmental Ocean Commission, UNESCO).

#### **Reti di monitoraggio geofisiche dei vulcani della Campania**

Le misure geofisiche sui vulcani della Campania sono effettuate per mezzo delle reti di seguito descritte che trasmettono dati sia in tempo reale verso l'Osservatorio Vesuviano che attraverso campagne di misura. La trasmissione e la centralizzazione dei dati trasmessi in continuo da queste reti è praticamente in tempo reale o quasi reale ed avviene attraverso collegamenti telematici cablati forniti da provider commerciali oppure attraverso una infrastruttura di ponti radio su frequenze UHF o WiFi installata e gestita dall'Osservatorio Vesuviano.

#### **Rete Dilatometrica**

La rete dilatometrica è costituita da 4 stazioni installate ai Campi flegrei e 3 al Vesuvio. Ogni stazione è composta da un dilatometro di tipo Sacks-Evertson installato in pozzo profondo e da un sistema elettronico in superficie che garantisce il controllo dello strumento in pozzo al fine di preservare l'integrità dello stesso. La digitalizzazione del dato è sempre effettuata in superficie o da un digitalizzatore integrato nell'elettronica di controllo appena descritta o da uno strumento esterno. Quest'ultimo può essere di tipo commerciale o un sistema GILDA progettato e prodotto presso l'Osservatorio Vesuviano. L'Osservatorio Vesuviano ha installato e gestisce a tutt'oggi anche le due stazioni dilatometriche presenti sul vulcano Stromboli. Nei prossimi tre anni nell'ambito del PON GRINT si acquisiranno dei digitalizzatori tali da garantire la standardizzazione strumentale della rete e un minimo quantitativo di ricambio a garanzia dell'immediato ripristino della stazione in caso di guasti.

#### **Rete multiparametrica marina dei Campi Flegrei (MEDUSA)**

La rete MEDUSA è un sistema per il monitoraggio in mare dell'attività vulcanica dei Campi Flegrei realizzata a

completamento delle reti di strumentazione geofisica esistenti sulla terraferma e gestite dalla Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano. MEDUSA è un'infrastruttura marina multi-parametrica di monitoraggio e ricerca sperimentale costituita da quattro sistemi che saranno ulteriormente potenziati a breve mediante interventi finanziati con le risorse economiche derivanti da progetti di potenziamento infrastrutturali in corso d'opera. Ogni sistema è attualmente costituito da una meda (boa elastica) collegata ad un modulo sottomarino, ciascuno posizionati su fondali variabili da 38 a 96 m di profondità ad una distanza compresa tra 1,1 e 2,4 km dalla linea di costa.

I moduli sottomarini sono equipaggiati con strumentazione geofisica ed oceanografica i cui dati strumentali sono trasmessi in continuo e in tempo reale al Centro di Monitoraggio INGV di Napoli dove sono analizzati e archiviati in congiunzione con quelli delle stazioni a terra. Ogni modulo sottomarino ospita un sensore sismico a larga banda, un accelerometro di tipo MEMS, due idrofoni a bassa frequenza, un sensore di pressione di alta precisione ed un correntometro puntuale 3-D. La parte fuori acqua di ogni meda è equipaggiata con varia strumentazione ed apparecchiature di monitoraggio e controllo: telecamera in streaming su web, stazione meteo e sensore mareografico, oltre al sistema di alimentazione autonomo ad energia solare con batterie tampone. Infine, su ogni boa, è presente un ricevitore GPS geodetico che consente, grazie alla struttura vincolata del sistema boa-zavorra, misure della deformazione del fondo marino sia in verticale che in orizzontale.

Pertanto, MEDUSA è il primo sistema al mondo che effettua, in continuo, misure geodetiche a fondo mare, utilizzando anche differenti metodologie innovative. Essa fornisce informazioni fondamentali per lo studio della deformazione dei Campi Flegrei nella loro porzione a mare, e contribuisce in modo significativo alla sorveglianza di una delle aree vulcaniche a più alto rischio al mondo, configurandosi come un'eccellenza nel palcoscenico mondiale.

#### **Rete permanente di sorveglianza all'infrarosso vulcani della Campania (TIRNet)**

La rete TIRNet di sorveglianza vulcanica tramite acquisizione di immagini all'infrarosso termico è costituita da 6 stazioni permanenti che utilizzano sensori IR FLIR SC655 con risoluzione 640x480. Di queste 5 sono nell'area compresa tra Solfatara Monte Olibano e Pisciarelli, 1 sul bordo del cratere del Vesuvio. Tali stazioni acquisiscono, ad intervalli regolari di 24h, immagini termiche che vengono inviate al centro di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano dove sono elaborate per estrarre informazioni significative (es. anomalie termiche) per la comprensione dello stato di attività dei vulcani. Le principali elaborazioni sono rappresentate graficamente nella sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano e sono utilizzate per redigere rapporti di sorveglianza al DPC. La rete TIRNet dispone anche di n. 2 stazioni di acquisizione trasportabili. Dal 2020, per 3 anni è previsto un potenziamento strutturale grazie alla partecipazione al progetto POR Campania "pReserve" FESR 2014/20 (cod. prog. 1013).

#### **Rete di sorveglianza all'infrarosso dei vulcani della Campania con termocamere mobili e termocoppie**

Viene effettuato a cadenza mensile il monitoraggio tramite termocamera mobile nei tre distretti vulcanici campani (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia) per rilevare eventuali variazioni nelle temperature massime e/o delle aree a maggior temperatura. Le misure vengono effettuate sempre di notte, per evitare gli effetti dovuti alla radiazione solare. I siti di misura, per i tre distretti sono: 3 sul bordo del cratere del Gran Cono del Vesuvio, 8 sull'isola di Ischia, 5 nei Campi Flegrei. Va precisato che per i siti Donna Rachele su Ischia, e Solfatara e Pisciarelli nei Campi Flegrei, i punti di misura sono numerosi e le aree di cui si acquisiscono immagini termiche sono altrettanto numerose ed estese.

#### **Stazioni magnetotellurica e di potenziale elettrico del suolo**

Da pochi anni in fase di test all'interno del cratere della Solfatara sono installate una stazione magnetotellurica e una stazione di misura del campo elettrico al suolo. Il sito di installazione è già oggetto di monitoraggio sismico, deformativo e/o gravimetrico e pertanto i dati forniti da queste stazioni sono utili per valutare comportamenti anomali del vulcano ed una eventuale correlazione con i segnali deformativi e gravimetrici e con lo sviluppo di attività sismica.

#### **Reti geodetiche dei vulcani della Campania**

Le misure geodetiche sui vulcani della Campania vengono effettuate sia mediante campagne di misura discrete sia per mezzo delle reti permanenti, di seguito descritte, che trasmettono dati verso l'Osservatorio Vesuviano. La gestione delle reti e le campagne di misura sono effettuate dal personale dell'Osservatorio Vesuviano. La trasmissione e la centralizzazione dei dati di queste reti avviene attraverso collegamenti telematici cablati forniti da provider commerciali oppure attraverso una infrastruttura di ponti radio su frequenze UHF o WiFi installata e gestita dall'Osservatorio Vesuviano.

### **Rete GPS (NeVoCGPS)**

La rete NeVoCGPS è attualmente composta da 42 stazioni GPS in continuo per il monitoraggio delle deformazioni del suolo dei vulcani dell'area napoletana. Nell'area dei Campi Flegrei sono installate 25 stazioni di cui 4 sono in funzione sulla Rete multiparametrica marina dei Campi Flegrei (MEDUSA) nel Golfo di Pozzuoli per il monitoraggio delle deformazioni del fondale marino. Dieci stazioni GPS sono installate nell'area Vesuviana e 7 nell'area che comprende l'isola di Ischia e Procida. Ogni stazione è dotata di un ricevitore GNSS a doppia frequenza ed antenne di tipo Choke Ring. I ricevitori sono della serie Leica GR10 e GRX1200 mentre le antenne sono LEIAT504 e LEIAR20/25.

I dati GPS sono acquisiti alle frequenze di campionamento di 30s e 1Hz (flusso in tempo reale) e sono trasmessi verso l'Osservatorio Vesuviano.

Apposite procedure permettono la completa gestione da remoto delle stazioni e provvedono, automaticamente e con cadenza giornaliera, allo scarico dei dati, al controllo di qualità, alla loro archiviazione ed alla successiva elaborazione con il software scientifico Bernese v. 5.0.

Nell'ambito della conv INGV-DPC 2019-2020 ALL. B2 si sta sviluppando un sistema di monitoraggio in tempo reale delle deformazioni del suolo dell'area vulcanica napoletana (Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia) tramite misure GNSS ad alta frequenza (HR-GNSS)

Nell'ambito del PON-GRINT sarà effettuato un upgrade delle stazioni del Vesuvio con strumentazione in grado di registrare tutti i segnali delle diverse costellazioni GNSS (GPS, GALILEO, GLONASS, ecc..).

Nell'ambito del Progetto PRESERVE ci si prefigge di completare l'upgrade della rete da GPS a GNSS, di incrementare la densità della Rete per migliorare il monitoraggio delle zone a maggior dinamica e sviluppare un nuovo Centro di calcolo con un adeguato upgrade sia hardware che software

Sull'isola di Ischia è presente anche una rete GPS discreta composta da 15 vertici per misure periodiche (ultima campagna di misure nel 2017).

### **Rete Gravimetrica**

Questa rete, effettua misure prevalentemente tipo discreto su capisaldi collocati nelle aree vulcaniche della Campania. Si effettuano campagne periodiche di misura di gravità relativa e gravità assoluta.

Attualmente la rete gravimetrica relativa è costituita da: 37 capisaldi nell'area flegrea, 35 capisaldi nell'area Vesuviana uno dei quali è anche vertice di misura assoluta ripetuta periodicamente; 29 vertici a Ischia e 1 che è vertice di misura assoluta. Le tre reti sono collegate alla stazione di riferimento comune sita in Napoli Università (ex Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia) che è stazione di misura assoluta e costituisce uno dei nodi della Rete Gravimetrica Italiana di Ordine Zero (IZOGN\_1995).

La rete dei capisaldi di misure assolute ai Campi Flegrei è attualmente costituita da 32 stazioni, 4 delle quali istituite nel 2019 allo scopo di sostituire stazioni al momento non occupabili o da sostituire. Sono stati già effettuati i sopralluoghi per la realizzazione delle reti assolute anche al Vesuvio e a Ischia.

Questa rete avrà un potenziamento importante grazie al PON-GRINT in cui si prevede l'acquisizione di un Gravimetro Assoluto Atomico per misure indoor e outdoor e in continuo su intervalli di alcuni mesi. e al POR-PRESERVE con l'acquisizione di strumentazione ad integrazione e corredo di apparecchiature già in dotazione o in fase di acquisizione su altri progetti.

### **Rete Tiltmetrica**

Lo studio del segnale tiltmetrico riguarda l'analisi e l'interpretazione di quei segnali geofisici registrati dai tiltmetri che sono generati dalla continua modifica del campo di spostamento del suolo. Attraverso tali segnali è possibile rilevare piccolissime variazioni di inclinazione, sia in direzione che in ampiezza, dell'edificio vulcanico; l'obiettivo di tale studio è l'identificazione in tempo utile dei precursori di una possibile iniezione di dicchi o risalita di magma verso la superficie.

La realizzazione della rete tiltmetrica dei vulcani campani è cominciata nel 1986 quando l'Osservatorio Vesuviano ha installato le prime stazioni ai Campi Flegrei e al Vesuvio. Quasi trent'anni dopo, nel 2015, è stata installata la rete di monitoraggio dell'Isola d'Ischia. Attualmente la rete tiltmetrica dei Campi Flegrei è composta da 10 stazioni di cui 4 (BAI, SLF, OLB e CSO) sono attrezzate con sensori analogici di superficie (con risoluzione di 0.1 rad) mod. AGI 702 ed installate in gallerie, 3 stazioni (TOI, ARC e PSC) sono equipaggiate con sensori analogici da pozzo (con risoluzione di 0.1 rad) mod. AGI 722, installate in fori profondi (rispettivamente 10, 5 e 1 metro) ed infine 3 stazioni (HDM, ECO e CMP) sono dotate di sensori digitali da pozzo (con risoluzione di 0.005 rad) mod. Lily self-Leveling Borehole tiltmeter (della Jewell Ins.) installati in fori profondi 25 metri. Esse sono distribuite intorno all'area di massima deformazione che si registra durante le fasi bradisismiche. La rete tiltmetrica del Vesuvio è composta da 7 stazioni di

cui 3 (CMD, OVO e ROV) sono attrezzate con sensori analogici di superficie mod. AGI 702 ed installate in gallerie e 4 stazioni (IMB, CMT, TRC e GMG) sono dotate di sensori digitali da pozzo mod. Lily self-Leveling Borehole tiltmeter (della Jewell Ins.) installati in fori profondi 25 metri. Esse sono distribuite in posizione sfalsata rispettando la geometria radiale rispetto all'area craterica. La rete tiltmetrica dell'isola di Ischia è composta da 3 stazioni (ISC, BRN e FOR) attrezzate con sensori digitali da pozzo mod. Lily self-Leveling Borehole tiltmeter (della Jewell Ins.) installati in fori profondi 25 metri. La sua geometria è stata progettata considerando gli allineamenti strutturali e la morfologia dell'isola. Tutte le stazioni acquisiscono con un passo di campionamento di 1 minuto e trasmettono i dati quotidianamente al Centro di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano tramite sistemi GSM o rete hiperlan. La partecipazione al PON\_GRINT permetterà di ammodernare la rete tiltmetrica sostituendo i sensori analogici di superficie, con sensori analogici ad alta risoluzione (<25 nanoradianti) e datalogger di ultima generazione. La partecipazione al FESR Campania "pRESERVE", permetterà il potenziamento strumentale con la realizzazione di nuovi pozzi profondi 25-30 metri.

#### **Rete Mareografica**

Questa rete è costituita da 9 mareografi dislocati lungo la costa della Campania, con una maggiore densità in prossimità delle coste delle aree vulcaniche. Si hanno 4 stazioni ai Campi Flegrei, 2 in area vesuviana, 1 ad Agropoli, 1 a Ischia ed infine la stazione di riferimento a Napoli. Tutte le stazioni trasmettono dati in continuo ed in tempo reale presso l'Osservatorio Vesuviano.

#### **Rete altimetrica di precisione dei vulcani della Campania**

Queste reti forniscono dati altimetrici di precisione misurati sui capisaldi che la compongono mediante campagne periodiche di misura. Questi capisaldi sono distribuiti sulle aree vulcaniche dei Campi Flegrei, di Ischia e del Vesuvio. Le reti altimetriche di precisione furono istituite dall'Istituto Geografico Militare (IGM) nei primi anni del 1900 per poi passare nel 1975 in gestione all'Osservatorio Vesuviano che, da allora, ne ha curato ristrutturazioni ed ampliamenti. Attualmente la rete dei Campi Flegrei è costituita da circa 350 capisaldi distribuiti su circa 140 km di linea con interdistanza media di 400 m e strutturata in 15 circuiti concatenati che coprono un'area di oltre 160 km<sup>2</sup> compresi i tratti Napoli Mergellina - Mareografo Molo Carmine e Quarto Flegreo - Qualiano. La rete altimetrica di Ischia si sviluppa per oltre 100 km con circa 257 capisaldi con interdistanza media di circa 300 m ed è suddivisa in 10 circuiti concatenati. La rete del Vesuvio non è battuta da tempo e per questa è necessario procedere ad una verifica di funzionalità.

#### **Reti di monitoraggio geofisico dei vulcani della Sicilia**

Le misure geofisiche sui vulcani della Sicilia sono effettuate per mezzo delle reti di seguito descritte che trasmettono dati sia in tempo reale.

#### **Rete magnetica**

La rete permanente per il monitoraggio magnetico dell'Etna fornisce una misura in continuo dell'intensità del campo magnetico totale e delle sue componenti vettoriali per il monitoraggio delle variazioni geomagnetiche locali. È costituita da 6 stazioni magnetiche equipaggiate con magnetometri scalari ad effetto Overhauser GSM-90 (sensibilità 0.01 nT), ubicate lungo un profilo sud-nord che attraversa la zona sommitale dell'edificio vulcanico. La rete magnetica comprende anche una stazione vettoriale alla base del Cratere di NE e infine una stazione di riferimento ubicata a Cesarò sui Monti Nebrodi, fuori dall'edificio vulcanico, equipaggiata con un magnetometro scalare ed uno vettoriale. Le stazioni sono gestite da un datalogger che permette la sincronizzazione, la registrazione, l'archiviazione e la trasmissione dei dati magnetici acquisiti con un tasso di campionamento di 5 secondi. Le serie temporali di dati geomagnetici consentono di osservare e valutare le variazioni anomale del campo magnetico associate alle modifiche del campo di stress e dello stato termodinamico prodotte dalla risalita di magma negli strati più superficiali del vulcano.

#### **Rete telecamere**

La rete di telecamere dell'Etna (nel visibile e nell'infrarosso termico) risulta dislocata in 7 siti differenti, divisi in sommitali e distali. Nel dettaglio le stazioni sono ubicate presso i siti del CUAD, Nicolosi, Milo, Monte Cagliato, La Montagnola, Schiena dell'Asino e Bronte. In totale sono presenti 8 sensori nel visibile e 5 nell'infrarosso termico con sistemi di trasmissione video wireless/wired. Per le telecamere di Bronte, Schiena dell'Asino, Milo e La Montagnola (come sistema ridondante) sono stati utilizzati i sistemi di trasmissione UMTS. Lo sviluppo della rete prevede

l'implementazione di nuove stazioni nel versante nord occidentale del vulcano e l'upgrade delle attuali stazioni, ormai obsolete, con nuovi sensori nel visibile e nell'infrarosso termico e con nuovi apparati di alimentazione e trasmissione maggiormente performanti ed affidabili.

A Stromboli la rete nel visibile e nell'infrarosso termico risulta presente in 4 siti (sommitali e distali): Il Pizzo Sopra la Fossa, Quota 400 m s.l.m., Quota 190 m s.l.m. e Punta dei Corvi. In totale sono presenti 2 sensori nel visibile e 4 nell'infrarosso termico (compreso quello di quota 190) con sistemi di trasmissione video, WiFi e mediante Router UMTS. A Punta Labronzo è presente una stazione di rimbalzo dei segnali video verso la sede del COA dove i segnali vengono acquisiti, digitalizzati e trasferiti alla sede di Catania. Lo sviluppo della rete prevede l'implementazione di due nuove stazioni, una in località i Vancori e l'altra in località Punta Labronzo. Inoltre sarà effettuato l'upgrade delle attuali stazioni, ormai obsolete, con nuovi sensori nel visibile e nell'infrarosso termico e con nuovi apparati di alimentazione e trasmissione maggiormente performanti ed affidabili.

A Vulcano è presente una telecamera nel visibile che inquadra l'area del Gran Cratere di Vulcano ubicata presso l'Osservatorio di Lipari. Lo sviluppo della rete prevede l'implementazione di una nuova stazione, con sensore nell'infrarosso termico, in località Vulcano Cratere e l'upgrade dell'attuale stazione, ormai obsoleta, con nuovi sensori nel visibile e nell'infrarosso termico e con nuovi apparati di alimentazione e trasmissione maggiormente performanti ed affidabili.

### **Reti di monitoraggio geodetico della Sicilia**

La rete per il monitoraggio geodetico dei vulcani siciliani attivi è costituita da stazioni permanenti (stazioni GPS in continuo, stazioni clinometriche e stazioni di misura della gravità in continuo). In aggiunta, è presente una rete di capisaldi permanente utilizzata per le misure periodiche (misure GPS discrete, livellazioni e campagne gravimetriche).

#### **La rete GPS**

La rete GNSS in continuo è costituita da quattro differenti reti per il monitoraggio vulcanico. A partire dal 1995, sono state realizzate stazioni (36) sull'Etna, 16 stazioni alle Isole Eolie (Stromboli e complesso Vulcano-Lipari) e 3 sull'isola di Pantelleria. I dati di 18 delle 36 stazioni etnee e quelle di Stromboli vengono processati in tempo reale e ad alta frequenza di campionamento (1 Hz) per mezzo dei software RTD e Spider. Inoltre, i dati dell'intera rete vengono processati una volta al giorno da un cluster di computer per mezzo di appositi software ed i risultati di queste elaborazioni sono salvati su un database accessibile, per mezzo di opportune interfacce grafiche, direttamente via web. Sull'Etna è presente una rete GPS discreta costituita da oltre 80 capisaldi, dal livello del mare fino ai crateri sommitali e comprende alcuni punti stabili al di fuori del vulcano. Sono installati 27 capisaldi GPS a nel complesso Lipari-Vulcano e 10 a Pantelleria. Le campagne e reti geodetiche periodiche consentono di aumentare il dettaglio spaziale del rilievo del campo di deformazione dei vulcani e delle aree tettoniche della Sicilia orientale. Queste reti vengono di norma rilevate almeno una volta l'anno sui vulcani ed ogni tre-quattro anni sulle aree tettoniche (Nebrodi-Stretto-Iblei) ove i processi sono più lenti e lineari.

#### **La rete tiltmetrica**

La rete tiltmetrica permette la misura in continuo dell'inclinazione del suolo per il monitoraggio della deformazione come precursore a medio-breve termine. Attualmente, sull'Etna sono presenti 17 stazioni con sensori bi-assiali installati in foro ed uno strumento, a base lunga (80 metri), posizionato presso l'Osservatorio di Pizzi Deneri. Delle stazioni in foro, 8 sono installate a profondità di 26-30 metri e 5 a 9-10 metri. La rete permanente di Vulcano comprende 5 stazioni in foro quattro delle quali profonde 8-10 metri. A Stromboli sono installate 2 stazioni: la più antica (Punta Labronzo) opera dal 1992 ed una più recente (Timpone del Fuoco) il cui sensore è stato posizionato a -27 metri. A Pantelleria sono installate 3 stazioni tutte con sensori posti a 10 m di profondità.

La maggior parte delle stazioni acquisisce con frequenza al minuto (in alternativa un campione ogni 10 minuti) e i dati sono trasmessi in tempo reale a Catania, sia via radio (VHF) che wireless grazie alla presenza di 5 ponti radio. I dati registrati vengono salvati sul database di sezione e sono visibili sull'applicativo TSDsystem.

#### **Rete dilatometrica**

La rete di strainmeter installata sull'Etna è costituita da un totale di 4 dilatometri di Sacks-Evertson, utilizzati per il monitoraggio dei cambiamenti di pressione nella camera magmatica e per la comprensione della formazione dei condotti, la determinazione della profondità delle sorgenti esplosive, il volume delle eruzioni. Gli strumenti sono installati in pozzi profondi tra 120 e 200 m e ubicati lungo un profilo che dalle medie quote si spinge sino alla sommità del vulcano. Essi misurano lo *strain* volumetrico a cui è sottoposta la roccia circostante, potenzialmente con precisioni

nominali elevatissime (fino a  $10^{-12}$ ) in un ampio intervallo di frequenze ( $10^{-7} - 10^2$  Hz).

#### **Rete gravimetrica**

La rete gravimetrica relativa sull'Etna è attualmente composta da 71 capisaldi. Per accoppiare la rete esistente alle misure discrete ed estendere verso il basso il "range" dei periodi delle anomalie misurabili fino ad alcuni minuti, sono da tempo anche operative sull'Etna tre stazioni in continuo campionate ogni minuto a cui recentemente ne sono state aggiunte altre tre equipaggiate con gravimetri a superconduttori che hanno la caratteristica di una stabilità estremamente alta e una sensibilità estremamente elevata rispetto ai convenzionali gravimetri a molla.

#### **Rete di monitoraggio geochimico dei vulcani della Campania**

Il monitoraggio in continuo eseguito dall'Osservatorio Vesuviano viene effettuato tramite stazioni automatiche multiparametriche con trasmissione dei dati in tempo reale verso l'Osservatorio Vesuviano, per la misura dei seguenti parametri di interesse geochimico: flusso di  $\text{CO}_2$  dal suolo, temperatura delle fumarole, temperatura del suolo e i principali parametri ambientali che hanno effetto sul processo di degassamento. Viene effettuato anche un monitoraggio discreto eseguendo campagne mensili di misura del flusso di  $\text{CO}_2$  e della temperatura del suolo a 10 cm di profondità in punti fissi ubicati nelle aree di interesse dei vulcani campani. In aggiunta a ciò si eseguono campagne mensili di campionamento dei gas fumarolici emessi nelle aree vulcaniche di interesse. I campioni dei fluidi vulcanico/idrotermali prelevati sono successivamente analizzati presso il Laboratorio di Geochimica dei Fluidi dell'Osservatorio Vesuviano per determinare la composizione chimica ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ , Ar,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , He e CO) ed isotopica ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ).

Il laboratorio è in grado di produrre analisi chimiche (maggiori e tracce) ed isotopiche complete per quanto concerne i gas ed i condensati fumarolici, emissioni gassose, i gas disciolti e le acque di falda. Le analisi chimiche ed isotopiche dei gas e condensati fumarolici per le aree del Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia, rientrano nella routine di sorveglianza geochimica dei Vulcani Campani.

Due stazioni gestite dalla Sezione Roma 1 sono presenti ai Campi Flegrei nelle zone di Pisciarelli e Solfatara. Esse misurano il gradiente verticale di temperatura in zone subfumaroliche ( $<100^\circ\text{C}$ ).

#### **Reti per il monitoraggio geochimico dell'Etna e delle Eolie**

Il monitoraggio geochimico dei gas vulcanici è eseguito tramite infrastrutture gestite dalle sezioni di Palermo, Catania e Roma 1.

Le infrastrutture gestite dall'Osservatorio Etneo comprendono diversi tipi di sensori dedicati a misurare in telerilevamento ed in spettroscopia il flusso di  $\text{SO}_2$  e la composizione chimica dei plume vulcanici. Il monitoraggio è eseguito in continuo per ciò che riguarda il flusso di  $\text{SO}_2$  sull'Etna, Stromboli e Vulcano ed in maniera discreta per quanto riguarda la composizione chimica. Il campionamento è eseguito ai fini istituzionali di monitoraggio (allegato A DPC) e per scopi di ricerca. I dati analizzati in tempo reale e trasmessi alla sala di monitoraggio, ed una volta validati, confluiscono nel TSD-System. Attività inserita nella convenzione INGV-DPC All.

Nel dettaglio:

- La rete FLAME consta di stazioni UV-Scannig DOAS progettate e sviluppate dall'INGV-OE per il rilevamento del flusso di anidride solforosa ( $\text{SO}_2$ ) dai vulcani (9 all'Etna, 4 a Stromboli ed 1 a Vulcano). L'UV-Scanning DOAS esegue scansioni del cielo nella lunghezza d'onda dell'ultravioletto. Ogni scansione è trasmessa ad un PC centrale per il calcolo automatico del flusso di  $\text{SO}_2$ ; Le stazioni fisse  $\text{SO}_2$ -Camera progettate e sviluppate dall'INGV-OE (una all'Etna ed una a Stromboli), sono basate su telecamere con sensore nella banda dell'ultravioletto e sono utilizzate per misurare il flusso di  $\text{SO}_2$  ad alta risoluzione spaziale e temporale e nel contempo a stimare con maggior precisione la velocità di spostamento del plume-vento, così da affinare il calcolo del flusso di  $\text{SO}_2$ ;
- Le stazioni CERBERUS progettate e sviluppate dall'INGV-OE (una all'Etna ed una a Stromboli) sono basate su uno spettrometro con sensore nell'infrarosso FTIR (Fourier Transform Infrared spectroscopy) e consentono di rilevare la composizione chimica del plume vulcanico. Ogni stazione consiste di uno spettrometro FTIR, una telecamera termica e un sistema di puntamento gestiti da PC;
- Una rete di radiometri in continuo all'Etna è utilizzata per il monitoraggio ad alta frequenza delle anomalie termiche ai crateri sommitali. Consta di 3 sensori integrati nelle stazioni multiparametriche EBEM, ECNE, EPLC per l'osservazione del regime di degassamento ai crateri (NCSE, CNE, Voragine e BN);
- Una rete di 3 stazioni fisse per la misura ad alta frequenza delle emissioni di gas radon dai suoli, posizionate lungo faglie maggiori sull'Etna. I sensori sono di tipo passivo allo stato solido e sono posizionati al fondo di

piccoli fori profondi circa 2 m. Una delle stazioni è in grado di trasmettere i dati alla sede di Catania, mentre le altre due acquisiscono in remoto.;

- Rete permanente di monitoraggio delle nubi vulcaniche che attualmente è composta da 2 radar Doppler installati in configurazione permanente sull'Etna e da un LIDAR e un Radar in Banda X trasportabili;
- Rete permanente per il monitoraggio della ricaduta di ceneri vulcaniche attualmente composta da quattro radar in banda X. Tali strumenti sono denominati Pludix e sono installati permanentemente lungo un profilo che congiunge la sommità dell'Etna con l'aeroporto di Catania.

Le infrastrutture gestite da Palermo comprendono oltre 50 stazioni automatiche dislocate sul territorio per la misura del flusso di CO<sub>2</sub> e del gradiente di temperatura nei suoli, dei parametri chimico-fisici e della pressione totale di gas disciolto nelle acque in aree vulcaniche e sismiche e chimismo dei plume vulcanici. Il software di gestione della rete consente il controllo remoto delle stazioni, il processamento e la visualizzazione dei dati, la generazione di warning e la realizzazione di pagine web in modo totalmente automatico.

- Per il monitoraggio di CO<sub>2</sub> e l'SO<sub>2</sub> sull'Etna è presente la rete ETNAPLUME, interamente progettata e assemblata dalla Sezione di Palermo, per lo studio quantitativo dei processi di degassamento vulcanico. L'attuale configurazione consiste di due stazioni di monitoraggio site ai crateri sommitali. La strumentazione utilizzata combina dei sensori IR (per la misura della CO<sub>2</sub>) ed elettrochimici (per la misura dell'SO<sub>2</sub>), e permette la misura del rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> nel plume fino a 1 Hz. Ogni stazione MultiGAS è dotata di sensori per la misura di H<sub>2</sub>O, pressione temperatura e umidità. Ciascuna stazione di misura acquisisce quattro dati al giorno. I dati acquisiti vengono prima registrati su di una memoria locale e successivamente trasmessi (mediante un modem-radio) al centro di acquisizione di Palermo.
- La rete per il monitoraggio della CO<sub>2</sub> diffusa dai suoli, ETNAGAS, interamente progettata e assemblata dalla Sezione di Palermo e operante sull'Etna consente di monitorare le variazioni di flusso della CO<sub>2</sub> diffusa dai suoli. La relazione esistente tra il flusso della CO<sub>2</sub> diffusa dai se le manifestazioni eruttive dell'Etna ha permesso la definizione di modelli interpretativi di pericolosità vulcanica. Il monitoraggio di questo parametro si è dimostrato una risorsa di particolare utilità per la sorveglianza vulcanica. dell'INGV. Consiste di 14 stazioni di misura e nasce con l'intento di monitorare il flusso diffuso di CO<sub>2</sub> esalante dal suolo in siti noti per la comparsa di anomalie durante fasi attive del vulcano. Oltre al flusso di CO<sub>2</sub> la rete acquisisce i dati meteorologici quali pressione e temperatura atmosferica, umidità relativa dell'aria, direzione e velocità del vento, piovosità.
- Il monitoraggio geochimico multiparametrico delle acque di falda circolanti nella fascia pedemontana dell'edificio vulcanico dell'Etna (ETNAACQUE), finalizzato alla valutazione dello stato di attività del vulcano ed alla modellizzazione della circolazione dei fluidi in relazione al quadro morfo-strutturale del vulcano e valutazione dell'interazione gas-acqua. La rete consta di 10 stazioni di monitoraggio connesse con la sala di acquisizione dell'INGV sezione di Palermo tramite modem GSM. Ogni sito è stato condizionato in base al tipo di captazione dell'acquifero adottando di volta in volta una configurazione "ad hoc". Le stazioni installate nei pozzi (5) acquisiscono con cadenza oraria solo alcuni parametri chimico-fisici delle acque di falda (conduttività elettrica, temperatura, livello freatico) nonché parametri atmosferici quali la temperatura e l'umidità dell'aria e la pressione atmosferica. Le stazioni installate nelle gallerie drenanti (5) acquisiscono oltre ai parametri chimico-fisici anche la pressione parziale di CO<sub>2</sub> disciolta (PCO<sub>2</sub>) e la pressione totale dei gas disciolti (TGP).
- Il monitoraggio del degassamento flussi CO<sub>2</sub> dai suoli in area sommitale e periferica di Stromboli è effettuato tramite la rete di due stazioni di monitoraggio che utilizzano il metodo della camera di accumulo, ubicate rispettivamente in area sommitale (orlo craterico Pizzo Sopra La Fossa) e nell'area di Scari.
- Il monitoraggio delle temperature di emissione, variazioni di flusso di calore superficiale e del flusso di gas, finalizzato alla valutazione dello stato di attività di Vulcano, è effettuato mediante 2 stazioni che misurano la temperatura di emissione di gas da fumarole crateriche, composte da sensori di misura ubicati in fumarole di alta temperatura.
- Il monitoraggio del degassamento della CO<sub>2</sub> dai suoli in area sommitale e periferico ai fini della valutazione dello stato di attività di Vulcano Cratere è effettuato tramite due stazioni che utilizzano il metodo camera di accumulo, ubicate rispettivamente in area sommitale orlo craterico fuori dal campo fumarolico e nell'area di Palizzi.
- Il monitoraggio continuo del flusso di CO<sub>2</sub> dai suoli di Vulcano Porto ha la finalità di rilevare la presenza di trend o variazioni anomale riconducibili a mutamenti o/e dello stato di attività del vulcano o/e del sistema idrotermale. Al contempo, l'acquisizione in continuo consente di definire in modo più accurato l'influenza dei



parametri esogeni sulle variazioni registrate.

- Il campionamento del degassamento della SO<sub>2</sub> dal plume di Vulcano con scopi di ricerca e modellizzazione del sistema di circolazione di fluidi vulcanici e ai fini della valutazione dello stato di attività. La rete consta di due stazioni UV Scanning-DOAS ubicate rispettivamente nell'area di Palizzi e nell'area della Baia di Levante. La rete consta inoltre di una stazione meteorologica ubicata sul Lentia alla stessa altitudine dell'area craterica e di una telecamera visibile la quale osserva l'area craterica per il controllo del plume e la verifica di direzione e velocità.
- Il monitoraggio continuo dei parametri chimico fisici delle acque di falda dell'isola di Vulcano ha la finalità di rilevare la presenza di trend o variazioni anomale riconducibili a mutamenti o/e dello stato di attività del vulcano o/e del sistema idrotermale. Al contempo, l'acquisizione in continuo delle variazioni consente di definire in modo più accurato l'influenza dei parametri esogeni sulle variazioni registrate. I dati acquisiti dalla rete contribuiscono alla valutazione dello stato di attività del sistema e sono utilizzati per redigere il bollettino sullo stato di attività del vulcano previsto dagli accordi DPC. La rete Vulcano Acque è composta da 4 stazioni che misurano temperatura, conducibilità, livello e la pressione totale del gas disciolto.

Infine per la stima delle variazioni del flusso di calore conduttivo/convettivo nelle principali aree vulcaniche attive l'INGV è dotato di una rete di misura dei gradienti di temperatura del suolo. La rete è costituita da un totale di 9 stazioni, delle quali 2 ubicate sull'orlo del Gran Cono del Vesuvio, 3 nell'Isola di Stromboli (Pizzo sopra La Fossa, Vallonazzo, Piscità), 3 sul Cono de La Fossa (Isola di Vulcano), 1 nell'area del Belvedere sull'Etna. Le stazioni misurano il gradiente di temperatura (2-3 punti) in suolo riscaldato dal trasferimento di calore conduttivo e convettivo ( $t < 100^{\circ}\text{C}$ ) ed i parametri meteorologici che possono influenzare le misure (temperatura dell'aria, radiazione solare, piovosità, contenuto volumetrico di acqua nel suolo). I dati, acquisiti con cadenza oraria, sono in parte trasmessi con sistema satellitare ed in parte scaricati localmente.

Il progetto PON-GRINT consentirà sia il rinnovamento tecnologico che il potenziamento delle reti di monitoraggio geochimico in aree vulcaniche, gestite dalla Sezione di Palermo e dalla sezione di Catania. Molta strumentazione infatti si presenta ormai in uno stato di vetustà oltre che di obsolescenza tecnologica. In particolare, il potenziamento per le reti di misura gestite dalla sezione di palermo riguarderà le reti di misura di parametri chimico-fisici in falda, il flusso di CO<sub>2</sub> dai suoli (sia con metodo dinamico che con camera di accumulo), la temperatura ed il gradiente termico in aree fumarolizzate e/o prossimali, e le misure di C/S nel plume, sia in area etnea, che a Vulcano ed a Stromboli. In alcuni casi si incrementerà il numero dei parametri acquisiti, ad esempio con la misura della pressione di CO<sub>2</sub> tramite le stazioni di misura in falda. Tutte le reti saranno potenziate per quanto riguarda il numero delle stazioni ubicate sul campo, la sensoristica, l'elettronica e lo storage dei dati tramite utilizzo di nuovi datalogger. Per quanto riguarda le stazioni di monitoraggio gestite dalla sezione di catania, l'intervento PON-GRINT prevede il potenziamento e l'aggiornamento tecnologico delle stazioni esistenti della rete di monitoraggio UV-scanning DOAS FLAME sull'Etna, Stromboli e Vulcano. Le stazioni di misura CERBERUS verranno ricollocate presso il COA per Stromboli e a Nicolosi nel caso dell'Etna ai fini dell'ottimizzazione e del campionamento in continuo per scopi di sorveglianza e monitoraggio.

Le stazioni geochimiche gestite dalla Sezione Roma 1 sono collocate a Stromboli, Vulcano ed Etna. A Stromboli una stazione misura il gradiente verticale di temperatura ed è collocata in zona Cannestrà. All'Etna sono installate 3 stazioni di monitoraggio delle acque di falda nei pozzi Ilice, Acqua Difesa e Currone, mentre a Vulcano sono installate 3 stazioni sul cono della Fossa per la misura del gradiente verticale di temperatura.

#### **Reti di Monitoraggio Geochimico in aree sismiche**

L'INGV è dotato di reti di stazioni automatiche per il monitoraggio dei parametri geochimici delle aree sismicamente attive dell'area appenninica (Appennino Centro-Meridionale) e della regione Sicilia. In particolare, riguardo le aree della Regione Sicilia, le reti operanti sono localizzate nelle aree sismiche della Sicilia (Peloritani, Nebrodi, Madonie, Iblei, Valle del Belice e Sicilia occidentale). In dettaglio le stazioni sono così suddivise: 15 per la misura di flussi di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> dal suolo, 10 per la misura di parametri chimico-fisici (temperatura, livello piezometrico, conducibilità elettrica e pressione totale dei gas disciolti) nelle acque di falda a circolazione idrotermale e 2 per la misura della temperatura delle acque sotterranee. Nel caso delle aree sismicamente attive dell'area appenninica le reti operanti sono localizzate nelle aree sismiche nel tratto di appennino che si estende dall'Umbria alla Val d'Agri. In dettaglio le stazioni misurano Flussi di CO<sub>2</sub> al suolo, parametri chimico-fisici (temperatura, livello piezometrico, conducibilità elettrica e pressione totale dei gas disciolti) nelle acque di falda parametri meteo.

### **Rete Magnetica Nazionale**

La Rete Magnetica Nazionale è un'infrastruttura avente come scopo principale quello di rinnovare, ogni 5 anni, la cartografia magnetica italiana attraverso la raccolta di dati magnetici (declinazione, inclinazione e intensità del campo) su alcuni selezionati punti (circa 120), distribuiti quasi uniformemente sul territorio italiano. Questo prodotto ha interesse sia civile che militare e viene infatti realizzata in collaborazione con l'Istituto Geografico Militare.

Le misure del campo geomagnetico che confluiscono nella generazione di mappe rappresentano una vera e propria descrizione del campo magnetico terrestre visto dal nostro territorio, con le sue evoluzioni spaziali e temporali, calibrate e integrate dalle misure effettuate presso gli osservatori geomagnetici permanenti. Ciascun punto della rete è materializzato da un caposaldo, un punto al suolo costituito da un disco di alluminio posto su un basamento di cemento. Tali punti sono scelti ad opportuna distanza da disturbi artificiali e presso aree con basso livello di anomalia magnetica crostale.

Le misure vengono eseguite con regolarità ogni 5 anni, mentre ogni 2.5 anni viene ripetuta la misura su una rete ridotta di capisaldi. Gli strumenti attualmente in uso sono il magnetometro a precessione nucleare per la misura dell'intensità del campo ed il teodolite DI-flux, per le misure angolari di declinazione e inclinazione magnetica. Nel corso del 2020 verranno rioccupati tutti i punti della rete per l'aggiornamento della cartografia magnetica relativa all'anno 2020.

### **Rete di ricevitori GNSS per la misura di scintillazioni ionosferiche**

Per monitorare effetti transitori come le scintillazioni ionosferiche, da oltre un ciclo solare l'INGV ha installato in Artico ed Antartico una rete di ricevitori GISTM ("GPS *Ionospheric Scintillation and TEC Monitors*") in grado di fornire in tempo reale informazioni su tale fenomeno, principale causa di errore nell'ambito della navigazione satellitare.

Tali effetti sono particolarmente evidenti ed importanti in zone polari, dove furono installati i primi ricevitori della rete (Svalbard ed Antartide).

La rete è stata ampliata, nel corso del tempo, installando nuovi ricevitori a media latitudine (Chania, Roma e Lampedusa) e a bassa latitudine (Tucumán) attraverso l'attivazione di collaborazioni con istituzioni nazionali ed internazionali.

Ricevitori GNSS di ultima generazione consentono di monitorare i segnali che provengono dai satelliti GPS, principalmente, ma anche GLONASS e presto GALILEO, per mettere in evidenza le scintillazioni ionosferiche.

Esse sono l'effetto che le disomogeneità ionosferiche causano sui segnali satellitari e che degradano le prestazioni dei ricevitori.

La rete si compone oggi di 13 ricevitori (l'ultimo dei quali a Kilifi, Kenya) ad alto rate di acquisizione in grado di rilevare i segnali di ampiezza e fase sulle frequenze L1 ed L2 per ogni satellite, permettendo il tracking delle disomogeneità ionosferiche causa delle scintillazioni. Il panorama delle misure ionosferiche si è ulteriormente arricchito con l'acquisizione dei dati di TEC (Total Electron Content) derivati dalle misure dei ricevitori GPS della rete RING, con la possibilità di monitorare il TEC sull'Italia in tempo reale.

### **Rete rilevamento campi elettromagnetici ULF-ELF-VLF**

Il rilevamento del campo elettromagnetico naturale all'interno della cavità magneto-ionosferica è di notevole rilevanza per un duplice motivo. Da una parte è alla base di studi per la miglior comprensione dei fenomeni relativi alla fisica della magnetosfera e della ionosfera, dall'altra è alla base delle ricerche di eventuali emissioni di segnali ULF-VLF provenienti dalle strutture interne della Terra.

Le frequenze dei segnali investigati vanno dalla regione più bassa dello spettro dove è attiva una rete di sensori magnetici per frequenze ULF e stazioni di rilevamento per segnali elettromagnetici fino a frequenze di 22 kHz. In questo range ricadono anche gli effetti di fulmini, spherics, whistler e tweeks, che costituiscono tipici esempi di emissioni elettromagnetiche innescate da impulsi di energia all'interno della cavità Terra-Ionosfera

### **Vento Porti e Mare (VPM)**

Si tratta di una rete costituita da accelerometri e boa ondometrica per la stima dei parametri fondamentali delle onde marine.

La rete accelerometrica è installata a terra mentre una boa ondometrica di calibrazione è installata all'imboccatura del Golfo della Spezia, consentendo la misurazione del moto ondoso. Infatti in base alla teoria di Longuet-Higgins, è possibile correlare l'energia delle onde marine con l'energia dei microsismi in una determinata banda.

La rete, operativa già da tempo, sarà arricchita, nel prossimo biennio, con altri sensori, prevalentemente idrofonici.

### **Rete RADON**

IRON (Italian Radon mOnitoring Network) rappresenta il primo esempio in Italia ed uno dei primi in assoluto al mondo di network denso su scala regionale di stazioni permanenti per il monitoraggio in (quasi) real-time di concentrazione radon.

Sviluppato ed implementato negli ultimi 11 anni, comprende attualmente circa 60 stazioni, la maggior parte delle quali è concentrata lungo la catena appenninica centro-meridionale. Le varietà e diversità in termini di strumenti, tipologia di installazione e soprattutto il grande numero di dati di concentrazione acquisiti, sono supportate da un database relazionale, in continuo sviluppo e costante implementazione, che permette, attraverso un'interfaccia web dedicata, la visualizzazione di tutte le serie temporali, il loro download e la consultazione delle caratteristiche associate ad ogni stazione/strumento. Con il progetto FISR-2017 è stata avviata l'integrazione di IRON all'interno un network di monitoraggio multiparametrico, che prevede la realizzazione di una rete a scala nazionale di siti omogenei nei quali siano presenti velocimetri, accelerometri, sensori GPS, apparati per il monitoraggio elettromagnetico e misuratori radon. Si prevede di continuare il processo di sviluppo infrastrutturale nell'ambito del PON EPOS-GRINT e delle iniziative ad esso collegate e quello di sviluppo scientifico nell'ambito dei Progetti Dipartimenti INGV.



*Stazione clinometrica a La Montagnola (Monte Etna).*

### **Contributi del FORUM**

Di seguito vengono presentate in maniera sintetica le attività di gestione delle infrastrutture di ricerca e di sviluppo tecnologico programmate ed in corso. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti di Ricerca dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente. Queste attività costituiscono gli obiettivi specifici e linee di azione per il 2020, con prospettive di sviluppo per il biennio successivo.

#### **1 - Individuazione e correzione di anomalie nel segnale delle stazioni RSN**

La qualità del segnale delle stazioni sismiche è importante per ottenere corrette analisi dei sismogrammi e stime della magnitudo. Un potente strumento d'indagine della qualità è l'analisi spettrale. Infatti un'attenta osservazione dei diagrammi (SQLX, già a disposizione) porta ad individuare, per poter correggere, vari tipi di anomalie presenti nel segnale e che dipendono da vari fattori. Non potendo controllare "manualmente" diagrammi di 500 stazioni RSN, l'intento del 2020 è di utilizzare l'intelligenza artificiale per automatizzare un'analisi preliminare che consenta poi all'analista di focalizzarsi solo su un numero limitato di stazioni "sospette", già selezionate dall'algoritmo. Partecipanti: Paolo Casale, Alessandro Pignatelli, Valentino Lauciani.

## 2 - Realizzazione schermature per sensori VBB

Nel corso del 2020 si realizzeranno due schermi completi per velocimetri VBB STS2 e Trillium 240, come quelli già costruiti in passato per i siti Mednet. Lo schermo è composto da una copertura esterna cilindrica di acciaio inox dove all'interno verrà inserito un secondo cilindro concentrico in alluminio. Lo spazio tra i due cilindri verrà riempito con una composizione liquida di poliuretano espanso ad alta densità. Successivamente avverrà il rivestimento della parte interna con uno strato di lana di roccia, ricoperta con del tessuto in rame, cucito con punti di saldatura a stagno, il tutto collegato a terra, nella parte di contatto con il basamento in marmo. Tra le due coperture alloggerà una guarnizione di tenuta. Lo schermo poserà su una base in marmo, anch'essa munita di analogua guarnizione e fissato attraverso delle manopole metalliche. Tutte le operazioni sopra descritte saranno realizzate esclusivamente a mano. Partecipano alle attività: Sandro Rao, Augusto Bucci, Andrea Serratore

## 3 - Monitoraggio infrasonico dell'Etna: potenziamento della rete permanente

Lo studio dei segnali acquisiti dalla rete infrasonica permanente dell'Etna fornisce un importante contributo alla caratterizzazione dei processi che avvengono all'interfaccia magma-atmosfera. I sistemi automatici per l'analisi dei segnali infrasonici dell'INGV-OE permettono la detection e la localizzazione dei fenomeni esplosivi e di degassamento alle diverse bocche del vulcano. Nel prossimo biennio, nell'ambito del finanziamento del progetto PON GRINT, è previsto un potenziamento della rete infrasonica, che consisterà nell'installazione di nuove stazioni (di cui una è attualmente in fase di test) e di array. Tale potenziamento ha lo scopo di ridurre il gap azimutale e migliorare la rilevazione dei transienti infrasonici in presenza di disturbo causato da fenomeni meteorologici (e.g. vento).

Personale coinvolto: Mariangela Sciotto, Giuseppe Di Grazia, Sergio Di Prima, Ferruccio Ferrari, Eugenio Privitera, Luciano Scuderi.

## 4 - Riqualificazione di alcuni siti della Rete Sismica Nazionale allo standard del Mednet

Si cercherà, in base a studi sui segnali forniti da siti dell'attuale Rete Sismica Nazionale che offrono delle buone risposte, soprattutto alle basse frequenze dello spettro sismico, di apportare delle migliorie a livello di sensori, sostituendoli con velocimetri VBB ed installando contestualmente dei digitalizzatori high-end. I velocimetri VBB saranno recuperati da siti che attualmente non sono in grado di sfruttarne appieno le loro caratteristiche per inadeguatezza della struttura geologica. Partecipano alle attività: Sandro Rao, Peter Danecek ed il Gruppo Mednet.

## 5 - Installazione nuova stazione VBB della Rete Sismica Nazionale ad Amatrice

Nel corso del 2020 cominceranno i lavori per l'allestimento di una nuova stazione VBB (Very Broad Band) nei pressi di Amatrice, che andrà a sostituire l'attuale sito di T1299. È prevista la costruzione di un casotto in muratura, con ampio plinto che sarà dotato nella sua parte centrale di un foro dal quale si svilupperà un pozzo di qualche metro di profondità, per permettere anche l'installazione di un sensore posthole. I segnali saranno digitalizzati da un acquisitore high-end. Il luogo è già stato individuato, in seguito a delle accurate prove di rumore e presi anche i primi contatti con il comune di Amatrice. Partecipano alle attività: Augusto Bucci, Paolo Casale, Massimo Perfetti, Sandro Rao.

## 6 - Manutenzione straordinaria di tutte le stazioni Mednet della RSN

Sarà effettuato un sopralluogo su tutti i siti Mednet appartenenti alla Rete Sismica Nazionale, dove verranno sostituite per ognuno le due batterie tampone con uguali accumulatori high-end (12V-100Ah). Contestualmente sarà verificato lo stato di efficienza di tutti i connettori dei velocimetri ed accelerometri, controllandone l'assenza di ossidazioni, sarà verificato lo stato di tenuta delle guarnizioni tra lo schermo di isolamento dei sensori e le basi di marmo sulle quali poggiano i sensori medesimi nonché lo stato interno del rivestimento degli schermi.

Nella eventualità saranno sostituite le parti compromesse direttamente in sito, i ricambi per questi interventi sono già disponibili nel magazzino Mednet. Partecipano alle attività: Sandro Rao, Augusto Bucci.

## 7 - Produzione del nuovo acquisitore GAIAIV

A partire dalla seconda metà del 2020, essendo attualmente già stati realizzati i prototipi, conclusi i test di funzionamento in atto, verranno messi in produzione 40 acquisitori GAIAIV, la cui progettazione ed ideazione è avvenuta completamente in ambito ONT-INGV. Il nuovo acquisitore, andrà a sostituire gradualmente i vecchi acquisitori GAIA2 presenti su oltre il 50% degli attuali siti delle Rete Sismica Nazionale, essendo completamente compatibile con la vecchia tecnologia, sia dal punto di vista software che nella tipologia dei connettori esterni.

Partecipano alle attività: Catello Acerra, Stefano Farroni, Ulderico Piccolini, Sandro Rao, Leonardo Salvaterra.

#### 8 - Rete GNSS semi-continua delle Prealpi Venete

A partire dal 2010, nell'ambito dei progetti OMBRA e successivamente TRANSIENTI, è stata realizzata una rete di monitoraggio delle deformazioni del suolo basata su stazioni di misura GNSS installate in modalità di acquisizione semi-continua in un'area a cavallo tra le province di Treviso e Belluno. Alcune di queste stazioni sono nel frattempo diventate parte integrante della rete RING dell'INGV. Nel 2019 sono state installate 3 nuove stazioni e quelle attive sono state dotate di nuovi modem per il controllo remoto e lo scarico da remoto dei dati giornaliero. Lo scopo di questa infrastruttura "mobile" è quello di provvedere ad una densificazione delle reti di monitoraggio GNSS esistenti nell'area compresa tra le faglie del Montello e di Bassano-Valdobbiadene e migliorare la risoluzione spaziale del campo di deformazione. Nel 2020, oltre alla installazione di una nuova stazione si prevede la pubblicazione dei dati e l'integrazione nell'infrastruttura GNSSGIVING.

Personale coinvolto: Adriano Cavaliere (BO), Enrico Serpelloni (ONT), Francesco Pintori (ONT), Leonardo Martelli (BO).

#### 9 - Ipotesi di allestimento per stazione sismica portatile

Si procederà alla realizzazione di un prototipo di stazione sismica portatile, consistente in un unico contenitore, con all'interno l'acquisitore, l'apparato di trasmissione del dato in real-time e il pacco batterie.

Di fondamentale importanza sarà l'impiego di batterie a polimeri di litio con considerevole riduzione del peso a parità di potenza con le classiche batterie al piombo. Il contenitore avrà tutti i connettori per permettere il collegamento dei sensori, pannelli solari, antenne sia GPS che UMTS.

Partecipano alle attività: Sandro Rao, Augusto Bucci, Stefano Farroni, Andrea Serratore, Fabio Criscuoli, Lucian Giovani.

#### 10 - Rete UV-Scannig DOAS FLAME - monitoraggio in remoto del flusso di SO<sub>2</sub> nel plume vulcanico dell'Etna, Stromboli e Vulcano

I gas vulcanici svolgono un ruolo determinante sullo stile e la durata dei processi vulcanici. Sebbene l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) sia la terza specie tra i gas vulcanici, questa ricopre un ruolo fondamentale nella studio della dinamica vulcanologica superficiale degli edifici vulcanici (~5km dai crateri) e permette di stimare i budget di magma coinvolti in sin o in potenziali processi eruttivi. La Rete di monitoraggio automatica FLAME consiste di spettrometri scanning DOAS che in remoto permettono di misurare automaticamente il flusso di SO<sub>2</sub> emesso nei plume vulcanici. La tecnologia è progettata e assemblata dall'INGV-OE e l'attuale configurazione delle reti consiste di 9 stazioni sull'Etna, 4 su Stromboli ed 1 a Vulcano.

Obiettivi: prodotti di ricerca e di servizio per DPC

Personale coinvolto nella analisi dati e gestione rete: G. Salerno, T. Caltabiano, F. Mure; R. Maugeri, P. Principato.

#### 11 - Telemetria dei parametri energetici per sistemi a pannelli fotovoltaici

Saranno implementati dei sistemi di telemetria, presso alcuni siti della Rete Sismica Nazionale, alimentati a pannelli fotovoltaici, che invieranno presso i server della sede Irapina, dove è già stata implementata una piattaforma informatica ad hoc, una serie di parametri che indicheranno in real-time lo status energetico della strumentazione.

Partecipano alle attività: Luigi Falco, Angelo Castagnozzi, Annamaria Vicari, Sandro Rao, Marco Massa, Ezio D'Alema.

#### 12 - Rete Sismica Nazionale Multiparametrica

Nell'ambito del progetto FISIR-2017, che terminerà a giugno del 2020, sono state multiparametricizzate diverse stazioni della Rete Sismica Nazionale, con l'installazione di sensori velocimetrici, accelerometrici, geochimici, geodetici ecc. nel medesimo sito. Nei prossimi anni continuerà la fase di raddoppiamento canali in molte stazioni accelerometriche del Nord Italia in gestione alla sezione di Milano, iniziato in ambito FISIR, al fine di accoppiare le tre componenti velocimetriche agli accelerometri attualmente installati. Per le installazioni considerato il contesto dell'area saranno utilizzati velocimetri con periodo proprio comunque non inferiore a 5 secondi in modo da garantire una buona registrazione del moto a lunghi periodi tipico dei bacini alluvionali profondi. Allo stesso modo sarà previsto il raddoppio con i canali accelerometrici alle stazioni RSN in Nord Italia ad oggi provviste di solo sensore velocimetrico.

Partecipano alle attività: Sandro Rao, Marco Massa, Ezio d'Alema, Sara Lovati, Ulderico Piccolini.

### 13 - Ridondanza di trasmissione e back-up dell'alimentazione di alcuni siti della Rete Sismica Nazionale

Come previsto nel progetto FISR-2017, che terminerà a giugno del 2020, sono state multiparametrizzate diverse stazioni della Rete Sismica Nazionale, con l'installazione di sensori velocimetrici, accelerometrici, geochimici, geodetici ecc. nel medesimo sito. Contestualmente sono stati implementati dei sistemi di ridondanza sia per la trasmissione del dato (tramite vpn su due tecnologie di comunicazione differenti) che per i sistemi di alimentazione. Nel corso dei prossimi anni si procederà, per almeno una decina di altri siti della Rete Sismica Nazionale, ritenuti di buona qualità, sia dal punto di vista del segnale sismico, sia per la logistica, nell'implementazione dei suddetti sistemi ridondati.

Partecipano alle attività: Sandro Rao, Stefano Farroni, Augusto Bucci, Lucian Giovani, Ulderico Piccolini, Fabio Criscuoli, Andrea Serratore, Massimo Perfetti.

### 14 - RETE ETNAPLUME - Monitoraggio continuo per la misura rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> del plume dell'Etna

Il rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> è considerato un tracciante della profondità del magma degassante, e quindi in grado di fornire indicazioni sulla probabilità di un'eruzione, pertanto supporta in modo significativo la sorveglianza vulcanica.

La rete per il monitoraggio del rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> operante sull'Etna è interamente progettata e assemblata dalla Sezione di Palermo dell'INGV. L'attuale configurazione consiste di una stazione di monitoraggio sita al cratere voragine.

La strumentazione utilizzata combina dei sensori IR (per la misura della CO<sub>2</sub>) ed elettrochimici (per la misura dell'SO<sub>2</sub>), e permette la misura del rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> nel plume fino a 1 Hz. Ogni stazione MultiGAS è dotata di sensori per la misura di H<sub>2</sub>O, pressione temperatura e umidità.

Personale coinvolto: (INGV-PA) G. Giuffrida, S. Cappuzzo, V. Francofonte, L. Foresta Martin, R. La Porta.

### 15 - RETE STROMBOLIPLUME - Monitoraggio continuo per la misura rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> del plume dello Stromboli

Il rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> è considerato un tracciante della profondità del magma degassante, e quindi in grado di fornire indicazioni sulla probabilità di un'eruzione, pertanto supporta in modo significativo la sorveglianza vulcanica.

La rete per il monitoraggio del rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> operante sullo Stromboli è interamente progettata e assemblata dalla Sezione di Palermo dell'INGV. La strumentazione utilizzata combina dei sensori IR (per la misura della CO<sub>2</sub>) ed elettrochimici (per la misura dell'SO<sub>2</sub>), e permette la misura del rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> nel plume fino a 1 Hz. Ogni stazione MultiGAS è dotata di sensori per la misura di H<sub>2</sub>O, pressione temperatura e umidità.

Personale coinvolto: (INGV-PA) G. Giuffrida, A. Gattuso, S. Cappuzzo, V. Francofonte, L. Foresta Martin, R. La Porta.

### 16 - RETE ETNAGAS - Monitoraggio continuo per la misura della CO<sub>2</sub> diffusa dai suoli dell'Etna

La rete per il monitoraggio della CO<sub>2</sub> diffusa dai suoli consiste di 14 stazioni di misura. La rete nasce con l'intento di monitorare il flusso diffuso di CO<sub>2</sub> esalante dal suolo in siti noti per la comparsa di anomalie durante fasi attive del vulcano. La relazione esistente tra le variazioni di flusso della CO<sub>2</sub> diffusa dai suoli e le manifestazioni eruttive dell'Etna ha permesso la definizione di modelli interpretativi di pericolosità vulcanica.

Oltre al flusso di CO<sub>2</sub> la rete acquisisce i dati meteorologici quali pressione e temperatura atmosferica, umidità relativa dell'aria, direzione e velocità del vento, piovosità.

Personale coinvolto: (INGV-PA) S. Gurrieri, G. Giuffrida, S. Cappuzzo, V. Francofonte, L. Foresta Martin, R. La Porta.

### 17 - Rete Sismica Permanente di Stromboli

La rete sismica permanente di Stromboli è una infrastruttura strategica per il monitoraggio sismico e vulcanologico del vulcano che restituisce dati scientifici essenziali allo studio e alla comprensione del sistema vulcano. Questa rete è gestita in sinergia dalle sezioni INGV-OV e INGV-OE. Nell'ambito delle attività previste dal progetto di potenziamento del monitoraggio, questa rete sarà interessata nei prossimi anni da significativi ammodernamenti strumentali e azioni di miglioramento qualitativo. Queste attività saranno condotte alla luce dei risultati tecnologici raggiunti per la realizzazione delle stazioni multiparametriche sviluppate nell'ambito del "FISR - Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0".

### 18 - Rete Sismica Permanente di Ischia

La rete sismica permanente di Ischia è una infrastruttura strategica per il monitoraggio sismico e vulcanologico del vulcano che restituisce dati scientifici essenziali allo studio e alla comprensione del sistema vulcano. Questa rete è

stata oggetto di un importante potenziamento negli anni scorsi. Si prevede, nell'ambito del FISR Sale Operative Integrate, di procedere ad un'installazione, sul sito di Casamicciola, di una stazione multiparametrica integrata dotata di sensore sismico, accelerometrico, tilmetrico equipaggiata con sensore di Radon.

#### 19 - Rete Sismica Permanente dei Campi Flegrei

La rete sismica permanente dei Campi Flegrei è una infrastruttura strategica per il monitoraggio sismico e vulcanologico del vulcano che restituisce dati scientifici essenziali allo studio e alla comprensione del sistema vulcano. Questa rete è stata inserita tra gli obiettivi di potenziamento del progetto PON-GRINT. Pertanto negli anni a seguire sarà interessata da significativi ammodernamenti strumentali e azioni di miglioramento qualitativo.

Si prevede, nell'ambito del FISR Sale Operative Integrate, di procedere ad un'installazione, sul sito di Monte Sant'Angelo, di una stazione multiparametrica integrata dotata di sensore sismico, accelerometrico, tilmetrico equipaggiata con sensore di Radon.

#### 20 - Rete Sismica Permanente del Vesuvio

La rete sismica permanente del Vesuvio è una infrastruttura strategica per il monitoraggio sismico e vulcanologico del vulcano che restituisce dati scientifici essenziali allo studio e alla comprensione del sistema vulcano. Questa rete è stata inserita tra gli obiettivi di potenziamento del progetto PON-GRINT. Pertanto negli anni a seguire sarà interessata da significativi ammodernamenti strumentali e azioni di miglioramento qualitativo.

Si prevede, nell'ambito del FISR Sale Operative Integrate, di procedere ad una installazione, sul sito dell'Osservatorio Vesuviano sede storica, di una stazione multiparametrica integrata dotata di sensore sismico, accelerometrico, equipaggiata con sensore di Radon.

#### 21 - Rete Integrata Nazionale GNSS in real-time

I dati e i prodotti derivati dall'infrastruttura di ricerca della RING hanno un impatto notevole sulla ricerca scientifica. L'attuale RING è composta da più di 200 stazioni permanenti distribuite sul territorio nazionale. Queste stazioni trasmettono dati in tempo reale presso la sede Irapina, ma attualmente solo i dati giornalieri con campionamento a 30s sono disponibili. Si propone di irrobustire l'infrastruttura sulla quale avviene tale acquisizione per rendere disponibili: 1) i dati a più alta frequenza registrati (alle stazioni RING e non) in occasione dei diversi terremoti avvenuti in Italia dal 2009 ad oggi, e 2) i dati in tempo reale di tutte le stazioni RING.

#### 22 - Rete Sismica Mobile (RSM) INGV

La Rete Sismica Mobile (RSM) dell'INGV è composta da strumentazione dedicata a campagne temporanee di misura, gestita da ricercatori di varie Sezioni.

Per favorire le attività del TT "Reti di monitoraggio e sorveglianza" verrà creato un Board con referenti delle Sezioni con strumentazione mobile già organizzata, ambito per proposte condivise e migliorie tecniche. Si incentiverà lo scambio di esperienze e collaborazione tra i gruppi e verrà fornito supporto ai GO SISMO ed EMERSITO per la gestione delle apparecchiature in emergenza.

Verrà data visibilità alla RSM con spazi web, seminari e workshop e stimolata la diffusione dei dati della RSM attraverso l'utilizzo di DOI.

Partecipano alle attività: Simone Marzorati, Carlo Giunchi, Maurizio Vassallo, Ezio D'Alema, Danilo Galluzzo, Graziano Larocca, Milena Moretti.

#### 23 - IRON (Italian Radon mOnitoring Network)

IRON (Italian Radon mOnitoring Network) rappresenta il primo esempio in Italia, ed uno dei primi in assoluto al mondo, di network denso su scala regionale di stazioni permanenti per il monitoraggio in (quasi) real-time di concentrazione radon. Sviluppato ed implementato negli ultimi 11 anni, comprende attualmente circa 60 stazioni, la maggior parte delle quali è concentrata lungo la catena appenninica centro-meridionale. Le varietà e diversità in termini di strumenti, tipologia di installazione e soprattutto il grande numero di dati di concentrazione acquisiti, sono supportate da un database relazionale, in continuo sviluppo e costante implementazione, che permette, attraverso un'interfaccia web dedicata, la visualizzazione di tutte le serie temporali, il loro download e la consultazione delle caratteristiche associate ad ogni stazione/strumento. Gli obiettivi di IRON, oltre al continuo potenziamento della rete di monitoraggio in sé, sono rappresentati dallo sviluppo tecnologico della strumentazione, in particolare la trasmissione remota dei dati e il miglioramento delle prestazioni strumentali in condizioni di alta umidità e dallo sviluppo scientifico delle tecniche di monitoraggio e dei protocolli di analisi numerica. Con il progetto FISR-2017 è

stata avviata l'integrazione di IRON all'interno un network di monitoraggio multiparametrico, che prevede la realizzazione di una rete a scala nazionale di siti omogenei nei quali siano presenti velocimetri, accelerometri, sensori GPS, apparati per il monitoraggio elettromagnetico e misuratori radon.

Partecipano alle attività Adriano Nardi, Massimo Orazi, Andrea Antonioli, Andrea Serratore, Antonino D'alessandro, Antonio Piersanti, Daniele Melini, Alessandro Pignatelli, Carlo Giunchi, Sandro Rao, Stefano Farroni, Gaia Soldati, Gianfilippo De Astis, Gianfranco Galli, Marco Moro, Mariagrazia Ciaccio, Massimiliano Ascani, Michele Saroli, Monica Piochi, Simone Atzori, Valentina Cannelli, Leonardo Salvaterra, Marcello Silvestri, Massimiliano Vallocchia, Elena Spagnuolo, Anna Maria Lombardi.

#### 24 - Rete di Monitoraggio Geochimico Vesuvio

La rete di monitoraggio geochimico del Vesuvio acquisisce una serie di parametri che contribuiscono alla valutazione dello stato di attività del sistema idrotermale. La rete consiste in due stazioni automatiche multiparametriche installate una a bordo cratere e una a fondo cratere per la misura del flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, della temperatura e dei principali parametri ambientali che hanno effetto sul processo di degassamento. Lo sviluppo e la manutenzione della rete sono attività comprese nella convenzione INGV-DPC All. A. I dati prodotti sono inseriti nei bollettini e nelle relazioni scientifiche di sorveglianza.

#### 25 - Rete di Monitoraggio Geochimico Campi Flegrei

La rete di monitoraggio geochimico dei Campi Flegrei acquisisce una serie di parametri che contribuiscono alla valutazione dello stato di attività del sistema idrotermale. La rete è costituita da due stazioni automatiche installate nell'area craterica della Solfatara e di Pisciarelli e di una stazione multiparametrica "GEMMA" sviluppata presso l'Osservatorio Vesuviano, di cui una installata nel cratere della Solfatara, per la misura del flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, della temperatura e dei principali parametri ambientali che hanno effetto sul processo di degassamento. Lo sviluppo e la manutenzione della rete sono attività comprese nella convenzione INGV-DPC All. A. I dati prodotti sono inseriti nei bollettini e nelle relazioni scientifiche di sorveglianza.

#### 26 - Centro di Monitoraggio del Sottosuolo

Nell'ambito del Centro di Monitoraggio delle attività del Sottosuolo (CMS), è ormai attiva presso la Sezione di Bologna la sala operativa per l'acquisizione e l'analisi in tempo reale dei dati di monitoraggio delle concessioni coinvolte. Al centro di acquisizione pervengono i dati di reti sismiche e geodetiche che vengono analizzati in tempo reale e rivisti per la redazione di report e cataloghi. La sala operativa si coordina con la sala sismica dell'ONT Roma per gli eventi di interesse comune. I progetti coinvolti attuano in via sperimentale gli Indirizzi e Linee Guida per il Monitoraggio della Sismicità, delle Deformazioni del Suolo e delle Pressioni di Poro nell'ambito delle attività antropiche, pubblicate dal Ministero dello Sviluppo Economico, nelle aree di concessione di Mirandola/Cavone, Gorgoglione, Val d'Agri mentre sono in definizione accordi per altre aree.

Partecipano alle attività: Andrea Morelli, Stefania Danesi, Thomas Braun, Lucia Zaccarelli, Alex Garcia.

#### 27 - Monitoraggio termico di superficie - Vulcano

Compatibilmente con le risorse disponibili, proseguirà il monitoraggio delle temperature di superficie. Il monitoraggio geochimico è concepito e sviluppato come ricerca, attraverso la sperimentazione (sul campo e in laboratorio) delle tecniche di acquisizione con le nuove tecnologie disponibili, considerando la possibilità di adattamento delle strumentazioni alle condizioni operative estreme, e alla variabilità delle condizioni di sito. L'analisi delle variabili sarà rivolta a consolidare procedure di validazione e ad approfondire le valutazioni comparative con gli altri dati acquisiti dalla rete multiparametrica. Prodotti: serie temporali di dati di temperatura del suolo, bollettini periodici, articoli scientifici, presentazioni a congressi e workshop.

#### 28 - Rete di monitoraggio geochimico in TABOO

Monitoraggio geochimico dei fluidi (alta e bassa frequenza di campionamento) nell'area del Near Fault Observatory TABOO.

L'obiettivo principale è lo studio del ruolo dei fluidi nelle fase preparatorie dei terremoti e di come la deformazione del campo di stress può generare variazioni che i fluidi portano traccia in superficie.

I prodotti previsti rientrano nella produzione di articoli scientifici e partecipazioni a congressi.



Tra le prospettive future c'è quella di aumentare il numero dei parametri investigati per poter meglio definire un modello di origine dei fluidi e dei processi che ne controllano il chimismo durante il loro trasferimento attraverso la crosta (es. deformazioni cristalline, interazioni acqua gas etc.).

Personale coinvolto: Antonio Caracausi, Lauro Chiaraluca, Rocco Favara, Marco Camarda, Sofia De Gregorio, Giorgio Capasso.

### 29 - Rete di monitoraggio del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli in Sicilia Orientale ed Occidentale

La rete è composta da 10 stazioni per la misura in continuo del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli, cinque delle quali acquisiscono anche alcuni parametri meteo (temperatura dell'aria, pressione atmosferica, pioggia e velocità del vento). I dati vengono acquisiti con frequenza oraria e trasmessi ogni giorno alla sede di Palermo.

Il monitoraggio in continuo del flusso di CO<sub>2</sub> in aree sismiche ha come finalità primaria lo studio dell'influenza dei fenomeni sismogenetici sulle emissioni di CO<sub>2</sub> dai suoli.

Personale coinvolto: M. Camarda, R. Favara, S. De Gregorio, G. Capasso, S. Cappuzzo, P. Cosenza, R. La Porta, A. Mastrolia e L. Foresta Martin.

### 30 - Monitoraggio geochimico in continuo - Etna

La rete di monitoraggio geochimico in continuo gestita, nell'ambito dell'Allegato A dell'Accordo Quadro 2012-2021 DPC-INGV, dalla sezione Roma 1 e dall'Osservatorio Etneo è costituita da tre stazioni installate nei versanti sud/est dell'Etna. Contribuisce al quadro generale delle conoscenze misurando anche gas disciolti (radon tutte le stazioni, CO<sub>2</sub> stazione Pozzo Currone). Oltre all'attività di mantenimento delle stazioni, si prevede di incrementare il set di dati, oggi consultabile attraverso un'interfaccia web oggetto di sviluppo, al momento ad accesso riservato e già operativa da due anni. Oltre ai dati di più recente acquisizione si prevede di inserire progressivamente quelli raccolti prima del 2018.

Partecipano alle attività: Giuseppe Di Stefano, Gianfranco Galli, Salvatore Giammanco, Francesco Pongetti, Umberto Sciacca, Gabriele Tarabusi.

### 31 - Rete di monitoraggio dei parametri chimico-fisici delle acque di falda dell'Isola di Vulcano

La rete è composta da 4 stazioni che misurano temperatura, conducibilità, livello e la pressione totale del gas disciolto (TGP) in 4 pozzi. Il monitoraggio è effettuato utilizzando delle sonde multiparametriche progettate e realizzate ad hoc per poter operare nelle condizioni ambientali critiche presenti nella falda di Vulcano.

Il monitoraggio è finalizzato a rilevare la presenza di trend o variazioni anomale riconducibili a mutamenti dello stato di attività del vulcano o/e del sistema idrotermale e alla studio dei processi d'interazione. I dati sono acquisiti con frequenza oraria e trasmessi alla sala di monitoraggio, una volta validati, confluiscono nel TSD-System. Attività inserita nella convenzione INGV-DPC All. A.

Personale coinvolto: S. De Gregorio, M. Camarda, G. Capasso, V. Prano, S. Gurrieri, S. Cappuzzo, R.M.R. Di Martino, A. Mastrolia, R. La Porta, P. Cosenza, L. Foresta Martin.

### 32 - Rete per il monitoraggio continuo del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli nell'isola di Vulcano

La rete Vulcano Gas è composta da 8 stazioni che misurano in continuo il flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli, tre delle quali acquisiscono anche alcuni parametri meteo (temperatura dell'aria, pressione atmosferica, pioggia e velocità del vento). I dati vengono acquisiti con frequenza oraria e trasmessi ogni giorno alla sala di monitoraggio di Palermo.

Il monitoraggio in continuo del flusso di CO<sub>2</sub> emesso dai suoli ha la finalità di rilevare la presenza di trend o variazioni anomale riconducibili a mutazioni dello stato di attività del vulcano. I dati acquisiti vengono analizzati ed utilizzati per redigere il bollettino mensile fornito al DPC.

Personale coinvolto: M. Camarda, S. De Gregorio, G. Capasso, R.M.R. Di Martino, S. Cappuzzo, S. Gurrieri, V. Prano, P. Cosenza, R. La Porta, A. Mastrolia e L. Foresta Martin.

### 33 - Rete di Monitoraggio Sismico di Edifici Pubblici Strategici

Nel territorio della Regione Marche è attivo il monitoraggio sismico di 20 edifici pubblici strategici di interesse regionale, sviluppato nell'ambito della Convenzione tra INGV e Regione Marche.

L'infrastruttura monitorante si compone di accelerometri MEMS installati alla base delle strutture, acquisiti in tempo reale nella Sede di Ancona dell'ONT. Oltre al mantenimento dell'infrastruttura, l'acquisizione dei dati in tempo reale e la produzione di parametri strong-motion in tempi rapidi, attività di valutazione e sperimentazione di nuovi

accelerometri MEMS e sistemi di trasmissione per l'IoT (Internet of Things) costituiscono la prospettiva per applicazioni di rischio sismico che guardano alle Smart Cities.

Partecipano alle attività: Ladina Chiara, Marzorati Simone, Cattaneo Marco, Pantaleo Debora, Calamita Carlo, e collaborazione con Dipartimento di Ingegneria Informatica (DII) dell'Università Politecnica delle Marche.

#### 34 - Acquisizione dati in tempo reale stazioni accelerometriche in Italia

Nell'ambito del monitoraggio del territorio nazionale, presso la sezione di Milano, sono acquisiti in tempo reale i dati di tutte le stazioni accelerometriche presenti in Italia. In particolare vengono acquisiti ed archiviati i dati delle stazioni della RSN, dei suoi client, e i dati della RAN. Attualmente i dati sono relativi a circa 580 stazioni in continuo e in tempo reale.

Partecipano alle attività: Ezio D'Alema, Marco Massa, Simona Carannante, Sara Lovati, Rodolfo Puglia.

#### 35 - Monitoraggio parametri UMTS per le stazioni della RSN e le reti temporanee

Nell'ambito delle attività di monitoraggio multiparametrico della RSN, il monitoraggio dei valori dei campi telefonici e le loro relative qualità, permette il miglioramento delle configurazioni da utilizzare su una singola stazione sismica. L'archivio storico dei dati permette inoltre la valutazione dell'evoluzione nel tempo di tali parametri. Nel corso del 2020 proseguirà la raccolta dati presso la sezione di Milano e la sede di Ancona dell'ONT, ciascuna per le proprie stazioni di competenza, creando uno strumento condiviso utilizzabile sia per le stazioni permanenti sia per le stazioni temporanee per le emergenze sismiche.

Partecipano alle attività: Ezio D'Alema, Simone Marzorati, Simona Carannante, Ivano Carluccio, Debora Pantaleo, Carlo Calamita. Sezioni coinvolte: Milano, ONT sede di Ancona.

#### 36 - Rete Sismica Nazionale (RSN): manutenzione e gestione stazioni in Nord Italia

La sezione di Milano dell'INGV gestisce attualmente 30 stazioni permanenti della Rete Sismica Nazionale (RSN) installate in Nord Italia, contribuendo al monitoraggio sismico del territorio. I dati acquisiti in tempo reale vengono archiviati in locale e trasmessi alla sala sismica di Roma per poi andare a popolare il nodo EIDA INGV. Contribuiscono all'attività tecnici, tecnologi e ricercatori della sezione. Per questa attività è attivo presso la sezione un servizio di reperibilità h24/365g dedicato al funzionamento della Rete Sismica Nazionale.

Partecipano alle attività: Marco Massa, Ezio D'Alema, Sara Lovati, Simona Carannante, Rodolfo Puglia.

#### 37 - Analisi qualità dati in tempo reale delle stazioni accelerometriche RSN

Acquisizione, analisi automatica e controllo di qualità in tempo reale per tutti i dati registrati dalle stazioni accelerometriche in telemetria, appartenenti sia alla rete sismica nazionale (RSN) gestita dall'INGV che a network gestiti da partner in convenzione o accordo di scambio dati con INGV. Le analisi proposte saranno finalizzate sia alla pubblicazione immediata dei principali parametri di scuotimento di interesse ingegneristico pochi minuti dopo l'evento sia al costante controllo e verifica della qualità del dato acquisito dalle stazioni. Saranno effettuate verifiche delle accelerazioni registrate sia mediante analisi spettrali dei dati sia tramite la stima di residui tra dato osservato e dato predetto dai modelli di scuotimento attualmente disponibili. I risultati consentiranno a seguito di ogni evento (comprese le emergenze) di valutare la corretta installazione ed il corretto settaggio di acquisitori e sensori della rete, al fine di definire direttive e interventi mirati alla ottimizzazione della qualità e della capacità di registrazione dei siti. Nel complesso le analisi consentiranno di aumentare l'efficienza della rete accelerometrica in termini di numero di registrazioni di qualità utilizzabili sia a fini di monitoraggio che ingegneristico. I risultati e le statistiche per ogni evento e stazione saranno disponibili tramite report dedicati in aree riservate sul portale web ISMD. In sviluppo nell'ambito del progetto FISR-SOIR 2017 e dell'All.A INGV-DPC 2019-2021, wp3.3.

Partecipano alle attività: Marco Massa, Ezio D'Alema, Sandro Rao, Alfonso mandiello, Lucia Margheriti.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali
	Istituto dei Sistemi Complessi, Sesto Fiorentino, Firenze, Italy Università di Modena e Reggio Emilia, Italy Istituto di Radioastronomia - IRA, Istituto Nazionale di Astrofisica - INAF, Bologna, Italy, Politecnico di Torino, Italy Istituto Superiore Mario Boella - Torino, Italy Leonardo SpA, Telespazio, Navigation group, Rome, Italy UNIVERSITY TOR VERGATA, Rome, Italy GESA Group of the UNLP, La Plata, Argentina ICATE - CONICET, San Juan, Argentina Instituto Antártico Argentino/Dirección Nacional del Antártico (IAA/DNA), Buenos Aires, Argentina Ionospheric

Laboratory of the UNT, Tucuman, Argentina  
 Bureau of Meteorology, Australian Government, Australia Royal Observatory of Belgium, Brussels, Belgium  
 FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brazil  
 Centro de Radio Astronomia e Astrofisica Mackenzie (CRAAM), Universidade Presbiteriana Mackenzie, Sao Paulo, Brazil  
 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brazil  
 Natural Resources Canada, Geomagnetic Laboratory, Ottawa, Ontario, Canada University of New Brunswick - CHAIN, Fredericton, New Brunswick, Canada National Institute of Polar Research, NIPR, Tokyo, Japan  
 Space Research Center, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland South African National Space Agency, SANSA, South Africa  
 Nottingham Geospatial Institute, University of Nottingham, United Kingdom (contacts) University of Bath, United Kingdom (contacts)  
 U.S. Geological Survey, USGS, USA (contacts)  
 MIT Haystack Observatory, Westford, MA, USA (contacts)  
 Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, JHAPL, USA (contacts) Virginia Polytechnic Institute and State University, (VT), USA (contacts)  
 Università degli Studi di Salerno Università degli studi di Palermo DI.STEM  
 Dipartimento di Chimica e Fisica dell'Università degli Studi di Palermo Geological Survey neozelandese  
 GFZ di Potsdam (Germania)  
 Osservatorio Geofisico Sperimentale  
 Università di Perugia  
 Università di Roma La Sapienza  
 Università di Genova  
 Arizona University  
 UNAVCO  
 International Continental Scientific Drilling Program  
 Istituto Geografico Militare Italiano  
 Dipartimento della Protezione Civile ISPRA  
 Ecole Normale Supérieure National Observatory of Athens  
 IPGP e OBS Park Europe  
 LDEO Columbia University  
 INOGS  
 CNR – ISMAR, IGAG  
 Università della Calabria  
 JRC  
 ISPRA  
 INFN, Sezione di Catania  
 Institute of Nuclear Sciences, Ege University, Bornova/Izmir, Turkey  
 IOC-UNESCO  
 KOERI  
 NOA  
 CENALT  
 National Institute for Earth Physics, Romania Dept. of Physics, Malta Univ., Malta  
 Geophysical Institute, Czech Academy of Science, Czech Republic  
 Institute of Geosciences, Energy, Water and Environment (IGEWE), Polytechnic University of Tirana, Tirana, Albania  
 Republic Hydrometeorological Service of Republic of Srpska, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina  
 Montenegro Seismological Observatory, Sector for Seismology, Podgorica, Montenegro  
 Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens, Athens, Greece  
 Seismological Survey of Serbia, Belgrade, Serbia  
 Institut National de Meteorologie, Tunisia Bogazici Univ. and KOERI, Turkey  
 Geophysical Institute, National Observatory of Athens  
 Greece Geophysical Institute  
 Bulgarian Academy of Science, Bulgaria GEOFON  
 GFZ, Germany

NRIAG, Egypt

Seismological Centre, Academy of Albania

CNRST, Morocco

Geophysical Institute, Bulgarian Academy of Science, Bulgaria Seismological Service of Serbia, Serbia

Università di Trieste and OGS, Italy

CRAAG, Algeria

Università degli Studi di Genova Università degli Studi di Trieste

Università degli Studi della Basilicata - Potenza Università degli Studi delle Calabrie – Rende Istituto Geofisico

Toscana Prato Ricerche Osservatorio Geofisico Sperimentale – Trieste Centro Ricerche Sismologiche – Udine

ETH, Zurigo

Provincia autonoma di Trento

University of Manchester

University of Cambridge

BGS - British Geological Survey

Université Paris-Est Créteil (UPEC)

Royal Belgian Institute for Space Aeronomy

Sorbonne Université, Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales

Department of Terrestrial Magnetism - Carnegie Institution - Washington DC

Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (IMM) - CNR, Italy

### Progetti

European Plate Observing System (EPOS)

PON-GRINT

Seismology and Earthquake Engineering Research Infrastructure Alliance for Europe (SERA)

A Strainmeter Array Along the Alto Tiberina Fault System, Central Italy (STAR)

FISR "Sale Operative integrate e Reti di Monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0"

Por Fesr 2014/2020 - PRESERVE (Progetto Rafforzamento dei Sistemi di monitoraggio dei Vulcani attivi dell'area napoletana;

"SiC optical nano-strain-meters for pico-detection in Geosciences" (SiC nano for picoGeo). EC Call: H2020-FETOPEN-2019-2023 (FET-Open – Novel ideas for radically new technologies)



*Installazione di telecamere sul vulcano Stromboli.*

## Infrastruttura di Ricerca

Infrastruttura Struttura

IT2 - Laboratori

Data Inizio:

1/1/2020

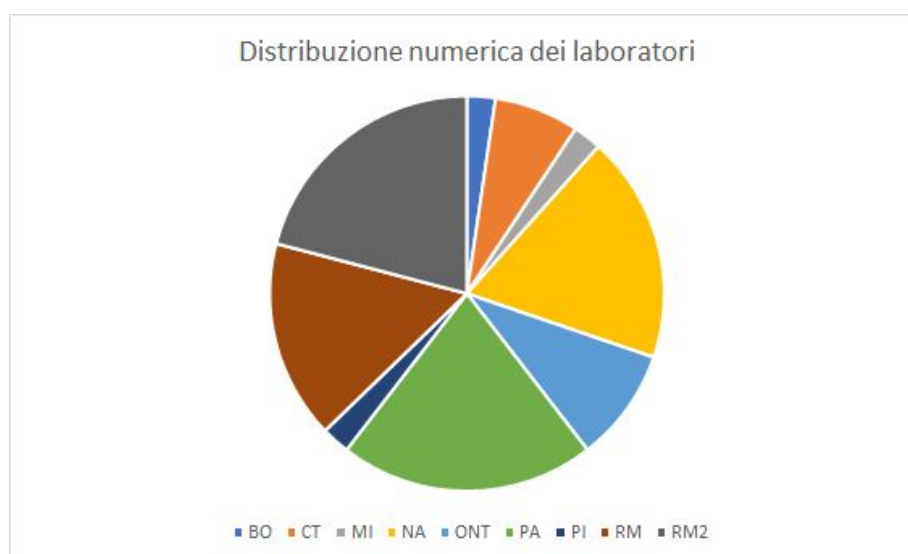
Data Fine:

31/12/2022

a.

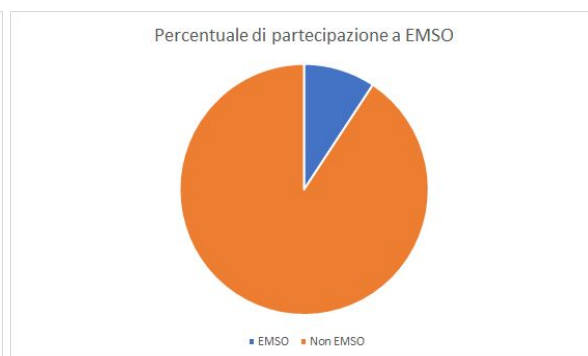
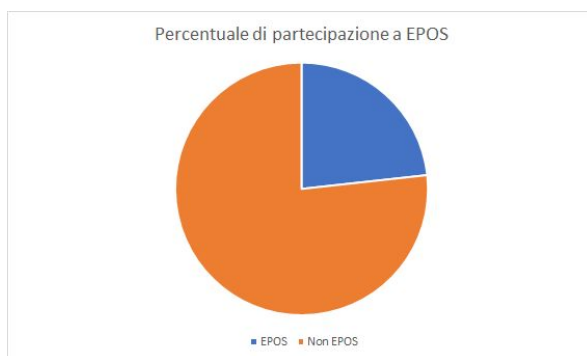
### Finalità e Obiettivi

I laboratori dell'INGV costituiscono un patrimonio infrastrutturale importante e un polo di attrazione per ricercatori e gruppi di studio provenienti da istituzioni italiane e straniere. Sulla base del censimento in corso sono stati raccolti dati di 43 Laboratori. Il patrimonio infrastrutturale ammonta a oltre 25 milioni di euro con un impegno del personale pari a 124 FTE (Full Time Equivalent). I costi di manutenzione e operatività ammontano a 1,9 milioni di euro (il 7.65 % del valore infrastrutturale).



L'INGV quindi ha investito in maniera significativa nell'innovazione tecnologica, nell'installazione, uso e manutenzione di apparecchiature all'avanguardia, nonché nella sperimentazione e nella messa a punto di metodi analitici e sperimentali innovativi che possano migliorare la qualità e la quantità delle misure, riducendo i tempi di acquisizione e di calcolo e facilitando la fruibilità dei dati per tutta la comunità scientifica. Tutte queste attività sono state organizzate sotto forma di laboratori. Il laboratorio quindi non è solo un luogo fisico dove sono localizzati gli apparati e dove si svolgono le attività analitiche e sperimentali, ma è anche un struttura dinamica dove, producendo sviluppi tecnologici e metodologici, si recepiscono e armonizzano le attività di ricerca. Tra le infrastrutture dedicate alle attività di rilievo dell'Ente, si ricorda il laboratorio di alte pressioni ed alte temperature presso la sede di Roma, dove si conducono esperimenti, in campo geofisico, per lo studio della dinamica dei terremoti, in campo tecnologico e misure inerenti la chimica e fisica delle rocce; vengono progettati e realizzati apparati in collaborazione con il laboratorio nuove tecnologie. Tra i laboratori più avanzati al mondo nel proprio settore, si ricordano i Laboratori di Paleomagnetismo di Roma 2, e di Geochimica di Palermo, menzionando anche gli sviluppi nei laboratori presso le sezioni di Pisa, Catania e Napoli che forniscono un contributo fondamentale per lo studio e il monitoraggio dei vulcani ad alto rischio, in particolare dell'area napoletana e siciliana. Dal 2019 presso la sede romana sono operativi il laboratorio di Sismica a Riflessione e il laboratorio GEOSAR. Nel complesso i laboratori sono un formidabile polo di attrazione per ricercatori italiani e stranieri esterni. L'impegno del personale operante nei laboratori ammonta a 487 mesi persona per il 2018 con previsioni di crescita nel 2019 e nel 2020 pari a 661 e 631 mesi persona rispettivamente (tabella punto f.).

La partecipazione ai progetti infrastrutturali EPOS e EMSO si attesta, rispettivamente, sul 23% e sul 9% del numero totale di laboratori, come visualizzato, ancora una volta, con grafici a torta.



Si noti che, mentre i laboratori partecipanti a EMSO sono per larga parte (4 su 5) afferenti alla Sezione RM2, quelli censiti sui differenti WP di EPOS sono distribuiti tra le Sezioni CT, NA, ONT, PA, PI, RM1 e RM2.

Come detto il valore delle infrastrutture in questione ammonta ad oltre 25 M€, rappresentando oltre un terzo del valore totale delle infrastrutture dell'Ente. I costi annuali di manutenzione e operatività sono inferiori ad 1 M€, e rappresentano il 9 % del valore totale delle stesse infrastrutture.

Nel corso del censimento effettuato nel 2019 sono state raccolte numerose richieste di aggiornamento delle infrastrutture con caratteristiche molto diverse da caso a caso. Il totale, circa 6 M€, non considera le implementazioni previste all'interno dei due Programmi infrastrutturali PON in corso. Visti gli importi, è opportuno valutare una analisi delle richieste, al fine di redigere un programma pluriennale a livello di Ente per l'ammodernamento delle facilities di laboratorio. Alcuni ammodernamenti sono in corso nell'ambito di due programmi infrastrutturali PON che interessano in particolare le sedi meridionali, in linea con quanto disposto dal bando pubblicato dal MIUR.

VALORE (in k€)	COSTI DI OPERATIVITÀ (in k€)	COSTI DI MANUTENZIONE (in k€)	MANUTENZIONE + OPERATIVITÀ (in k€)	COSTI DI AGGIORNAMENTO (in k€)
25155,00	390,30	538,00	928,30	5932,70

Al fine valorizzare le attività e i prodotti di laboratorio e per garantire una migliore gestione delle risorse infrastrutturali dell'INGV, nel triennio si intende avviare una politica comune per l'accesso ai Laboratori stessi e per la gestione dei dati prodotti.

## **b. Contenuto Tecnico Scientifico**

Di seguito si descrivono sinteticamente i laboratori presenti nelle diverse sedi dell'INGV.

### **Laboratori nazionali analitici, sperimentali, geochimici e per lo sviluppo tecnologico della sede di Roma**

I laboratori analitici e sperimentali operano nei seguenti settori:

1. Meccanica dei terremoti
2. Fisica e chimica delle rocce.
3. Paleomagnetismo.
4. Petrologia e vulcanologia sperimentali.
5. Modellazione analogica.
6. Geochimica dei gas nobili, degli isotopi stabili della radioattività ambientale, e chimica dei fluidi.
7. Geologia e geotecnologie.
8. Geomagnetismo.
9. Tecnologie a radio frequenza.
10. Spettroscopia a microonde.
11. Monitoraggio ambientale.

12. Aerogeofisica.
13. Misure di geofisica applicata.
14. GEOSAR
15. Sismica a Riflessione.
16. Sviluppo di nuove tecnologie e strumenti d'indagine

Nei laboratori della sede di Roma sono installati apparati analitici e sperimentali, e sviluppati nuovi sistemi, utilizzati per lo studio dei terremoti, studio delle proprietà delle rocce e dei magmi, per lo studio della geochimica dei fluidi, per riprodurre sperimentalmente i processi che avvengono all'interno e sulla superficie della Terra e, in ambito paleomagnetico, si conducono ricerche sulle variazioni del campo magnetico terrestre nel passato geologico, sulla stratigrafia integrata, sulla geodinamica, sulle ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali, sull'inquinamento atmosferico da polveri sottili. Le attività e lo sviluppo tecnologico spaziano fino alle linee di ricerca dipartimentali ed in particolar modo connesse al monitoraggio ambientale, all'osservazione geofisica aerea e alle proprietà chimico-fisiche ed elettromagnetiche dell'atmosfera terrestre.

Il **Laboratorio di Geomagnetismo** si occupa della progettazione e realizzazione di apparati per la gestione della strumentazione magnetica da remoto presso gli osservatori, curando, in particolare, lo sviluppo di dispositivi automatici di controllo di strumenti da osservatorio, la modifica di sistemi di alimentazione a pannelli solari ai fini della riduzione di effetti spuri sulla strumentazione e la realizzazione di sistemi per la riduzione degli effetti indotti dalla tensione di rete sulla strumentazione di misura.

Il **Laboratorio ionosferico** include tutte le attività di progettazione, realizzazione, test e manutenzione degli apparati necessari al funzionamento degli osservatori ionosferici in Italia e nel Mondo e di tutti le stazioni GNSS che fanno parte della rete di monitoraggio delle scintillazioni ionosferiche e del contenuto elettronico totale (TEC). Nel 2020 sono previste attività di ottimizzazione e realizzazione di strumenti di indagine ionosferica (*All Sky Imager*) operante nelle frequenze ottiche da installare nel nuovo osservatorio di Lampedusa.

Nel **Laboratorio Tecnologie a radio frequenza** si sviluppano strumenti che impiegano tecniche radio e radar al fine di eseguire rilevamenti in alta atmosfera o nei ghiacciai nelle bande HF e VHF. Sono allo studio anche sistemi di sondaggio alle varie frequenze utili per la determinazione delle stratificazioni nei materiali. Inoltre, si sviluppano e si utilizzano strumentazione e sensori elettrici e magnetici nelle bande ELF, SLF, ULF e VLF (da qualche Hz fino alle decine di kHz), per l'osservazione di emissione di segnali elettromagnetici dai materiali sotto stress meccanico e per il rilevamento dei campi elettromagnetici naturali che si generano e si propagano all'interno della cavità magneto-ionosferica.

Il **Laboratorio di spettroscopia a microonde** risponde all'esigenza di sviluppare strumentazione ad hoc per l'osservazione di gas in traccia presenti nella media ed alta atmosfera (in particolare H<sub>2</sub>O). Il laboratorio di spettroscopia a microonde è parte integrante della ricerca finalizzata allo studio dei processi chimico-fisici che caratterizzano l'atmosfera polare. Tale attività è condotta mediante strumentazione installata presso il Thule High Arctic Atmospheric Observatory (THAAO; <http://www.thuleatmos-it.it/>), situato in Groenlandia.

Il **Laboratorio di monitoraggio ambientale** rappresenta una nicchia tecnologica che, mettendo a disposizione il know-how sulle tecniche di spettrometria gamma in alta risoluzione, fa uso di un rivelatore al Germanio (HPGe) dotato di schermatura rilevante. Il laboratorio mette a disposizione le proprie competenze, tra l'altro, ad organizzazioni internazionali delle Nazioni Unite impegnate nel controllo degli armamenti e nella non proliferazione nucleare (IAEA, CTBTO).

Il **Laboratorio di Aerogeofisica** comprende al suo interno una varietà di strumentazione multiparametrica atta ad essere installata su velivoli, prevalentemente elicotteri, per caratterizzare il territorio da un punto di vista multidisciplinare, dalla superficie fino in profondità, acquisendo dati in maniera modulare. Il Laboratorio inoltre sviluppa l'interfacciamento della sensoristica di misura con la strumentazione di bordo dei velivoli impiegati nella attività osservative. Il laboratorio è impegnato, tra l'altro, in sinergia con organizzazioni internazionali delle Nazioni Unite, nella attività delle ispezioni (On-site Inspections, OSI) previste per il controllo degli esperimenti nucleari, nell'ambito generale della non-proliferazione, disarmo e sicurezza internazionale, così come previsto dalla L.

197/2003.

Il **Laboratorio di Paleomagnetismo** è un'infrastruttura attiva in molteplici linee di ricerca afferenti ai tre Dipartimenti, essendo i dati paleomagnetici applicabili a tematiche geomagnetiche, geodinamiche, vulcaniche, stratigrafiche e ambientali. Il laboratorio è infrastruttura europea di riferimento nell'ambito del programma EPOS, e vanta molteplici collaborazioni nell'ambito di progetti scientifici nazionali e internazionali. Il laboratorio è ospitato in una stanza schermata che garantisce un ambiente protetto dai campi magnetici statici (quali, ad esempio, il campo magnetico terrestre), ed è dotato di un ricco e complesso corredo strumentale, di cui vengono curati lo sviluppo tecnologico e la manutenzione. Nell'ambito del PON GRINT il laboratorio si sta attualmente dotando di un magnetometro VSM di nuova generazione, che consentirà di misurare le proprietà di isteresi con estrema sensibilità e rapidità, con sviluppi significativi per le moderne tecniche d'indagine della mineralogia magnetica. Sono previste attività urgenti di ripristino della funzionalità del magnetometro criogenico helium-free e di manutenzione programmata e rifornimento elio liquido per il magnetometro a elio liquido.

Il **Laboratorio di misure di geofisica applicata** si occupa dello sviluppo, mantenimento e implementazione della strumentazione geofisica per lo studio del sottosuolo. Cura gli aspetti legati all'ottimizzazione delle misure e dei sistemi di acquisizione dati. Svolge sperimentazioni sull'integrazione tra misure geofisiche differenti per aumentare il potere risolutivo delle osservazioni stesse. I principali ambiti di applicazione riguardano ambiente, archeologia e territorio.

Il **Laboratorio di Geologia e Geotecnologie** cura il mantenimento, gestione e sviluppo del Parco Strumentale per la caratterizzazione di siti ad alta risoluzione (settore geologia, geomorfologia, topografia e geofisica superficiale), e si articola nei Laboratori Cartografia e Foto Aeree, Stratigrafia e Preparazione campioni, Topografia Digitale ad alta risoluzione, nonché dell'infrastruttura di emergenza EMERGEO

Il Laboratorio di Geologia e Geotecnologie si occupa principalmente di studi multidisciplinari per la caratterizzazione di faglie attive, anche in contesti vulcanici, sia con indagini on-fault che off-fault mirate alla valutazione della pericolosità sismica e da maremoto, oltre che di indagini focalizzate sullo studio dell'evoluzione tettonica dei bacini intra-appenninici. Il Laboratorio di Geologia e Geotecnologie coordina competenze diverse per lo studio ad alta risoluzione della parte più superficiale della crosta con approccio multidisciplinare, quali: acquisizione ed elaborazione di dati topografici ad alta risoluzione (sub-metrica), tra i quali lidar e fotogrammetria digitale, che permettono la ricostruzione di modelli 3D del terreno; esplorazione diretta (trincee, sondaggi) e indiretta del sottosuolo (sismica attiva e passiva, tomografia elettrica, tecniche elettromagnetiche).

Nei **Laboratori di Geochimica e Radionuclidi** vengono svolti studi nel campo della geochimica dei fluidi con particolare riferimento alle aree sismicamente attive e ai vulcanismo.

Nel **Laboratorio Alte Pressioni Alte Temperature** si riproducono e si studiano fenomeni naturali, con approccio sperimentale, nel campo delle Geofisica e Vulcanologia; con l'uso di specifici apparati si sviluppano tecniche per lo studio delle proprietà chimiche e fisiche di rocce e magmi e si riproducono processi legati alla genesi dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche. Il laboratorio si avvale della stretta collaborazione del Laboratorio di Nuove Tecnologie e Strumenti per lo sviluppo di nuovi sistemi di controllo/gestione e integrazione di componenti per l'aggiornamento degli apparati in funzione delle nuove attività sperimentali.

Il **laboratorio Effetti di Sito (ESITO)** gestisce strumentazione sismica per lo studio degli Effetti di Sito all'interno della sezione di Roma1, con un parco strumentale composto di diversi acquisitori, sensori accelerometrici e velocimetrici, strumentazione per sismica attiva e tomografia elettrica. Il laboratorio viene impiegato per esperimenti specifici di risposta sismica locale e di caratterizzazione sismica di sito, studi connessi alla Microzonazione Sismica, attività di ricerca legate a progetti nazionali e internazionali, o per attività divulgative e di servizio anche in occasione di emergenze sismiche (in cooperazione con il gruppo di emergenza EMERSITO). Nella recente sequenza sismica dell'Italia Centrale (2016-2017) il laboratorio ha supportato EMERSITO nell'installazione di due reti sismiche temporanee (network X0 e 3A). ESITO si occupa inoltre, nell'ambito della Convenzione INGV-DPC All.B2, della caratterizzazione dei siti (sia accelerometrici che velocimetrici) tramite il recupero di informazioni già disponibili, la caratterizzazione geolitologica, l'analisi dei dati sismici e le misure di profili di velocità.



Il laboratorio assicura il mantenimento e il corretto funzionamento della strumentazione sismica di RM1 ubicata in tre unità del laboratorio (sede INGV di Roma, L'Aquila e Grottaminarda). Il laboratorio inoltre testa nuova strumentazione e pacchetti di analisi, sperimentando sistemi avanzati di acquisizione dati in campagna; si prevede uno sviluppo della rete con l'utilizzo di nuova strumentazione per la realizzazione di array di stazioni sismiche a basso costo per il monitoraggio di fenomeni franosi, attraverso tecniche array e di cross-correlazione del rumore sismico ambientale (progetti di riferimento FISR e PON-GRINT). Nello specifico dei due progetti citati, il laboratorio punta a valutare e testare stazioni di piccole dimensioni facilmente trasportabili e che garantiscono un rapido funzionamento in campagna, in diverse aree di frana e disponibili per la comunità scientifica dell'Ente. Le stazioni integreranno nello stesso contenitore di piccole dimensioni (chiamate anche nodi): a) sensore sismico triassiale; b) sistema GPS per la temporizzazione accurata del dato acquisito; c) sistema di trasmissione dati via wifi o modem; d) batteria per una lunga durata di funzionamento.

Il **laboratorio di sismica a riflessione** "SismoLab-3D" è una infrastruttura in corso di costituzione che a regime consentirà l'archiviazione, il processing, l'interpretazione di dati di sismica a riflessione e l'analisi numerica dei prodotti derivati al fine di contribuire a perseguire gli scopi dell'obiettivo RT1 - "Struttura 3D dell'Italia". Il laboratorio si propone come luogo di riferimento per l'analisi e l'interpretazione dati geofisici di sottosuolo e la produzione di modelli 3D del sottosuolo alla scala crostale.

Il **Laboratorio Nuove Tecnologie e Strumenti** (LNTS) consiste in un laboratorio elettronico ed in un'officina meccanica, con capacità di progettazione, costruzione di prototipi e messa a punto di metodi di misura. L'officina meccanica è l'officina di riferimento della sede di Roma, mentre il laboratorio elettronico, oltre a seguire i propri progetti, approvati e finanziati o semplicemente idee da realizzare con risorse interne, offre consulenza tecnica. Il laboratorio lavora a stretto contatto con il laboratorio HPHT, del quale cura parte del parco strumentale. Parte del personale del laboratorio è impegnato in attività didattica presso il dipartimento di Fisica della Sapienza, e collabora con il gruppo di cosmologia sperimentale G31 e con il dipartimento di Scienza della Terra.

Il **Laboratorio GEOSAR**, attivato nel corso 2019 nell'ambito dell'Osservatorio Nazionale Terremoti, si occupa della generazione di prodotti di deformazioni co-sismica con tecnica DinSAR relativi a singoli eventi sismici e prodotti relativi alle analisi di serie multitemporali durante sequenze sismiche in atto e per osservare e studiare settori già noti di lacuna sismica.

#### **Osservazioni satellitari**

L'INGV è attivo nel settore spaziale da molti anni. Negli ultimi 15 anni, l'enorme crescita tecnologica e il numero sempre maggiore di missioni spaziali dedicate all'osservazione della Terra, ha ampliato i campi di utilizzo dei dati satellitari all'interno delle aree di competenza dell'INGV. Le infrastrutture relative alle osservazioni satellitari comprendono sistemi HW (antenne di ricezione di dati satellitari, sistemi di "storage" dei dati, sistemi di calcolo, strumenti di laboratorio e portatili, compresi sistemi UAV, reti strumentali permanenti) e sistemi SW (sviluppo di catene di processamento di dati satellitari di proprietà INGV, software commerciale per l'elaborazione e visualizzazione di dati satellitari SAR, OTTICI, sistemi basati su tecnologia GIS per la gestione e analisi di grandi banche dati satellitari):

1. Laboratori di sviluppo procedure e archiviazione dati SAR Hardware e Software.
2. Monitoraggio sistematico ed in "near real time".
3. Laboratori strumentali presso INGV-Roma e INGV-Catania strumenti e nuove tecnologie e Misure UV, IR e Reti di Scanner UV.
4. Laboratorio tecniche di analisi e monitoraggio Beni Culturali (Sede INGV Cosenza PON MASSIMO presso UNICAL).
5. Sistemi di archiviazioni dati satellitari e accesso alle missioni ASI, ESA, NASA.

Come obiettivo del triennio 2020-2022 la struttura si prefigge di aumentare il coordinamento e la gestione dei vari sottosistemi presenti nell'INGV con il fine di sostenere e sviluppare competenze specifiche dei diversi laboratori. Si prefigge inoltre di incentivare le attività tra i gruppi di ricerca e del training del personale nel settore dell'osservazione della Terra tramite tecniche satellitari e di telerilevamento in generale. Organizzare un evento annuale sulle tecniche e i sistemi di osservazione satellitare interno all'INGV. Aumentare le collaborazioni internazionali con le agenzie spaziali, ASI, ESA, NASA, con Enti di Ricerca quali USGS e organismi internazionali quali GEO e CEOS.

Aumentare la partecipazione allo sviluppo e operatività dei sistemi europei COPERNICUS e GALILEO. Organizzare un meeting annuale dell'infrastruttura per il confronto dei risultati ottenuti e la discussione delle azioni future.

**OBS and Earth Lab Gibilmanna** costituito nel 2005 all'interno del Centro Nazionale Terremoti, (oggi, Osservatorio Nazionale Terremoti) ha avuto negli anni lo scopo di progettare e realizzare sistemi OBS/H (Ocean Bottom Seismometer with Hydrophone) e gestire le relative campagne marine e banca dati.

Negli anni sono stati prodotti 3 diverse tipologie di OBS/H per lunghe deposizioni (fino a 18 mesi) un OBSP da prospezione dedicato alle campagne di breve durata e alle campagne di sismica a rifrazione, e recentemente è stato progettato un OBS/H TR (Trawl Resistant) specifico per resistere alle reti a strascico e un digitalizzatore (SEISMOLOG) a bassissimo assorbimento < 150 mw 4 ch 22 bit.

Negli ultimi anni l'OBS Lab di Gibilmanna ha ampliato le proprie attività trasferendo la componentistica elettronica sviluppata per il mare su una stazione portatile terrestre (PGS1) completata da un sensore a banda allargata prodotto dall'INGV con banda passante 5 sec – 100 Hz. Tale strumentazione è stata utilizzata in varie campagne di acquisizione di rumore e attualmente si trova in test presso due sedi INGV per acquisire in continuo eventi sismici. La peculiarità della suddetta stazione consiste nel fatto che in un valigetta del peso complessivo di 11 kg. è contenuta tutta la strumentazione per attivare una stazione sismica completa di sensore sismico, pannello solare e batterie entrocontenute che possono alimentarla in assenza di energia primaria per oltre 40 gg.

Il parco strumentale dell'OBS and Earth Lab di Gibilmanna è costituito da 20 OBS/H per lunghe deposizioni utilizzate per le attività dell'infrastruttura "Rete Sismica sottomarina (OBS)", 18 OBSP da prospezione, 20 stazioni sismiche terrestri portatili.



**Laboratorio di Strumentazione Geofisica e Sismometria** della UF RSTG (Reti Sismiche e Tecnologie Geofisiche) dell'ONT è presente sia nella sede di Roma che quella di Palermo, dove afferisce personale della medesima UF, ovviamente con peculiarità differenti. Nella sede di Roma si provvede progettazione e realizzazione di strumentazione per l'acquisizione di variabili geofisiche. Viene configurato, testato e aggiornato l'acquisitore in tecnologia GAIA, presente attualmente su oltre il 50% dei siti della Rete Sismica Nazionale. È presente anche una sezione CAD-CAM con la produzione di circuiti stampati per prototipi, tramite una fresa a controllo numerico. E' in crescente sviluppo il settore di riparazione e test di sensori velocimetrici ed accelerometrici. Presso il laboratorio di Palermo, vengono svolte sia attività tecnologiche inerenti l'implementazione di nuovi sensori sismici e datalogger, sia attività necessarie all'ordinaria manutenzione della rete sismica o all'upgrade della stessa, secondo le necessità dell'aggiornamento tecnologico allo stato dell'arte. Il presente laboratorio è da intendersi come separato dalla grande infrastruttura della Rete Sismica Nazionale, anche se ovviamente parte delle attività ricadono in tale ambito, ma altre sono correlate con progetti e ricerche in diversi campi. Inoltre si prevede per un futuro non molto lontano l'allestimento di una sezione che tratterà sismometria pura per varie prove sensori ed acquisitori.

### **Laboratorio di Reti Sismiche (ONT) sedi di Roma e Palermo**

La UF RSTG (Reti Sismiche e Tecnologie Geofisiche) gestisce le attività di sviluppo, realizzazione, aggiornamento, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche necessarie per la registrazione e trasmissione di segnali sismici (sensori, acquisitori, apparati di trasmissione e di alimentazione) ed impegnate nella Rete Sismica nazionale. L'UF è dotata di 5 laboratori, strettamente collegati, che si articolano nelle seguenti tematiche:

- *Ricerca e sviluppo.*
- *CAD-CAM ed elettromeccanico.*
- *Produzione GAIA.*
- *MEMS.*
- *Assistenza tecnica e manutenzione.*

Nel **laboratorio di Ricerca e Sviluppo** vengono progettati e sperimentati nuovi sistemi di acquisizione sismica, in particolare legati allo sviluppo sistema polifunzionale INGV noto come GAIA, tecnologia impiegata attualmente nel 55% delle stazioni della RSN. In particolare le attività sono concentrate sul costante upgrade software ed hardware dell'acquisitore GAIA rendendolo tecnicamente compatibile con i vari scenari di installazione che di volta in volta si presentano. Inoltre completato lo sviluppo del nuovo acquisitore a basso costo e dai bassi consumi GAIA IV, è già stato installato in un sito di prova un suo prototipo, per passare poi nella sua prima fase di produzione al fine di sostituire gradualmente l'attuale GAIA2 (in caso di avarie o nuove installazioni) essendo completamente compatibile con questo pur introducendo un notevole miglioramento tecnologico. Continuerà la fase di miglioria ed implementazione di nuovi sistemi di backup per l'alimentazione dei siti e per la ridondanza nella trasmissione del dato. Inoltre verranno prodotti i moduli di telecontrollo, attualmente progettati e realizzati in laboratorio, per adattarsi a nuovi scenari di installazione. Il laboratorio di Ricerca e sviluppo opera in sinergia con il **Laboratorio di sviluppo CAD-CAM** ed elettromeccanico, il quale si occupa di sviluppare prototipi di circuiti stampati da utilizzarsi nelle attività di sviluppo di sistemi complessi. La sezione elettromeccanica consente di creare supporti utili alla installazione sul campo delle apparecchiature elettroniche. Tale laboratorio si colloca all'interno della medesima UF - RSTG, ma si articola in due aree distinte della sede dell'ONT di Roma e quella dell'ONT di Palermo dove affianca il laboratorio MEMS.

Il **Laboratorio produzione GAIA** si occupa di assemblare nei box le varie schede elettroniche dell'acquisitore di programmare i *firmwares*, di effettuare il test iniziale e distribuire i sistemi GAIA2 sia all'interno della Rete INGV che all'esterno verso partner INGV. Il Laboratorio ha prodotto fino ad oggi circa 800 stazioni GAIA2, a 4 e 8 canali a basso costo. Lo stesso laboratorio si occupa di assistere gli utenti GAIA2 in tutte le fasi di fornitura e installazione.

Il **Laboratorio MEMS** (Monitoraggio E Metodi Sismici), si occupa dell'implementazione di sensoristica miniaturizzata, di sensori sperimentali e schede di acquisizione a basso costo. Nell'ultimo anno, presso il laboratorio MEMS sono state realizzate 50 stazioni accelerometriche, basate su sistemi micro-elettromeccanici commerciali o progettati ad hoc, impiegate nello sviluppo di reti sismiche urbane e nel monitoraggio infrastrutturale. Presso il Laboratorio MEMS vengono sviluppati e testati sensori di nuova generazione, progettati e realizzati velocimetri e accelerometri a banda allargata, ed è attualmente in fase di sviluppo un prototipo di sensore rotazionale. Il Laboratorio MEMS si dedica anche allo sviluppo di tecnologie geofisiche, con particolare attenzione all'integrazione di queste con mezzi a pilotaggio remoto, aerei e sottomarini (UAV e ROV).

Il **Laboratorio Assistenza tecnica e manutenzione**, infine, gestisce e supporta tutte le attività inerenti gli interventi sul territorio necessari alla installazione di nuove stazioni sismiche, nonché alla manutenzione e alla riqualificazione dei siti e cura la telemetria delle apparecchiature remote. Il laboratorio, oltre a gestire la qualità e la funzionalità dei sistemi di trasmissione, sia satellitare sia di nuova generazione (UMTS, ADSL, ecc), utilizzata per il trasferimento dei segnali sismici dai siti di registrazione verso alcune sedi dell'Ente, promuove soluzioni tecnologicamente più avanzate, più efficienti, più economiche e semplici da utilizzare. Nel laboratorio è stata inoltre realizzata una tavola vibrante che permette di verificare e collaudare il funzionamento dei sensori sismici. Questo dispositivo permette di effettuare una analisi della sua risposta sismica del sensore e una verifica attraverso il confronto con un sensore di riferimento. Il dispositivo, in corso di miglioramento, utilizza una tavola vibrante a sospensione magnetica su cui vengono posizionati i sensori da testare. Attraverso degli impulsi generati da una elettronica di controllo vengono simulati dei microspostamenti. Confrontando la risposta del sensore con i dati di riferimento è possibile individuare

celermente eventuali anomalie e procedere con le opportune riparazioni (soprattutto nei casi in cui il produttore non fornisce documentazione tecnica di dettaglio).

Il **Laboratorio per le Tecnologie Marine (Porto Venere)**, afferente alla Sezione Roma 2, è specializzato nello sviluppo tecnologico di veicoli e sensori per la prospezione e l'osservazione dell'ambiente marino. Nel laboratorio sono stati ideati prototipi, brevettati, di magnetometri, accelerometri, veicoli autonomi subacquei (AUV), piccole imbarcazioni radioguidate (USV), robot sottomarini filoguidati (ROV) e molto altro. Inoltre, vengono sperimentati nuovi sistemi per l'osservazione del mare quali OS-IS ed SRS che sono entrati nella rete osservativa del levante ligure.

#### **Laboratori analitici e sperimentali della sede di Palermo**

I laboratori della sede di Palermo costituiscono una "entità fisica" ben definita ed organizzata che coinvolge ricercatori, tecnologi e tecnici, rappresentando di fatto un'infrastruttura che opera in un ampio contesto a supporto dello sviluppo in ambito geochimico.

L'infrastruttura è costituita dai **6 Laboratori analitici**:

1. Laboratorio di analisi chimica delle acque (cromatografia in fase liquida LC-HPLC).
2. Laboratorio di analisi chimica dei gas liberi e disciolti (gas-cromatografia GC).
3. Laboratorio di analisi Elementi in tracce (ICP-OES e ICP-MS).
4. Laboratorio di Isotopi stabili C, O, H, N per determinazioni in campioni di acque, gas e solidi (spettrometria di massa IRMS).
5. Laboratorio di analisi dei Gas Nobili He, Ne, Ar per la determinazione di concentrazioni e di rapporti isotopici in gas liberi, disciolti o presenti nelle melt inclusions e fluid inclusions.
6. Laboratorio di Laser ablation in cui vengono determinate le abbondanze degli elementi in traccia (ICP-MS) e le concentrazioni ed i rapporti isotopici di He, Ne e Ar nelle inclusioni fluide in cristalli o altre matrici solide (vetri etc.).

e di **due Laboratori tecnologici**:

- Laboratorio di meccanica.
- Laboratorio di elettronica.

In ogni laboratorio operano strumentazioni all'avanguardia per l'analisi chimica ed isotopica e la sperimentazione nei diversi ambiti delle scienze della terra e ambientali e quindi trasversali alle tre tematiche di ricerca dell'INGV. I laboratori trattano e analizzano campioni di acque sotterranee, marine, idrotermali, gas di varia natura e origine, rocce, minerali, particolato atmosferico, ceneri vulcaniche etc, oltre a prestare una particolare cura allo sviluppo tecnologico-analitico in stretta collaborazione con le case produttrici delle strumentazioni (p.e Thermo, Agilent, SRA, Teledine) e con il supporto dei laboratori tecnologici. Vengono, infatti, messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con istituzioni di ricerca nazionali e internazionali.

Tutti i dati prodotti sono utilizzati per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle aree sismogenetiche, in le ricerche in campo ambientale ed idrogeologico. I dati sono inoltre componente essenziale per il monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche e sismiche, per attività istituzionali condotte da tutte le sezioni dell'Ente oltre ai numerosi progetti di ricerca esterni o afferenti ai tre Dipartimenti (Vulcani, Terremoti ed Ambiente) dell'Ente. Oltre al FOE, i laboratori sperimentali e analitici ricevono finanziamenti dalla convenzione decennale INGV-DPC, e con una quota variabile di anno in anno, da convenzioni tra INGV ed altre istituzioni nazionali ed internazionali nonché attraverso progetti di ricerca. Il CDA nel 2015 ha approvato il regolamento di accesso ai servizi dei laboratori prevedendo tra l'altro la fornitura di servizi analitici svolti per conto di soggetti terzi pubblici e privati.

Tutte le attività sono coordinate da un responsabile di Unità Funzionale (RUF), mentre le singole infrastrutture analitico-sperimentali sono coordinate da un Responsabile di laboratorio.

#### **Laboratorio di analisi chimica delle acque - Palermo**

Il laboratorio effettua prevalentemente l'analisi quantitativa dei principali costituenti inorganici disciolti in matrici acquose e delle specie acide in gas fumarolici mediante cromatografi ionici di ultima generazione e titolatori automatici. Nello stesso laboratorio vengono preparati i campioni da sottoporre ad analisi chimiche ed isotopiche, si effettuano misure conduttimetriche e potenziometriche, tarature di sensori, determinazioni elementari di C, N, H, O, S, in composti organici e inorganici e determinazioni di Mercurio in soluzioni acquose. I dati prodotti sono

fondamentali per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle zone sismogenetiche, per le ricerche in campo idrogeologico ed ambientale e sono parte essenziale delle attività istituzionali di monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche. Nel laboratorio vengono inoltre messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con le ditte produttrici delle strumentazioni. Nel triennio 2018-2020 fornirà il supporto analitico a numerosi progetti di ricerca afferenti ai tre dipartimenti ed alle attività analitiche relative al monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche attive nell'ambito della convenzione INGV-DPC.

#### **Laboratorio di Gas Cromatografia - Palermo**

Il laboratorio di analisi chimiche dei gas effettua l'analisi quantitativa dei costituenti gassosi maggiori e minori in campioni di gas fumarolici, gas dai suoli, gas gorgoglianti in acqua, gas atmosferici e gas disciolti in fase acquosa mediante gascromatografi con differenti tipologie di colonne e gas carrier. I dati prodotti sono fondamentali per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle zone sismogenetiche, per le ricerche in campo idrogeologico ed ambientale e sono parte essenziale delle attività istituzionali di monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche. Nel laboratorio vengono inoltre messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con le ditte produttrici delle strumentazioni. Nel triennio 2018-2020 fornirà il supporto analitico a numerosi progetti di ricerca afferenti ai tre dipartimenti ed alle attività analitiche relative al monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche attive nell'ambito della convenzione INGV-DPC.

#### **Laboratorio Elementi in Tracce - Palermo**

Il laboratorio elementi in tracce supporta le attività di ricerca nell'ambito delle Scienze della Terra, effettuando determinazioni quantitative su circa 60 elementi della tavola periodica (elementi maggiori, minori ed in tracce) in matrici acquose sia di fluidi naturali che di composti organici e inorganici portati in soluzione attraverso un processo di mineralizzazione. I dati prodotti vengono utilizzati nell'interpretazione dei processi d'interazione gas-acqua-roccia per lo studio di sistemi vulcanici attivi, delle aree sismogenetiche, per ricerche in campo idrogeologico ed ambientale. Nell'ottica di ampliare le capacità del laboratorio e di implementare la conoscenza sui processi di cui sopra, molte ricerche vengono negli ultimi anni indirizzate su metodi di preparazione e analisi per gli elementi appartenenti al gruppo delle terre rare (REE) che forniscono importanti informazioni in funzione del loro differente frazionamento al variare delle condizioni chimico-fisiche dell'ambiente.

#### **Laboratorio isotopi stabili IRMS e Laser - Palermo**

Il laboratorio di analisi spettrometriche per isotopi stabili effettua la determinazione dei rapporti isotopici di H, C, N ed O in numerosi composti inorganici ed organici mediante spettrometria di massa IRMS e spettroscopia Laser. I dati prodotti sono fondamentali per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle zone sismogenetiche, per le ricerche in campo idrogeologico ed ambientale e sono parte essenziale delle attività istituzionali di monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche. Nel laboratorio vengono inoltre messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con le ditte produttrici delle strumentazioni. Il laboratorio di analisi spettrometriche per isotopi stabili fornisce il supporto analitico a numerosi progetti di ricerca afferenti alle tre strutture (Vulcani, Terremoti ed Ambiente), effettuando ogni anno più di 2000 determinazioni su campioni che provengono dalle varie Sezioni dell'Ente. Oltre ai progetti di ricerca, i laboratori geochimici svolgono attività istituzionali relative al monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche attive di tutte le Sezioni analizzando più di 500 campioni ogni anno. In seguito a crisi vulcaniche o sismiche il numero delle determinazioni analitiche subisce un notevole incremento come accaduto in occasione della crisi sismica dell'Italia centrale.

#### **Laboratorio isotopico dei gas nobili- Palermo**

Il Laboratorio di analisi spettrometriche per gas nobili effettua determinazioni delle abbondanze e dei rapporti isotopici di Elio, Neon ad Argon in campioni di gas liberi, disciolti in acqua, estratti da minerali (inclusioni fluide) e rocce. I dati prodotti sono fondamentali per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle zone sismogenetiche, per le ricerche in campo idrogeologico ed ambientale e sono parte essenziale delle attività istituzionali di monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche. Nel laboratorio vengono inoltre messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con le ditte produttrici delle strumentazioni. L'obiettivo del 2019 è quello di testare il sistema di estrazione dei gas nobili da acque campionate manualmente o automaticamente (Spartah) in tubi di rame di varia dimensione e volume. Nell'ambito degli studi di mantello e dei sistemi magmatici, i gas nobili sono studiati nelle inclusioni fluide principalmente di olivine e pirosseni. L'obiettivo dei prossimi due anni è quello di determinare la concentrazione ed il rapporto isotopico di gas nobili e CO<sub>2</sub> nella stessa popolazione di cristalli, con lo sviluppo di un

sistema di frantumazione evoluto. Infatti, attualmente l'estrazione e l'analisi isotopica di gas nobili e CO<sub>2</sub> è fatta su popolazioni di cristalli distinte.

#### **Laboratorio Laser Ablation ICP-MS - Palermo**

Il Laboratorio Laser ICP-MS effettua microanalisi di elementi in traccia in matrici solide estratti mediante ablazione laser. I dati prodotti sono fondamentali per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle zone sismogenetiche, per le 122 ricerche in campo archeologico ed ambientale. Nel triennio 2019-2021 fornirà il supporto analitico a ricercatori dalle varie Sezioni dell'Ente, afferenti ai tre dipartimenti.

#### **Laboratori analitici e sperimentali della sede di Pisa**

I laboratori della sezione di Pisa constano di 4 principali strutture che forniscono supporto analitico e strumentale ai ricercatori afferenti ai 3 dipartimenti.

1. Laboratorio di Micropaleontologia.
2. Laboratorio di Petrologia e Vulcanologia.
3. Laboratorio di Paleoclima.
4. Laboratorio di Modellistica 3D (3D LAB).

**Il Laboratorio di Micropaleontologia** è dedicato alla preparazione di campioni di roccia e sedimento per lo studio dei Nannofossili Calcarei, per studi di biostratigrafia e paleoclimatologia. Il laboratorio è dotato di centrifuga, lampada a raggi infrarossi, lampada a raggi ultravioletti, microscopio ottico a luce polarizzata, stereomicroscopio.

**Il Laboratorio di Petrologia e Vulcanologia** è utilizzato per preparazione di campioni di rocce e materiali piroclastici sciolti, analisi granulometriche composizionali e sperimentali. Fornisce parametri tessiturali, chimici e fisici delle rocce. E' inclusa nei laboratori una petroteca con collezioni di centinaia di campioni di eruzioni recenti e storiche di vulcani Italiani ed esteri. Strumenti disponibili nel laboratorio: - strumenti per la preparazione di campioni (taglio, inglobatura, lucidatura, mulino in agata per polverizzazione); - vibrovaglio e set di setacci metallici per l'analisi granulometrica dei campioni sciolti; -bilancia di precisione per la misura della densità dei clasti; -linea di separazione tramite liquidi pesanti (heteropolytungstato di litio) e evaporatore rotante; -microscopi petrografici ottici e stereomicroscopi; microscopio elettronico ZEISS EVO M10 EDS + CL; fornace tubolare verticale per esperimenti ad alta temperatura, e pressione atmosferica e fugacità di ossigeno controllata.

**Il laboratorio di Paleoclima** è dedicato al campionamento di depositi ipogei per analisi isotopiche e radiometriche per ricostruzioni paleoclimatiche ed è dotato della seguente strumentazione: -Drip counters per il monitoraggio in grotta; - kit per carotaggio in grotta per il prelievo di campioni a basso impatto distruttivo; -Micromill machine per micro-campionamento ad alta risoluzione; - una bilancia di precisione con tavolo di pesatura.

**Il 3D LAB** è dedicato alla creazione di modelli 3D, aggiornamento della topografia esistente e change detection. E' dotato della seguente strumentazione: -SAPR (Sistema a Pilotaggio Remoto) esacottero modello F550 con sistema GPS integrato, giroscopio e bussola interni, ed equipaggiato di fotocamera; - GPS differenziale TRIMBLE R10; -Sistemi di acquisizione video-fotografici; -sistemi di calcolo parallelo (GPU e CPU); -Laser scanner (Non-contact 3D digitizer VIVID 910 Konica Minolta), per lo studio delle superfici, sia su campioni in laboratorio che direttamente in situ; -Network di sensori wireless ultra-wideband per il monitoraggio delle variazioni superficiali di corpi di frana.

#### **Laboratorio di geochimica ambientale della sede di Bologna**

Il laboratorio ospita strumentazione fissa e portatile per l'analisi di parametri chimico-fisici di acque e gas. E' coinvolto in progetti in campo vulcanologico in Italia e all'estero. Il laboratorio si occupa anche dello sviluppo di sensoristica e di metodologie in campo geochimico

#### **Laboratori analitici per la vulcanologia della sede di Catania-Osservatorio Etno**

I laboratori dell'Osservatorio Etno di Catania permettono la definizione di un ampio spettro di parametri al fine di monitorare l'evoluzione dell'attività vulcanica durante le crisi eruttive e per la ricerca.

I laboratori dell'OE comprendono:

- Laboratori analitici.
- Laboratorio di cartografia.

- Laboratorio di analisi dei fluidi.

I laboratori analitici dell'OE sono organizzati in 8 laboratori e una petroteca. L'obiettivo delle analisi di routine che vi si svolgono è quello di interpretare, sulla base dello studio delle variazioni composizionali dei prodotti effusivi ed esplosivi, i meccanismi eruttivi e i processi magmatici all'interno dei sistemi di alimentazione dei vulcani attivi siciliani e delle relazioni esistenti tra processi magmatici e stili eruttivi.

Nella **Petroteca** vengono archiviati e immagazzinati tutti i campioni prelevati durante l'attività di monitoraggio.

Nel **Laboratorio preparazione campioni** vengono preparati i campioni in polvere e in perle per le analisi alla Fluorescenza ai Raggi X, e le sezioni per le osservazioni morfoscopiche e le analisi quantitative al Microscopio elettronico EDS.

Nel **Laboratorio di Chimica** vengono preparati soluzioni e si determina il contenuto di acqua con analisi ponderale.

Nel **Laboratorio di Microscopia Ottica** si svolgono studi petrografici e tessiturali.

Nel **Laboratorio di Microscopia Elettronica EDS** si effettuano analisi morfoscopiche dei campioni di cenere, e analisi composizionali degli elementi maggiori nei vetri della pasta di fondo e nei minerali nei prodotti dell'attività effusiva ed esplosiva.

Nel **Laboratorio di Fluorescenza ai Raggi X** si effettuano analisi composizionale degli elementi maggiori e in traccia nelle rocce totali.

Nel **Laboratorio Di Spettrometria Plasma Massa**, ancora da calibrare, si dovranno effettuare analisi più dettagliate e complete degli elementi in traccia.

Nel **Laboratorio di Sedimentologia** con gli strumenti quali Camsizer, lo stereo microscopio e un picnometro (da calibrare) si effettuano: la caratterizzazione sedimentologica di rocce sciolte, tra cui i tefra; la definizione dei relativi parametri quantitativi e statistici fisici, granulometrici e morfometrici; ed infine le analisi dei componenti delle ceneri. I dati ottenuti vengono utilizzati come input per le simulazioni delle nubi eruttive sull'Etna e permettono di comparare i dati di depositi reali con quelli provenienti dai modelli numerici, sia a terra che in atmosfera.

Nel **Laboratorio di cartografia**, attraverso l'utilizzo di un computer ad alte prestazioni di calcolo per svolgere le elaborazioni con software GIS (ArcGIS, QGIS), dei ricevitori satellitari ad alta precisione e binocoli laser ed infine dei DRONI e i relativi software, si realizzano le mappe di colate laviche e di depositi piroclastici e vulcanoclastici; si elaborano di modelli digitali della superficie (DEM) al fine di aggiornare la topografia dell'area sommitale dell'Etna e di individuare eventuali aree di debolezza possibile causa di collasso di fianco; si calcolano i parametri vulcanologici delle eruzioni in atto e di quelle passate. Inoltre viene gestito un geoportale di sezione interno (<http://sowebserver/GeoPortale/index.php>) ed uno esterno (<http://geodb.ct.ingv.it/geoportale/>) nonché il geoportale del DPC (per quanto riguarda l'attività effusiva dell'Etna) strumenti utili per catalogare e divulgare le informazioni geologiche.

Infine nel **Laboratorio di analisi dei fluidi** è attrezzato per l'effettuazione di misure di vari parametri geochimici su campioni di gas e acque.

#### **Laboratori della sede di Napoli-Osservatorio Vesuviano**

Le infrastrutture per la ricerca in vulcanologia presso l'Osservatorio Vesuviano comprendono laboratori petrologici e vulcanologici che, nell'insieme sono equipaggiati con strumentazioni all'avanguardia. A questi si aggiunge un Laboratorio di Geomatica che fornisce un importante supporto alle attività di ricerca e monitoraggio multidisciplinari.

I dati prodotti forniscono un contributo fondamentale per lo studio e il monitoraggio dei vulcani attivi in particolare di quelli ad alto rischio dell'area napoletana. Le attività di ricerca sono rivolte principalmente alla definizione della struttura dei sistemi di alimentazione magmatica, dinamica pre- e sin-eruttiva, degassamento, circolazione di fluidi idrotermali, evoluzione chimico-fisica delle emissioni fumaroliche, sviluppo di tecniche innovative di monitoraggio geochimico e vulcanologico.

Di seguito sono dettagliate le principali finalità ed attività dei singoli laboratori.

Il **Laboratorio degli isotopi radiogenici** è costituito da:

1. un laboratorio di chimica fine in cui vengono effettuate la dissoluzione dei campioni di diversa matrice geologica e l'estrazione, mediante tecniche di cromatografia su colonna, degli elementi di cui è necessario analizzare la composizione isotopica;
2. il laboratorio di spettrometria di massa, dotato di uno spettrometro di massa ThermoFinnigan Triton TI®, che

consente di effettuare misure della composizione isotopica di materiale geologico, manufatti e materiale umano, per studi vulcanologici, geochimici, ambientali, archeometrici e di mobilità umana;

3. il laboratorio di microanalisi isotopica, dotato di un MicroMill™ della New Wave™, che permette l'estrazione di piccolissime quantità di materiale dai campioni geologici per effettuare analisi isotopiche.

Il **Laboratorio di Geologia e Sedimentologia** è il laboratorio in cui vengono analizzati campioni di prodotti di eruzioni vulcaniche (in prevalenza lave, pomici e ceneri). In funzione delle analisi da effettuare, i campioni vengono puliti, lavati e asciugati, eventualmente frantumati e polverizzati. Dai campioni frantumati e dalle polveri vengono separati i vari componenti (vetri e minerali). Su alcuni campioni vengono effettuate analisi granulometriche e di densità, sia in toto che sui frammenti.

I Laboratori di Spettrometria di massa, Cromatografia Ionica, Gas Cromatografia, Spettrometria Plasma Massa, concorrono tutti a costituire il **Laboratorio di Geochimica dei Fluidi**, che rappresenta una infrastruttura tecnologica all'avanguardia a sostegno delle attività di ricerca e di monitoraggio geochimico dell'Ente. Il Laboratorio è in grado di produrre analisi chimiche (maggiori e tracce) ed isotopiche complete per quanto concerne i gas ed i condensati fumarolici, emissioni gassose, i gas disciolti e le acque di falda. Le analisi chimiche ed isotopiche dei gas e condensati fumarolici per le aree del Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia, rientrano nella routine di sorveglianza geochimica dei Vulcani Campani.

Il **Laboratorio di Microtomografia** ai raggi X computerizzata consente l'analisi non distruttiva della microstruttura (e.g. contenuto, dimensione, forma, grado di interconnessione e distribuzione 3D di fratture, pori, grani, minerali, pattern sedimentari, fossili, inclusioni fluide etc.) delle rocce attraverso la costruzione di mappe digitali tridimensionali ad altissima risoluzione (submicron); tale tecnica è applicata con successo allo studio dei fenomeni naturali in contesti di rischio vulcanico, sismico, idrogeologico (meccanismi e tempi di vescicolazione, cristallizzazione e frammentazione magmatica durante la risalita dei magmi nei condotti, degassamento, propagazione di fratture, circolazione di fluidi, processi di alterazione etc). Il laboratorio consiste di:

1. un sistema di microtomografia (ZEISS Xradia 410 Versa) equipaggiato con una sorgente microfocus di raggi X policromatica (da 40 a 150kV, fino a 10W) che opera con modalità di raccolta delle immagini sia in assorbimento che in contrasto di fase, permettendo la scansione di campioni con un ampio range di densità. Un rivelatore di radiazione di tipo CCD (2k x 2k 16bit CCD X-ray camera) dotato di obiettivi a differente ingrandimento da 0.4X a 20X che permettono un'alta risoluzione dell'ordine del micron (fino a 0.9 micron);
2. software per la ricostruzione, visualizzazione e analisi quantitativa di mappe digitali tridimensionali.

Il Laboratorio di **diffrazione a raggi X – XRD** dispone di diffrattometro X' Pert Powder della PANalytical, controllato mediante un'interfaccia software Data Collector 4.0a e di un programma di elaborazione dati HighScore Plus 3.0d. Il laboratorio consente rapide caratterizzazioni di campioni inorganici ed organici polverizzati, ed analisi semi-quantitative e quantitative di fasi mineralogiche ed amorfe. Fondamentale è il suo supporto alle attività di:

1. Monitoraggio vulcanologico (i.e. studio dei fanghi e caratterizzazione mineralogica dei sublimati formati presso le fumarole).
2. Esplorazione geotermica (i.e. analisi delle fasi di alterazione su carote di pozzo).
3. Ricerca scientifica in sensu stricto (i.e. analisi mineralogica sia qualitativa, che quantitativa su campioni di rocce di interesse vulcanologico e giacimentologico).
4. Controllo ambientale (i.e. presenza di asbesto).

Il **Laboratorio di Spettroscopia all'infrarosso - FT-IR** è dotato di strumento Nicolet 670 Nexus™ collegato ad un Microscopio Continuum™ ed accessorizzato con DRIFT della ThermoFisher Scientific S.p.a.. L'elaborazione dati avviene tramite un software OMNIC Data Collector 5.2©. Il laboratorio consente la determinazione dei contenuti di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> in vetri vulcanici e in minerali, e l'indagine di polveri di matrici inorganiche ed organiche.

Le principali attività realizzate in tale laboratorio sono:

1. Studio delle alterazioni idrotermali delle aree vulcaniche napoletane di degassamento attivo ad integrazione delle indagini XRD.
2. Creazione di un database di una selezione dei materiali e minerali di alterazione idrotermale da diverse località Italiane.
3. Stima del contenuto in gas magmatici nelle inclusioni vetrose per la definizione dei processi di



cristallizzazione e degassamento magmatici pre e sin-eruttivi, la determinazione delle condizioni di pressione di cristallizzazione e la definizione della struttura del sistema vulcanico.

Il **Laboratorio di Microscopia Elettronica e microsonda elettronica – EDS-FESEM** dispone di strumento di recente tecnologia SIGMA Field Emission della ZEISS equipaggiato con un sistema di microanalisi XMAN della Oxford, controllato tramite interfacce SMARTSEM e AZTEC e di un metallizzatore QUORUM Q150TES con C-rod e Cr. Il laboratorio consente di effettuare indagini tessiturali, morfoscopiche, mappature di elementi ed analisi chimiche di materiali geologici e archeologici in bocchi, su stub e sezioni sottili.

Le principali attività riguardano:

1. La caratterizzazione morfoscopica di campioni litoidi ad alta risoluzione fino a scale nanometriche.
2. Indagini tessiturali in 2D di rocce o loro costituenti in sezione sottile.
3. Analisi composizionali in EDS di campioni tal quali e sezionati.
4. Analisi mineralogiche.

I risultati sono fondamentali per:

1. Coadiuvare le indagini XRD e FT-IR,
2. Definire i processi di cristallizzazione, mescolamento, riomogeneizzazione, disequilibrio, degassamento e vescicolazione magmatici.
3. Determinare la distribuzione dei cristalli per la stima dei tempi di cristallizzazione magmatici pre e sin-eruttivi.

Nel **Laboratorio Geomatica** vengono svolte attività inerenti:

- la produzione e l'analisi di Modelli Digitali del Terreno ad alta risoluzione;
- il trattamento ed analisi di dati immagine acquisiti da sensori montati su piattaforme satellitari, aeree e prossimali ed operanti nel campo di frequenze del visibile e dell'infrarosso termico;
- la modellazione di dati di deformazione del suolo prodotti da elaborazione di dati radar da satellite;
- l'acquisizione, gestione e rappresentazione di dati geofisici, vulcanologici e territoriali ed alla produzione ed aggiornamento di strati tematici per esigenze di Protezione Civile e di ricerca.

## **Contributi del FORUM**

Nel seguito vengono presentate in maniera sintetica le attività di gestione delle infrastrutture di ricerca e di sviluppo tecnologico programmate ed in corso. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti (ex-Strutture) di Ricerca dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente. Queste attività costituiscono gli obiettivi specifici su cui si focalizzano le attività di ricerca e linee di azione della LdA Infrastrutture e Sviluppo Tecnologico per il 2020, con prospettive di sviluppo per il biennio successivo.

### **1 - Laboratorio Nuove Tecnologie e Strumenti (LNTS)**

LNTS ha progettato e parzialmente costruito il prototipo di un gravimetro adatto per prospezioni gravimetriche su veicolo. Basato sull'uso non convenzionale di un sensore MEMS di qualità, lo strumento, ancora in fase di sperimentazione, dovrebbe raggiungere precisioni di frazioni del mG. Il prototipo, del quale è al momento stata costruita la meccanica richiede ancora una precisa stabilizzazione in temperatura ed un'elettronica adeguatamente veloce per il trattamento in tempo reale dei dati grezzi.

LNTS esplorerà la possibilità di effettuare misure in alta quota con velivoli automatici. Questo potrà essere fatto con un aliante stratosferico rilasciato da un pallone sonda, o con un drone lanciato dal suolo.

Il primo caso vede LNTS già coinvolto nel progetto Hermes che prevede un lancio sperimentale di un aliante automatica da Kiruna la prima settimana di Settembre 2020. La superiorità di un aliante rilasciato piuttosto che un semplice pallone sonda sono quelle di 1) governare la posizione del pacchetto durante la planata e 2) poter recuperare campioni (impossibile con un payload a perdere) e strumenti. La possibilità di recuperare il payload permette di utilizzare strumenti di qualità migliore di quella imposta da motivi economici ai payloads a perdere.

Un drone per alta quota (multirotores o ad ala fissa) è una possibilità reale ancora inesplorata della quale semplici considerazioni energetiche confermano la fattibilità. Inferiore al pallone in termini di quota raggiungibile un drone è

superiore per economia d'uso e non disperde attrezzatura nell'ambiente. Oltre ai problemi tecnici, in questo caso, sarà necessario confrontarsi con le normative vigenti.

LNTS ha approntato una modifica reversibile per trasformare un sismografo sts1-h vbb in un sismografo rotazionale. Il prototipo, installato presso l'osservatorio di Rocca di Papa del quale si prevede la valutazione completa entro il 2021, avrà un coefficiente di conversione di  $5000V/\omega$ .

## 2 - Laboratorio Nuove Tecnologie e Strumenti (LNTS)

IL LNTS, in collaborazione con G. Milana, sta realizzando un prototipo di accelerometro per misure in campo sismologico, basato su sensori formato chip, in tecnologia MEMS a basso costo. Il dispositivo è composto da un insieme di nove accelerometri MEMS tra loro interconnessi, da un amplificatore di precisione di condizionamento del segnale progettato appositamente e da un supporto meccanico. L'utilizzo di questa architettura dovrebbe consentire di migliorare le prestazioni, rispetto al singolo chip, fino a raggiungere quelle di uno strumento geofisico di qualità. I primi test hanno dato ottimi risultati dal punto di vista della fedeltà di riproduzione del segnale accelerometrico, mentre occorre migliorare le prestazioni rispetto al rumore elettronico.

Successivamente, in collaborazione con il laboratorio di radionuclidi di Roma1, si prevede di progettare e realizzare un sistema automatico di gestione di una camera a radon, da impiegare per la caratterizzazione e taratura di strumenti di misura di concentrazione di gas radon. Il sistema, indicativamente, dovrà variare nel tempo o stabilizzare intorno ad un punto di lavoro alcuni parametri come la temperatura, l'umidità e la pressione dentro la camera.

## 3 - Laboratorio Nuove Tecnologie e Strumenti (LNTS)

Il laboratorio opera trasversalmente nell'ambito dello sviluppo di nuove tecnologie sperimentali a supporto di diverse linee di ricerca. Lo scrivente è inoltre impegnato per l'anno 2020 in attività di formazione (docente del corso di "Elettronica Generale") per gli studenti del corso di Laurea Triennale presso il dipartimento di Fisica dell'Università "La Sapienza".

IL LNTS, in stretta collaborazione con il laboratorio HPHT, è impegnato per il prossimo biennio in attività di sviluppo e implementazione di nuove tecnologie di controllo, hardware e software, basati su sistemi Real-Time da integrare su alcuni apparati sperimentali (SuperPressa, SHIVA e BRAVA) al fine di aggiornare e migliorare il loro utilizzo per nuove attività sperimentali legate allo studio della meccanica delle rocce e della fisica dei terremoti. La SuperPressa in particolar modo sarà dotata di sensori di maggiore precisione e una nuova interfaccia utente per una migliore fruibilità della macchina, nonché gestione e pianificazione di esperimenti in modalità Piston Cylinder e MultiUnvil.

L'LNTS, in collaborazione con l'Osservatorio Etneo, è impegnato allo sviluppo un array di campionatori automatici di cenere vulcanica da posizionare in diversi siti sul vulcano Stromboli, sia in prossimità dell'area sommitale sia in località facilmente accessibili. Questi dispositivi contribuiranno alla stima spazio/temporale della quantità di materiale emesso durante le attività vulcaniche e allo studio delle dinamiche eruttive.

## 4 - Laboratorio HPHT: Sviluppo di una camera UV per la caratterizzazione dei processi di degassamento in vulcani attivi

Sviluppo di un sistema a doppia camera UV per la misura del flusso di anidride solforosa ( $SO_2$ ) e la caratterizzazione dei processi di degassamento in vulcani attivi. Il sistema permette la caratterizzazione e la quantificazione dei processi di degassamento passivo (bassa frequenza) ed esplosivo (alta frequenza) in vulcani quiescenti ed in fase eruttiva. L'osservazione ad alta frequenza delle dinamiche esplosive stromboliane e vulcaniane permette la comparazione tra masse gassose e masse solide emesse nei processi esplosivi e la successiva correlazione con la concomitante attività sismica ed infrasonica generate da tali processi.

Personale INGV: Tamburello (BO), Ricci, Taddeucci, Del Bello, Spina, Scarlato (Roma1), Bagnato (OV).

## 5 - Laboratorio HPHT: Realizzazione di rilievi da drone a Stromboli

Realizzazione di rilievi da drone della terrazza craterica di Stromboli e della Sciara del Fuoco e successiva realizzazione di DEM ad alta risoluzione. Caratterizzazione dell'evoluzione morfologica della terrazza craterica. Osservazione dell'attività vulcanica e stima dei volumi di materiale messo in posto per la determinazione di parametri utili alla definizione delle dinamiche eruttive esplosive. A partire dal 2020 è in fase di sviluppo l'implementazione di un sistema di campionamento di gas/cenere da drone.

Attività future: intensificazione temporale dei rilievi a Stromboli, realizzazione di rilievi nell'infrarosso termico, rilascio di sensoristica, DEM ad alta risoluzione anche nell'infrarosso termico, estensione dei rilievi su altri vulcani.

Partecipanti: Ricci, Civico, Taddeucci, Del Bello, Spina, Scarlato (Roma1), Andronico, De Beni, Cantarero (OE).

#### 6 - Laboratorio di Cartografia e Laboratorio droni

I due laboratori collaborano in sinergia per eseguire la mappatura dei prodotti vulcanici di ogni genere e delle strutture in area sommitale di Etna e Stromboli, attraverso rilievi da terreno e fotogrammetrici da drone e da elicottero sia nel visibile che termici. Elaborando i dati con opportuni software ottengono MDS (modelli digitali della superficie) ad alta risoluzione frequentemente aggiornabili. I prodotti ottenuti vengono poi integrati in piattaforme GIS per la mappatura e la catalogazione delle nuove colate e dei prodotti piroclastici e la loro quantificazione e per l'aggiornamento della topografia. I prodotti didatticamente più significativi possono essere rielaborati per la realtà virtuale a scopo divulgativo.

#### 7 - Laboratorio elettronico di geochimica

Il laboratorio elettronico di geochimica dell'INGV-OE si occupa della manutenzione e dello sviluppo tecnologico delle strumentazioni e reti di monitoraggio dei gas per scopi di ricerca e servizio al DPC.

#### 8 - Laboratorio Radionuclidi, Sezione Roma 1

Il Laboratorio Radionuclidi della Sezione Roma 1 è dotato principalmente di spettrometri gamma, di una camera a radon, di strumentazione per sviluppo e analisi di track etches (RadoSys RSV10 e RadoBath) e di strumentazione portatile per misure di radon disciolto e radon gas con tecniche passive (canestri a carboni attivi) e attive (Durrige RAD7). Nel triennio 2020 - 2022 il Laboratorio Radionuclidi parteciperà a progetti di ricerca che riguardano i tre dipartimenti; in particolare sarà di supporto i) alla rete IRON (Italian Radon mOnitoring Network) implementando, testando, e calibrando strumentazione per la misura in continuo della concentrazione di radon in aria o nel suolo e ii) al progetto Life RESPIRE. Inoltre, a supporto di attività di ricerca, monitoraggio e sorveglianza, effettuerà analisi discrete di radon indoor e radon disciolto mediante tecniche di spettrometria alfa/gamma e, su richiesta, calibrazione di strumentazione per misure di radon in dotazione alle Sezioni INGV.

Partecipano alle attività del laboratorio: Gianfranco Galli, Antonio Piersanti, Valentina Cannelli, Daniele Cinti, Luca Pizzino, Marcello Silvestri, Massimiliano Vallocchia, Gaia Soldati, Maria Grazia Ciaccio, Andrea Antonioli

#### 9 - Laboratorio HPHT: Implementazione sistema shock-tube 'Jet-Burster'

Gli apparati di tipo shock-tube si basano sul rapido rilascio di gas attraverso due sezioni di un tubo a diversa pressione, allo scopo di generare un flusso di gas ad alta velocità e onde di shock. Gli shock-tube sono stati utilizzati per lo studio delle eruzioni esplosive a partire dagli anni '80, sia per investigare le dinamiche dei jet vulcanici che per lo studio della frammentazione del magma. Rispetto ai precedenti apparati usati in vulcanologia, lo shock-tube realizzato nel Laboratorio HPHT opera a pressioni relativamente basse e volumi relativamente alti ed essendo interamente trasparente consente di documentare i processi fluidodinamici che hanno luogo all'interno dell'apparato. I processi finora investigati mediante l'uso di questa tecnica sono numerosi, e comprendono l'accelerazione dei piroclasti nei condotti vulcanici e l'effetto delle condizioni iniziali (P, V, z) sulle loro traiettorie alla bocca eruttiva. La versione corrente del 'Jet-Burster' ha un diametro interno di 4,5 cm. Recentemente è stata sviluppata una nuova versione con diametro più piccolo, e l'apparato è stato dotato di un sistema più accurato di iniezione del gas mediante elettrovalvola. Inoltre, allo scopo di studiare l'energia elastica irradiata dai diversi processi vulcanici investigati, è in corso l'integrazione al Jet-Burster di un nuovo sistema di sensoristica comprendente un set di accelerometri disposti lungo il condotto sperimentale e un microfono ultrasonico in prossimità del vent.

Una ulteriore implementazione del Jet-Burster è stata la realizzazione di un condotto sperimentale frattale, che consente di investigare il ruolo delle irregolarità morfologica del sistema di alimentazione sulla dinamica dei jet e sulla trasmissione di energia elastica (i.e. sismo-acustica). La possibilità di definire relazioni quantitative tra segnali sismo-acustici e i relativi processi sorgente rappresenta un punto nodale per lo studio dei processi vulcanici e per il monitoraggio di vulcani attivi.

#### 10 - Il Laboratorio di Diffrazione a Raggi X

Il Laboratorio di Diffrazione a Raggi X dell'Osservatorio Vesuviano, sede di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è attivo dal 2012. Il laboratorio esegue misure finalizzate alla caratterizzazione mineralogica qualitativa e quantitativa di: i) rocce provenienti da diversi contesti geologici; ii) campioni di fango, efflorescenze ed incrostazioni prodotti in ambienti acido-solfatarici; iii) fasi nocive nei suoli (es. amianto); iv) reperti storico-artistici (es. pigmenti, ceramiche e malte) nell'ambito dei Beni Culturali; v) cementi, per il controllo dell'integrità

del prodotto industriale.

#### 11 - Laboratorio di microtomografia ai raggi X computerizzata (Micro-CT)- Sezione di Napoli

Il laboratorio di microtomografia ai raggi X computerizzata dell'INGV (sezione di Napoli) si sta dotando di una cella per esperimenti di alta T e P in situ e corredata di software per la ricostruzione ed analisi quantitative in 3D e 4D di mappe digitali tridimensionali. Tale configurazione consente di estendere gli studi a un più ampio range di litologie, sottoposte a diverse condizioni di P e T, in modo da simulare le variazioni fisico-chimiche delle rocce in diversi contesti di rischio vulcanico e sismico. L'utilizzo di software avanzati permette di esaminare quantitativamente le proprietà fisico-chimiche delle diverse litologie e di collegarle direttamente alla microstruttura in 3D del campione analizzato.

#### 12 - Laboratorio GEOSAR

Le attività del laboratorio saranno finalizzate all'analisi di forti terremoti in Italia e nel mondo attraverso l'applicazione di tecniche interferometriche InSAR multitemporali, per verificare la presenza di evidenze di deformazioni in superficie riconducibili alla fase preparatoria del terremoto. Verranno inoltre realizzati modelli analitici di sorgente diretti allo scopo di individuare la geometria della faglia che ha generato l'evento e definire nel dettaglio le aree sulle quali realizzare le mappe di spostamento InSAR multitemporale. In ambito nazionale verranno studiati settori di "lacuna sismica", scelti sulla base della presenza di strutture sismogenetiche riconosciute da studi geologici e paleosismologici. Le mappe di deformazione ottenute verranno interpretate in chiave geologica e idrogeologica. Si realizzeranno inoltre modelli numerici stress-driven per lo studio delle eventuali variazioni dei campi di stress e strain crostali durante la fase preparatoria del terremoto.

Per lo studio delle deformazione del suolo associata alle attività di produzione e/o stoccaggio di idrocarburi e gas naturale, e più in generale per lo studio delle subsidenze naturali e antropiche, il laboratorio GEOSAR prevede l'elaborazione di dataset SAR acquisiti dai sensori Sentinel-1 a COSMO-SkyMed sull'area dell'Alto Adriatico e l'area costiera prospiciente le piattaforme off-shore, per lo sviluppo di un sistema di monitoraggio delle deformazioni del suolo in aree on- e off-shore interessate da attività di coltivazione e/o stoccaggio di idrocarburi o gas naturale, attraverso la standardizzazione delle procedure di misura e di integrazione di diverse tecniche geodetiche (InSAR, GPS, livellazione), a diversa scala di osservazione.

In campo vulcanologico, il laboratorio GEOSAR elaborerà dati InSAR multitemporali relativi ai recenti cicli eruttivi dell'Etna, con particolare riferimento all'eruzione 2018, coprendo le fasi pre-, sin- e post-eruttive. I dati saranno utili per vincolare le sorgenti vulcaniche e l'interazione tra il sistema magmatico e le strutture sismogenetiche. Inoltre, gli studi riguarderanno i Campi Flegrei per ricostruire la recente fase di unrest e costruire modelli di sorgente vulcanica responsabile delle fasi di uplift/subsidenza. Il lab. GEOSAR si occupa anche del monitoraggio dei Colli Albani, e procederà allo studio delle deformazioni attive ad Ischia. Si studieranno anche la Long Valley Caldera (USA), il Wolf volcano e Guagua-Pichincha (Ecuador).

Il laboratorio si avvale di un'infrastruttura di calcolo implementata presso il ReCaS dell'INFN di Bari che mette a disposizione dei sistemi di cloud computing. L'infrastruttura permetterà l'automazione di gran parte del processing, nonché la creazione di un archivio di immagini SAR sul territorio italiano, pre-elaborate al fine di avere da un lato un archivio pronto da usare in caso di eventi sismici, dall'altro la velocizzazione delle elaborazioni InSAR multi-temporali.

Partecipanti: Moro, Bignami, Tolomei, Atzori, Albano, Polcari, Salvi, Trasatti, Pezzo, Antonioli, Doumaz, Saroli, Stramondo.

#### 13 - Laboratorio ipogeo di sismologia sperimentale - Sezione ONT

Si propone la realizzazione di un laboratorio ipogeo (grotta o cavità artificiale) per poter testare sia i sismometri VBB (Very Broad Band) sia la stabilità a bassa frequenza degli acquisitori. Nella cavità sarà costruito un plinto di cemento a contatto con la roccia o bed-rock in grado di ospitare vari sismometri contemporaneamente. Contestualmente verrà realizzato un sistema di sincronizzazione temporale, tramite un ripetitore di segnale GPS, che dall'esterno diffonderà l'informazione temporale verso l'interno. Partecipano alle attività: Sandro Rao, Peter Danecek, Paolo Casale, Gaetano De Luca, Aladino Govoni.

#### 14 - Laboratorio manutenzione e verifica strumentazione sismica - Sede di Ancona

Il laboratorio della sede di Ancona opera a supporto delle attività di monitoraggio nazionale, reti locali, rete di emergenza (SISMIKO) ed esperimenti scientifici. Nell'ambito della gestione della rete integrata sismo-accelerometrica di competenza della Sede si effettuano interventi di verifica del funzionamento e manutenzione di acquisitori e sensoristica, vettori trasmissivi e sistemi di alimentazione delle stazioni sismiche. Si svolgono esperimenti, tra cui test di sincronizzazione tra acquisitori e huddle test, e sviluppo di tecnologie al fine di semplificare il controllo da remoto dei parametri vitali delle stazioni. Alcuni degli obiettivi del triennio riguardano sviluppo e test di interruttori per il riavvio da remoto, misuratori di livello combustibile celle a metanolo, app per il controllo da remoto delle stazioni a supporto dell'attività del reperibile, collaudo e confronto sensori MEMS tramite l'utilizzo di tavola vibrante. Partecipano alle attività: Carlo Calamita, Marco Cattaneo, Chiara Ladina, Simone Marzorati, Debora Pantaleo

#### 15 - Il laboratorio di microscopia elettronica e microanalisi

Il laboratorio di microscopia elettronica dell'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è dotato di un microscopio elettronico a scansione Field Emission SIGMA-ZEISS equipaggiato con microanalisi XMAN-Oxford, installati nel 2015. Questo laboratorio permette analisi morfoscopiche, tessiturali e composizionali di materiali geologici ed è attualmente dedicato all'indagine di i) prodotti vulcanici per la caratterizzazione chimico-fisica dei magmi e la definizione dei processi magmatici ed eruttivi, e ii) prodotti dell'alterazione e neogenesi idrotermale per lo studio degli ambienti acido-solfatici e l'osservazione dei processi idrotermali con finalità di pericolosità e monitoraggio vulcanico.

#### 16 - Laboratorio di Spettroscopia all'infrarosso

Il Laboratorio di Spettroscopia all'infrarosso dell'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, opera dal 1999. Il laboratorio effettua i) la stima del contenuto di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> in vetri ed inclusioni vetrose per la definizione dei processi magmatici pre- e sin-eruttivi, delle condizioni barometriche di cristallizzazione e della struttura del sistema di alimentazione vulcanico; ii) la caratterizzazione dell'alterazione e neogenesi idrotermale per lo studio degli ambienti acido-solfatici attivi ed estinti e per l'identificazione di traccianti della dinamica vulcanica quiescente con applicazioni al monitoraggio e alle scienze planetarie; iii) la caratterizzazione di materiali organici per studi archeometrici.

#### 17 - Laboratorio degli isotopi radiogenici

Presso l'Osservatorio Vesuviano, sede di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia dal 2001 è stato installato il laboratorio degli isotopi radiogenici costituito dai laboratori di chimica fine, spettrometria di massa e microanalisi isotopica. In questi laboratori si conducono analisi isotopiche finalizzate i.) allo studio dei processi magmatici e della dinamica eruttiva di vulcani attivi e quiescenti, ii.) a caratterizzare materiali geologici e umani per studi archeometrici (provenienza delle materie prime utilizzate nel passato e studi di mobilità umana), iii.) ad effettuare studi di geochimica ambientale mediante analisi isotopiche (Sr, Nd, Li) di suoli, piante e acque di falda.

#### 18 - Laboratorio Misure di Geofisica Applicata - Sezione Roma2

Il laboratorio si occupa dello sviluppo, mantenimento e implementazione della strumentazione geofisica per lo studio del sottosuolo. Cura gli aspetti legati all'ottimizzazione delle misure e dei sistemi di acquisizione dati. Svolge sperimentazioni sull'integrazione tra misure geofisiche differenti per aumentare il potere risolutivo delle osservazioni stesse. Prevista la realizzazione di un mezzo mobile per trasporto in campo di magnetometro fluxgate doppio sensore per misure magnetiche in alta risoluzione. I principali ambiti di applicazione riguardano l'ambiente, l'archeologia e il territorio.

#### 19 - Laboratorio HPHT - Meccanica delle rocce

Studio della meccanica del terremoto e dei processi fisico chimici delle rocce sottoposte a sforzi e deformazioni prossimi a quelli del terremoto:

- realizzazione di un nuovo apparato di tipo biassiale in configurazione orizzontale per lo studio delle relazioni tra deformazione profonda e superficiale e per lo studio della nucleazione e propagazione della rottura su faglia estesa;

- implementazione del sistema di misura dell'attenuazione sismica con un modulo disegnato per attuare oscillazioni da 0.1 Hz a 100 Hz e studiare l'attenuazione dell'onda attraverso il provino di roccia e i processi responsabili;
- implementazione del sistema di pressurizzazione e di misura di pressione di fluidi su polveri di roccia in SHIVA, uno dei primi sistemi al mondo per lo studio della pressurizzazione termica, chimica e da compattazione su materiali non coesivi;
- implementazione del sistema di controllo di SHIVA per attuare funzioni di velocità dinamicamente consistenti con la propagazione di una rottura sismica su rocce di faglia;
- implementazione di un sistema di misura della temperatura sulla superficie di faglia con fibre ottiche e il modulo a "due colori" sviluppato dall'Università di Madrid;
- installazione di fibre ottiche, strain gauges e utilizzo di telecamere ad alta velocità e tecniche di correlazione di immagine per il monitoraggio della deformazione di rocce sottoposte a cicli di carico, comparazione delle diverse tecniche;
- realizzazione di un vessel per il confinamento di rocce portate a rottura in modalità uniassiale con la superpressa in presenza di fluido per lo studio della dilatanza e della radiazione elettromagnetica nel very low frequency band;
- realizzazione di una fornace per il permeametro per lo studio dei processi di diffusione, dissoluzione e precipitazione di fluidi chimicamente attivi e/o interagenti con la roccia e studio della permeabilità di fratture pre-esistenti in diverse condizioni ambientali;
- sviluppo del pistone di spinta assiale di SHIVA e del sistema di controllo per aumentare il carico fino a 75kN in condizioni dinamiche.

#### 20 - Laboratorio di Geochimica dei Fluidi - OV

Il Laboratorio di Geochimica dei Fluidi rappresenta un supporto tecnologico a sostegno di progetti di ricerca e della sorveglianza geochimica delle aree vulcaniche e delle aree caratterizzate da un degassamento anomalo. Il Laboratorio è in grado di produrre analisi chimiche (maggiori e tracce) ed isotopiche complete per quanto concerne i gas ed i condensati fumarolici, i gas disciolti e le acque di falda. Le analisi chimiche ed isotopiche dei gas e condensati fumarolici per le aree del Vesuvio e Campi Flegrei, rientrano nella routine di sorveglianza geochimica dei Vulcani Campani.

#### 21 - Laboratorio strumentale Effetti di Sito (ESITO)

Il Laboratorio ESITO è dotato di strumentazione sismica dedicata ai seguenti campi di attività: (i) raccolta dati ed esperimenti specifici per studi di risposta sismica locale, nell'ambito di progetti nazionali e internazionali o proposte di ricerca, tesi di laurea e di dottorato, o per attività di servizio; (ii) studi di Microzonazione Sismica; (iii) supporto al gruppo di emergenza Emersito.

Nella presente annualità si prevede di: realizzare il sito web; trasferire la unità di Laboratorio di Roma in un locale adeguato; mantenere e verificare il corretto funzionamento della strumentazione attuale, e pianificare la sostituzione di strumenti ritenuti obsoleti con strumentazione moderna; valutare il funzionamento di nuove stazioni sismiche a basso costo per misure di array e monitoraggio speditivo (progetto FISR "L'Italia Centrale in 4D e ricostruzione dei processi geodinamici in atto" e PON GRINT infrastrutture); attività di supporto ad Emersito per testing di routers a basso costo per trasmissione in real time, e per le procedure semi-automatiche per conversione dei dati sismici per l'archiviazione nel nodo INGV di EIDA; utilizzo della strumentazione per progetti di ricerca (es. caratterizzazione delle stazioni sismiche per l'All.B2, studio del comportamento dinamico degli edifici per il progetto EdiSecur, attività propedeutiche per la microzonazione sismica di III livello di Avezzano e Sulmona, studio della liquefazione dei terreni, ecc); attività di divulgazione (progetto Sharper, incontri con scuole e il pubblico).

Partecipanti: G. Di Giulio, G. Cultrera, P. Bordoni, F. Cara, R. Cogliano, D. Di Naccio, D. Famiani, A. Fodarella, A. Mercuri, G. Milana, L. Minarelli, M. Pischiutta, S. Pucillo, G. Riccio, M. Vassallo.

#### 22 - Laboratorio di Paleomagnetismo

Il laboratorio è un'infrastruttura attiva in molteplici linee di ricerca afferenti ai tre Dipartimenti, ed è infrastruttura europea di riferimento nell'ambito del programma EPOS.

Nel corso del 2020, oltre al mantenimento e all'aggiornamento dell'attuale corredo strumentale, si provvederà all'installazione, al collaudo e alla messa in operatività di un nuovo strumento per effettuare cicli di isteresi e misurazioni di proprietà magnetiche, acquisito nell'ambito del PON-GRINT. Sono inoltre previste attività di ripristino

della funzionalità del magnetometro criogenico helium free, a partire dall'acquisto di un nuovo compressore e della verifica dell'entità del guasto. Nel corso dell'anno è previsto il cambio della testa fredda e compressore, oltre al ripristino del livello di elio liquido, per il criogenico del 1996.

Si prevede inoltre di delineare i servizi previsti in chiave EPOS, quali la TNA (Trans National Access) e l'archiviazione e diffusione di dati e metadati, secondo politiche condivise INGV e EPOS.

### **23 - Laboratorio isotopi stabili IRMS e Laser - Palermo**

Il laboratorio di analisi spettrometriche per isotopi stabili effettua la determinazione dei rapporti isotopici di H, C, N ed O in numerosi composti inorganici ed organici mediante spettrometria di massa IRMS e spettroscopia Laser.

I dati prodotti sono fondamentali per lo studio dei sistemi vulcanici attivi, delle zone sismogenetiche, per le ricerche in campo idrogeologico ed ambientale e sono parte essenziale delle attività istituzionali di monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche.

L'utilizzo di tecniche di spettroscopia laser per la misura delle concentrazioni e della composizione isotopica di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> in atmosfera offrono nuove prospettive per caratterizzare e monitorare aree a rischio ambientale. Nel laboratorio vengono inoltre messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con le ditte produttrici delle strumentazioni. Il laboratorio di analisi spettrometriche per isotopi stabili fornisce il supporto analitico a numerosi progetti di ricerca afferenti ai tre dipartimenti (Vulcani, Terremoti ed Ambiente), effettuando ogni anno oltre 2000 determinazioni su campioni che provengono dalle varie Sezioni dell'Ente.

Oltre ai progetti di ricerca, il laboratorio Isotopi Stabili svolgerà attività istituzionali relative al monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche attive di tutte le Sezioni analizzando più di 500 campioni ogni anno.

Partecipano alle attività di laboratorio: Giorgio Capasso, Fausto Grassa, Ygor Oliveri, Aldo Sollami.

### **24 - Laboratorio di Geochemica dei Fluidi - Sezione Roma1**

Il Laboratorio di Geochemica dei Fluidi di Roma1 è dotato di strumentazione da banco e portatile per le analisi di acque e gas liberi e disciolti, dedicata allo studio dei sistemi vulcanici e delle zone sismogenetiche, ai sistemi di degassamento naturale e diffuso, siti di stoccaggio di CO<sub>2</sub> e gas naturale, geochemica ambientale, al sistema di degassamento in aree polari. Nel triennio 2020-2022 il Laboratorio di Geochemica dei Fluidi parteciperà a numerosi progetti di ricerca relativi ai tre dipartimenti, effettuando campagne di misura, analisi quantitative, sviluppo e calibrazione di sensori. Partecipano alle attività del laboratorio: Cinti, Sciarra, Pizzino, Voltattorni, Ruggiero.

### **25 - Laboratorio di sismica a riflessione "SismoLab-3D" [Link to this post](#)**

Il laboratorio di sismica a riflessione "SismoLab-3D" è una infrastruttura dedicata all'archiviazione, il processamento e l'interpretazione di dati di sismica a riflessione, nonché l'analisi numerica di prodotti derivati al fine di contribuire alla ricostruzione della struttura crostale in 3D. Il laboratorio si propone come luogo di riferimento per l'utilizzo di software dedicati all'analisi e interpretazione di dati geofisici di sottosuolo e la produzione di modelli 3D alla scala crostale. Il laboratorio utilizza per le sue finalità sia dati pubblicamente disponibili sia dati ottenuti attraverso specifiche convenzioni e/o collaborazioni con enti esterni, pubblici o privati. Tali dati possono pertanto essere soggetti a clausole di riservatezza gestite attraverso profili di accesso con permessi specifici in base alla tipologia dei dati richiesti.

Partecipano alle attività: GdL SismoLab-3D Il GdL SismoLab: Roberto Basili, Mauro Buttinelli, Luigi Improta, Francesco Emanuele Maesano, Mara Monica Tiberti, Roberto Vallone, Fabio Villani, Pier Paolo Bruno.

### **26 - Laboratorio isotopico dei gas nobili (presso Sezione di Palermo)**

Il Laboratorio isotopico dei gas nobili è unico in Italia per equipaggiamento tecnico e configurazione analitica. In esso si effettuano analisi in spettrometria di massa finalizzate alla determinazione simultanea delle abbondanze elementari ed isotopiche di Elio, Neon ed Argon in campioni di gas liberi, arricchiti in soluzioni alcaline, disciolti in acqua, estratti da minerali (inclusioni fluide) e rocce. Le analisi di He, Ne, e Ar sono tutte effettuate attraverso unica introduzione, il che consente di ottenere dati altamente precisi ed accurati.

I dati prodotti dal laboratorio sono importanti per lo studio delle caratteristiche del mantello litosferico, dei sistemi vulcanici attivi, dei processi sismogenetici, per le ricerche in campo idrogeologico ed ambientale. Si analizzano campioni legati a progetti di ricerca, conto terzi, ma una parte importante riguarda anche campioni legati alle attività istituzionali di monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche e sismiche.

Inoltre, nel laboratorio sono messe a punto nuove metodologie analitiche anche in collaborazione con le ditte produttrici delle strumentazioni.

Annualmente, si analizzano oltre 1000 campioni tra gas, acque e minerali/rocce.

L'obiettivo del 2020 è quello di mettere a punto il sistema di estrazione dei gas nobili da acque conservate in tubi di rame.

Nell'ambito degli studi di mantello e dei sistemi magmatici, nel 2020 si procederà alla messa in funzione di un nuovo sistema di frantumazione (crusher) dei minerali che affiancherà quello esistente. L'obiettivo è quello di aumentare la capacità analitica e determinare la concentrazione ed il rapporto isotopico di gas nobili e CO<sub>2</sub> nella stessa popolazione di cristalli.

Prodotti attesi: pubblicazione rapporto tecnico su protocollo di lavoro nel settore inclusioni fluide, pubblicazione di articoli scientifici su riviste del JCR ed istituzione sessioni tematiche in congressi e workshop internazionali.

Partecipano alle attività del laboratorio Andrea L. Rizzo, Mariano Tantillo, Mariagrazia Misseri, Antonio Caracausi. Le attività di ricerca riguardano anche dottorandi, tesisti, tirocinanti nazionali ed internazionali.

#### 27 - Laboratorio per manutenzione e verifica strumentazione sismica - Sezione di Milano

Il laboratorio sismico della sezione di Milano fornisce il supporto tecnico alle attività di monitoraggio nazionale, delle reti di emergenza (SISMIKO e EMERSITO) e degli esperimenti scientifici. Nell'ambito della gestione della sismica nazionale di competenza della Sezione si effettuano interventi di verifica del funzionamento e manutenzione di acquisitori e sensori, sistemi di trasmissione dati e sistemi di alimentazione delle stazioni sismiche. Si svolgono esperimenti, come gli huddle test, per la diagnosi di problematiche strumentali, prove di assemblaggio di diverse configurazioni di strumenti, sincronizzazione ed upgrade dei firmware. Il laboratorio si occupa anche delle procedure di acquisto dei materiali, della strumentazione e delle parti di ricambio.

Partecipano alle attività Ezio D'Alema, Marco Massa, Sara Lovato, Simona Carannante e Rodolfo Puglia.

#### 28 - Laboratorio di Geologia e Geotecnologie

Per il 2020 e il biennio a venire, il laboratorio di Geologia e Geotecnologia prevede indagini volte allo studio di bacini tettonici dell'Appennino Centrale e all'imaging delle faglie attive nell'area colpita dalla sequenza sismica Amatrice-Norcia. Da notare che L'INGV è recentemente diventato proprietario del MiniVib, un vibratore sismico di manifattura statunitense del peso di 6 tonnellate ideato per l'acquisizione di dati di sismica ad alta risoluzione. Allo stesso tempo è stato acquisito un ricco parco strumentale comprendente sismografi, sensori e cavi finalizzati alla registrazione dei dati sismici. Questa strumentazione è gestita dal Laboratorio di Geologia e Geotecnologie.

Esperimenti con utilizzo del MiniVib in diversi contesti sismotettonici e vulcanici italiani effettuati negli ultimi anni, hanno dimostrato una straordinaria capacità di risoluzione delle strutture sub-superficiali con profondità di investigazione massima di circa 1.5 km. Con l'acquisizione del MiniVib, l'INGV diventa un riferimento nazionale nell'ambito dell'esplorazione sismica ad alta risoluzione, grazie all'ampio spettro di applicazioni possibili sia su tematiche specifiche che trasversali ai Dipartimenti Terremoti, Vulcani e Ambiente. Le attività del Laboratorio di Geologia e Geotecnologie vedono il coinvolgimento di personale delle sezioni di Roma 1, Roma 2 e ONT.

**c.**

#### **Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**

L'INGV partecipa attivamente alla creazione di una rete europea di laboratori nell'ambito del progetto infrastrutturale europeo EPOS.

Collaborazioni internazionali sono attive in molti campi e nell'ambito di programmi di ricerca come H2020, NSF, ICDP, solo per citarne alcuni.

I Laboratori di Roma hanno collaborazioni attive con: USGS, University of Hawaii, Università di Manchester, Università di Durham, Ludwig Maximilian Universität di Monaco, ETH di Zurigo, Aarhus University, Technische Universität di Berlino, Università di Utrecht. Sono, inoltre, delle collaborazioni come supporto tecnologico e formativo con i dipartimenti di Fisica e Scienza della Terra dell'Università "La Sapienza".

Presso i Laboratori di Pisa collaborano nelle diverse attività di ricerca colleghi di: CNR-IGG di Pisa; CNR-ISMAR, Bologna; IRPI-CNR, Perugia; ISMED-CNR, Palermo; ISMAR-CNR, Napoli; Regione Emilia Romagna; The Melbourne University, Australia; RUHR University, Bochum, Germania; Earth Observatory of Singapore-Nanyang University; Instituto Geografico Nacional, Tenerife, Spagna; CNRS-ISTO Orleans, Francia; LOCEAN Laboratory, Sorbonne



Universités (UPMC, Université Paris 06)-CNRS-IRD-MNHN, France; UMR-CNRS 5805 EPOC, Université de Bordeaux, Francia; University of Oxford, UK; University of Utrecht, The Netherlands; German Research Centre for Geosciences (GFZ), Germany; Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal – CNRS – IRD, Clermont Ferrand, Francia; Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung; GEOMAR - Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung; Swansea University.

I Laboratori di Palermo hanno collaborazioni attive con la stessa Università di Palermo DISTEM con l'Università della Sapienza di Roma l'Università di Heidelberg (Germania), con ISTO-CNRS di Orleans e CRPG-CNRS di Nancy (Francia), Università di Mainz (Germania).

I laboratori dell'INGV di Napoli hanno collaborazioni attive con :

Università di Göttingen (Germany); Electra Sincrotrone Trieste; Università McGill (Canada); Institut de Physique du globe di Parigi, (Francia); Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), University of Amsterdam, (Paesi Bassi); Lab. of Anthropology Centre of Molecular Anthropology for Ancient DNA Studies, Università di Roma Tor Vergata Roma;; Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II;; Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia; Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa; Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "La Sapienza"; Dipartimento di Scienze sez. Geologia Università di Roma Tre; Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università D'Annunzio, Chieti, Pescara; Dipartimento di Scienze Psicologiche, della salute e del Territorio, Università D'Annunzio, Chieti, Pescara; Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II; Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche (DiSTABiF) dell'Università degli studi della Campania Luigi Vanvitelli, Aversa.

<b>d.</b>	<b>Eventuali collaborazioni con le Università</b>
-----------	---------------------------------------------------

Le collaborazioni con il mondo accademico si sviluppano attraverso attività formativa che viene svolta presso i laboratori con stages, tesi di laurea, dottorati e progetti di ricerca a carattere nazionale e internazionale.

Presso i Laboratori di Roma collaborano nelle diverse attività di ricerca e sviluppo:

Giulio Di Toro, Università di Padova;

Gianluca Iezzi e Brent T. Poe, Università di Chieti;

Marco M. Scuderi, Vincenzo Stagno, Silvio Mollo, Cristiano Collettini, Mario Gaeta, Carlo Doglioni, Sapienza Università di Roma;

Matteo Masotta, Università di Pisa;

Massimiliano Porreca, Diego Perugini, Università di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia;

Francesca Cifelli, Massimo Mattei, Giancarlo Della Ventura, Francesca Funicello, Claudia Romano, Università di Roma Tre.

I Laboratori della sede di Catania, Osservatorio Etneo, collaborano per le diverse attività di ricerca e sviluppo con:

Università di Pisa, Università di Firenze, Università di Roma la Sapienza, Université de Genève, University of Durham, University of Manchester, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), Università di Catania, INAF di Catania, CNISM, Università Federico II di Napoli.

Presso i laboratori di Pisa collaborano nelle diverse attività di ricerca colleghi delle Università di: Pisa, Firenze, Palermo, Siena, Trieste, Perugia, Camerino, Bari, Napoli Federico II.

Presso i laboratori della Sezione Osservatorio Vesuviano collaborano colleghi delle Università: Federico II di Napoli, Roma, Sannio, Perugia, Firenze, Palermo.

<b>e.</b>	<b>Infrastrutture di ricerca</b>
-----------	----------------------------------

Le facilities principali in dotazione includono Apparecchi analitici e sperimentali per studi inerenti le 3 Strutture dell'INGV, per scopi di ricerca e monitoraggio.

Il personale coinvolto provvede alla manutenzione e all'operatività delle stesse nelle Sezioni di Roma1, Roma2, Pisa, Napoli, Palermo e Catania.

Presso i laboratori vengono svolti analisi ed esperimenti nell'ambito di programmi di ricerca, producendo dati che vengono archiviati a livello locale. Attualmente non sono presenti politiche dei dati condivise e/o stabilite a livello di Ente.

L'accessibilità agli apparati strumentali è gestita a livello di Sezione.

I laboratori sono coinvolti nel programma ESFRI EPOS dove partecipano alla realizzazione di un sistema europeo per la gestione dei dati prodotti in laboratorio. Sono inoltre state avviate le prime call pilota per testare un sistema per la gestione delle *Trans National Access* (TNA), al fine di favorire l'accesso alle infrastrutture ottimizzandone il loro utilizzo. La gestione dati e le TNA costituiranno nel programma EPOS dei Servizi tematici gestiti a livello europeo (*Thematic Core Services*).

<b>f.</b>	<b>Personale Impiegato (indicare il rapporto mesi/persona)</b>
-----------	----------------------------------------------------------------

<b>g.</b>	<b>Fonti di finanziamento</b>
-----------	-------------------------------

Di seguito si riportano i progetti a carattere tecnologico e infrastrutturale:

Progetto UE ESFRI EPOS

Progetto UE ERC NOFEAR

Progetto UE ERC TECTONIC

Progetto UE HERMES (CFP-1 of Research Infrastructures HEMERA)

Progetto EU ITN IMPROVE

Progetto MIUR PNRA Voli di pallone invernali a lunga durata da regioni polari

Progetto MIUR PNRA 'Tracers'

Progetto PON GRINT

Progetto EU EUROVOLC

## Infrastruttura di Ricerca

Infrastruttura Struttura

IT3 - Calcolo scientifico e Sistemi Informatici

Data Inizio:

1/1/2020

Data Fine:

31/12/2022

a.

### Finalità e Obiettivi

L'infrastruttura IT3 - Calcolo scientifico e Sistemi Informatici è uno dei principali strumenti tecnologici disponibili all'interno dell'Istituto a supporto di tutte le sue attività. In essa confluiscono infatti le competenze necessarie alla progettazione, alla gestione ed allo sviluppo dei sistemi informatici necessari per:

1. I servizi informatici di base e la connettività sia interna che esterna all'Istituto.
2. La conservazione (*storage*), l'aggiornamento e l'accessibilità delle Banche Dati prodotte dalle Reti di Monitoraggio ed Osservazione, dai Laboratori Analitici, dalle Simulazioni Numeriche.
3. Lo sviluppo e l'operatività dei sistemi di calcolo (*hardware*) ad alte prestazioni (*High Performance Computing - HPC*) per simulazioni numeriche e analisi dati, sia per attività di ricerca che a supporto delle attività di servizio.
4. Lo sviluppo, l'aggiornamento ed il mantenimento di *software* specializzato per la ricerca geofisica, vulcanologica e ambientale, e per i servizi di sorveglianza e monitoraggio, incluse le applicazioni HPC.

L'infrastruttura si occupa inoltre di:

- promuovere, all'interno dell'INGV, l'utilizzo di nuove tecnologie *hardware*, *software* e *middleware* per il calcolo, lo *storage*, l'analisi e visualizzazione dei dati scientifici;
- promuovere le politiche europee di *Open Science*, attraverso l'adozione di approcci *open-source*, la formazione del personale, la condivisione delle esperienze e delle competenze in ambito *HPC* e *Big Data*;
- promuovere la partecipazione dell'INGV ai programmi di ricerca Nazionale ed Europea in ambito HPC e Big Data e facilitare l'interazione con i grandi centri di calcolo Europei, verso l'obiettivo dell'*Exascale computing*. In particolare, le iniziative EOSC (European Open Science Cloud), EDI (European Data Infrastructure), e EuroHPC;
- promuovere la partecipazione INGV allo sviluppo delle Infrastrutture e e-Infrastructures Europee per il calcolo scientifico;
- promuovere e sviluppare collaborazioni con centri di calcolo su scala nazionale ed europea e con *provider* commerciali di servizi di cloud computing, anche attraverso la stipula di contratti o convenzioni, per garantire l'accesso on-demand a risorse di calcolo di larga scala.

b.

### Contenuto Tecnico Scientifico

#### Infrastruttura di networking e servizi IT di base

I sistemi informatici e di networking dell'Istituto sono gestiti dal CSI (Centro Servizi Informatici) e/o dalle pertinenti Unità Funzionali presso le diverse Sezioni, anche attraverso l'organizzazione di gruppi di lavoro specifici. I principali servizi forniti sono la gestione delle reti interne delle varie sedi (LAN e sicurezza perimetrale), i servizi di comunicazione e scambio dati (e.g. e-mail, FTP, VPN), la connettività internet e i servizi web (gestione dominio ingv.it e sottodomini locali, portali web di Sezione, di Istituto e di progetto).

Inoltre, presso la sede centrale, vengono gestiti i *server* e gli applicativi necessari per le attività dell'Amministrazione Centrale (e.g. bilancio, protocollo informatico, gestione informatica presenze e missioni).

Il CSI e le UF si occupano inoltre dello sviluppo e della manutenzione di numerosi applicativi gestionali ad uso interno, dalla gestione dell'autoparco a quella del personale, dalla gestione dei progetti alla loro rendicontazione finanziaria.

#### Obiettivi 2020-2022

- Razionalizzazione della connettività internet delle sedi dell'Istituto, attualmente fornita da linee SPC e GARR (più altri operatori per collegamenti minori), attraverso la migrazione ad un unico operatore, l'adeguamento delle linee con valori di banda insufficienti, e la garanzia di *throughput* adeguati verso le reti utilizzate dalle

istituzioni di ricerca nazionali ed internazionali.

- Implementazione di collegamenti VPN (*Virtual Private Network*) tra le varie sedi dell'Istituto per semplificare l'interoperabilità dei sistemi e lo scambio dei dati.
- Creazione di una sistema di autenticazione federato tra le Sezioni per l'accesso ai sistemi informatici e alle banche dati di Istituto.
- Realizzazione di un piano di continuità operativa (*disaster recovery*) delle applicazioni e dei servizi critici per le attività istituzionali dell'ente, esplorando sia le potenzialità offerte dall'infrastruttura interna dell'INGV che il possibile ricorso a provider esterni.
- Realizzazione di una infrastruttura di *Cloud Computing* per il consolidamento dei server di progetto attualmente in funzione presso i vari centri di calcolo, con conseguente riduzione dei costi operativi, e per rispondere in modo efficiente e rapido a necessità future di implementazione di nuovi servizi da parte dei ricercatori dell'Istituto, permettendo al tempo stesso maggiori livelli di resilienza.

#### **Infrastruttura di Calcolo Scientifico 1. Hardware.**

I sistemi di calcolo ad alte prestazioni (HPC) e di archiviazione sono distribuiti nelle sedi INGV in maniera eterogenea, funzionale principalmente alle attività di ricerca, monitoraggio e sorveglianza delle Sezioni.

Essi sono suddivisi in due categorie principali:

1. **Sistemi HPC** di tipo cluster o mainframe, dedicati specificatamente al calcolo (simulazione numerica ed analisi massiva di dati). Normalmente orientati a prestazioni molto elevate (in termini di numero di operazioni in virgola mobile per secondo - FlopS), sono basati su sistemi operativi Unix-like, con sistemi di gestione del carico e di prioritizzazione delle code di esecuzione.
2. **Integrated Data Centers** principalmente o esclusivamente dedicati all'acquisizione e all'analisi dei dati registrati dalle reti di monitoraggio, all'elaborazione dei dati e all'esecuzione di workflows complessi, garantiscono l'interoperabilità e l'accesso alle banche dati pubblicate dall'INGV.

Entrambe le tipologie sono utilizzate sia per attività di **ricerca** che per attività di **servizio**.

Complessivamente, l'INGV dispone ad inizio 2020 di sistemi di calcolo per circa 3000 FPU (cores) e 40 GPU (acceleratori) totali. Tali risorse sono variamente distribuite tra le Sezioni, e utilizzate principalmente all'interno delle Sezioni stesse. Per la stessa natura delle componenti hardware, parte di queste diverranno obsolete nel prossimo triennio. Con i nuovi progetti MIUR PON Ricerca e Innovazione per le infrastrutture di ricerca, la capacità di calcolo ed elaborazione dati INGV è in corso di potenziamento e sarà aumentata nel prossimo triennio con ulteriori circa 2000 FPU, 40 GPU NVIDIA Tesla V100, 10 GPU NVIDIA Quadro P2000.

Obiettivo del triennio, oltre all'incremento di capacità di elaborazione, è quello di rendere accessibili tali risorse al maggior numero di ricercatori e ricercatrici dell'Ente, di integrarli quanto più possibile tra loro, e di potenziare le attività di formazione del personale ricercatore/tecnologo nell'ambito del calcolo scientifico e analisi di grandi moli di dati.

Tutte le Sezioni ospitano le proprie infrastrutture per i servizi digitali e di calcolo ed analisi dati in una o più sale CED.

I sistemi HPC nell'ambito dei tre Dipartimenti (Terremoti, Vulcani, Ambiente) sono concentrati nelle Sedi di Roma, Bologna, Pisa, Napoli e Catania. Tali infrastrutture comprendono sistemi di calcolo a memoria distribuita di tipo *cluster*, anche di tipo ibrido con acceleratori GPU, sistemi a memoria condivisa *multi-core*, ed apparati di archiviazione ad alte prestazioni destinati ad esigenze computazionali con elevato *throughput*. I Centri Dati Integrati sono concentrati nelle sezioni cosiddette monitoranti (Osservatorio Nazionale Terremoti, Osservatorio Vesuviano, Osservatorio Etno) e sono funzionali ai servizi di acquisizione dati ed all'esecuzione di applicativi connessi alle esigenze delle sale operative, utilizzando piattaforme *hardware* e *software* che garantiscono i necessari livelli di ridondanza. In molti casi i servizi di monitoraggio e sorveglianza sono stati integrati con piattaforme di calcolo ad alte prestazioni (HPC), al fine di realizzare applicazioni e/o prodotti scientifici evoluti a supporto delle esigenze di monitoraggio o della gestione delle emergenze. Una parte delle infrastrutture di servizio è invece destinata all'elaborazione di prodotti modellistici o alla pubblicazione di banche dati attraverso portali web dedicati, o infine a supportare attività di servizio svolte dall'INGV nell'ambito di collaborazioni istituzionali.

Nella Sezione finale di questa scheda sono riportate in dettaglio le risorse principali in termini di capacità di calcolo ed elaborazione dati installate presso le Sezioni INGV.

#### **Obiettivi 2020-2022**

- Potenziamento delle risorse di calcolo ed analisi dati interne all'INGV.

- Razionalizzazione dei Centri Elaborazione Dati (Sale CED) di Sezione in un'ottica di ottimizzazione dei consumi energetici e miglioramento dell'efficienza della manutenzione hardware.
- Realizzazione di un catalogo delle risorse di calcolo e di storage disponibili all'interno dell'INGV ed elaborazione di un piano di mantenimento e sviluppo (*Data Management Plan*) che preveda l'integrazione tra risorse di calcolo locali di scala medio-piccola e la collaborazione con centri di calcolo o provider commerciali per le esigenze computazionali su vasta scala.
- Definizione di un piano di sviluppo delle infrastrutture di calcolo multi-tier, che si articoli su diversi livelli di capacità e di strategie di procurement, prevedendo risorse medio-piccole locali per attività di ricerca e sviluppo e collaborazione con centri di calcolo esterni e cloud provider commerciali per elaborazioni di vasta scala.
- Integrazione con la roadmap ESFRI (European Strategy Forum for Research Infrastructures), ed in particolare con gli EMSO e EPOS ERIC (European Research Infrastructure Consortium), anche tramite progetti PON Nazionali.
- Sviluppo di *hardware* e *middleware* per applicazioni di monitoraggio, sorveglianza ed analisi *real time* e *near-real time* (e.g. Centro Allerta Tsunami, Centro Pericolosità Sismica, Centro di Pericolosità Vulcanica, Servizi di meteorologia spaziale - Space Weather), anche nell'ottica di un'integrazione futura di tali applicazioni con le attività operative di monitoraggio.
- Progettazione e sperimentazione di soluzioni di calcolo e *storage* distribuiti (*grid computing* e *cloud computing*), con particolare attenzione alle problematiche *Big Data* e alla virtualizzazione e remotizzazione delle applicazioni.
- Negoziazione di convenzioni con consorzi e centri calcolo Nazionali ed Europei per la fornitura di servizi di calcolo scientifico finalizzati a necessità istituzionali o di ricerca, per l'accesso a servizi di *training* personalizzati e per la sperimentazione ed il *co-design* di nuove tecnologie *hardware* e *software*.

#### **Infrastruttura di Calcolo Scientifico 2. Software.**

Lo sviluppo di software scientifico per la simulazione numerica e l'analisi dati rappresenta un fondamentale apporto di eccellenza nella produzione tecnico-scientifica dell'INGV. Alcune di queste attività sono documentate autonomamente dai singoli Gruppi di Ricerca attraverso portali web, come ad esempio Geophysical and Environmental Flow Simulation Group (<http://datasim.ov.ingv.it>), Computational Infrastructure for Volcanology (<http://civ.pi.ingv.it>), i portali GitLab (<https://gitlab.bo.ingv.it>, <https://gitlab.rm.ingv.it>), mentre altre sono integrate nell'ambito di iniziative internazionali, come il Computational Infrastructure for Geodynamics (<http://www.geodynamics.org/>) o il Nucleus for European Modelling of the Ocean - NEMO (<http://www.nemo-ocean.eu/>).

Un censimento degli applicativi di calcolo utilizzati durante l'anno 2015, effettuato attraverso un'indagine nei Gruppi di Ricerca, ha evidenziato che il 66% delle circa 50 diverse applicazioni di calcolo utilizzate in INGV ha finalità di ricerca scientifica, il 15% di servizio, il 19% è costituito da applicazioni di servizio con carattere di emergenza (utilizzate durante crisi sismiche/vulcaniche). Dal censimento emerge un utilizzo talvolta discontinuo ma intenso dei sistemi HPC disponibili in INGV, eventualmente integrati da risorse complementari, principalmente presso CINECA.

#### **Obiettivi 2020-2022**

- Sviluppo e mantenimento delle applicazioni software HPC per la simulazione dei processi sismici, vulcanici ed ambientali.
- Censimento e documentazione degli applicativi HPC sviluppati internamente all'Istituto attraverso la redazione, in collaborazione con le Linee di Attività coinvolte di un "Libro bianco HPC@INGV".
- Promozione dell'adozione di politiche open-source e di condivisione delle metodologie del calcolo scientifico, pubblicizzazione e disseminazione del software all'interno della comunità scientifica.
- Realizzazione di un portale web nazionale per la gestione, la documentazione e la distribuzione degli applicativi di calcolo open-source sviluppati all'interno dell'Istituto, garantendone la tracciabilità e la citabilità attraverso l'attribuzione di DOI (Digital Object Identifier).

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali
Diversi gruppi di ricerca dell'INGV, attivi nel campo delle scienze computazionali, hanno stabilito nel tempo collaborazioni di vario tipo con il consorzio CINECA. Queste collaborazioni sono principalmente volte all'utilizzo di risorse computazionali sulle principali architetture di calcolo Nazionali ed alla partecipazione ad iniziative progettuali nell'ambito delle e-infrastructures europee. INGV e CINECA sono inoltre cofondatori dell'associazione <i>Big Data</i> , dove	

svolgono in modo sinergico attività di promozione, condivisione e integrazione di infrastrutture per i *Big Data*, e collaborano a diversi livelli nella roadmap ESFRI (tramite EPOS-ERIC) e al tavolo ICDI (Italian Computing and Data Infrastructure).

Nel triennio 2020-22 si prevede di consolidare e formalizzare le collaborazioni esistenti attraverso la stipula di una convenzione tra INGV e CINECA, che preveda le seguenti aree di intervento:

- Sviluppo e co-design di applicativi di simulazione numerica ed analisi dati, attraverso il supporto tecnico e la consulenza sulla parallelizzazione dei codici, l'implementazione ed ottimizzazione di nuovi algoritmi ed il porting di applicazioni su nuove architetture.
- Fornitura di risorse di calcolo on-demand in caso di specifiche esigenze ed accesso ai sistemi CINECA di pre-produzione per la sperimentazione ed il porting dei codici su architetture di ultima generazione.
- Definizione di progetti di ricerca congiunta cofinanziati da soggetti terzi, a livello regionale, nazionale ed internazionale, nel campo dell'HPC-Big Data (in particolare, nell'ambito del programma EuroHPC), delle e-infrastructures e dell'Open Science Cloud.
- Formazione e sviluppo delle competenze, attraverso la partecipazione del personale INGV ai corsi di formazione CINECA e l'organizzazione di corsi specifici su tematiche di interesse INGV.

#### **Altri consorzi HPC**

L'INGV ha stabilito una collaborazione con OGS, CNR, CMCC, ICTP e diverse Università Italiane nell'ambito del programma HPC-TRES (*High Performance Computing Training and Research for Earth Sciences*), finanziato dal MIUR nell'ambito dei fondi destinati ai programmi europei ed in particolare PRACE (*Partnership for Advanced Computing in Europe*), e realizzato attraverso una convenzione tra MIUR, OGS e CINECA.

Il programma HPC-TRES è destinato a borse di studio, dottorati ed assegni di ricerca su tematiche inerenti le applicazioni High Performance Computing (HPC) e "Big Data" nel dominio delle Geoscienze. Si prevede, nel triennio 2020-22, di valutare la possibilità di consolidare questa collaborazione attraverso la costituzione di una JRU (Joint Research Unit), individuando tematiche e argomenti di interesse strategico per l'Istituto e per gli enti cofinanziatori.

INGV è socio fondatore dell'associazione "Big DATA" che ha lo scopo di svolgere attività di promozione, condivisione e integrazione di infrastrutture per i Big Data presenti sul territorio nazionale per rafforzare le capacità del sistema produttivo e sviluppare servizi e applicazioni nell'ambito industriale della strategia di specializzazione intelligente.

#### **d. Eventuali collaborazioni con le Università**

La Sezione di Bologna sta preparando il trasferimento nei locali del dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna (via Berti Pichat), nell'ambito di una collaborazione strategica fra l'Università di Bologna e gli altri centri di ricerca cittadini (INFN, INAF, CMCC, INGV). In particolare, si comincerà col trasferimento del CED della Sezione di Bologna nei locali del LHC-Tier1 dell'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) gestito dal CNAF (Centro Nazionale Analisi Fotogrammi). Conseguentemente, il CED della Sezione di Bologna potrà beneficiare di elevati livelli di ridondanza offerti dagli impianti del LHC-Tier1 INFN e di un collegamento ultra veloce in fibra dedicato (con capacità fino ad 1,2 TB/s) che connette il CNAF al CINECA lungo un tragitto di circa 20 km.

Questa connessione mette a stretto contatto le due comunità: quella del supercalcolo e quella della gestione di grandi quantità di dati, tradizionalmente separate ma sempre più complementari fra loro e mutuamente interdipendenti, con l'obiettivo strategico di creare opportunità attraverso il supercalcolo e dei Big Data. Queste condizioni rappresenteranno una importante opportunità anche per INGV nell'ambito delle applicazioni scientifiche GRID e High Throughput Computing, delle analisi Big Data e della realizzazione di un possibile sito di backup per applicazioni critiche.

#### **e. Infrastrutture di ricerca**

##### **Sede di Roma**

Le infrastrutture di calcolo scientifico della sede romana consistono in una serie di sistemi di calcolo e di storage, con diverse caratteristiche tecnologiche, integrati in un'unica piattaforma per il calcolo numerico. Allo stato attuale i sistemi comprendono due cluster per il calcolo parallelo a memoria distribuita, tre sistemi a memoria condivisa per attività di post-processing, visualizzazione e "in-memory processing", e due sistemi basati su acceleratori GPU, per un totale di

circa 1200 cores e 6TB RAM, sistemi SMP per un totale di circa 120 cores e circa 40 GPUs. I sistemi di storage a servizio dell'infrastruttura sono organizzati con un'architettura multi-tier e comprendono un'area veloce per operazioni I/O-bound, un'area di lavoro protetta da backup incrementale giornaliero e un'area di archiviazione a lungo termine.

I sistemi di calcolo scientifico sono gestiti e supportati economicamente dalla Sezione di Roma 1, ma sono accessibili a tutti i ricercatori dell'Istituto. Attualmente vengono utilizzati da ricercatori delle sezioni romane (RM1, RM2, ONT) e da alcuni ricercatori delle sezioni di Bologna e Pisa. Le principali attività svolte sui sistemi di calcolo centralizzati riguardano la simulazione della propagazione di onde sismiche in mezzi realistici, l'analisi massiva dei dati sismologici acquisiti dalla Rete Sismica Nazionale e il calcolo di database di scenari di inondazione da tsunami per le attività del CAT. Alcune di queste attività prevedono anche l'esecuzione di elaborazioni speditive a supporto della gestione delle emergenze sismiche.

Nel corso del 2020 si prevede di effettuare un consistente investimento per il rinnovo tecnologico dell'infrastruttura, utilizzando finanziamenti PON, DPC-A e RITMARE. Questo investimento prevede la sostituzione di un cluster per il calcolo a memoria distribuita, che ha un'elevata età operativa, con una macchina di nuova generazione con un rapporto potenza/consumi molto più vantaggioso, nonché l'implementazione di un nuovo sistema basato su acceleratori GPU NVIDIA Tesla V100 ottimizzato per le necessità di produzione del Centro Allerta Tsunami. Questa operazione sarà particolarmente impegnativa poiché richiede l'allestimento di un nuovo locale dedicato ad ospitare le macchine, con adeguata capacità di alimentazione elettrica e di refrigerazione. Le attività propedeutiche per la progettazione degli interventi sono state già avviate di concerto con l'Ufficio Tecnico e il CSI.

### **Sezione di Roma2**

La Sezione Roma2, oltre ad un pool di sistemi SHMEM per la simulazione numerica, ospita il sistema di calcolo del Centro Nazionale Dati per la verifica del trattato internazionale (CTBT) sulla proibizione totale dei test nucleari (L. 197/2003), corredato dei sistemi di storage (SAN e NAS), apparati di networking, infrastruttura di virtualizzazione.

Il centro di calcolo dell'UF2 e UF3 di Roma2 è parte dell'infrastruttura IT che gestisce i dati della rete di monitoraggio ionosferico e geomagnetico INGV ed è dedicato alla generazione di prodotti e servizi per lo Space Weather. In particolare ad esso è demandato il processing dei dati ionosferici e geomagnetici di Livello-0 e Livello-1 acquisiti in near real-time da: osservatori ionosferici, rete di monitoraggio delle scintillazioni ionosferiche, osservatori geomagnetici, altre infrastrutture interne (RING) ed esterne (EUREF, IGS) all'INGV. Lo scopo è la realizzazione e disseminazione di prodotti di livello superiore (Livello 2) finalizzati al nowcasting e forecasting della ionosfera e del campo geomagnetico. Le elaborazioni sono affidate a macchine virtuali che risiedono su server dedicati. I prodotti generati sono inseriti in diversi progetti e iniziative internazionali come:

- il servizio di Space Weather fornito dal consorzio PECASUS (di cui l'INGV è parte) all'aviazione civile internazionale (ICAO);
- il progetto FISR "Sale Operative Integrate e Rete di Monitoraggio Futuro" (2017-2020) per l'inserimento dei prodotti di Space Weather nelle sale di monitoraggio INGV.

### **Sezione di Bologna**

La Sezione di Bologna sta potenziando la propria infrastruttura ICT (Information and Communication Technologies) attraverso la realizzazione di nuovo cluster High Performance Computing (HPC) e la partecipazione ad una piattaforma di Big Data Processing su scala nazionale con localizzazione a Bologna. Il potenziamento è legato principalmente ai finanziamenti del PON-GRIN EPOS e del POR-SUPER Regione Emilia-Romagna.

Grazie ai contributi del PON-GRIN EPOS, del progetto Med-MFC e dei fondi FOE di Sezione, si sta realizzando un nuovo cluster di HPC a supporto dell'elaborazione e gestione delle banche dati e per l'analisi di BigData. La nuova infrastruttura prevede un cluster Beowulf con un master node, 11 computation node e due post processing node. La parte computazionale può usufruire di 864 core, 5TB e 768GB di RAM, una connessione via switch infiniband a 100Gbps ed una via 10Gbps Ethernet uno spazio disco scratch di 30TB raw. Oltre a questo dispone di due nodi di post processing che singolarmente mettono a disposizione 48 core, 384GB RAM e uno spazio disco scratch gestito in striping di 20TB raw. I nodi di post processing sono collegati al resto tramite lo switch 10Gbps Ethernet.

La Sezione partecipa al Progetto SUPER - Supercomputing Unified Platform Emilia-Romagna (finanziato dall'omonimo POR) che nasce per creare a Bologna una piattaforma a livello nazionale, per il potenziamento dello High Performance Computing e del Big Data Processing. Tale piattaforma supporta la realizzazione di servizi di accesso alle risorse di supercalcolo e di storage per le comunità scientifiche. Questo potenziamento prevede la realizzazione di una infrastruttura digitale federata Cloud basata sulla tecnologia OpenStack che propone servizi offerti dal CINECA e da INFN (CNAF), in primis, e successivamente da ENEA, CMCC, INAF e INGV.

### **Sezione di Pisa**

La Sezione di Pisa ospita presso il suo CED un pool di sistemi HPC (un cluster beowulf con interconnessione Infiniband a bassa latenza e diversi sistemi SHMEM, tra cui uno dotato di tre schede GPU NVIDIA TESLA P100 16GB) dedicati alla simulazione numerica per un totale di circa 300 cores, 500 GB di RAM. E' in corso di installazione un nuovo sistema cluster con 7 nodi HP da 64 cores, interconnessi tramite rete a bassa latenza Infiniband 100 Gbps, per un totale di 448 cores, 2.432 TB RAM e 20TB storage.

Oltre ai sistemi di calcolo HPC, la sezione ospita il cluster del Centro di Pericolosità Sismica (CPS) (192 cores, 192 GB RAM). Tutti i sistemi di calcolo sono accessibili tramite la rete interna della Sezione e sono dotati di sistema di gestione e schedulazione delle code di esecuzione e di monitoraggio del carico. I sistemi di storage integrano sistemi di *scratch* interni e sistemi di archiviazione dei dati prodotti dalle simulazioni numeriche. La Sezione ospita inoltre alcune delle Basi Dati afferenti al CPS. Con le nuove acquisizioni hardware, il CED della Sezione di Pisa ospiterà nel prossimo triennio un totale di 16 server per servizi web, ftp, ssh, email, dhcp, vpn e monitoring; 51 server di calcolo per un totale di 1008 core CPU e 10753 core GPU; 5 server di storage per una capacità complessiva di 120 TB.

### **Osservatorio Etneo.**

Il Data Center Integrato dell'OE è l'infrastruttura principale impiegata per l'acquisizione, l'elaborazione e l'archiviazione dati per le attività di ricerca, sorveglianza e monitoraggio.

Esso consolida un totale di storage pari a 670TB con un numero di core pari a 336 (1319 vCPU) e 10 TB di RAM. Il Data Center ospita 202 macchine virtuali delle quali 39 dedicate ai servizi di Sala Operativa (server di acquisizione, server web, server di dominio, servizi ftp, email, vpn etc...); le altre macchine sono assegnate agli utenti e ai sistemi di acquisizione ed elaborazioni delle Unità Funzionali. Inoltre il Data Center dell'OE si avvale di infrastrutture HPC, quali cluster di GPU e di CPU, per le attività inerenti la modellistica (modellizzazione di colate, previsione della dispersione di ceneri vulcaniche, sorgenti di deformazione del suolo, elaborazione dei segnali sismo-vulcanici). I sistemi di storage sono affiancati da un sistema di backup dati su DLT.

Parte dei servizi essenziali per la sorveglianza, sono in fase di replicazione all'interno della piattaforma cloud OpenStack sviluppata nel progetto FISR Sale Operative Integrate e Reti di Monitoraggio del Futuro (2017-2020). Nel corso del triennio le attività saranno volte alla condivisione delle risorse attraverso servizi in cloud prevenendo inoltre un incremento della capacità di calcolo e di storage. In particolare, tramite l'acquisizione di un nuovo server FLEX Lenovo con 96 cores, 1.5 TB RAM e 240 TB di storage e due server ad alta densità per un totale di 224 cores, 4TB RAM e 76TB di storage. Il tutto sarà integrato da un sistema di storage, in fase di acquisizione, con capacità di circa 1PB.

### **Osservatorio Vesuviano**

Il Data Center dell'OV integra le attività di raccolta, archiviazione e manutenzione dei dati con le attività legate all'analisi dati per attività di monitoraggio e sorveglianza. L'infrastruttura per il calcolo scientifico e l'analisi dati comprende, oltre all'hardware per la Sala di Sorveglianza ed i servers per la gestione dei servizi, un cluster beowulf Linux 9 nodi, 20 core/nodo, 2 GPU/nodo + 18TB storage dedicato alle attività di simulazione numerica e ricerca. Con le nuove acquisizioni hardware, il CED dell'Osservatorio Vesuviano ospiterà nel prossimo triennio un nuovo *Data Center Integrato* basato su architettura HP Proliant con 216 cores, 12 TB RAM, 70TB storage e un *server HPC* dedicato al calcolo scientifico con 10 nodi 18-cores, equipaggiati con 1xGPU Nvidia Quadro P2000, 10TB RAM, 100TB storage e interconnessione HPE InfiniBand EDR 100Gb.

### **Osservatorio Nazionale Terremoti**

Oltre ad usufruire dei sistemi di calcolo della Sede di Roma, l'ONT gestisce un Data Center Integrato dedicato alla gestione e elaborazione dati. Queste risorse costituiscono una piattaforma di base per svolgere compiti istituzionali, incluso i servizi della sala di sorveglianza a Roma, e per ospitare archivi o banche dati. L'infrastruttura hardware comprende server fisici (bare metal) per l'infrastruttura dei server virtuali e per servizi dedicati (DBMS, seedlink, EW); l'Hardware per lo storage (Isilon), la connettività, i servizi, inclusi i servizi Cloud.

### **CONTRIBUTI DEL FORUM**

Nel seguito vengono presentate in maniera sintetica le attività di gestione delle infrastrutture di ricerca e di sviluppo tecnologico programmate ed in corso. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti di Ricerca dell'INGV ed



accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente. Queste attività costituiscono gli obiettivi specifici su cui si focalizzano le attività di ricerca e le linee di azione della LdA Infrastrutture e Sviluppo Tecnologico per il 2020, con prospettive di sviluppo per il triennio successivo.

#### **PON InSEA e data center EMSO**

Il progetto PON InSEA (Iniziativa in Supporto al consolidamento e potenziamento dell'infrastruttura EMSO e delle sue attività) dedicato all'infrastruttura di EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory) prevede la realizzazione del primo data center italiano in cui confluiranno tutti i dati degli osservatori presenti nella facility di EMSO Western Ionian Sea. La creazione del data center di EMSO ubicato presso la stazione di terra di Portopalo permetterà l'archiviazione, la gestione e la pubblicazione dei metadati e dati acquisiti dagli esperimenti del nodo italiano di EMSO e darà l'opportunità di condividere dati ma anche storage e potenza di calcolo con i corrispettivi data center degli omologhi nodi di EMSO europei nell'ottica dell'open data through cloud.

#### **ChEESE, the Center of Excellence for Exascale in Solid Earth**

Proseguono le attività per lo sviluppo del Centro di Eccellenza per l'Exascale nelle scienze della Terra Solida (ChEESE; <https://cheese-coe.eu/>), finanziato nel 2018 in ambito H2020 nel programma INFRAEDI (Infrastructures e e-Infrastructures). Il progetto, che si concluderà a Novembre 2021, coinvolge quattro Sezioni INGV e mira a sviluppare codici di calcolo e workflows capaci di eseguire simulazioni numeriche sulle nuove architetture pre-Exascale (tra cui, in Italia, Leonardo, il prossimo SuperComputer CINECA) e di implementare nuovi Servizi HPC per la società e per gli stakeholders, orientati all'Urgent Computing, al Probabilistic Hazard Assessment e all'Early-Warning, in ambito vulcani, terremoti e tsunami. INGV è partner di ChEESE, dove coordina lo sviluppo di 4 Pilot Demonstrators, ed è partner in quasi tutte le attività tecnologico-scientifiche, oltre a coordinare un WorkPackage per lo sviluppo degli "HPC services".

#### **DARE – Delivering Agile Research Excellence on European e-Infrastructures**

Il progetto H2020 DARE (2018-2020) mira a sviluppare una innovativa hyperplatform che consenta agli utenti di implementare ed eseguire workflow per applicazioni scientifiche che sfruttano ingenti volumi di dati e risorse computazionali.

Il progetto è testato su un pilot climatologico ed uno sismologico, a cui partecipa il nostro gruppo e che è strettamente legato agli obiettivi di EPOS e all'utilizzo dei suoi servizi ed infrastrutture. Nello specifico, stiamo sviluppando dei workflows per l'analisi dello strong-motion dopo grandi terremoti, lo studio dei parametri della sorgente sismica e relative incertezze e l'effetto della variabilità di tali parametri sulla stima del ground-motion.

Lo scopo è realizzare una piattaforma facilmente implementabile nelle risorse istituzionali ed usata per applicazioni di routine come il calcolo delle soluzioni di sorgente sismica in 3D.

#### **HPC Training and Research for Earth Sciences (HPC-TRES)**

L'INGV è impegnato in HPC-TRES nelle attività di formazione e sviluppo delle competenze in ambito HPC e Big Data anche tramite la collaborazione con CINECA e con gli altri EPR (tra cui OGS), e nella promozione delle ricerche multidisciplinari sul calcolo scientifico applicato alle Scienze della Terra.

## Infrastruttura di Ricerca

Infrastruttura Struttura

IT4 - Banche Dati

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2022

### a. Finalità e Obiettivi

La motivazione scientifica alla base delle attività dell'Infrastruttura Trasversale Banche Dati (IT4) consiste nella necessità di consentire un efficiente utilizzo dell'informazione scientifica (dati e prodotti), che renda accessibile in maniera semplice e trasparente i dati necessari per fare Ricerca rendendo al contempo affidabili e riproducibili i risultati ottenuti. Nel caso dell'INGV, questa motivazione ha anche una connotazione di carattere operativo, laddove un accesso semplice ai dati agevola enormemente le attività istituzionali, come nel caso della gestione scientifica delle emergenze sismiche o vulcaniche. Questa motivazione, che condividiamo con l'intera comunità scientifica, ha portato alla realizzazione di iniziative internazionali e nazionali basate sul criterio "dell'Open Access" (una per tutte quella di GEO-GEOSS) che hanno prodotto un quadro normativo (p.e., Open Access L.112/2013, Direttive INSPIRE, Codice dell'Amministrazione Digitale (CAD), direttive dell'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID) a cui l'INGV ha aderito nel 2013 con il "Position Statement sull'accesso aperto ai risultati della ricerca scientifica in Italia". Quanto presente in tale quadro normativo è stato recepito da INGV attraverso l'emanazione della Politica dei Dati consultabile all'indirizzo <https://data.ingv.it/docs/> e attuato con l'istituzione dell'Ufficio Gestione Dati (<http://istituto.ingv.it/it/ufficio-gestione-dati>).

L'obiettivo generale dell'Infrastruttura Banche Dati è la condivisione e valorizzazione del prezioso patrimonio di conoscenze dell'INGV rappresentato:

- dai dati acquisiti dai sistemi osservativi e dalle attività di ricerca e dai numerosi progetti in cui l'istituto è coinvolto;
- dai dati ottenuti dalla loro ulteriore analisi;
- dai servizi di accesso ai che questo istituto può mettere a disposizione della comunità geofisica nazionale, europea ed internazionale.

Al raggiungimento di quest'obiettivo sono chiamati a collaborare tutte le componenti dell'INGV che oggi o nel recente passato acquisiscono o hanno acquisito know-how nella gestione delle banche dati e servizi nell'ambito delle attività istituzionali e dei progetti di ricerca.

Gli obiettivi operativi dell'IT4 consistono nel migliorare la propria Infrastruttura di Ricerca (IR) per:

- La condivisione dei dati acquisiti dai sistemi osservativi dell'INGV e dei loro prodotti.
- La condivisione dei dati e dei prodotti della ricerca.
- L'accesso ai servizi collegati ai dati.
- La conservazione dei dati e dei prodotti della ricerca dell'INGV.
- Adozione ed eventuale definizione e diffusione di standard, procedure, formati di codifica e di politiche per il raggiungimento dell'obiettivo 1.

Ai fini del presente piano di attività, si intende richiamare i seguenti concetti base.

Per Infrastruttura di Ricerca (IR) si intende una struttura complessa e distribuita, articolata in elementi hardware, software e gestionali (gruppi di lavoro, procedure, etc.) che interessano tutte le strutture dell'INGV, intese sia come Strutture di Ricerca che singole Sezioni.

L'INGV gestisce i propri dati digitali ("Digital Objects") e i relativi metadati, facendo largo uso di "Persistent Identifiers" (PID) che ne facilitino l'identificazione univoca e a lungo termine. Grazie a una convenzione stipulata con la Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI), INGV si trova infatti nelle condizioni di assegnare autonomamente codici DOI e, soprattutto, di gestirne direttamente i metadati associati secondo le specifiche DataCite (<https://www.datacite.org>).

Per "dato" si intendono singoli oggetti o registrazioni di qualunque natura (fisica o digitale), a qualunque livello di elaborazione e comunque organizzati oltre ai prodotti della ricerca ancorché non pubblicati. In questa sede il termine

“dato” si riferisce indifferentemente al dato grezzo acquisito dal sensore, al campione fisico di qualunque natura, ad un prodotto ottenuto da una qualunque analisi sul dato a qualunque livello di elaborazione sia essa di tipo automatico o manuale.

Per metadato si intende un insieme strutturato di informazioni che descrivono un dato, che permette di creare tassonomie e logiche avanzate di ricerca sui dati stessi, Esempi di metadato sono la provenienza, la descrizione, la qualità, il livello di elaborazione, la copertura geografica, gli aspetti di proprietà intellettuale, i termini di utilizzo o il contesto in cui il dato viene generato o raccolto.

Per servizi si intendono quei software associati alle banche dati che permettono una qualunque delle seguenti operazioni applicabili ad una banca dati: ricerca di dati, visualizzazione, trasferimento, trasformazione, modifica e/o aggiornamento. I servizi possono essere “aperti” quando liberamente disponibili e accessibili a chiunque, senza restrizioni, “limitati” quando un servizio è disponibile, ma solo alle condizioni stabilite (o concordate) dal gestore del dato.

## **b. Contenuto Tecnico Scientifico**

Al fine di raggiungere gli obiettivi sopra delineati, si prevede di attuare il seguente piano di attività:

**A1.** Prosecuzione del processo di validazione dei dati emersi dal censimento condotto tra il 2016 e il 2017 finalizzata all’inserimento di quanti più dati possibili nel Registro Dati istituzionale, così come previsto dalla Politica dei Dati. L’INGV gestisce oltre un centinaio di banche dati. Molte sono accessibili tramite siti web dedicati e altre sono direttamente connesse ai sistemi osservativi o strettamente legate a progetti di ricerca. Si tratta di un panorama molto articolato e complesso che ne rende spesso difficile la tracciabilità e l’accessibilità dall’interno ma soprattutto dall’esterno dell’istituto. Dal censimento emerge che la maggior parte delle banche dati accessibili dal web sono a carattere sismologico, mentre sono poco presenti altre tipologie di informazioni, anche se spesso rilevanti come la RING (Rete Integrata nazionale GPS), il DIVO (*Database of Italian Volcanoes*) lo *Space Weather* (Geomagnetismo ed Aeronomia) e dati multiparametrici raccolti da alcune reti di monitoraggio gestite nell’ambito di progetti o attività istituzionali. Ciascuna banca dati ha caratteristiche (infrastruttura informatica, contenuto, localizzazione, formato dei dati, etc.) che sono il frutto delle motivazioni per cui la specifica banca dati è nata e si è evoluta. L’attività dell’IT4 supporterà lo scambio delle conoscenze tra i gestori delle banche dati anche al fine di aumentare l’armonizzazione nelle pratiche di gestione e aumentare le possibilità di interazione per l’accesso e lo scambio di dati. Tra i numerosi risultati raggiunti dal censimento c’è anche l’individuazione dei ben 144 referenti scientifici e 121 referenti tecnologici direttamente coinvolti nella gestione, a dimostrazione dell’enorme investimento istituzionale profuso nella gestione delle banche dati. Durante il primo anno di attuazione della Politica dei Dati istituzionale sono stati validati principalmente quei dati che erano stati identificati dai Direttori di Dipartimento come prioritari. Restando ancora oltre 200 tipologie di dati ancora da validare, l’attività proseguirà per tutto il 2020 e il 2021.

**A2.** Prosecuzione nella realizzazione dell’infrastruttura informatica (o e-infrastruttura; e-I) centralizzata per l’accesso e la condivisione dei dati e strettamente collegata al Registro Dati. Quest’elemento rappresenta il “backbone” attorno al quale si deve articolare l’IR. L’e-I avrà due caratteristiche principali: sarà distribuita ed interoperabile.

L’e-I sarà distribuita, perché si baserà sulla rete di banche dati realizzate nelle diverse Sezioni dell’INGV, mettendole a rete. Le banche dati esistenti e future sono in genere legate ad uno specifico sistema osservativo (p.e. reti sismiche, geodetiche, osservatori ionosferici e geomagnetici, laboratori, ...) o specifiche attività di ricerca ed è opportuno che continuino ad essere gestite all’interno degli ambiti a cui si riferiscono, coordinate attraverso i rispettivi IT.

Inoltre, l’e-I dovrà garantire l’interoperabilità tra le banche dati dell’INGV e tra queste e quelle europee e internazionali, oltre a permettere l’accesso a tutte le banche dati e servizi da parte di utenti interni ed esterni all’INGV, nel rispetto della Politica dei Dati istituzionale (A4). L’interoperabilità tra i vari elementi del sistema di banche dati dell’INGV è condizione fondamentale per il pieno raggiungimento degli obiettivi dell’IT4 perché in questo modo si intende al contempo garantire l’autonomia di azione e programmazione delle infrastrutture di produzione dei dati e servizi (IT1, IT2, IT3, IT5) e la piena funzionalità del sistema di disseminazione dell’INGV. Particolare attenzione inoltre sarà posta nel cercare di recepire i suggerimenti dell’Agenzia per l’Italia Digitale (AgID), che sugli aspetti di interoperabilità ha sempre richiamato la Pubblica Amministrazione al rispetto degli standard per la condivisione dei dati.

Nell'arco del triennio, l'attività prevede le seguenti fasi:

1. miglioramento degli strumenti gestionali del Registro Dati;
2. sviluppo del portale per la consultazione del contenuto del Registro Dati;
3. potenziamento dell'interoperabilità tra le Banche Dati.

La prima fase prevede il miglioramento degli strumenti che permettono la gestione del Registro Dati. Lo strumento principale utilizzato è l'editor di metadati, le cui funzionalità verranno ampliate per aumentare il grado di automazione nel processo di validazione delle informazioni immesse, l'iter di approvazione dai vari soggetti previsti dalla Politica dei Dati e le funzioni di analisi e statistica del contenuto.

La seconda fase durerà per tutto il 2020 e vedrà la prosecuzione della costruzione del portale per l'accesso pubblico al contenuto del Registro Dati. Particolare attenzione verrà posta nell'adottare le indicazioni dell'Agenzia Digitale per l'Italia, le direttive europee INSPIRE per la condivisione dei dati georeferenziati, e le indicazioni provenienti dalle grandi infrastrutture di ricerca europee gestite dall'INGV, EPOS ed EMSO.

La terza fase mira a potenziare l'interoperabilità tra le banche dati INGV, interoperabilità da intendersi sotto diversi punti di vista: dal punto di vista informatico per adottare standard di codifica e interscambio (es.: servizi web) dei dati condivisi, dal punto di vista sistemistico per adottare soluzioni di rete, storage e messa in sicurezza che ottimizzino le risorse infrastrutturali disponibili, e infine dal punto di vista gestionale per ottimizzare le risorse di personale e finanziarie disponibili. L'attività vedrà quindi l'organizzazione di incontri, workshop e seminari per mettere in stretto contatto tutti i soggetti coinvolti al fine di poter ipotizzare un percorso di sviluppo che tenga in considerazione le diverse esigenze che emergeranno.

**A3.** Individuazione, adozione ed eventuale sviluppo di standard per la codifica dei dati e metadati. La quantità e varietà dei dati acquisiti dai sistemi osservativi dell'INGV è realmente enorme, spaziando dai dati delle stazioni permanenti distribuite sul territorio (sismiche, GPS, ionosferiche, geomagnetiche, marine, ambientali, etc.), alle immagini di telerilevamento terrestre o satellitare, fino ai campioni di rocce o gas ed alle relative analisi di laboratorio. Attualmente, solo in pochi casi i singoli ricercatori o gruppi di ricerca o di monitoraggio hanno concordato standard nelle procedure di acquisizione, analisi ed archiviazione dei dati; ed i pochi casi sono in genere frutto di attività svolte in ambito internazionale. Questa è un'attività che dovrà svolgersi in stretta collaborazione con gli altri tavoli della Linea di Attività Infrastrutture e Sviluppo Tecnologico che potranno così contribuire alla definizione degli standard di acquisizione e archiviazione e con cui si aprirà una discussione relativa ai metadati, anche in vista dell'ingresso di nuovi dati nel Registro (A4). In questa attività sarà di particolare rilevanza l'esperienza di definizione dei metadati condotta in EPOS ed in EMSO.

**A4.** Attuazione della Politica dei dati INGV. In conformità ai precedenti Piani triennali, al fine di rendere fruibile il contenuto delle banche dati dell'INGV ed in genere del suo patrimonio di conoscenza, l'INGV ha adottato una propria Politica dei Dati. Lo scopo è di governare la molteplicità dei dati, enunciare i principi ispiratori sui quali impostare una gestione istituzionale condivisa dei dati e gestirne l'accesso, l'uso ed il riuso. La Politica dei Dati adottata ha il fine di consentire un accesso libero, aperto, pieno e tempestivo dei propri dati, rispettando i principi dell'Accesso Aperto e l'adozione del paradigma dell'Open Science così come suggeriti nella normativa nazionale e comunitaria ed in accordo con le finalità istituzionali, la struttura e l'organizzazione dell'istituto. L'attuazione di quanto previsto dalla Politica dei Dati è in carico all'Ufficio Gestione Dati le cui azioni sono svolte in coordinamento con i Direttori di Dipartimento, con la Linea di Attività Infrastrutture e Sviluppo Tecnologico, con il Centro Servizi per il coordinamento delle attività a supporto della Ricerca e con il Settore Affari Legali e Contenzioso.

**A5.** Conservazione dei dati e dei prodotti. Una delle caratteristiche dell'INGV è quella di avere una storia di attività di ricerca e di monitoraggio che inizia ben prima della fondazione dell'Istituto, così come è configurato adesso, e va indietro di diversi decenni, ed in alcuni casi anche secoli. Questo ha determinato la creazione di archivi di dati e di prodotti nelle varie Sezioni che, pur non avendo a volte elevato valore dal punto di vista dell'attuale ricerca geofisica (in genere si tratta di informazioni analogiche, di cui spesso è difficile stabilire accuratezza e grado di precisione) rappresentano tuttavia un "patrimonio storico" inestimabile di conoscenze geofisiche che solo in pochi casi è stato oggetto di un'adeguata classificazione e fruizione. In collaborazione con l'IT1 e le attività di Divulgazione, l'IR dell'IT4 può rappresentare lo strumento per organizzare questa informazione e per consentirne la sua fruizione alla comunità geofisica. Inoltre, l'organizzazione del "patrimonio storico" dell'INGV permetterà una più razionale organizzazione delle informazioni attuali (che domani diventeranno anch'esse "patrimonio storico") fornendo una valida base per le

programmazioni di cui alla successiva attività A6. Analogamente all'attività A3, anche questa non ha un preciso sviluppo temporale, essendo collegata ad altre Infrastrutture o attività dell'ente.

**A6.** Programmazione di strategie di sostenibilità a medio - lungo periodo. Il triennio di attività a cui si riferisce questo PTA consentirà il consolidamento dello stato dell'arte delle banche dati dell'INGV e l'implementazione della futura IR. Tuttavia, non va dimenticato che il successo di queste attività si misurerà nella capacità di incidere nella crescita futura della comunità delle Scienze della Terra per quanto riguarda le attività sia di monitoraggio che di ricerca. Quindi, una delle azioni fondamentali sarà quella di definire le strategie tecniche ed i modelli di finanziamento per garantire la sostenibilità nel medio – lungo termine dell'IR (orizzonte temporale dei 5-10 anni). La sostenibilità dovrà mirare al mantenimento dell'IR ed al suo potenziamento, quest'ultimo al fine di adeguare l'IR alla crescita dei dati, della tecnologia e delle potenzialità di utilizzo. Questa attività occuperà l'ultimo anno del triennio e sarà svolta in coordinamento con il Presidente ed i Direttori delle Strutture di Ricerca. Uno degli strumenti pratici su cui verterà l'attività sperimentale finalizzata a migliorare gli aspetti di sostenibilità sarà il Data Management Plan (DMP), uno strumento largamente diffuso nei paesi anglosassoni da diversi anni, e che viene sempre più spesso annoverato tra i requisiti per la partecipazione a progetti europei.

### **Contributi del FORUM**

Nel seguito vengono presentate in maniera sintetica le attività di gestione delle banche dati, con particolare riferimento alle infrastrutture di ricerca e di sviluppo tecnologico programmate ed in corso, separando tra quelle già validate e pubblicate nel Registro Dati istituzionale e quelle che ancora non lo sono. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti di Ricerca dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente. Queste attività costituiscono gli obiettivi specifici su cui si focalizzano le attività di ricerca, con prospettive di sviluppo per il biennio successivo.

### **Banche dati elencate nel Registro Dati**

#### **1 - Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI)**

L'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI; <https://doi.org/10.13127/asmi>) consente l'accesso diretto e integrato ai dati e alle informazioni relative a oltre 6000 terremoti nell'area italiana nella finestra temporale dal 461 a.C. al 2017 prelevando e riorganizzando da fonti di dati eterogenee come studi macrosismici singoli e raccolte, bollettini e rilievi macrosismici diretti, database macrosismici, cataloghi parametrici e strumentali. Nel prossimo triennio si proseguirà l'inclusione di nuovi dati provenienti da studi pubblicati da personale INGV o appartenente ad altre organizzazioni. Oltre ai dati parametrici sui terremoti e ai dati di intensità macrosismica, si procederà a estendere al maggior numero possibile di studi l'attività di estrazione di informazioni aggiuntive quali il numero di morti e feriti e di effetti cosismici. Si procederà anche nel miglioramento del sistema di riferimento geografico delle località italiane a cui tutte le osservazioni macrosismiche di ASMI e di DBMI (Database Macrosismico Italiano) sono georiferite. Dal punto di vista dell'infrastruttura si migliorerà la struttura del database, dell'interfaccia di consultazione sul sito web e i servizi web in standard FDSN e OGC in stretto coordinamento con AHEAD (European Archive of Historical Earthquake Data), di cui ASMI è il nodo italiano. Verranno migliorati i collegamenti esistenti con altre banche dati INGV (es: CPTI-DBMI, CFTI, CMTE, ITACA, ESM, DISS, ISIDE, EMTC, ITED) e nuovi collegamenti verso ulteriori banche dati verranno creati. Verrà potenziato il sistema di monitoraggio di eventuali problemi di accesso ad ASMI con il migliorando il sistema di ridondanza allestito presso la Sezione di Bologna del nodo principale presente presso la Sezione di Milano. Le attività si inquadrano nell'ambito del WP 1 "Terremoti", e più precisamente nel Task 1 "Integrazione banche dati di sismologia storica" dell'Allegato B2 dell'Accordo Quadro DPC-INGV.

Partecipano alle attività: Andrea Rovida, Mario Locati, Andrea Antonucci, Romano Camassi, Paola Albini, Raffaele Azzaro, Filippo Bernardini, Carlos Caracciolo, Viviana Castelli, Salvatore D'Amico, Emanuela Ercolani, Vera Pessina, Antonio Rossi e Andrea Tertulliani.

#### **2- Bollettino Sismico Italiano (BSI)**

La Rete Sismica Nazionale (RSN; <https://doi.org/10.13127/sd/x0fxnh7qfy>) registra i terremoti del territorio nazionale; localizzazioni e magnitudo delle sale Operative, aggiornate in tempo reale nella banca-dati lside (<http://terremoti.ingv.it>), sono revisionate dagli analisti del Bollettino Sismico Italiano (BSI) per  $M > 1.5$ . L'analisi consiste nella lettura degli arrivi P ed S osservati sulle registrazioni della RSN e nella revisione di ampiezze e polarità.

Localizzazioni e magnitudo ricalcolate per gli eventi di ogni quadrimestre vengono pubblicate in formato QuakeML insieme ad un rapporto quadrimestrale (<http://terremoti.ingv.it/bsi>). Le soluzioni e i parametri ipocentrali degli eventi revisionati sono inseriti in ISIDe.

### 3 - Catalogo dei Forti Terremoti (CFTI)

La Banca dati è oggetto delle attività del sub-WP7.1 dell'Allegato A e del WP1-Task1 dell'Allegato B2 dell'Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021. Con la pubblicazione del CFTI5Med (<https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>) è stata completata una prima rivisitazione della banca dati, finalizzata ad una migliore fruizione di contenuti già presenti e alla pubblicazione sistematizzata di ulteriori informazioni correlate ai terremoti storici. Nel corso del triennio verranno realizzate diverse attività di sismologia storica, volte ad arricchire e migliorare i contenuti (tra cui la revisione di studi su alcuni forti terremoti, lo studio sistematico delle sequenze sismiche e l'incremento dei dati sugli effetti sismo-indotti sull'ambiente). Parallelamente verranno sviluppate nuove funzionalità dell'interfaccia.

Partecipano alle attività: Gianluca Valensise, Alberto Comastri, Dante Mariotti, Maria Giovanna Bianchi, Cecilia Ciuccarelli, Gabriele Tarabusi, Graziano Ferrari, Monia Maresci e Alessio Mautone.

### 4 - Catalogo Euro-Mediterraneo degli RCMT e sottoinsiemi

Il Catalogo degli RCMT contiene tutti i momenti tensori di terremoti con  $M \geq 4.5$  avvenuti nell'area euro-mediterranea dal 1997 ad oggi. Viene e sarà costantemente aggiornato, sia in termini di nuovi momenti tensori (ogni nuovo evento sta in <http://autorcmt.bo.ingv.it/quicks.html>), sia in termini di disponibilità dei dati (es. nuova pagina web di selezione, <http://rcmt2.bo.ingv.it/searchRCMT.html>). Nella pagina web dedicata al catalogo (<https://doi.org/10.13127/rcmt/euromed>) sono disponibili anche i link ai suoi sottoinsiemi, come l'Italydataset. Anche quest'ultimo viene periodicamente aggiornato e reso disponibile in vari formati su web (<https://doi.org/10.13127/rcmt/italy>).

Partecipano alle attività: Silvia Pondrelli, Simone Salimbeni e Fabiana Loddo.

### 5 - Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etni (CMTE)

L'attività nel prossimo biennio sarà principalmente volta ad implementare le funzionalità del catalogo CMTE online (<https://doi.org/10.13127/cmte>), sia nella versione attuale che in una nuova veste grafica che sarà sviluppata in un secondo tempo. In particolare:

- localizzazione con boxers, quando disponibile;
- collegamento al record di CPTI e/o di ASMI
- download di singoli PQ e del catalogo in formato xls/ods
- pubblicazione dei campi relativi alla faglia sismogenetica, alla fratturazione al suolo, alla localizzazione strumentale dell'OE;
- aggiornamento delle schede descrittive dei terremoti e link a pubblicazioni.

Partecipano alle attività: Raffaele Azzaro e Salvatore D'Amico.

### 6 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI) e Database Macrosismico Italiano (DBMI)

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI; <https://doi.org/10.13127/cpti/cpti15.2>) è la banca dati che fornisce i dati sulla sismicità italiana utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili dall'anno 1000 ai giorni nostri. Database Macrosismico Italiano (DBMI; <https://doi.org/10.13127/dbmi/dbmi15.2>) raccoglie e organizza i dati macrosismici dei terremoti italiani che vengono utilizzati per la determinazione della localizzazione e la stima della magnitudo per i terremoti del passato per i quali non esistono registrazioni strumentali. Questi dati, espressi in termini di intensità macrosismica, rappresentano gli effetti di avvertimento o di danno causati dai terremoti in migliaia di località italiane che sono stati documentati nel corso del tempo. Le ultime versioni di CPTI e DBMI sono state pubblicate a novembre 2019 e arrivano fino all'anno 2017. Dal punto di vista dell'infrastruttura informatica si prevede la manutenzione dell'infrastruttura esistente di accesso ai dati e la sua messa in sicurezza tramite l'implementazione di sistemi di ridondanza presso la Sezione di Milano e di Bologna, concentrandosi particolarmente su nuovi sistemi di monitoraggio del corretto funzionamento dei servizi di accesso ai dati. Le attività di manutenzione e aggiornamento si inquadrano nell'ambito del WP 7 "Banche dati sismologiche", e più precisamente nel Task 1 "Banche dati sismologiche storiche e strutture sismogenetiche" dell'Allegato A dell'Accordo Quadro DPC-INGV.

Partecipano alle attività: Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Barbara Lolli e Paolo Gasperini.

### 7 - Engineering Strong Motion database (ESM) e Italian Accelerometric Archive (ITACA)

ESM (Engineering Strong Motion database; <https://doi.org/10.13127/esm>) è una banca dati accelerometrica che contiene registrazioni relative ad eventi con magnitudo  $\geq 4.0$ , che si sono verificati principalmente nelle regioni euro-mediterranee e del Medio Oriente. ESM è compatibile con l'European Integrated Data Archive (EIDA), un centro dati distribuito per archiviare in continuo i dati di alcune reti europee e i relativi metadati, sulla base di standard sismologici internazionali.

ITACA (Italian Accelerometric Archive; <https://doi.org/10.13127/itaca.3.0>) è l'archivio italiano delle forme d'onda accelerometriche relative ad eventi di magnitudo  $\geq 3.0$ , acquisite prevalentemente dalla Rete Accelerometrica Nazionale (RAN), gestita dal Dipartimento della Protezione Civile (DPC, <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/home.wp>), e dalla Rete Sismica Nazionale (RSN), gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://www.ingv.it>) e si configura come nodo nazionale di ESM. I database ESM e ITACA sono accessibili agli utenti tramite dei siti web dai quali è possibile richiedere le registrazioni accelerometriche e i relativi metadati. Dalle interfacce web è possibile accedere a degli strumenti on-line per: i) processare i segnali accelerometrici; ii) selezionare accelerogrammi compatibili con le forme spettrali prescritte dalle normative sismiche italiane (NTC18) ed Europee (EC8); iii) scaricare una tabella parametrica contenente metadati e misure d'intensità archiviate in banca dati (attualmente presente in ESM).

Le attività previste per ESM ed ITACA nel triennio 2020-2022 sono:

- Definire, in accordo col DPC, un protocollo operativo per il trasferimento dei dati in ITACA.
- Pubblicare una versione aggiornata del portale web di ESM.
- Potenziare l'accesso ai dati tramite servizi web.
- Pubblicare una nuova interfaccia web per il processamento dati accelerometrici.
- Pubblicare una nuova interfaccia web per la selezione di accelerogrammi spettro compatibili (ESM e ITACA).
- Sviluppare software e servizi web per il download di tabelle di parametri strong motion e di metadati associati definiti dall'utente (waveform flat-file).
- Migliorare le procedure di processamento automatico delle forme d'onda e implementare modalità di processamento alternative.
- Progettazione e sviluppo di un tool integrato per la generazione di accelerogrammi sintetici a partire da informazioni contenute nelle banche dati ed inerenti a sorgenti sismiche, propagazione delle onde nel mezzo crostale ed effetti di sito.
- Progettazione di un Report di Evento per terremoti di magnitudo rilevanti.
- Arricchimento e popolamento dei metadati di sito relativi alle stazioni contenute in ITACA, come l'identificazione dei siti di riferimento e i correttivi (dS2S) ottenuti dall'analisi dei residui dei modelli di predizione.

Partecipano alle attività: Lucia Luzi, Francesca Pacor, Giovanni Lanzano, Maria D'Amico, Sara Sgobba, Chiara Felicetta, Emiliano Russo.

### 8 - Euro-Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC)

La banca dati EMTC 2.0 (Catalogo degli tsunami Euro-Mediterranei; <https://doi.org/10.13127/tsunami/emtc.2.0>) realizzata in ArcGIS online, fornisce descrizioni e parametri relativi a 293 tsunami. La sezione italiana del database è stata rivista per implementare ITED. Attualmente tutti gli tsunami italiani di origine sismica sono stati collegati al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) adottato come catalogo sismico di riferimento. Nel triennio saranno inseriti gli tsunami dell'area Euro-Mediterranea avvenuti negli ultimi anni e verrà potenziata l'interoperabilità con le banche dati sismologiche INGV (ASMI- CPTI- DBMI). Parte delle suddette attività saranno svolte nell'ambito del WP1 Task1 dell'Allegato B2 dell'Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021.

Partecipano alle attività: Alessandra Maramai, Laura Graziani, Beatriz Brizuela, Andrea Antonucci, Mario Locati e Andrea Rovida.

### 9 - European Archive of Historical Earthquake Data (AHEAD)

Le attività inerenti European Archive of Historical Earthquake Data (AHEAD; <https://doi.org/10.6092/ingv.it-ahead>) si inquadrano nell'ambito del TCS (Thematic Core Service) Seismology della JRU (Joint Research Unit) EPOS-Italia e più in generale di EPOS (European Plate Observing System) ERIC (European Research Infrastructure Consortium), di cui AHEAD è il nodo europeo per l'accesso ai dati su terremoti storici. Le attività si svolgeranno in coordinamento con le principali organizzazioni europee attive nel campo della sismologia storica con cui è stato siglato un MoU (Memorandum of Understanding) valido fino al 2023. Il contenuto dell'archivio che all'oggi contiene dati per circa 5000

terremoti nell'area europea verrà aggiornato con l'inclusione di nuovi studi pubblicati da parte di autori INGV o appartenenti ad altre organizzazioni. Si procederà all'allineamento dei contenuti presenti nel nodo italiano chiamato ASMI (Archivio Storico Macrosismico Italiano). Oltre all'estrazione dalle sorgenti di dati (es.: articoli scientifici, rapporti tecnici, monografie, cataloghi) come 1) i parametri dei terremoti, e 2) punti di intensità macrosismica si cercherà di estrarre e rendere comodamente consultabili anche informazioni quali i numeri di morti e feriti, e di effetti sull'ambiente. Dal punto di vista dell'infrastruttura informatica, si procederà a un miglioramento della struttura del database, al miglioramento dell'interfaccia di consultazione del portale web e al miglioramento dei servizi web per l'accesso diretto ai dati che adottano sia lo standard FDSN (International Federation of Digital Seismograph Networks), sia lo standard OGC (Open GeoSpatial Consortium). Si proseguirà inoltre l'attività per migliorare il formato di codifica QuakeML, specificatamente per il modulo dedicato ai dati macrosismici, così come l'adozione delle indicazioni per garantire la piena accessibilità ai dati in AHEAD dal portale ICS (Integrated Core Services) di EPOS ERIC.

Partecipano alle attività: Andrea Rovida, Mario Locati, Andrea Antonucci e Paola Albini.

#### 10 - Hai Sentito Il Terremoto e di Internet Macroseismology

Si prevede la migrazione del sistema e della banca dati Hai Sentito Il Terremoto (HSIT; <https://doi.org/10.13127/hsit>) su cloud per aumentare l'affidabilità del sito anche durante le crisi sismiche, quando il numero di accessi al sito dell'istituto diventa molto alto. Nell'ambito del gruppo di lavoro "Internet Macroseismology" della European Seismological Commission si continuerà la collaborazione con altri istituti europei per la creazione di un database di intensità macrosismiche europee ottenute da questionari on-line. Sarà poi implementato un portale per la ricerca e la visualizzazione dei dati su mappa.

Partecipano alle attività: Patrizia Tosi, Paola Sbarra, Valerio De Rubeis, Diego Sorrentino

#### 11 - INGV Strong Motion Data (ISMD)

Nell'ambito del progetto FISR-SOIR proseguirà lo sviluppo di ISMD (v2.1; <https://doi.org/10.13127/ismd.2.1>), la banca dati accelerometrica in tempo reale dell'INGV che dal 2012 distribuisce in tempo reale le forme d'onda e i metadati relativi agli eventi di magnitudo  $\geq 3.0$  registrati dalle stazioni accelerometriche della rete sismica nazionale (RSN). La versione 2.1 introdurrà nuovi tools per migliorare l'efficacia delle elaborazioni pubblicate e la velocità di processamento al fine di minimizzare la latenza tra comunicazione evento e disponibilità dei parametri di scuotimento. La fruibilità immediata del dato consentirà inoltre la costante verifica dei parametri di installazione delle stazioni ed il controllo di qualità delle registrazioni, utile in particolare nelle fasi di emergenza. Proseguirà l'aggiornamento della caratterizzazione di sito delle stazioni di registrazione INGV nell'ambito dell'Obiettivo 1-ALL B2-DPC.

Partecipano alle attività: Marco Massa, Ezio D'Alema, Sara Lovati, Simona Carannante.

#### 12 - Italian Present-day Stress Indicators (IPSI)

La banca dati online IPSI (Italian Present-day Stress Indicators; <https://doi.org/10.13127/ipsi.1.4>), relativa alle orientazioni del campo di sforzo attivo in Italia, è aggiornata a gennaio 2020 e contiene 928 informazioni sullo stato di sforzo crostale ottenute seguendo le linee guida del World Stress Map Project. Continueremo a lavorare ai contenuti e alla forma del database con l'intenzione di pubblicare annualmente una versione aggiornata, arricchita con i nuovi dati disponibili e migliorata con nuove funzionalità dell'interfaccia.

Partecipano alle attività: Maria Teresa Mariucci, Paola Montone e Gabriele Tarabusi.

#### 13 - Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDe)

L'Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDe; <https://doi.org/10.13127/iside>) è il database sismico strumentale italiano. Contiene le localizzazioni di tutti i terremoti di magnitudo maggiore di 2.4 avvenuti in Italia dal 1985 a oggi e informazioni strumentali sulle reti per il monitoraggio sismico nazionale. ISIDe viene aggiornato in tempo quasi-reale con i parametri dei terremoti localizzati, sul territorio nazionale e in area mediterranea, durante il servizio di sorveglianza sismica effettuato presso l'Osservatorio Nazionale Terremoti di Roma; dal 2019 include anche i terremoti principali che avvengono nelle aree vulcaniche italiane, individuati durante il monitoraggio effettuato presso l'Osservatorio Vesuviano di Napoli e l'Osservatorio Etno di Catania. Le informazioni contenute in ISIDe vengono aggiornate al momento della pubblicazione quadrimestrale del Bollettino Sismico Italiano che include le localizzazioni dei terremoti italiani di magnitudo maggiore di 1.4. I dati contenuti in ISIDe sono distribuiti dal portale <http://terremoti.ingv.it/iside>; il database può essere interrogato utilizzando un servizio web conforme allo standard FDSN che fornisce parametri dettagliati codificati in QuakeML, o ridotti in formato testo o Atom. Nel triennio 2020-2022 proseguirà l'attività di aggiornamento del data-base, attività che coinvolge oltre 60 turnisti sismologi e una quindicina di



revisori.

Partecipano alle attività: Diana Latorre, Barbara Castello, Anna Nardi, Alessandro Marchetti, Francesco Mele, Lucia Margheriti, Salvatore Mazza, Andrea Bono, Stefano Pintore, Valentino Lauciani e Matteo Quintiliani.

#### 14 - Italian Tsunami Effects Database (ITED)

La banca dati ITED (Italian Tsunami Effects Database; <https://doi.org/10.13127/tsunami/ited.1.0>) è il primo database delle osservazioni degli effetti di tsunami lungo le coste italiane, ampliamento della parte italiana dall'Euro Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC). ITED, focalizzato sugli effetti di propagazione degli tsunami osservati lungo le coste, fornisce informazioni su quanto e come una località è stata interessata nel corso del tempo dagli effetti di tsunami. Nel triennio proseguirà l'attività di popolamento e verrà implementata l'interoperabilità con le banche dati sismologiche INGV (ASMI, CPTI, DBMI) Parte delle attività saranno svolte nell'ambito del WP1 Task1 dell'Allegato B2 dell'Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021.

Partecipano alle attività: Alessandra Maramai, Laura Graziani, Beatriz Brizuela, Andrea Antonucci, Mario Locati e Andrea Rovida.

#### 15 - Pericolosità sismica MPS04-S1

La banca dati MPS04-S1 (<https://doi.org/10.13127/sh/mps04/db>) dal 2007 distribuisce i dati del modello di riferimento per l'Italia ai sensi dell'OPCM 3519/2016 e in questi anni ha sostenuto carichi di accessi anche rilevanti in occasione di terremoti forti. I dati non vengono aggiornati in virtù del loro essere riferimento di legge. Nel 2020 sarà rilasciato un aggiornamento della piattaforma informatica e degli applicativi per migliorare la sicurezza e la robustezza del sito; saranno implementate anche funzioni nuove per la navigazione e il download delle informazioni.

Partecipano alle attività: Francesco Martinelli e Carlo Meletti.

#### 16 - SEISMOFAULTS.EU: il nodo europeo per le faglie sismogeniche

L'infrastruttura informatica SEISMOFAULTS.EU (<http://www.seisnofaults.eu/>) è il nodo europeo per la distribuzione dei dati sulle faglie sismogeniche (DISS, <https://doi.org/10.6092/ingv.it-diss3.2.1>; EDSF, <https://doi.org/10.6092/ingv.it-share-edsf>; EFSM20) mantenuto e ulteriormente sviluppato nell'ambito del progetto EPOS-MIUR e con contributi dalla Convenzione INGV-DPC, All. A WP7.1. Questi sviluppi includeranno tra l'altro: la verifica dell'integrità dei file distribuiti; l'aggiornamento delle piattaforme per la distribuzione dei metadati e dei webservices secondo gli standard internazionali della comunità; il miglioramento delle interfacce di consultazione; lo sviluppo di strumenti informatici per il continuo aggiornamento dei contenuti e il miglioramento della loro interoperabilità con altri database, nazionali e internazionali.

Partecipano a questa attività: Roberto Basili, Giorgio Maria De Santis Gabriele Tarabusi, Roberto Vallone.

#### 17 - ShakeMap

La banca di ShakeMap (<https://doi.org/10.13127/shakemaps>) contiene le mappe di scuotimento del suolo per terremoti con magnitudo maggiore di 3 nel territorio Italiano dal 2008. Le mappe sono disponibili e scaricabili al sito: <http://shakemap.rm.ingv.it/shake>. Oltre alla mappa in formato pdf, il sito fornisce i dati in diversi altri formati (shape file, xml, raster, xyz) e anche diverse altre elaborazioni di utilità come mappe relative all'incertezza dell'elaborato, e valori di scuotimento calcolato su suolo roccioso. Le mappe e i relativi elaborati sono memorizzati all'interno del database della sala sismica SEISEV ed estraibili mediante un Web Service (pubblico) dedicato "shakedata" (<http://webservices.ingv.it/swagger-ui/dist/?url=http%3A%2F%2Fwebservices.ingv.it%2Fingvws%2Fshakedata%2F1%2Fswagger.yml>). Per il 2020 e il biennio successivo questa banca dati verrà mantenuta e aggiornata con i terremoti che accadranno. Stiamo lavorando inoltre affinché le mappe (e tutti i dati relativi) siano estraibili e visualizzabili anche attraverso l'implementazione di un Geoserver.

Partecipano alle attività: Licia Faenza, Alberto Michelini, Valentino Lauciani e Ilaria Oliveti.

#### 18 - Time Domain Moment Tensor (TDMT), banca dati momenti tensori

La banca dati TDMT (<https://doi.org/10.13127/TDMT>) contiene le soluzioni dei momenti tensori per i terremoti italiani di  $M > 3.5$  dal 2006 ad oggi calcolati automaticamente ed in real time con il codice Time Domain Moment Tensor (Dreger et al. 2003). I parametri di sorgente che caratterizzano le soluzioni dei MT, pubblicate e scaricabili dal sito, sono memorizzate all'interno del database della sala sismica SEISEV e come tali estraibili in formato QuakeML attraverso i web services INGV. Per il 2020 e il biennio successivo questa banca dati verrà mantenuta e aggiornata con i terremoti che accadranno. Stiamo lavorando inoltre affinché le soluzioni dei MT siano condivise, confrontabili, estraibili anche

attraverso l'implementazione di un Geoserver.

Partecipano alle attività: Laura Scognamiglio, Matteo Quintiliani e Valentino Lauciani.

## **Banche Dati non ancora inserite nel Registro Dati**

### **1 - Archivio dati GNSS centralizzato**

Nell'ambito di diversi progetti nazionali ed internazionali (es., FISR-SOIR, EPOS-MIUR) è stato realizzato, ed è tuttora in via di sviluppo, un archivio dati GNSS centralizzato denominato GNSSGIVING attivo nella sede centrale di Roma. Tale archivio ha un mirror ospitato presso il RECAS di Bari (INFN) che oltre a fare da backup del sistema centrale, rende più facile l'accesso ai dati dalle sedi INGV esterne. Lo scopo di GNSSGIVING è quello di raccogliere in modo organizzato i dati RINEX giornalieri di diverse reti GNSS attive nell'area Euro-Mediterranea ed Africana e renderli disponibili, con tempi di latenza minimi, ai centri di analisi dati GNSS dell'INGV. Per questo progetto sono state scritte e sono in fase di sviluppo una serie di procedure software per lo scarico automatico dei dati, il popolamento di database, e, soprattutto in questa fase, la creazione e l'aggiornamento dei metadati delle stazioni. Il progetto prevede l'implementazione di sistemi di "allerta" agli utenti (in primo luogo i centri di analisi dati GNSS dell'INGV) relativi alla disponibilità di nuove stazioni, anomalie nello scarico dei dati, cambi di strumentazione, ecc. I metadati, prodotti a partire da diverse sorgenti (es., log-file forniti dai gestori delle reti o dai file RINEX stessi), saranno elaborati per garantire standard internazionali.

Partecipano alle attività: Sergio Bruni, Daniele Randazzo, Antonio Avallone, Adriano Cavaliere, Nicola D'Agostino, Roberto Devoti, Leonardo Martelli, Enrico Serpelloni.

### **2 - Banca dati Effetti Geologici Cosismici**

Conclusa l'attività di definizione della struttura dati comune per l'archiviazione dei dati sugli effetti geologici cosismici dei principali terremoti avvenuti da inizio '900, rilevati da EMERGEIO o comunque archiviati dallo stesso a partire da dati precedenti alla sua istituzione. Il lavoro - svolto all'interno dell'All.B2-Task1 nel 2019 - prevede l'interoperabilità con altri DB italiani (es. Ithaca, CFTI), seguendo la politica dati INGV. Obiettivo del prossimo triennio - utilizzando questa struttura dati - è l'archiviazione degli effetti cosismici di terremoti recenti (2009, 2012, 2016, 2017 e 2018) od occorsi nell'arco cronologico del CFTI (es. terremoti del 1915, 1980 e 1997). Un contributo alla collezione dei dati di effetti cosismici di forti terremoti italiani storici verrà fornito dall'infrastruttura EPOS Italia: in collaborazione con ISPRA, è prevista l'archiviazione dati seguendo la struttura comune definita.

Partecipano alle attività: Riccardo Civico, Daniela Pantosti, Francesca Cinti, Fabio Villani, Paolo Marco De Martini, Carlo Brunori e Gabriele Tarabusi.

### **3 - Campagne di misure temporanee della Rete Sismica Mobile INGV**

Negli ultimi 15 anni, sono state realizzate dalla Rete Sismica Mobile INGV oltre 40 campagne di misure temporanee nell'ambito di progetti di ricerca e in occasione di emergenze sismiche e vulcaniche. Dal 2008 molti dati sono archiviati e condivisi con la comunità scientifica tramite EIDA, ma molte campagne lo sono solo in maniera parziale o nulla. Il recupero di tali dati è importante per non disperdere un patrimonio sismologico costato molto in termini di risorse economiche e umane, impossibile da acquisire nuovamente. Nel 2020: stato dell'arte e valutazione, in termini di tempo e spazio, del recupero delle vecchie campagne.

Partecipano alle attività: Milena Moretti, Simone Marzorati, Stefano Pintore e il gruppo di lavoro.

### **4 - Catalogo della sismicità italiana (CSI 3.0): integrazione degli onset fasi P ed S delle reti sismiche italiane**

A partire dall'integrazione di onset P e S raggiunta in CSI 2.0, nell'ambito di DPC All B2 2018, che a sua volta estendeva al 2008 il dataset integrato nel CSI 1.1, prosegue nel prossimo triennio il lavoro di integrazione dei tempi di arrivo prodotti dai gestori delle reti sismiche permanenti italiane fra il 2009 e il 2012, includendo le sequenze sismiche di L'Aquila e dell'Emilia. L'accesso alla banca dati sarà garantito tramite servizi web.

Partecipano alle attività: Barbara Castello, Raffaele Di Stefano e Gruppo di Lavoro CSI: Patrizia Battelli, Michele Berardi, Arianna Lisi, Alessandro Marchetti, Giorgio Modica e A. Nardi.

### **5 - Catalogo Localizzazioni Assolute 3D della sismicità italiana 1981-2015 (CLASS 1.0)**

All'interno del progetto DPC All.B2 2018 è stato prodotto il catalogo CLASS 1.0 che consiste di localizzazioni ipocentrali assolute ottenute con metodo di localizzazione non lineare (NLL) in modello tomografico 3D. Le fasi P ed S derivano per il periodo 1981-2008 dal set di dati CSI2.0 e per 2009-2015 dalla banca dati BSI. Nel prossimo triennio il

catalogo CLASS1.0, attualmente disponibile tramite web service solo per DPC, sarà aperto attraverso inserimento nella banca dati ISIDE.

Partecipano alle attività: Raffaele Di Stefano, Diana Latorre, Barbara Castello, Maddalena Michele e Lauro Chiaraluce.

#### **6 - CFTILab, laboratorio avanzato di sismologia storica**

È in corso di pubblicazione il nuovo portale "CFTILab: un laboratorio avanzato di sismologia storica" che raccoglie i risultati di ricerche passate e recenti e propone nuovi percorsi per lo studio dei terremoti del passato. Vengono messi a disposizione nuovi strumenti informatici utili all'analisi della banca dati del CFTI (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>), ad esempio per indagini di dettaglio delle sequenze o per confrontare i dati con quelli proposti da altre banche dati sismologiche. Parte delle suddette attività saranno svolte nell'ambito del WP1-Task1 dell'Allegato B2 dell'Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021 e avranno come oggetto le sequenze sismiche, le fonti iconografiche e gli effetti sismo-indotti sull'ambiente.

Partecipano alle attività: Gianluca Valensise, Graziano Ferrari, Alberto Comastri, Dante Mariotti, Maria Giovanna Bianchi, Cecilia Ciuccarelli, Gabriele Tarabusi, Alessio Mautone, Monia Maresci e Simone Vecchi.

#### **7 - Database dei Paleoterremoti Italiani**

Abbiamo predisposto una Banca Dati per ospitare dati di Paleosismicità Italiani pubblicati su riviste scientifiche e rapporti. Questo lavoro è stato svolto nell'All.B2 Task1, prevede interoperabilità con altri DB italiani (es. Ithaca, CFTI) secondo le indicazioni dell'ufficio dati INGV. Nel prossimo triennio, in presenza di risorse, il DB potrà essere popolato e aggiornato con nuovi dati e sarà riferimento per l'individuazione di aree su cui concentrare studi futuri e per la costruzione di modelli statistici di ricorrenza e scenari di rottura nel lungo e medio termine.

Partecipano alle attività: Francesca Cinti, Daniela Pantosti, Gabriele Tarabusi, Luca Pizzimenti, Riccardo Civico e Carlo Brunori.

#### **8 - Database multi-parametrico dei dati vulcanologici (TSDSystem)**

L'infrastruttura TSDSystem è una piattaforma per l'archiviazione di dati multi-parametrici di tipo geofisico e geochimico; attualmente ospitante venti diversi database. Questa continuerà ad essere mantenuta in produzione al fine di fornire i dati a tutti i portali, sia ad accesso ristretto che pubblici ed in particolare a tutti i servizi riservati al Dipartimento di Protezione Civile Nazionale. Continuerà l'upgrade dell'intera infrastruttura al fine di incrementarne le performance ed un utilizzo più integrato tra i diversi osservatori vulcanologici. Sempre la suddetta piattaforma continuerà ad essere impiegata per l'acquisizione, visualizzazione e scambio dati all'interno del Dipartimento Vulcani.

#### **9 - Database relazionale di Caratterizzazione dei Siti delle Stazioni Sismiche Permanenti (CRISP)**

CRISP è un database relazionale PostgreSQL dedicato alla caratterizzazione dei siti dove sono o sono state ubicate le stazioni della Rete Sismica Nazionale dell'INGV (RSN), con l'obiettivo di definire la risposta sismica locale. Contiene cartografie geologiche e litotecniche, dati tabellari geologici, litologici, morfologici, sismologici, geotecnici e relativa rappresentazione grafica, informazioni e foto dell'alloggiamento della stazione. Tutte le informazioni sono direttamente riferite alle stazioni RSN presenti nel database SeisNet. A partire dall'anno in corso, il database sarà completato in alcune sue parti indispensabili per renderlo accessibile ad utenti esterni (online) e per esportare i contenuti verso altri database, e saranno aggiornati i contenuti con nuove informazioni. Le attività sono svolte con il contributo di finanziamenti DPC-INGV All-B2 ed in sinergia con il database ITACA.

Partecipano alle attività: Giovanna Cultrera, Fabrizio Cara, Giuseppe Di Giulio, Daniela Famiani, Alessia Mercuri, Luca Minarelli, Matteo Quintiliani, Paola Bordoni.

#### **10 - Depositi di Paleotsunami nell'area NEAM**

L'INGV svolge un ruolo importante per il mantenimento e l'ampliamento del "ASTARTE Paleotsunami Deposits database" (<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4eea1187ed1b4ccd889e533b1667e4ab>), dove ad ora vi sono informazioni su 220 depositi di maremoto in oltre 150 siti lungo le coste dell'area Mediterranea e Nord-Est Atlantico (NEAM). È previsto un aggiornamento con nuovi dati pubblicati. Un gruppo di colleghi sta sottomettendo un progetto europeo (Call H2020-INFRAIA-2018-2020, topic INFRAIA-01-2018-2019) per creare un web-service di condivisione dei dati del database ASTARTE a livello internazionale in accordo con le linee guida del progetto infrastrutturale EPOS.

Partecipano alle attività: Alessandra Smedile, Paolo Marco De Martini, Daniela Pantosti, Carlo Brunori e Antonio Patera.

#### 11 - Earthquake Mechanisms of the Mediterranean Area (EMMA)

EMMA è una raccolta di meccanismi focali riportati in letteratura per l'area europea e mediterranea. Il database raccoglie i contributi dei vari autori e rielabora le informazioni, ricalcolando ad esempio i piani P e T da uno o dai piani nodali presenti (o viceversa) o le componenti del tensore momento. Il progetto iniziato nel 2001 in collaborazione con l'Università di Bologna ha prodotto diverse release ed è stato oggi riavviato con l'aggiunta di nuovi dati. È in corso lo sviluppo di una piattaforma web ad accesso geografico che consente la selezione, il plot, l'analisi e l'export dei dati. Partecipano alle attività: Gianfranco Vannucci e Gabriele Tarabusi.

#### 12 - European Integrated Data Archive (EIDA): sviluppi del nodo Italia

EIDA è l'archivio Europeo distribuito dei dati sismici (European Integrated Data Archive) coordinato da ORFEUS. A sua volta ORFEUS è l'infrastruttura Europea per i dati sismici in EPOS. Si darà maggiore risalto al Nodo EIDA Italia, con un rinnovamento del sito web, valorizzato come Entry Point dei DOI delle reti sismiche di competenza. Altri sviluppi previsti sono il miglioramento della infrastruttura con storage duplicato per ridondanza, l'innalzamento della qualità dei dati e metadati, grazie al potenziamento del personale dedicato e con l'introduzione di protocolli più robusti per il controllo di qualità delle stazioni sismiche inserite nell'archivio. Si darà maggiore risalto alla fruizione rapida del contenuto con conseguente incremento dei prodotti derivati. A questo scopo si incrementeranno anche le risorse di calcolo dedicate.

#### 13 - Misura delle temperature del suolo

Acquisizione in modalità continua di temperature superficiali del suolo con metodo diretto, usando sensori di contatto. I dati orari di temperatura del suolo nel campo fumarolico del cono attivo La Fossa di Vulcano sono disponibili dal 1991. I dati del monitoraggio continuo (stazioni Vulcra, Vulcra2, VCS, Bordosud, MN) possono essere ricampionati a diversi intervalli di tempo e rappresentano un riferimento storico per la taratura di dati di telerilevamento e la validazione di nuovi metodi di acquisizione indiretta.

#### 14 - Operational Earthquake Forecast Database (OEF)

L'Operational Earthquake Forecast (OEF) è un'infrastruttura che stima i tassi di sismicità per tutta l'area italiana per la settimana successiva. Inoltre il sistema fornisce stime di probabilità di superamento, per la settimana in analisi, di valori di intensità macrosismiche pari al VI VII e VIII grado della scala MCS. All'interno è presente una banca dati dove vengono memorizzati tutti i risultati dal 2009 fino all'ultima elaborazione. Essi vengono utilizzati su di un portale web per analizzare l'andamento temporale di aree interessate ad una sequenza sismica. La banca dati momentaneamente è privata in quanto è in fase di sperimentazione.

Partecipano alle attività: Anna Maria Lombardi, Maura Murru, Ilaria Spassiani, Angela Stallone e Matteo Taroni.

#### 15 - Rete Sismica Mobile INGV

Attraverso una procedura già avviata di Assegnazione degli Identificativi Persistenti, verranno attribuiti codici DOI ai data set delle campagne sismiche temporanee della Rete Sismica Mobile INGV. L'operazione consentirà di valorizzare e dare maggior diffusione ai data set di ogni singola campagna e al personale coinvolto nella produzione del dato. Verranno sviluppati strumenti informatici per la gestione e la visualizzazione automatica dei metadati, prodotti attenendosi alle linee guida dell'Ufficio Gestione Dati INGV per poter essere inseriti in DataCite. Le attività confluiranno nella produzione di un layout di Landing Page da dove scaricare i dati, riproducibile per ogni data set.

Partecipano alle attività: Simone Marzorati, Ivano Carluccio, Ezio D'Alema e Milena Moretti.

#### 16 - Rocce magmatiche

Nell'ambito dei progetti europei (EPOS-IP ed EUROVOLC), da diversi anni si stanno organizzando database che raccolgono dati vulcanologici prodotti dai Paesi partner dei progetti, da rendere disponibili mediante servizi di "open access". Si propone di continuare a lavorare sulla struttura dei metadati delle rocce magmatiche raccolte per attività di monitoraggio e ricerca. In particolare, dopo avere definito i metadati dei campioni di rocce, si struttureranno i metadati dei differenti tipi di analisi chimiche (es: composizione della roccia totale, vetro, minerali, etc) disponibili per i campioni di rocce. Questo lavoro nel tempo potrebbe auspicabilmente portare alla creazione di un database di Ente, utile alle attività delle singole Sezioni e aperto all'esterno, dopo avere definito la policy dei dati. L'attività sarà svolta da personale dell'INGV dell'OE, OV e sezione di Pisa. Prodotti previsti: presentazioni a Congressi, realizzazione di database.

### 17 - SURface Rupture Earthquake (SURE): un database mondiale di rotture superficiali cosismiche

Il progetto internazionale SURE (SURface Rupture Earthquake) ha come obiettivo la creazione di un database mondiale unificato e “community-sourced” di rotture superficiali cosismiche. Questi dati sono critici per l’elaborazione di relazioni empiriche tra magnitudo e parametri di faglia e per valutazioni di pericolosità da fagliazione superficiale. Una prima versione del database è disponibile con osservazioni e segmenti di rottura da 45 terremoti (Baize et al., 2019 SRL). Una seconda versione con ulteriori casi e classificazione delle rotture è pianificata da inizio 2020, unitamente ad uno studio di fattibilità per rendere il database fruibile alla Comunità esplorando la piattaforma più idonea. Il progetto è aperto a chiunque voglia fornire e condividere dati e idee sulla deformazione cosismica superficiale. Partecipano alle attività: Francesca Cinti e Riccardo Civico.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali
	<p>L’Ufficio Gestione Dati lavora all’applicazione della Politica dei Dati istituzionale anche sulla base di linee guida promosse da organizzazioni nazionali e internazionali con le quali capita di interagire. Inoltre, vista l’ampia spinta della Commissione Europea per l’adozione dei principi dell’Open Science nell’ambito della ricerca scientifica a livello europeo, saranno possibili diverse interazioni con le organizzazioni attive nel settore, sia a livello nazionale che internazionale.</p> <p>Tra le organizzazioni nazionali si segnala l’Agenzia Digitale per l’Italia (AgID) e il suo gruppo che gestisce il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT), col quale dovremo interfacciarci per pubblicare i dati. Non è ancora chiaro come e se sarà possibile proseguire l’interazione con il “Team per la trasformazione digitale”, che è passato a dicembre 2019 sotto il controllo del Dipartimento per la trasformazione digitale e col quale abbiamo interagito per la realizzazione del portale dei dati istituzionali.</p> <p>Per il coordinamento delle attività che ruotano intorno all’Open Science, INGV siede al tavolo tecnico coordinato dal Consorzio GARR denominato Italian Computing and Data Infrastructure (ICDI). Oltre all’INGV e al GARR, partecipano al tavolo l’Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l’Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA), l’Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Consiglio Nazionale Delle Ricerche (CNR), Consorzio Interuniversitario Cineca (CINECA), l’Istituto Nazionale Di Astrofisica (INAF), l’Istituto Nazionale Di Fisica Nucleare (INFN), l’Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), e il Sincrotrone Trieste S.C.P.A. (ELETTRA).</p> <p>A livello internazionale si prevede che a partire dal 2020 ci sarà un maggiore coinvolgimento nella Research Data Alliance (RDA). Diverse interazioni sono previste con le organizzazioni che operano nell’ambito dei progetti europei H2020 come OpenAIRE, e soprattutto quelli dedicati allo sviluppo dell’European Open Science Cloud (EOSC).</p> <p>Questo invece l’elenco delle organizzazioni coinvolte a vario titolo nella gestione delle banche dati presenti nel Registro Dati istituzionale:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)</li><li>● British Geological Survey (BGS), Regno Unito</li><li>● Centre Ifremer de Bretagne, Francia</li><li>● Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST), Marocco</li><li>● Centro europeo di formazione e ricerca in ingegneria sismica (EUCENTRE)</li><li>● Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR): Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (CNR-IGAG), Istituto di Metodologie per l’Analisi Ambientale (CNR-IMAA), Istituto per le Tecnologie della Costruzione (CNR-ITC)</li><li>● Consortium GARR</li><li>● Eventi Estremi e Disastri, Centro euro-mediterraneo di documentazione (EEDIS)</li><li>● Global Earthquake Model (GEM)</li><li>● Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Germania</li><li>● Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), Spagna</li><li>● Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), Francia</li><li>● Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering (ITSAK), Grecia</li></ul>

- Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering (ITSAK), Grecia
- Instituto Dom Luiz (IDL), Portogallo
- Instituto Geográfico Nacional (IGN), Spagna
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), Portogallo
- Instituto Superior Técnico (IST), Portogallo
- Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), Portogallo
- Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS)
- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI), Turchia
- Montenegro Seismological Observatory, Montenegro
- National Institute for Earth Physics (NIEP), Romania
- National Institute of Meteorology (INM), Tunisia
- National Observatory of Athens (NOA), Grecia
- Norwegian Geotechnical Institute (NGI), Norvegia
- Norwegian Seismic Array (NORSAR), Norvegia
- Observatories and Research Facilities for European Seismology (ORFEUS), Paesi Bassi
- Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile (DPC)
- Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA)
- Research Group on Marine Geosciences (GRC Marine Geosciences), Spagna
- Royal Observatory of Belgium (ROB), Belgio
- Russian Academy of Sciences (RAS), Russia
- Slovenian Environment Agency (ARSO), Slovenia
- Swiss Seismological Service (SED), Svizzera
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Austria

d.	Eventuali collaborazioni con le Università
<p>Questo l'elenco delle università coinvolte nella gestione delle banche dati presenti nel Registro Dati istituzionale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Middle East Technical University (METU), Turchia</li> <li>• National and Kapodistrian University of Athens (UOA), Grecia</li> <li>• Politecnico di Milano (PolIMI)</li> <li>• Sapienza University of Rome (UniSapienza)</li> <li>• Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Svizzera</li> <li>• Università della Basilicata (UniBAS)</li> <li>• Università di Bologna (UniBO)</li> <li>• Università di Catania (UniCT)</li> <li>• Università di Ferrara (UniFE)</li> <li>• Università di Napoli Federico II</li> <li>• University of Barcelona (UB), Spagna</li> <li>• University of Granada (UGR), Spagna</li> <li>• University of Lisbon (ULisboa), Portogallo</li> </ul> <p>È verosimile che altre università non in elenco collaborino con banche dati non ancora presenti nel Registro Dati.</p>	
e.	Infrastrutture di ricerca
<p>Molte delle banche dati che gestisce l'INGV forniscono dati a entrambe le infrastrutture di ricerca amministrate dall'INGV, l'ERIC EPOS (European Plate Observing System; <a href="https://www.epos-eu.org/">https://www.epos-eu.org/</a>) e l'ERIC EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory; <a href="http://www.emso.eu/">http://www.emso.eu/</a>).</p>	

## Infrastruttura di Ricerca

Infrastruttura Struttura

IT5 - Osservatori strumentali

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2022

### a. Finalità e Obiettivi

L'Infrastruttura trasversale IT5 comprende sistemi di osservazione che producono dati e informazioni riguardanti fenomeni geofisici, geochimici e ambientali. Il duplice compito di ricerca e sorveglianza rende unico il patrimonio infrastrutturale degli Osservatori gestito dall' INGV. Le misure che vi vengono eseguite consentono di comprendere i processi geofisici attivi e permettono di rispondere alla società con sempre maggiori prontezza, chiarezza ed efficacia.

#### Osservatori geomagnetici permanenti ed osservazioni magnetotelluriche

Gli osservatori geomagnetici permanenti monitorano il campo magnetico terrestre. In esso possono essere distinti due contributi: il campo magnetico principale, che è il contributo di origine interna al pianeta, e l'attività geomagnetica, che rappresenta il contributo dovuto a correnti elettriche nella ionosfera e nella magnetosfera, variabili per via dell'interazione Sole-Terra. Detti contributi hanno differenti ampiezze e si esplicano con diversi tempi caratteristici: per l'attività geomagnetica l'ampiezza va da qualche pT a centinaia di nT ed i tempi caratteristici vanno dalla frazione di secondo a qualche ora o giorno; per il campo magnetico principale le variazioni hanno ampiezze delle migliaia di nT e tempi di evoluzione di mesi o anni. Per queste ragioni gli osservatori geomagnetici devono effettuare misure con una risoluzione temporale non inferiore al secondo ed una sensibilità del pT.

Gli osservatori geomagnetici permanenti sono distribuiti approssimativamente lungo un meridiano che attraversa l'Italia, per coprire uniformemente tutto il territorio nazionale e sono riportati nel seguito:

- Castello Tesino, in provincia di Trento, nel Nord Italia, in funzione dal 1965.
- Duronia, in provincia di Campobasso, per il centro Italia. Esso ha sostituito l'osservatorio di L'Aquila, chiuso in conseguenza al terremoto del 2009. La serie di dati per il centro Italia è comunque molto lunga, essendo l'osservatorio di L'Aquila in funzione dal 1960. All'Aquila resta attivo l'importante laboratorio in cui vengono testati e messi in acquisizione i sistemi di misura da installarsi nei differenti siti.
- Lampedusa, il più recente degli osservatori magnetici italiani. Questo risponde alla necessità di misure nella parte più meridionale dell'Italia. Vi si affianca la stazione magnetica di Gibilmanna, nata nell'ambito del progetto VULCAMED e realizzata nel 2017.

L'INGV fornisce il personale che gestisce anche due osservatori antartici: quello presso la Stazione Mario Zucchelli, lungo la costa della baia di Ross, e quello presso la base italo-francese Concordia, sul plateau antartico, che è gestito in collaborazione con i colleghi francesi dell' IPEV.

Infine, le stazioni magnetotelluriche della rete FIRB contribuiscono, grazie alla bassa rumorosità dei siti e alla loro collocazione, allo studio delle proprietà conduttive del sottosuolo nei pressi dell'Aquila. Per gli studi vengono usate delle onde ULF di origine naturale registrate dalle rete stessa, fino a frequenze prossime agli 8 Hz.

#### Osservatori ionosferici

Il monitoraggio sistematico della ionosfera mediante radio sondaggi verticali, e la condivisione dei dati in tempo reale con i partner internazionali, costituisce un fondamentale contributo alla mitigazione degli effetti dei fenomeni di *Space Weather*. I dati prodotti, inoltre, contribuiscono alla ricerca nell'ambito dello sviluppo dei modelli ionosferici e degli studi sul cambiamento globale.

Il monitoraggio sistematico è da molti anni nei compiti istituzionali dell' INGV, ed è alla base del servizio di previsioni ionosferiche fornito dall' Ente. Questo servizio risponde alle esigenze di comunicazione in onda corta degli utenti nazionali; questi sono principalmente il Ministero della Difesa, il Ministero dell'Interno e il Dipartimento della Protezione Civile. Con i suoi osservatori ionosferici, l'INGV svolge un ruolo importante nell'area del Mediterraneo, non essendo attive simili infrastrutture in tutto il nord Africa.

### **Stazione multiparametrica di Varese Ligure**

Installato presso Varese Ligure Stazioni l'osservatorio ha le caratteristiche di una stazione geofisica multiparametrica, avendo in dotazione diversi sistemi e strumentazione da impiegare per studi in vari campi quali il magnetismo, l'aeronomia, la gravimetria, la sismica e la microsismica.

La stazione real time di Varese Ligure è, inoltre, sede di attività di calibrazione, test e verifiche strumentali per apparati magnetometrici e gravimetrici marini.

### **Osservatorio marino del Levante Ligure**

Nel triennio 2013-2016, è stato possibile installare la prima rete sperimentale del sistema OS-IS®, un sistema sviluppato nell'ambito del progetto europeo "Vento, Porti e Mare" (VPM) per il monitoraggio e la previsione del moto ondoso nell'Alto Tirreno; si tratta di un progetto finalizzato al miglioramento della sicurezza della navigazione e alla mitigazione del rischio di incidenti nelle aree portuali. La peculiarità di questo sistema consiste nell'impiego di accelerometri ad alta sensibilità, ideati inizialmente per missioni spaziali, che permettono la determinazione dei parametri caratteristici del moto ondoso (altezza significativa, periodo medio e di picco delle onde del mare). Tra i principali vantaggi di questo sistema vi è il fatto che l'intero apparato funziona "a terra", senza la necessità di utilizzare strumentazione "a mare". Ciò comporta un notevole risparmio di costi e soprattutto, da quando è stata dismessa la Rete Ondametrica Nazionale (RON), gestita da ISPRA, rappresenta l'unica vera alternativa all'installazione di boe; queste presentano la limitazione di consentire solo misure puntuali e di richiedere una manutenzione costante.

Dopo i lusinghieri risultati della sperimentazione, la partnership che ha sviluppato OS-IS®, intende promuoverlo con il ricorso a forme di finanziamento pubblico, in ambito nazionale ed europeo. Il sistema, per sua natura, è infatti da implementare a cura di soggetti pubblici che necessitano, per scopi istituzionali, di conoscere in tempo reale lo stato del mare. Il sistema è stato brevettato dall'INGV in partnership con altri soggetti ed il marchio OS-IS® è stato registrato. Inoltre è stata realizzata dal DLTM (Distretto Ligure per le Tecnologie Marine) l'infrastruttura Lab MARE, con il co-finanziamento della Regione Liguria (risorse PAR-FSC 2007-2013 "Fondo per lo sviluppo e la coesione" per la realizzazione dei laboratori del Polo DLTM) e grazie alla condivisione di risorse umane, infrastrutture ed attrezzature da parte di INGV, CNR-ISMAR, ENEA ed IIM.

### **Osservatorio atmosferico di Thule (THAAO)**

L'osservatorio artico di Thule (Thule High Arctic Atmospheric Observatory, THAAO, <http://www.thuleatmos-it.it/>) è dotato di numerosi strumenti (gestiti da INGV, ENEA, univ. Roma e Univ. Firenze) in grado di misurare proprietà fisiche e chimiche della bassa e media atmosfera polare, stimare il bilancio radiativo al suolo e rilevare la composizione dell'aerosol troposferico. In particolare, lo spettrometro a microonde VESPA 22, progettato e costruito nei laboratori INGV, è dedicato all'osservazione del vapor acqueo per studi inerenti alla distruzione dell'ozono stratosferico ed al cambiamento climatico in Artide. Nel 2020 è prevista l'installazione presso il THAAO anche di strumenti volti a misurare le precipitazioni e le scintillazioni ionosferiche.

### **Parco di osservatori multiparametrici sottomarini (sezione di Palermo):**

L'INGV vanta un "know-how" particolarmente approfondito nell'ambito dei sistemi di monitoraggio dell'ambiente marino, costiero e profondo, attraverso lo sviluppo e l'utilizzo di varie tipologie di osservatori multidisciplinari sottomarini, sia in modalità autonoma, sia cablati. Gli osservatori multidisciplinari sottomarini utilizzati sono altamente efficienti in termini di capacità di misura di parametri marini, chimico-fisici e ambientali, con possibilità di ospitare un ampio set modulare di sensori oceanografici, adattabili quindi alle diverse condizioni operative. Gli osservatori sono stati progettati per lavorare sia in modalità 'stand-alone', quindi acquisendo dati in modo autonomo dalle profondità marine, sia in 'near real-time', opportunamente cablati a boe di superficie. L'esperienza acquisita dal team INGV di Palermo sui sistemi di monitoraggio sottomarini ha permesso di migliorare il sistema di gestione, acquisizione, salvataggio, trasmissione ed elaborazione dei dati. La sezione con il progetto di potenziamento infrastrutturale IDMAR mira ad ampliare parco di osservatori e di sensori utili al monitoraggio sottomarino.

## **b. Contenuto Tecnico Scientifico**

Gli osservatori coinvolgono tutti e tre i dipartimenti dell'INGV. Le sezioni coinvolte sono Roma 2, ONT e la sezione di Palermo. Si riportano di seguito i principali sviluppi che si prevedono nel prossimo triennio.



### **Osservatori geomagnetici permanenti ed osservazioni magnetotelluriche**

Anche nel 2020 proseguiranno le già avviate attività tecnico - scientifiche volte a garantire l'accuratezza e la continuità del dato misurato. In particolare proseguirà l'acquisizione delle misure dell'intensità totale F del campo tramite *magnetometri Overhauser*, mentre le variazioni delle componenti H, D e Z del campo magnetico continueranno a essere misurate utilizzando magnetometri vettoriali fluxgate. L'acquisizione avviene tramite un modulo appositamente studiato presso l'INGV ed il dato verrà fornito alla risoluzione temporale di 1 secondo.

Grazie a recenti studi e al controllo della qualità del dato geomagnetico acquisito, l'osservatorio geomagnetico di Lampedusa entrerà a far parte della rete INTERMAGNET entro il 2022.

Nell'arco del prossimo triennio si porterà avanti la collaborazione con l'accademia delle scienze albanese per portare a termine l'installazione di un nuovo osservatorio geomagnetico nell'area balcanica ad oggi non coperta da punti di osservazione.

### **Osservatori ionosferici**

Nell' osservatorio di Gibilmanna è attualmente in funzione una ionosonda AIS, sviluppata all' INGV. Al fine di mantenere ininterrotta la lunga serie di osservazioni ionosferiche derivanti da sondaggio verticale si intende dotare l'osservatorio ionosferico di Gibilmanna di una seconda ionosonda con funzione di backup in caso di guasti al sistema principale. Un sistema di telecontrollo consentirà la gestione remota delle risorse strumentali dell'osservatorio.

Nell' osservatorio di Roma sono attualmente in operazione due ionosonde: AIS (progettata e realizzata all'INGV) e DPS (acquistata da UMLCAR). Si prevede di aggiornare entrambi gli apparati.

Aggiornamento AIS - Al fine di aumentare la qualità dello ionogramma generato dalla ionosonda AIS verrà ottimizzato il metodo di discriminazione dell'eco ionosferico dagli echi indesiderati. Al tempo stesso la misura della posizione degli strati ionosferici sarà integrata con la misura della potenza retrodiffusa, inserendo l'attenuazione ionosferica fra i parametri misurabili con la tecnica del sondaggio verticale. Detti interventi saranno messi in prova nell' osservatorio ionosferico di Roma per essere estesi, successivamente, ad altri osservatori. I miglioramenti prevedono l'installazione di un nuovo modulo ideato ad hoc ad integrazione della ionosonda AIS attualmente operativa.

Aggiornamento DPS - La ionosonda DPS verrà aggiornata per consentire la misura di nuovi parametri ionosferici quali, ad esempio, l'angolo di arrivo del segnale retrodiffuso e la velocità del plasma ionosferico etc. A tale scopo, è previsto l'aggiornamento dell'hardware con un costo previsto di 70 kEuro. Questi graveranno presumibilmente su i fondi previsti dalla legge di Bilancio 2018 (LEGGE 27 dicembre 2017, n. 205, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2018 e bilancio pluriennale per il triennio 2018-2020), al comma 1110.

### **Stazione Multiparametrica di Varese Ligure**

La stazione presenta una coppia di magnetometri Fluxgate (eda) ed uno scalare a protoni per la misura in real time del campo magnetico terrestre. L'attività è prettamente legata all'acquisizione di dataset in ambiente a basso rumore per la taratura e la calibrazione di strumentazione magnetica marina. L'infrastruttura è dotata infatti di due singole stazioni di misura cablate che possono essere usate come sito di test. I dati magnetici acquisiti sono inviati presso un repository locale e in remoto presso la sede INGV di Portovenere.

### **Osservatorio marino del levante ligure**

Si prevede nel prossimo futuro l'integrazione della rete con un innovativo sistema SRS della Artys srl per la misura areale della quantità di pioggia, di un sistema radar X in partnership con CNR IREA, di una boa INGV dotata di sensori per la misura dei parametri fisici della colonna d'acqua e di un sistema idrofonico INGV per la misura del rumore in mare.

Mentre per l'infrastruttura Lab MARE sono state installate due stazioni: la prima cablata e costiera, che è stata deposta il giorno 4 marzo 2020 a circa 80 m dalla costa e a 10 m di profondità all'interno della Baia di Santa Teresa (Golfo della Spezia); la seconda, posizionata il 23 settembre 2019 a circa 6,5 miglia al largo dell'Area Marina Protetta delle Cinque Terre, è un *mooring stand alone* ancorato su un fondale di 600 m. La stazione costiera è dotata di alcuni strumenti per il monitoraggio di base dei parametri fisici marini: la temperatura, la salinità, la velocità e direzione della corrente marina e la misura del campo gravimetrico terrestre. Sono state inoltre installate una telecamera e delle speciali gabbie progettate per contenere diverse tipologie di materiali plastici. Queste gabbie permetteranno di studiare la degradazione e l'assorbimento di sostanze inquinanti nell'ambiente marino. Le plastiche verranno periodicamente prelevate ed analizzate in laboratorio, in collaborazione con il CNR. La stazione costiera è concepita essenzialmente come un sito di test, dove i partner del progetto, o chi ne faccia richiesta, potrà testare strumentazione innovativa in ambito marino ed acquisire dati in tempo reale.

La stazione profonda, invece, è allestita con correntometri, con sensori per misurare temperatura e salinità della colonna d'acqua, con trappole per sedimenti e con un turbidimetro. Alla prossima deposizione sarà aggiunta una telecamera ed un frame per lo studio della degradazione dei polimeri sintetici in mare. Gli strumenti sono posizionati dal fondo sino a 100 m dalla superficie del mare. La stazione profonda è un sito di monitoraggio ambientale che ha come obiettivi principali lo studio dei cambiamenti climatici, la protezione degli ecosistemi marini e la mitigazione dei rischi naturali. I dati acquisiti contribuiranno a studiare ecosistemi profondi ad elevata biodiversità, come quelli dei coralli bianchi, che si trovano in questa zona, e che sono esposti a rischi dovuti alla pesca e ai cambiamenti climatici. Il primo recupero e successiva deposizione della stazione profonda era previsto per la prima settimana di aprile 2020, grazie alla prevista disponibilità di Nave Alliance dell'IIM. La campagna è stata annullata a cause dell'emergenza sanitaria, per cui al momento non sono ancora disponibili i dati acquisiti.

#### **Osservatori multidisciplinari Western Ionian Sea (EMSO)**

SN1 è stato operativo dal 2001 a 25 km dal porto di Catania; è funzionante dal 2005 come osservatorio multiparametrico cablato ed è stato il primo nodo operativo sottomarino di alta profondità in Europa con trasmissione dati in tempo reale. SN1 acquisisce lunghe serie temporali di dati, per lo studio dei processi ambientali, alle loro interazioni, e all'impatto che hanno sugli ecosistemi marini, sui cambiamenti climatici e sui rischi geologici. Sono installate le seguenti tipologie di sensori: sismometro, DPG (sensore di pressione differenziale), APG (sensore di pressione idrostatica assoluta), CTD (conducibilità temperatura e pressione), ADCP (corrente sottomarina), gravimetro, magnetometro scalare, magnetometro vettoriale, idrofoni in diverse bande di frequenza (per il monitoraggio di segnali acustici sottomarini). Tutti i dati sono acquisiti in tempo reale grazie al cavo elettro-ottico sottomarino in grado di fornire energia agli apparati e di garantire lo scambio dati bidirezionale ad alta velocità su fibra ottica. I dati sono acquisiti direttamente sui server a terra in un laboratorio dell'INFN sito nel porto di Catania e sincronizzati temporalmente grazie alla disponibilità del segnale GPS: con questo segnale sono sincronizzate tutte le acquisizioni nel sito Western Ionian. Sull'osservatorio sono anche installati 4 idrofoni ad alta frequenza (campionati a 96Khz), in collaborazione con INFN-LNS. I dati acquisiti nella stazione a terra sono inseriti in tempo reale nel database disponibile on line [www.moist.it](http://www.moist.it) e una copia dei dati è indipendentemente trasferita in altri server presso la sede centrale dell'INGV di Roma, grazie alla connessione alla rete Garr. I dati di pressione sottomarina sono inoltre analizzati in tempo reale da un algoritmo appositamente sviluppato per la rilevazione di onde di tsunami in mare aperto e appositamente calibrato per il sito di osservazione.

L'osservatorio SN1 è attualmente in fase di manutenzione e verrà reinstallato in prossime operazioni marine insieme ad una *junction box* che permetterà il collegamento contemporaneo di altre unità osservative sottomarine per l'ampliamento dei siti di misura e dei parametri monitorati. Tra il 2020 e il 2021 si prevede infatti di sostituire le componenti ammalorate del sistema di alimentazione e comunicazione sottomarina. Si tratta di un telaio meccanico con due connettori ROV-operabili a cui si collegano i rispettivi connettori degli osservatori. Dopo la sostituzione del telaio di terminazione saranno deposti nuovi osservatori realizzati nell'ambito del PON InSEA, grazie al quale verrà estesa l'area di monitoraggio del *Western Ionian* fino a Portopalo; ivi è presente un altro cavo elettro-ottico sottomarino, dedicato anche all'infrastruttura di ricerca Km3Net. Entro il 2022 il nodo italiano di EMSO ospiterà quindi 4 osservatori multidisciplinari, due a largo di Catania (2100 m di profondità) e due gemelli a largo di Portopalo (3500 m di profondità). Il PON permetterà inoltre di sperimentare per la prima volta al mondo una nuova e promettente tecnologia che utilizza cavi sottomarini di telecomunicazione per il monitoraggio su fondale di parametri ambientali e di eventi sismici anche tsunamigenici. L'*International Telecommunication Union* (ITU), l'*Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (IOC-UNESCO), e la *World Meteorological Organization* (WMO) hanno istituito una *Joint Task Force* (JTF); questa a partire, dalla fine del 2012, ha il compito di affrontare aspetti tecnici, commerciali e legali in relazione aggiunta nuova capacità dei cavi per telecomunicazioni. Il concetto di progetto pilota di un *Scientific Monitoring And Reliable Telecommunications* (SMART) *cable* è il primo passo necessario per dimostrarne la non interferenza con le normali funzionalità di telecomunicazione: il suo primo prototipo della lunghezza di 18 km sarà installato in Italia presso il nodo di EMSO *Western Ionian*, a largo di Catania, entro il 2022.

#### **Osservatorio atmosferico di Thule**

L'Osservatorio atmosferico di Thule (Thule High Arctic Atmospheric Observatory , THAAO), Groenlandia, è dotato di numerosi strumenti per la misura di parametri atmosferici e flussi radiativi in ambiente polare. L'INGV ha in dotazione lo spettrometro VESPA-22, sviluppato internamente ed installato a luglio 2016, una stazione meteorologica ed un ricevitore Vaisala per la comunicazione con radiosonde meteorologiche. L'aggiornamento consiste sia in migliorie delle

single parti hardware e software di VESPA-22 e della stazione meteorologica, sia in investimenti per ampliare l'insieme di parametri atmosferici e climatici osservati. In particolare, per il triennio 2020-2022 si prevede l'acquisto di un radiometro iperspettrale per la misura della radianza nel visibile e infrarosso, un pluviometro ed un disdrometro per studiare le precipitazioni, l'installazione di un ricevitore GNSS per lo studio delle scintillazioni ionosferiche, ed un aggiornamento del ricevitore Vaisala per poter ricevere dati dai nuovi modelli di radiosonde.

#### **Parco di osservatori multiparametrici sottomarini della sezione di Palermo:**

##### **Osservatorio Multiparametrico posto al largo dell'isola di Panarea**

L'osservatorio multiparametrico sottomarino posto al largo dell'isola di Panarea, è composto da un osservatorio di fondo mare connesso ad una boa di superficie che acquisisce i dati giornalieri dalla stazione di fondo e li invia al CED di Palermo. L'osservatorio sottomarino, posto ad una profondità di 23 m è dotato di un set di sensori essenzialmente costituito da: pCO<sub>2</sub>, CTD, sensori di temperatura dedicati, pO<sub>2</sub>, pH ed idrofona larga banda.

L'intervento di potenziamento del PON-IPANEMA consentirà sia il rinnovamento tecnologico dell'osservatorio che il potenziamento delle reti di monitoraggio; rafforzerà inoltre l'infrastruttura integrandosi con quelle già realizzate dall'INFN, dall'OGS e dall'INGV; sarà infine in grado di ampliare la capacità di rilevazione dei parametri misurati e delle loro variazioni sul lungo termine. Il sistema integrato multiparametrico sarà composto da un osservatorio, direttamente connesso ad una meda, dotato di un set di sensori costituito da: pCO<sub>2</sub>, metano, CTD, ADCP, sensori di temperatura dedicati, camera HD, sismometro, pO<sub>2</sub>, pH, torbidimetro ed idrofona a larga banda. La meda del sistema avrà il compito di fornire la necessaria energia per il funzionamento della stazione sottomarina, di acquisire i dati provenienti dalla stazione stessa e, mediante ponte radio e modem, di trasferirli su internet inviandoli al punto di acquisizione dati posizionato a Panarea. Un cavo ombelicale ridondato conetterà il modulo sottomarino alla meda, fornendo l'alimentazione necessaria alla strumentazione sommersa e la connessione verso la superficie. Inoltre, il potenziamento renderà fruibili tutti i dati acquisiti e condivisi con quelli provenienti da tutte le altre infrastrutture sottomarine che verranno realizzate nell'ambito di IPANEMA, a beneficio sia della comunità di ECCSEL, sia di tutta la comunità scientifica e industriale interessata agli effetti del rilascio di CO<sub>2</sub> in ambiente sottomarino.

#### **Parco di osservatori multiparametrici sottomarini della sezione di Palermo:**

##### **Osservatorio multiparametrico posto nel Mar Nero**

È stato deposto nel Mar Nero EMSO-003, uno dei quattro osservatori della flotta della sezione di Palermo, acquistati con il progetto di potenziamento infrastrutturale EMSO-MEDIT. L'attività è in collaborazione con GeoEcoMar, l'Istituto Rumeno per la Ricerca e lo Sviluppo di Geologia e Geo-Ecologia Marina ed ha avuto inizio con la campagna oceanografica del 5 Aprile, svoltasi per il progetto europeo H2020 ENVRI\_PLUS. L'osservatorio EMSO-003, equipaggiato con i sensori marini "idrofona", "conducibilità temperatura", "pressione", "torbidità", "metano disciolto" e "pH", è stato deposto per sei mesi ad una profondità di 150 metri. I dati ad alta risoluzione acquisiti nel semestre consentiranno di raggiungere una comprensione più profonda dei processi di trasferimento del metano, uno dei principali gas serra, dalle profondità marine fino l'atmosfera. Si potrà studiare l'evoluzione temporale di detti fenomeni e il ruolo giocato dalla tettonica locale.

#### **CONTRIBUTI DEL FORUM**

Nel seguito vengono presentate in maniera sintetica le attività di gestione delle infrastrutture di ricerca e di sviluppo tecnologico programmate ed in corso. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti (ex-Strutture) di Ricerca dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente. Queste attività costituiscono gli obiettivi specifici su cui si focalizzano le attività di ricerca e linee di azione della LdA Infrastrutture e Sviluppo Tecnologico per il 2020, con prospettive di sviluppo per il biennio successivo.

##### **Realizzazione nuovi osservatori ionosferici di Lampedusa e Malindi (Kenya)**

Nel 2020 è prevista la realizzazione di due osservatori che affiancheranno quelli già esistenti e aumenteranno le capacità dell'INGV nel monitoraggio ionosferico. L'osservatorio di Lampedusa ospiterà una ionosonda DPS4D, un ricevitore GNSS per la misura del TEC e delle scintillazioni ionosferiche e un All-Sky Imager per misure ionosferiche ottiche. L'osservatorio di Malindi sarà realizzato in collaborazione con L'ASI e ospitato presso il Broglio Space Center. In questo osservatorio è prevista l'installazione di una ionosonda AIS e di un ricevitore GNSS per la misura del TEC e delle scintillazioni ionosferiche.

### Mantenimento e aggiornamento Osservatori ionosferici

Gli osservatori ionosferici dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, di proprietà o in cogestione, consentono il monitoraggio ionosferico a diverse latitudini e alimentano banche dati nazionali ed internazionali. Nel 2020 si mira al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

1. migliorare l'affidabilità della strumentazione negli osservatori e installare sistemi di backup;
2. completare la preparazione di strumentazione con cui iniziare la collaborazione tra l'INGV e l'Università di Shanmugha Arts, Science, Technology & Research Academy, India.

### c. Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Academy of Sciences of Albania

Institut polaire Français Paul Emile Victor

Parco Nazionale delle Cinque Terre

USGS - United States Geological Survey

Cooperazione con Jet Propulsion Laboratory, gruppo di Earth Observation

DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

ASI Agenzia Spaziale Italiana

ESA Agenzia Spaziale Europea

ISPRA - Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale

ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico

NCAR (USA) - National Center for Atmospheric Research

INFN-LNS - Istituto Nazionale Di Fisica Nucleare - Laboratori Nazionali del Sud - Italia

OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale

SZN - Stazione zoologica Anton Dohrn

GEOECOMAR - Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Geologie si Geoecologie Marina.

IFREMER - L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

CNR-ISMAR - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine



*Il Thule High Arctic Atmospheric Observatory (THAAO) situato a circa 15 km dalla Thule Air Base (76.5°N, 68.8°W), Groenlandia. Alcuni strumenti sono visibili sul tetto. L'edificio a sx è dedicato alla preparazione e al lancio dei radiosondaggi. Lo spettrometro VESPA-22 è installato all'interno del piccolo box in primo piano costruito su misura per ospitare lo spettrometro ed annesso all'edificio principale. Sul tetto inclinato del box si intravede una delle due finestre osservative di VESPA-22.*

#### d. Eventuali collaborazioni con le Università

Osservatorio atmosferico di Thule: Università di Roma La Sapienza, Università di Firenze, University of Birmingham (UK)

Università Roma Tre Università Roma 2

Università di Modena e Reggio Emilia Università della Calabria UNICAL Università di Firenze

UCR, Università del Costa Rica

Universidad Tecnologica Nacional, Universidad Nacional de Tucuman (Argentina)

#### e. Infrastrutture di ricerca

EMSO - European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory

Osservatori multidisciplinari Western Ionian Sea - Gli osservatori multidisciplinari presso il Western Ionian Sea si basano su infrastrutture che sono state sviluppate dal 2001 e hanno subito continui miglioramenti grazie ad una collaborazione pluridecennale con INFN-LNS. Gli obiettivi scientifici dell'installazione in questo sito dello Ionio occidentale coprono una vasta gamma di attività di ricerca in acque profonde, che contribuiscono a rispondere ai bisogni della società. Queste attività comprendono l'oceanografia, la bioacustica, le scienze ambientali, la geofisica, il *geo-hazard*, la fisica e l'astrofisica delle alte energie. Un cavo elettro-ottico sottomarino corre sul fondo del mare dal porto di Catania e si divide in due diramazioni a circa 20 km dalla costa orientale della Sicilia e a 2100 m di profondità. La terminazione nord ospita la stazione geofisica e oceanografica SN1, gestita da INGV, e la terminazione sud ospita la stazione acustica OnDe, parte del sito di test KM3NET gestito da INFN. L'osservatorio di fondo mare SN1 è la principale componente osservativa della *regional facility Western Ionian Sea* che ora rappresenta l'unico sito italiano dell'infrastruttura di ricerca europea EMSO-ERIC.

## Infrastruttura di Ricerca

Infrastruttura Struttura

IT6 - Sale operative

Data Inizio:

1-1-2020

Data Fine:

31-12-2022

### a. Finalità e Obiettivi

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è il Centro di Competenza del Sistema Nazionale di Protezione Civile che si occupa della sorveglianza sismica, vulcanica del territorio nazionale e dell'allerta tsunami nel Mediterraneo. Inoltre, per alcune aree di sfruttamento geominerario, l'INGV è nominato dal Ministero dello Sviluppo Economico quale Struttura Preposta al Monitoraggio (SPM) della sismicità e delle deformazioni del suolo eventualmente connesse all'attività antropiche.

La comunicazione dei risultati della sorveglianza e delle allerta tsunami viene condotta secondo tre principi guida:

- fornire al Dipartimento di Protezione Civile (DPC) informazioni precise e condivise tra le tre sale di sorveglianza, riguardo ai fenomeni in atto per permettere al DPC di gestire la criticità in atto e/o un'eventuale emergenza; per il CMS fornire al MISE informazioni precise e condivise con la sala operativa centrale riguardo ai fenomeni sismici in atto in aree di sfruttamento geominerario, di pertinenza del monitoraggio INGV in accordo con quanto previsto dagli Indirizzi e Linee Guida per il Monitoraggio delle Attività di Sottosuolo;
- fornire informazioni in tempo rapido anche alle autorità locali competenti (quali uffici regionali di protezione civile, prefetture, uffici comunali) e agli Enti amministrativi (Regioni, Comuni) quanto di competenza per il monitoraggio della sismicità dell'attività vulcanica e deformazione legate alle Attività di Sottosuolo;
- ridurre i tempi nel rilascio di informazioni di interesse generale ai media e al pubblico, per evitare che una richiesta urgente da parte di questi ultimi venga rivolta a soggetti non di competenza.

Presso l'INGV sono attive tre sale operative (Roma, Napoli e Catania) ed una quarta è in corso di sperimentazione presso la sede di Bologna. Nelle sale operative il personale svolge servizio di sorveglianza del territorio nazionale per quanto riguarda i terremoti, le eruzioni vulcaniche e i maremoti che avvengono nel mar Mediterraneo. Personale tecnico e ricercatore opera con turni H24 e trasmette informazioni al Dipartimento della Protezione Civile, in linea con quanto previsto dall'Accordo Quadro in essere tra INGV e lo stesso Dipartimento.

La sorveglianza per il Centro di Monitoraggio per le attività del sottosuolo (CMS), presso la sede di Bologna, si occupa del monitoraggio della sismicità connessa ad attività antropiche di sfruttamento del sottosuolo in conformità con gli *'Indirizzi e Linee Guida per il Monitoraggio della Sismicità, delle Deformazioni del Suolo e delle Pressioni di Poro'* nell'ambito delle attività antropiche, pubblicate dal Ministero dello Sviluppo Economico. I bollettini periodici vengono trasmessi al MISE e agli Enti amministrativi di competenza.

### b. Contenuto Tecnico Scientifico

Le sezioni attualmente partecipanti all'infrastruttura Sale operative sono: ONT, OE, OV e Bologna

La **Sala di sorveglianza sismica ed allerta tsunami INGV di Roma** è la struttura operativa dove si svolgono le attività di sorveglianza sismica, di allerta tsunami e monitoraggio sismico dei Colli Albani. In Sala sono presenti i sistemi che consentono di comunicare immediatamente con la Sala Situazione Italia del DPC, con il Ministero dell'Interno e con le sale per la sorveglianza vulcanica INGV di Catania e di Napoli. La Sala è in diretto contatto anche con i centri di acquisizione di altre sedi (i.e. Milano, Ancona, Grottaminarda, ecc.). L'attività di sorveglianza ed all'erta 24h/365 viene svolta all'interno della Sala mediante un ciclo di tre turni giornalieri (8.00-14.00, 13.45-23.15, 22.45-8.15). Circa 150 unità di personale distribuite in diversi ruoli effettuano i turni, ricoprono le reperibilità e svolgono il ruolo di funzionario. In Sala sono presenti cinque postazioni informatiche di analisi dati per garantire la

piena funzionalità. Le comunicazioni degli eventi sismici dalla Sala al DPC avvengono secondo quanto descritto nell'Allegato A all'Accordo-Quadro DPC-INGV 2012-2021. Le sedi esterne acquisiscono e trasmettono parte dei dati e sono fondamentali nei casi in cui si verificano problemi di rete nell'area di Roma (blocchi della rete internet, maltempo che ostacola la trasmissione dei dati satellitari etc.). Le comunicazioni tra il servizio di sorveglianza sismica e allerta tsunami INGV ed il Dipartimento di Protezione civile prevedono comunicati di vario genere, invii di SMS e email e documenti. Siamo attualmente impegnati a migliorare le modalità di scambio dati ed informazioni relativi agli eventi sismici popolando il database unico (terremoti.ingv.it), a sviluppare la connettività tra le sale operative di Roma-ONT (sala per il monitoraggio sismico a scala nazionale e di allerta tsunami) di Napoli-OV (sala per il monitoraggio vulcanico e sismico delle aree vulcaniche campane) e di Catania-OE (sala per il monitoraggio vulcanico e sismico delle aree vulcaniche siciliane), a migliorare la connettività tra le sedi INGV che forniscono procedure automatiche ad integrazione di quanto viene elaborato nelle sale operative. Inoltre, a implementare un cloud che costituisca la base per il disaster recovery delle sale operative (Progetto FISR S.O.I.R.). Siamo infine impegnati nella progettazione e sviluppo di un nuovo database eventi sismici e servizi correlati e di software per la localizzazione e per il calcolo della magnitudo degli eventi sismici sul territorio nazionale.

#### **La Sala di sorveglianza sismica e vulcanologica di Catania**

Presso l'Osservatorio Etneo, la sala di sorveglianza fa capo all'UF "Sala Operativa e Servizi IT (UFSO-IT)"; sono a carico di quest'ultima tutti i servizi informatici della Sezione ivi compreso l'infrastruttura di rete e il centro di calcolo.

L'UFSO-IT è organizzata secondo un paradigma bottom-up ovvero da una infrastruttura hardware di base costituita dai servizi di rete (server, switch, router, firewall, linee dati etc..) e dal centro di calcolo (server e storage), da un livello intermedio costituito dai middleware di acquisizione e archiviazione dati (database di sezione) e, infine, da un livello software volto alla gestione, presentazione e visualizzazione dei dati (sala di sorveglianza, DPC, DRPC, web etc..).

La sala di sorveglianza dell'OE è il luogo dove si svolgono i turni per il monitoraggio sismico e vulcanico dei vulcani Etna, Stromboli, Vulcano, Pantelleria e le altre isole Eolie. La sala è composta da n.2 postazioni per i turnisti, n.2 postazioni ausiliarie e due videowall per la visualizzazione dei dati. I turni vengono svolti da 2 turnisti in cicli di turnazione di 8 ore coadiuvati da n. 10 figure in reperibilità: tecnica, informatica, ponti radio, sede di Lipari, sismologica, vulcanologica, vulcanologica di campagna, aiuto vulcanologo, deformazioni del suolo, sostituto del turno. Presso la Sala di Sorveglianza vengono acquisiti i dati delle reti strumentali, sia geofisiche che geochemiche, impiegate per le attività di sorveglianza e monitoraggio; mediante i dati acquisiti viene svolto il servizio di sorveglianza focalizzato principalmente sull'analisi automatica dei dati sismici e sismo-vulcanici e sullo streaming dati dalla rete di videosorveglianza vulcanica. In particolare, la sorveglianza vulcanica si basa sull'analisi automatica dei dati sismo-vulcanici quali, ad esempio, le caratteristiche degli eventi a bassa frequenza e infrasonici (localizzazione e caratterizzazione spettrale), andamento temporale dell'ampiezza e localizzazione del tremore vulcanico, visualizzazione in real-time dei dati video acquisiti sia nello spettro visibile che mediante telecamere termiche. Su quest'ultime, e in particolare per il vulcano Etna, sono attivi sistemi di elaborazione delle immagini termiche per la detection automatica delle anomalie termiche. I turnisti sono coadiuvati da diversi sistemi automatici di warning, in particolare: localizzazione automatica eventi sismici, allerta repentina variazione del tremore vulcanico Etna, detection di anomalia termica Etna.

Sempre per gli scopi di sorveglianza, sono in fase di test i sistemi di early warning sviluppati in pre-operatività all'interno della convenzione DPC-INGV All. B2.

Dalla Sala Operativa dell'OE vengono inviati agli organi preposti, ed in particolare al DPC Nazionale e al DRPC, oltre che alle prefetture, le differenti tipologie di comunicati (sismici, vulcanici, generici/straordinari, di dettaglio etc.); le comunicazioni avvengono altresì mediante l'invio di sms, email, e mediante l'utilizzo di linea telefonica riservata con il DPC nazionale.

I sistemi informatici, ed in particolare le banche dati dei terremoti in forza alla Sala Operativa dell'OE, sono stati parzialmente adeguati per l'invio automatico dei dati alla sala ONT all'interno del database unico progettato e realizzato nel progetto FISR S.O.I.R.

La **Sala di sorveglianza sismica e vulcanologica di Napoli**, collocata presso l'Osservatorio Vesuviano, è la struttura operativa dove sono convogliati i segnali acquisiti da tutte le Reti di Monitoraggio permanenti dei vulcani campani (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) e della Rete Sismica di Stromboli. La Sala Operativa è parte della UF1 "Sala di Monitoraggio e Servizi IT" che si occupa della gestione dei servizi IT dell'Osservatorio Vesuviano, ivi compresa la sala CED, il Centro Stella con la relativa strumentazione ed i servizi di trasmissione dati delle reti di monitoraggio.

La rete sismica permanente è composta da numerose stazioni distribuite sul territorio, che trasmettono i dati in

continuo al centro di acquisizione, via radio UHF o WiFi oppure tramite linea telefonica dedicata (A/HDSL o analogica). Nella sala sismica dell'Osservatorio Vesuviano i segnali sono visualizzati su monitor e processati da un sistema di gestione e analisi dei dati, che consente anche l'immissione dei tracciati sul web e delle localizzazioni sul web. Questo sistema, basato su Earthworm e realizzato da personale interno all'ente, fornisce un insieme di sistemi automatici di analisi in tempo reale (tra cui le localizzazioni in tempo reale) che sono di supporto al personale turnista in Sala. Il sistema integra anche un sistema di allarmi che, in caso di evento sismico o in caso di malfunzionamento di uno o più dei suoi componenti, attiva un allarme sonoro e delle procedure di notifica quali l'invio di sms ed e-mail al personale competente.

In altri termini, i sistemi di analisi automatica della sismicità operativi in Sala consentono il rilevamento e la localizzazione degli eventi sismici locali. Tali sistemi sono integrati in quelli di visualizzazione consentendo al personale in Sala una visione globale aggiornata in tempo reale delle fenomenologie geofisiche in atto.

L'attività di sorveglianza, 24 ore su 24 in tutti i giorni dell'anno, viene svolta all'interno della Sala mediante un ciclo di tre turni giornalieri, ciascuno composto da due unità di personale. Il compito principale dei Turnisti in Sala è comunicare a DPC, e agli altri organi competenti, l'occorrenza di eventi sismici con magnitudo superiore alle soglie previste per i vulcani campani, di sciami sismici significativi e di altri eventi di potenziale rilevanza ai fini della sorveglianza.

Nella Sala sono operativi sistemi software che consentono l'analisi degli eventi sismici da parte del personale in turno, il calcolo della magnitudo e l'invio dei comunicati al DPC. Nell'ambito del progetto FISR S.O.I.R. si è realizzata l'integrazione della banca dati sismica dell'Osservatorio Vesuviano con quella dell'ONT. In questo progetto si è anche proceduto ad un rinnovamento, ancora in corso, di tutti i sistemi di Sala relativi alla localizzazione ed alla gestione degli eventi sismici che, quando completo, renderà possibile l'interazione con i sistemi di Sala da remoto.

Contribuiscono al Servizio di Sorveglianza, oltre al personale di turno in Sala, delle figure reperibili H24: il sismologo, il vulcanologo, l'informatico e il tecnico pronti ad intervenire in caso di necessità e che assicurano, tra l'altro, l'efficienza della Sala e delle reti di monitoraggio.

#### **La Sala di sorveglianza sismica di Bologna**

Nell'ambito del Centro di Monitoraggio delle attività del Sottosuolo (CMS), è attiva presso la Sezione di Bologna la sala operativa per l'acquisizione e l'analisi in tempo reale dei dati di monitoraggio delle concessioni per cui INGV sia stato nominato al MiSE Struttura Preposta al Monitoraggio. Attualmente il monitoraggio giornaliero è in fase di sperimentazione. Al centro di acquisizione pervengono i dati di reti sismiche locali e geodetiche che vengono analizzati in tempo quasi-reale e rivisti per la redazione di report e cataloghi. Il personale coinvolto nella sorveglianza per il CMS afferisce a diverse sezioni dell'INGV e opera da remoto, collegandosi via VPN alla sala operativa di Bologna, sulla base di turni di reperibilità settimanale.

La Sala del CMS integra i dati acquisiti dalle reti locali con dati delle stazioni più prossime della Rete nazionale e si coordina con la Sala operativa di Roma per eventi sismici di competenza e rilevanza comune. I progetti coinvolti attuano in via sperimentale gli Indirizzi e Linee Guida per il Monitoraggio della Sismicità, delle Deformazioni del Suolo e delle Pressioni di Poro nell'ambito delle attività antropiche, pubblicate dal Ministero dello Sviluppo Economico, nelle aree di concessione di Mirandola/Cavone, Gorgoglione, Val d'Agri mentre sono in definizione accordi per altre aree.

Il progetto **FISR "Sale Operative Integrate e Reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0" (2018-2020)** è finalizzato alla integrazione del sistema di monitoraggio sismico, vulcanico e di allerta tsunami che all'INGV. Le attività coinvolgono tutte le sezioni INGV a partire dai tre osservatori monitoranti dove risiedono le sale operative: Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) la cui Sala Operativa si trova a Roma, Osservatorio Vesuviano (OV), la cui sala si trova a Napoli e Osservatorio Etneo (OE) la cui sala si trova a Catania. Il progetto sta lavorando per irrobustire il sistema di monitoraggio (la rete mutiparametrica) e la sorveglianza ed allerta (le sale operative) sta inoltre ampliando le tipologie di dati e di prodotti fruibili includendo nel progetto personale che ha messo a disposizione nuovi dati e modellazioni precedentemente non considerati dal sistema di monitoraggio, sorveglianza e allerta INGV.

Oltre a diverse decine di ricercatori, tecnologi, tecnici sono coinvolti indirettamente nelle attività di questo progetto i turnisti delle sale operative (alcune centinaia di unità di personale).

Il progetto è stato organizzato in 5 Work Package (WP) più uno di Governance (WP0), ognuno con un responsabile delle attività mentre i finanziamenti sono stati stanziati nelle varie Sezioni INGV designando per ognuna un unico responsabile dei fondi.

**WP1** per lo sviluppo e l'integrazione infrastrutturale delle sale operative;

**WP2** per l'irrobustimento e lo sviluppo della rete di rilevamento mutiparametrico a scala nazionale anche aumentando



il monitoraggio geochimico (radonometri);

**WP3** per l'utilizzo nelle sale operative di nuovi dati e modelli che oltre a migliorare i servizi di sorveglianza sismica e vulcanica apriranno nuove prospettive di ricerca e di servizio per la società;

**WP4** per la formazione del personale turnista;

**WP5** per la divulgazione dei prodotti delle sale operative: informazioni sempre più richieste dalla società civile. Nel 2019 le infrastrutture di rete di monitoraggio e sale operative sono state irrobustite ed ampliate attraverso l'acquisto e l'installazione di sensori, server e accessori; contemporaneamente sono stati acquisiti nuovi dati e prodotti che potranno essere utilizzati nelle sale operative, che sono descritti di seguito. L'integrazione delle sale sta prevedendo lo svolgimento di corsi di formazione per il personale che partecipa alla sorveglianza. Il modo di comunicare i prodotti della sorveglianza e del monitoraggio attraverso il web ed i social è stato studiato all'interno di questo progetto per presentare in modo uniforme il lavoro svolto nelle diverse tematiche (terremoti vulcani ed ambiente).

### **Contributi del FORUM**

Di seguito vengono presentate in maniera sintetica le attività di gestione delle infrastrutture di ricerca e di sviluppo tecnologico programmate ed in corso. Le informazioni riportate ricalcano essenzialmente i contributi forniti dai ricercatori e tecnologi dell'Istituto, disponibili in un forum dedicato nel sito web dei Dipartimenti di Ricerca dell'INGV ed accessibile a tutti i dipendenti dell'Ente. Queste attività costituiscono gli obiettivi specifici e linee di azione per il 2020, con prospettive di sviluppo per il biennio successivo.

#### **1 - Sala Operativa Osservatorio Etno**

Presso la Sala Operativa dell'Osservatorio Etno continuerà l'espletamento del servizio di turnazione per il monitoraggio sismico e vulcanico dei distretti vulcanici siciliani. Nel corso del 2020, e dei due anni successivi, continuerà lo sviluppo dei sistemi informatici impiegati per le procedure di sorveglianza e monitoraggio ed in particolare:

- integrazione dati con le altre sale di sorveglianza (Progetto FISR2017);
- messa in produzione dei sistemi di early warning sviluppati in fase pre-operativa all'interno dell'allegato B2 della convenzione con il DPC;
- aggiornamento dei software di trattamento e visualizzazione dati impiegati presso la Sala Operativa.

#### **2 - Sala Operativa per il servizio di sorveglianza sismica e allerta tsunami**

Questo contributo è riportato più sopra tra i Contenuti Tecnico Scientifici

#### **3 - FISR "Sale Operative Integrate e Reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0" (2018-2020)**

Questo contributo è riportato più sopra tra i Contenuti Tecnico Scientifici

### **c. Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**

Le attività della Sala di Roma sono svolte in strettissima collaborazione e coordinamento con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e con alcune protezioni civili regionali: Lazio, Puglia, Marche, Emilia Romagna

Le attività allerta tsunami :collaborazioni in ambito ICG-NEAMTWS e IOC-UNESCO, e a scala nazionale (SiAM).

Attività di sorveglianza sismica a scala nazionale: collaborazioni con OGS, CRS, e con alcune reti gestite dalle province (i.e. Trento).

Le attività del CMS sono coordinate congiuntamente con Il MiSE e gli Enti amministrativi di competenza (Regioni, Comuni).

### **d. Eventuali collaborazioni con le Università**

Attività di sorveglianza sismica a scala nazionale: Università di Genova, Università della Calabria, Università di Napoli, Università di Salerno.

Le attività di ricerca tecnologica presso l'USO-IT sono svolte in collaborazione con l'Università degli Studi di Catania ed, in particolare, con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica, Dipartimento di Matematica e

Informatica, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali.

**e. Infrastrutture di ricerca**

Il catalogo di eventi sismici prodotto in tempo quasi reale dalle sale operative terremoti.ingv.it è alla base del catalogo della sismicità strumentale ISIDe utilizzato nell'infrastruttura EPOS.

# 9. Convenzioni attive, Progetti attivi, Alta Formazione, Dottorati



## Convenzioni attive

Descrizione	Sezione	Controparte	Valido dal	Valido al
Protocollo d'intesa tra il Comando Legione Carabinieri "Sicilia" e l'INGV	ONT	Comando Legione Carabinieri "Sicilia"	1/1/2019	31/12/2039
Joint Ownership Management Agreement - Progetto EMSODEV	Roma2	I 10 partner di progetto (vedere prima pagina dell'accordo)	1/1/2020	31/12/2029
Protocollo di Intesa tra INGV e Comune di Ragusa	ONT	Comune di Ragusa	1/6/2018	31/5/2028
Accordo Quadro di collaborazione scientifica tra INGV, Ministero Sviluppo Economico e Assomineraria	AC	Assomineraria e Ministero dello Sviluppo Economico	12/3/2018	12/3/2028
Convenzione tra l'INGV, Centro Nazionale Terremoti, e il Libero Consorzio Comunale di Ragusa	ONT	Libero Consorzio Comunale di Ragusa	1/3/2018	1/3/2028
Protocollo d'intesa tra il Comando Legione Carabinieri "Sicilia" e l'INGV	ONT	Comando Legione Carabinieri "Sicilia"	1/2/2018	31/1/2028
Accordo di Programma tra il Dipartimento Casa Italia e l'INGV	AC	Dipartimento Casa Italia - Presidenza Consiglio dei Ministri	20/1/2020	20/1/2025
Convenzione tra l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro e l'INGV	AC	Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR)	20/1/2020	20/1/2025
Rinnovo Protocollo d'intesa Comune di Ustica	Palermo	Comune di Ustica	15/1/2020	15/1/2025
Agreement for collaborative research between INGV-OE and GFZ	Catania	Helmholtz Centre Potsdam German Research Centre for Geosciences	1/1/2020	31/12/2024
Accordo di Collaborazione per la Infrastruttura di Calcolo e Dati Italiana (Italian Computing and Data Infrastructure)	Milano	CINECA, CNR, ENEA, GARR, INAF, INFN, OGS, ELETTRA	1/12/2019	1/12/2024
MoU tra l'INGV ed il Geological Survey of Japan (GSJ)	Roma1	AIST acting through its Geological Survey of Japan (GSJ)	18/11/2019	18/11/2024
Convenzione nell'ambito della rete CHNET (Cultural Heritage Network) tra INGV e Accademia Nazionale dei Lincei	ONT	Accademia Nazionale dei Lincei	1/10/2019	30/9/2024
Proposta di accordo ASI-INGV per la fornitura di prodotti Cosmo-SkyMed per scopi di ricerca	ONT	Agenzia Spaziale Italiana (ASI)	18/9/2019	18/9/2024
Protocollo d'intesa INGV - Università degli Studi della Calabria	AC	Università degli Studi della Calabria	9/9/2019	9/9/2024
Protocollo d'intesa tra l'INGV e l'Università dell'Aquila	AC	Università degli Studi dell'Aquila	4/9/2019	9/9/2024
Gestione e manutenzione di un sistema di ponti radio per il monitoraggio geofisico e geochimico	Napoli	Fondazione IDIS - Città della Scienza, Napoli	16/7/2018	16/7/2024
Accordo di Collaborazione INGV-ENEA	Roma2	ENEA	1/7/2019	30/6/2024
Scientific and Academic Collaboration Framework Agreement Between INGV (Italy) and UCN (Chile)	Palermo	Universidad Catolica del Norte (UCN), Chile	1/7/2019	30/6/2024

Technical Arrangement INGV-CTBTO for Tsunami Warning Purposes	Roma2	Commissione Preparatoria per l'Organizzazione del Trattato per il Bando Totale dei Test Nucleari	16/6/2019	3/6/2024
Bilateral Agreement Between Koeri (Turkey) and INGV for Real-Time Seismological Data Exchange	ONT	Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Koeri (Turkey)	1/6/2019	31/5/2024
Protocollo d'intesa di Cooperazione nella Formazione e Ricerca tra l'INGV e Università di Padova	Roma1	Università di Padova	1/4/2019	1/4/2024
Convenzione l'istituzione di un Laboratorio di Statistica Applicata alla Sismologia	ONT	Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali e Statistiche dell'Università di Palermo	31/1/2018	31/1/2024
Accordo di Collaborazione tra INGV e Comune di Rende	ONT	Comune di Rende (Cosenza)	1/1/2020	31/12/2023
Accordo Quadro di Cooperation Scientifica et Tecnica	ONT	CRAAG: Centre de Recherche en Astrophysique, Astronomie et Geophysique	11/10/2019	31/12/2023
Memorandum of Understanding and Framework-Agreement Between INGV (Italy) and GSD (Cyprus)	ONT	The Geological Survey Department, Ministry of Agriculture, Rural Development and the Environment	1/1/2019	31/12/2023
Framework Agreement of Scientific and Academic Collaboration Between INGV and CICESE	Palermo	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Mexico	1/1/2018	31/12/2023
MoA per rinnovo MEDSLIK-II partnership	Bologna	CMCC, CNR-IAS, ORION, UNIBO-DIFA, UNIBO-DICAM, FORTH-IACM, METHODS, NKUA-OPAM, LMEMW-AUTH	15/12/2018	14/12/2023
Protocol Governing Students, Professors, Researchers and Staff exchange between INGV and Peking University	Roma2	School of Earth and Space Sciences of the Peking University (Beijing, China)	30/11/2018	30/11/2023
Protocollo d'Intesa tra INGV e Shanmugha Arts, Science, Technology & Research Academy	Roma2	Shanmugha Arts, Science, Technology & Research Academy	1/11/2018	31/10/2023
Memorandum of Understanding (MoU) ONC-INGV	Roma2	Ocean Networks Canada Society (ONC)	31/10/2018	30/10/2023
Memorandum of Understanding between INGV and Shandong University	Roma2	University of Shandong (China)	30/10/2020	29/10/2023
Accordo Quadro tra INGV e Parco Nazionale delle Cinque Terre	Roma2	Ente Parco Nazionale delle Cinque Terre	1/10/2019	1/10/2023
Convenzione quadro tra l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e l'INGV	Pisa	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	2/7/2018	2/7/2023
Accordo di Collaborazione Promozione di iniziative di divulgazione scientifica	Roma1	ENEA, CNR-ARTROV, INAF-IAPS, INAF-OAR, INFN-LNF, CINECA, UNI-SAPIENZA, UNI-TUSCIA, UNI-TorVerg, ...	1/7/2017	1/7/2023

Memorandum of Understanding - IGG (CAS, Beijing, China) e INGV	Roma1	Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (China)	20/6/2018	20/6/2023
Protocollo d'Intesa tra INGV e Università degli Studi di Perugia	Pisa	Università degli Studi di Perugia	8/6/2018	7/6/2023
Bozza di accordo di costituzione del Italian Oceanographic Data Committee	Bologna	CNR, OGS, ISPRA, ENEA, CONSIMA, IIM, SZN	1/6/2018	1/6/2023
Accordo quadro di collaborazione con la Regione Sicilia	AC	Regione Sicilia	14/5/2018	14/5/2023
Convenzione tra INGV ed IGAG (CNR)	Roma2	Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG) del Consiglio Nazionale delle Ricerche	15/4/2018	14/4/2023
Collaborazione di geofisica per l'archeologia	Roma2	Dip. Scienze dell'Antichità dell'Università la Sapienza-Roma	1/4/2018	1/4/2023
Convenzione per il posizionamento del CED della Sezione INGV di Bologna presso il CNAF	Bologna	CNAF-INFN	1/4/2020	31/3/2023
Accordo di collaborazione tra l'Ente Parco Nazionale dell'Appennino Lucano e INGV	Roma1	Ente Parco Nazionale dell'Appennino Lucano - Val d'Agri - Lagonegrese	16/3/2020	16/3/2023
Bilateral agreement Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (Koeri - Turkey)	AC	Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (Koeri - Turkey)	12/3/2018	12/3/2023
Protocollo di Intesa per attività mirate alla prevenzione del rischio sismico di Acireale	ONT	Comune di Acireale	1/3/2018	1/3/2023
Accordo Quadro di Collaborazione Scientifica tra INGV e Servizio Ufficio Genio Civile di Catania	Catania	Servizio Ufficio Genio Civile di Catania con sede in Via Lago di Nicito, 89 Catania	1/3/2018	28/2/2023
Memorandum of Understanding	Palermo	Università di Malta	1/2/2018	1/2/2023
Caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti interessati da sinkholes, fenomeni franosi	Roma2	Città Metropolitana di Roma Capitale	1/1/2018	1/1/2023
Accordo tra Comune di Lucca e INGV per attività di prevenzione del rischio sismico e Protezione Civile	Pisa	Comune di Lucca, U.O. Protezione Civile	1/7/2019	31/12/2022
Convenzione tra il DiSTeM-UNIPA e il CNT-INGV per la realizzazione di un laboratorio di Sismologia	ONT	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare dell'Università di Palermo	1/1/2018	31/12/2022
Convenzione con il Dip.to di scienze economiche Università di Palermo	AC	Università degli studi di Palermo	21/12/2017	20/12/2022
Accordo di collaborazione tra INGV e Città Metropolitana di Roma Capitale	AC	Città Metropolitana di Roma Capitale	21/12/2017	20/12/2022
Convenzione per Tirocinio di Formazione ed Orientamento Curriculare	Napoli	Dipartimento di Chimica e Biologia "Adolfo Zambelli" dell'Università degli Studi di Salerno	16/12/2019	16/12/2022
Faglie attive e capaci e ricostruzione post-2016	Roma1	Regione Umbria, Direzione Regionale Governo del territorio. Servizio Geologico	20/11/2017	19/11/2022

Convenzione INGV e DIBeST (UNICAL) per finanziamento di 1 borsa di dottorato (SIACE) XXXV ciclo	ONT	Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra dell'Università della Calabria	1/11/2019	30/10/2022
Accordo di programma con Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica (EUCENTRE)	AC	EUCENTRE	23/10/2017	23/10/2022
Accordo Quadro di collaborazione scientifica ASI-INGV	AC	Agenzia Spaziale Italiana (ASI)	23/10/2017	22/10/2022
Accordo Quadro di collaborazione scientifica ASI-INGV	AC	Agenzia Spaziale Italiana (ASI)	23/10/2017	22/10/2022
Cooperation Agreement between INGV and Pwani University	Roma2	Pwani University (Kilifi, Kenya)	15/10/2019	14/10/2022
Accordo quadro tra Agenzia Spaziale Italiana e INGV	ONT	Agenzia Spaziale Italiana	10/10/2017	10/10/2022
Protocollo d'intesa Beni Culturali Etruria Meridionale - INGV	Roma2	Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio Etruria meridionale	2/10/2017	2/10/2022
Accordo di Collaborazione INGV e Unipartenope	ONT	Università degli Studi di Napoli "Parthenope"	1/10/2017	1/10/2022
Dottorato di Ricerca su sistemi di Early Warning sismico	ONT	Università Federico II di Napoli	1/10/2019	30/9/2022
Sviluppo di strumenti di ricerca sismologica in campo vulcanologico e geotermico	Napoli	Universidad Autonoma de Mexico	22/9/2016	21/9/2022
Monitoring and Study of Geophysical and Volcanological Processes at Virunga Volcanoes and Lake Kivu	Palermo	Observatoire Volcanologique de Goma	1/9/2017	1/9/2022
IBM Prototype Evaluation Agreement	Roma1	International Business Machines Corporation, a New York corporation	1/9/2017	30/8/2022
Accordo quadro di programma tra CREA e INGV	AC	CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria)	17/7/2017	17/7/2022
Accordo di collaborazione scientifica tra l'Università di Cagliari e l'INGV	Roma1	Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università di Cagliari	1/7/2019	1/7/2022
Attività sperimentali mirate alla valorizzazione dei beni culturali in provincia di Catania	Roma2	Polo Museale di Catania, Università di Catania	1/7/2019	30/6/2022
Accordo di collaborazione INGV - Ente Parco Isola di Pantelleria	Catania	Ente Parco Nazionale Isola di Pantelleria	30/6/2019	30/6/2022
Assessment of performance of an optical borehole tiltmeter	Catania	CNRS, Université de Montpellier, Istituto Superiore Benedetto Radice di Bronte	30/6/2019	30/6/2022
Protocollo di Intesa tra Comune di Cesenatico e INGV	Bologna	Comune di Cesenatico (FC)	15/6/2019	14/6/2022
Convenzione tra Archivio Centrale dello Stato e INGV	AC	Archivio centrale dello Stato	15/5/2019	15/5/2022



Accordo con ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile)	AC	ENAC	14/5/2018	14/5/2022
Protocollo d'intesa fra l'INGV e l'Archivio di Stato di Firenze	AC	Archivio di Stato di Firenze	20/4/2019	30/4/2022
Memorandum of Understanding between INGV and IGP	Pisa	Institut de Physique du Globe de Paris	1/5/2018	30/4/2022
Collaborazione scientifica tra INGV e Istituto Italiano di Paleontologia Umana (IIPU)	AC	Istituto Italiano di Paleontologia Umana (IIPU)	1/4/2019	1/4/2022
Convenzione per l'Istituzione di una sede INGV nell'Ateneo dell'Università di Cassino	AC	Università degli studi di Cassino	12/3/2018	12/3/2022
Protocollo di Intesa scientifica fra INGV e Dipartimento Ingegneria UNIPI	Roma1	Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni, UniPI	1/3/2019	28/2/2022
Accordo di Collaborazione tra Università di Catania e INGV	Catania	Università di Catania (UNICT), tramite il Dipartimento di Matematica e Informatica (DMI)	1/3/2019	28/2/2022
Collaboration Agreement	Pisa	Joint Research Centre of the European Commission (JRC) e l'Università e gli Enti di Ricerca di Pisa	1/2/2019	31/1/2022
Accordo di Collaborazione Scientifica tra la Regione Toscana e INGV	Roma1	Regione Toscana	1/2/2018	31/1/2022
Collaborazione scientifica per l'inversione e simulazione di forme d'onda accelerometriche	Milano	Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Praha	1/1/2020	31/12/2021
ReLUIIS 2019-2021: WP18-Contributi normativi relativi ad Azione Sismica	Milano	Consorzio ReLUIIS	1/1/2019	31/12/2021
Accordo di Collaborazione Culturale e Scientifico	AC	Università Internazionale per la Pace di Roma	1/2/2019	31/12/2021
Convenzione per il co-finanziamento esterno del 50% di una borsa di Dottorato	Roma1	Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale	1/7/2018	31/12/2021
Accordo di programma tra INGV e Regione Autonoma della Sardegna ed altri per il progetto SAR-GRAV	AC	Regione Autonoma della Sardegna e INFN	21/12/2017	20/12/2021
Convenzione INGV-UNIBO per caratterizzazione risposta dei porti a maremoti	Bologna	Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli Studi di Bologna, Alma Mater Studiorum	1/12/2019	30/11/2021
Convenzione tra INGV e Università di Genova per attività scientifiche in collaborazione	ONT	Università degli Studi di Genova	1/12/2018	30/11/2021
Convenzione Quadro per Tirocini Curriculari	Roma1	Università degli Studi di Roma La Sapienza	27/11/2018	25/11/2021
Accordo Quadro tra L'INGV ed Il Parco Archeologico del Colosseo	ONT	Parco Archeologico del Colosseo (DPCM 14/12/2017)	1/11/2018	1/11/2021
Accordo Quadro SGC (Servizio Geologico Colombiano) - INGV	Palermo	SGC (Servizio Geologico Colombiano)	1/11/2017	1/11/2021

Accordo Collaborazione Scientifica Tecnologica per monitoraggio dinamico di strutture edificate	Roma1	Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione Alessandro Faedo (ISTI), CNR, PISA	1/11/2018	31/10/2021
Studio e sviluppo di sistemi wireless per il monitoraggio sismico a scopi di Early Warning	ONT	Università Politecnica delle Marche	18/10/2018	31/10/2021
Convenzione di Tirocini di Formazione e Orientamento Curriculare	Napoli	Università degli Studi della Campania - Luigi Vanvitelli	10/10/2018	10/10/2021
Convenzione tra INGV e Provincia della Spezia	Roma2	Provincia della Spezia	9/10/2018	9/10/2021
Cofinanziamento di 1 borsa di dottorato per corso Dottorato di Ricerca in Ingegneria UniCT	Catania	Università degli Studi di Catania	1/11/2018	1/10/2021
Accordo quadro tra INGV e Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Firenze	Pisa	Dip.to di Scienze della Terra, Università di Firenze	1/8/2017	1/8/2021
Attività di ricerca per lo sviluppo di metodi per il monitoraggio ambientale e di gas vulcanici	Palermo	Università degli Studi di Catania, dipartimenti: DIEEI e Di3A	1/8/2019	31/7/2021
Cooperation in the field of Geo-hazards Research INGV-EPN Ecuador	Roma1	Escuela Politécnica Nacional (Quito, Ecuador)	1/8/2017	31/7/2021
Caratterizzazione geofisica e studi RSL dei dissesti e delle strutture di competenza della CMRC	Roma2	Città Metropolitana Roma Capitale	1/1/2020	1/7/2021
Sviluppo ed analisi dati di sistemi radar aviotrasportati a bassa frequenza	Roma2	Consorzio di Ricerca su Sistemi di Telesensori Avanzati (CORISTA)	1/6/2019	1/6/2021
Ionospheric Physics and Space Weather	Roma2	Embry - Riddle Aeronautical University (USA)	1/6/2018	1/6/2021
Protocollo di Intesa scientifica tra il DIDA UniFI e INGV	Roma1	Dipartimento di Architettura, Università di Firenze	1/6/2018	31/5/2021
Convenzione per collaborazione in attività scientifiche e divulgative	Pisa	Unione Montana dei Comuni del Mugello	1/6/2018	31/5/2021
MoU between INGV and Jinan Government (China)	Roma2	The Talent Office of Jinan Government	1/6/2018	31/5/2021
Convenzione attuativa tra DGS UNMIG, INGV, EDISON SpA	AC	Ministero Sviluppo Economico e Edison SpA	14/5/2018	14/5/2021
Protocollo d'intesa tra INGV e Dipartimento di Giurisprudenza, Università di Palermo	Palermo	Dipartimento di Giurisprudenza dell'Università degli Studi di Palermo	1/5/2018	1/5/2021
Protocollo d'intesa INGV - IEMEST	Palermo	IEMEST - Istituto Euro-Mediterraneo di Scienza e Tecnologia	12/4/2018	12/4/2021
Agreement between Institute of Crustal Dynamics (ICD), CEA (China) and INGV	Roma2	Institute of Crustal Dynamics (ICD), CEA	3/4/2019	3/4/2021
Convenzione di Tirocinio di Formazione e Orientamento	Napoli	Università degli Studi di Napoli - Parthenope	2/4/2018	1/4/2021
Collaboration agreement for management of the Italian Contribution to EMSO ERIC Res. Infrastructure	AC	EMSO ERIC	12/3/2018	12/3/2021

Protocollo d'intesa tra MIUR e INGV per Promozione alternanza scuola-lavoro con modalità gestionali	AC	Ministero Istruzione Università Ricerca	12/3/2018	12/3/2021
Accordo di ricerca collaborativa con INFN	AC	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	12/3/2018	12/3/2021
Accordo di collaborazione scientifico-tecnologica paritetica INGV-RM2 UNIGE-DITEN	Roma2	Università di Genova - DITEN	1/3/2018	28/2/2021
Accordo quadro tra Università Politecnica delle Marche e INGV	ONT	Università Politecnica delle Marche - Ancona	1/3/2018	28/2/2021
Convenzione tra INGV e Dip. Scienze della Terra e Geoambientali Università di Bari	ONT	Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bari	19/2/2019	19/2/2021
Convenzione con parco Archeologico di Pompei	Roma2	Parco Archeologico Pompei; Dip. Civiltà e Forme del Sapere Univ. Pisa; Scuola Normale Sup. di Pisa; INGV	15/2/2018	15/2/2021
Convenzione tra INGV e il Liceo Classico Pilo Albertelli	Roma2	Liceo Classico "Pilo Albertelli" Roma	1/2/2019	1/2/2021
Sviluppo modelli di Intelligenza Artificiale, basati su Deep Learning, per la predizione delle fasi	Catania	Università degli Studi di Catania - DIEEI	1/1/2019	31/1/2021
Realizzazione di indagini geofisiche nei comuni di Avezzano e Sulmona (AQ)	Roma1	Regione Abruzzo - Dip. Governo del Territorio e Politiche Ambientali	2/1/2019	1/1/2021
Accordo Quadro di collaborazione scientifica - Progetto Tomosapiens	AC	G.I.A. Consulting S.r.l.	1/1/2019	31/12/2020
SIGMA2 - Reference Ground Motions	Milano	EDF - Electricite De France	1/6/2018	31/12/2020
Accordo tra CRUI e INGV per l'acquisto diritti di accesso di riviste elettroniche e servizi integrati	Bologna	CRUI	1/1/2018	31/12/2020
Attività sperimentali mirate alla valorizzazione dei beni culturali in provincia di Catania	Roma2	Polo regionale di Catania	5/7/2017	31/12/2020
Accordo di ricerca collaborativa INGV- Università di Bari	AC	Università di Bari	29/11/2017	28/11/2020
Accordo di collaborazione tra l'Università degli Studi di Catania (CUTGANA) e l'INGV	Catania	Università degli Studi di Catania per il tramite del CUTGANA	15/11/2017	15/11/2020
Convenzione PARSEC	ONT	Fondazione PARSEC	1/11/2019	31/10/2020
Convenzione per ricerca, formazione e innovazione tecnologica nell'ambito PNRA per il NADC	Roma2	CNR - OGS - UNIGE - ENEA	1/11/2018	31/10/2020
Associazione Riconosciuta denominata Cluster Tecnologico Nazionale BLUE ITALIAN GROWTH	Roma2	EPR, Università e soggetti pubblici e privati del settore delle scienze e tecnologie marine	1/11/2017	31/10/2020
Convenzione con l'Università di Catania per un dottorato di ricerca	Catania	Università di Catania	1/11/2017	31/10/2020
Formazione in materia di Sicurezza e Salute nei luoghi di lavoro della Ricerca	AC	Responsabile della SPR SPP-CNR - Dott. Gianluca Sotis	1/10/2018	1/10/2020

Accordo Quadro per l'Applicazione degli ILG - Concessione Gorgoglione	Bologna	MISE, Regione Basilicata	1/10/2018	30/9/2020
Continuous volcanic gas measurements at Soufrière Hills (Montserrat, Antilles)	Bologna	Montserrat Volcanic Observatory (MVO)	25/9/2017	24/9/2020
WP 5 progetto SIMIT - THARSY Tsunami Hazard Reduction SYstem	ONT	Regione Siciliana- Presidenza - Dipartimento Regionale della Protezione Civile (DPRC)	1/12/2018	31/8/2020
Agreement for Collaborative Research Between the INGV and the Centre de Recherches Petrographiques et Geochemiques	Palermo	Centre de Recherches Petrographiques et Geochemiques	1/9/2017	31/8/2020
Accordo di collaborazione INGV - DICEA	Roma1	Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università La Sapienza, Roma	1/9/2017	31/8/2020
Accordo di collaborazione scientifica	ONT	Consorzio di Ricerca Hypatia	1/9/2017	31/8/2020
ERIS: Enhancing Geothermal reservoirs - Modelling and Analysis of Hydraulic and Thermal Stimulation	Roma1	University of Bergen (NO), Iceland Geosurvey	1/9/2017	31/8/2020
SECURE (Sustainable dEployment and Conservation of Underground Reservoirs and Environment)	Roma1	DGMK, UNI-/GFZ-Potsdam (DE), Uni-Mainz (DE), LMU-Munich (DE), ENAGAS (E), KNMI (NL), NAM (NL)	1/9/2017	31/8/2020
CIFALPS-2: China-Italy-France Alps Seismic Survey II	ONT	Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (Repubblica Popolare Cinese)	1/8/2017	1/8/2020
Studio dei sistemi di early warning sismico e della disciplina relativa alle responsabilità	ONT	Dipartimento di Scienze Giuridiche dell'Università di Firenze	1/8/2018	31/7/2020
Sviluppo di sistemi e protocolli per misure di tipo agronomico, ambientale e vulcanologico	Palermo	CNR - IMM HQ; UniCT - Di3A	31/7/2018	31/7/2020
Potential field investigations in the Eastern African Rift	Roma2	P&R Geological Consultants Pty, Scarborough (Australia)	1/9/2019	1/7/2020
Research Implementing Agreement in the Field of Probabilistic Seismic Hazard Methodologies	Pisa	Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire	15/9/2019	15/6/2020
Convenzione Quadro tra INGV e LEICA Geosystems S.p.A.	ONT	Leica Geosystems S.p.A.	9/6/2018	8/6/2020
MoU tra INGV e British Geo Survey e Università di Edimburgo	ONT	British Geological Survey (BGS) e University of Edinburgh (UoE)	1/11/2017	30/5/2020
Convenzione Operativa tra INGV e GCCT per Banche Dati	Catania	Servizio Ufficio Genio Civile di Catania	1/11/2019	30/4/2020
Accordo di Collaborazione scientifica finalizzato allo studio del clima e degli eventi estremi e alla modellizzazione di eventi alluvionali	Pisa	Dipartimento di Scienze della Terra Università di Pisa	1/4/2018	1/4/2020
Convenzione tra INGV e CNR IRPPS "Attività di Ricerca Progetto - Giovani Alla Prova - (GAP)"	Roma1	Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerche sulla Popolazione e le Politiche Sociali	1/3/2019	31/3/2020

Convenzione di ricerca INGV e DiSTA-UniPV	Roma1	Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università degli Studi di Pavia	1/4/2019	31/3/2020
Sperimentazione degli ILG nella concessione di coltivazione idrocarburi Mirandola	Bologna	Comune di San Possidonio	1/1/2019	31/3/2020
Convenzione di ricerca tra INGV e Dipartimento di Fisica e Geologia Università di Perugia (DFIG)	Roma1	Dipartimento di Fisica e Geologia Università di Perugia	12/3/2019	11/3/2020
Convenzione tra Regione Toscana e INGV per la realizzazione del Programma di Intervento POR-FSE	Pisa	Regione Toscana	10/12/2017	1/3/2020
Accordo di Ricerca collaborativa	ONT	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	10/3/2018	28/2/2020
Accordo specifico n°2 SGC_INGV 2019	Palermo	Servizio Geologico Colombiano (SGC)	30/5/2019	30/1/2020

## Progetti attivi

Acronimo	Descrizione progetto
Convenzione. Min. Esteri - dott. Massimo Chiappini	Convenzione tra INGV e Ministero degli Affari Esteri per attività previste dal Trattato sulla Messa al Bando Totale degli Esperimenti Nucleari
HPHT	HPHT - Scarlato
AUTOSCALA - SRC	AUTOSCALA SRC - Software per l'interpretazione automatica della traccia di uno ionogramma tramite un modello adattivo
Convenzione quadro Regione Marche 2011-2020	Convenzione quadro Regione Marche per il supporto tecnico, scientifico ed informatico nelle attività di Protezione Civile di competenza regionale 2011-2020
EMSO - MIUR Beranzoli	EMSO - MIUR, European Multidisciplinary Seafloor Observation
EPOS MIUR	EPOS MIUR
GRAPE - G. De Franceschi	GRAPE - GNSS Research and Application for Polar Environment
OBS Lab Gibilmanna	L'OBS Lab di Gibilmanna è stato oggetto di richieste di disponibilità e fornitura di strumentazione
Convenzione. INGV - Regione Emilia Romagna 2	Convenzione quadro quinquennale tra l'Agenzia regionale di Protezione Civile e l'INGV per il supporto all'attività di protezione civile connesse al rischio sismico.
GEP	GEP-ESA Geohazards Thematic Exploitation Platform
PNRA_14/00133_LINEA A1 Osservatori Permanenti	PNRA_14/00133_LINEA A1 OSSERVATORI PERMANENTI - Monitoraggio Bipolare del TEC e delle Scintillazioni Ionosferiche Stazione Concordia
Laboratori geochimici	analisi geochimiche per conto terzi
PNRA 14/000110_Linea A1_Osservatori Permanenti	PNRA 14/000110_Linea A1: Osservazioni in alta atmosfera e meteorologia spaziale
Contratto di ricerca JHU-INGV	Smoothed Particles Hydrodynamics (SPH) modelling of multiphase geophysical flows with Graphical Processor Unit (GPU) implementation
PNRA14_00106 - Osservatorio Geomagnetico SMZ	PNRA14_00106 - Linea A1 - Osservatorio Geomagnetico SMZ
PNRA14_00097- Osservatorio Geomagnetico DOME C	PNRA14_00097- Osservatorio Geomagnetico presso la stazione Concordia, DOME C
SeaDataCloud	SeaDataCloud - Further developing the pan-European infrastructure for marine and ocean data management
EMSO-Link	EMSO-Link Implementation of the Strategy to Ensure the EMSO ERIC's Long-term Sustainability
TREASURE (EU H2020-MSCA-ITN)	TREASURE - (EU H2020-MSCA-ITN) Training, Research and Applications network to Support the Ultimate Real time high accuracy EGNSS solution
BRAINS2ISLANDS- prot 2015-PDR-0296 - Resp. Di Vito	Brains2Islands: indagine multidisciplinare nei contesti insulari basso tirrenici.
LIMADOU Scienza	LIMADOU Scienza - Studio dei precursori elettromagnetici correlati a eventi sismici
SERA	SERA - Seismology and Earthquake Engineering Research Infrastructure Alliance for Europe
TRACERS - PNRA16_00055 - Linea A3	TefRocronologia ed eventi mArker per la Correlazione di archivi naturali nel Mare di RoSs, Antartide (TRACERS)
AFTTER	AFTTER- Alta Formazione per il Trasferimento Tecnologico degli Enti di Ricerca
Contratto di collaborazione EDF LNHE - INGV (programma di ricerca ATHOS)	Development Program concerning the improvement of the GPUSPH software based on the SPH method solved through graphic cards (GPU)
LIFE-RESPIRE	Radon rEal time monitoring System and Proactive Indoor Remediation
PNRA16_00121_ENIGMA	PNRA16_00121_ENIGMA modellizzazione geofisica del Boulder Clay Glacier (Northern Foothills) e studio biologico e bioGeochimico preliMinare dei suoi laghi glaciali.

IPGP_4	realizzazione e installazione di stazioni di monitoraggio geochimico sull'isola di Reunion
PNRA16_00204_Rete magnetometrica temporanea per monitoraggio longitudinale e latitudinale in Antartide	PNRA16_00204_Rete magnetometrica temporanea per monitoraggio longitudinale e latitudinale in Antartide
Informazione sul rischio sismico per corpo docente Rieti e provincia	Informazione sul rischio sismico per corpo docente Rieti e provincia, colpiti dal Sisma del Centro Italia 2016-2017
CIFALPS 2	China-Italy-France Alps Seismic Survey II on high-resolution probing of the crustal and upper mantle structure of the Western Alps by mean of a passive seismic transect.
DARE	Delivering Agile Research Excellence on European e-Infrastructures
IDMAR	infrastruttura multidisciplinare distribuita a mare
EOSC-hub	Integrating and managing services for the European Open Science Cloud — EOSC-hub
Convenzione Regione Toscana -INGV POR FSE 2014-2020	Convenzione Regione Toscana -INGV POR FSE 2014-2020 - Programma di intervento per il monitoraggio del territorio e la Difesa dai rischi Naturali"
FISR Sale 2017	Sale operative integrate e reti di monitoraggio del futuro: l'INGV 2.0
Convenzione INGV - Regione Puglia	Convenzione Regione Puglia - INGV per informazione rapida per la gestione delle emergenze sismiche
Convenzione INGV-MVO	Continuous volcanic gas measurements at Soufrière Hills (Montserrat, Antilles)
TRYAT -Track Your Atmosphere: Enhancing Digital and Environmental Competences by Developing Open Educational Resources for Technical VET - Responsabile Umberto Tammaro	Track Your Atmosphere: Enhancing Digital and Environmental Competences by Developing Open Educational Resources for Technical VET - Responsabile Umberto Tammaro
Premiale 2015	Premiale 2015
NEWTON	ERC - NEw Windown inTO Earth's iNterior - contract nr 758199
EUROVOLC	European Network of Observatories and Research Infrastructures for Volcanology
GOAL	GOAL - Geoethics Outcomes and Awareness Learning
BESS	POCKET BEACH MANAGEMENT & REMOTE SURVEILLANCE SYSTEM
ENI-PALEOMAGNETISMO	ENI-PALEOMAGNETISMO_Studio di Ricerca scientifica sul tema del Paleomagnetismo
PON S4E - Sistemi di sicurezza e protezione per la ambiente mare - Codice SCN_00393	S4E-Sistemi di sicurezza e protezione per la ambiente mare
NEWTON-g	New tool for terrain Gravimetry
3DTeLC	Bringing the 3-D world into the classroom: a new approach to teaching, learning and communicating the science of geohazards in the terrestrial and marine environment.
Regione Toscana - Braun	Supporto scientifico per la valutazione del monitoraggio sismico operato dalle reti di ENEL Green Power nelle aree geotermiche di Larderello-Travale ed Amiata
Progetto EDF	Modelli predittivi del moto del suolo per siti di riferimento
EDI-SECUR	Sviluppo di un innovativo sensore ottico per il monitoraggio del comportamento dinamico di edifici in area sismica
ACCORDO INGV-DST	Accordo di collaborazione scientifica finalizzato allo studio del clima e degli eventi estremi e alla modellizzazione di eventi alluvionali
PNRA16_00049 - EAIIST	PNRA16_00049 - EAIIST East Antarctic International Ice Sheet Traverse
PNRA16_00056 G-IDEA	PNRA16_00056 G-IDEA Geodinamica e Dinamica della Calotta in Antartide Orientale
PNRA16_00052 - ISSIUMAX	PNRA2016_00052 - ISSIUMAX Ice Sheet and Sea Ice Ultrawideband Microwave Airborne Experiment

Convenzione Unione Montana Comuni Mugello - INGV	Convenzione Unione Montana Comuni Mugello - INGV per collaborazione in attività scientifiche e divulgative
ENI RICERCA OPEN	ENI RICERCA OPEN, Attività di ricerca, sviluppo e supporto tecnico-scientifico
ARISTOTLE 2	ARISTOTLE 2-All Risk Integrated System Towards the Holistic Early-Warning
AGUA FUTURA	Attività di formazione e ricerca finalizzata al monitoraggio delle risorse idriche e agli aspetti psicosociali associati in zone pilota di El Salvador, Nicaragua e Guatemala
Val d'Agri	Accordo per la sperimentazione delle Linee Guida in Val d'Agri
ENVRI-FAIR	ENVironmental Research Infrastructures building Fair services Accesible for society Innovation and Research
ChEESE	Centre of Excellence for Exascale in Solid Earth (INFRAEDI-02-2018: HPC PPP - Centres of Excellence on HPC).
PON ARS01-00405 OT4CLIMA- Area Aerospazio - Resp. De Natale	PON ARS01-00405 OT4CLIMA: "Tecnologie OT innovative per lo studio degli impatti del Cambiamento climatico sull'ambiente" Resp. De Natale
CLARA2 (PNRA18_00122 - C)	CLARA2 (PNRA18_00122 - C) Nubi e radiazione in Artide ed in Antartide
ERIC Forum	ERIC Forum Implementation Project
PON AEROMAT	Impiego di tecnologie, materiali e modelli innovativi in ambito aeronautico
PON E-WAS	Un sistema di allerta precoce per il patrimonio culturale
CAVONE	CONVENZIONE tra il Comune di San Possidonio e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - I.N.G.V. - per l'attuazione del monitoraggio nella concessione di coltivazione idrocarburi " Mirandola " finalizzata alla messa in opera di attività di monitoraggio di sperimentazione degli indirizzi e linee guida per i monitoraggi ILG ed assunzione funzioni di Struttura Preposta al Monitoraggio di cui all'6 del Protocollo Operativo.
POR FESR 2014/20 OPTIMA - Responsabile Guardato	POR FESR 2014/20 OPTIMA - Tecnologie Optoelettroniche per Applicazioni Marine e Medicali
Regione Umbria-Faluccci	Attività scientifica operativa tra Regione Umbria e INGV per la definizione delle criticità geologiche nei pressi di Preci (PG)
MZS Avezzano Livello3	Convenzione per la realizzazione di indagini geofisiche di supporto alla Microzonazione Sismica di Livello 3 nel Comune di Avezzano (AQ)
PIM (POR-FESR)	PIM (POR-FESR) - Piattaforma Integrata di Monitoraggio
PMO-GATE	Preventing, Managing and Overcoming Natural-Hazards Risks to MitiGATE economic and social impact
Conv. INGV-DPC B1 2019 - 2021	Convenzione B1 DPC – INGV
POR FESR Campania 2014/20 - Asse I OS 1.2 Azione 1.2.2 - GEOGRID	POR Fesr 2014/20- GEOGRID Tecnologie e sistemi innovativi per l'utilizzo sostenibile dell'energia geotermica
NADC-PNRA	NADC-PNRA: National Antarctic Data Center
Progetto UE EVE: NUMBER 826292 EVE (DG ECHO)	EVE: EUROPEAN VOLCANO EARLY WARNING SYSTEM
RELUIS 2019-2021	WP18 - Contributi normativi relativi ad azione sismica
DPC B2 2019-2021	DPC Convenzione B2 2019-2021
Convenzione AIET	termografia
ARCH	Advancing Resilience of Historic Areas against Climate-related and other Hazards
PON - InSea	InSEA: Iniziative in Supporto al consolidamento e potenziamento dell'infrastruttura EMSO e delle sue attività
HUACAS	HUACAS - monitoraggio siti archeologici in Perù
SIMIT - THARSY	Convenzione INGV-DRPC Sicilia per l'esecuzione delle attività del WP 5 del progetto Tsunami Hazard Reduction SYstem



PON-GRINT	EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM ACRONIMO: GRINT
PRIN SELVA 2017CEYPS8_003-Settore PE8-Linea A	Assessment of Cascading Events triggered by the Interaction of Natural Hazards and Technological Scenarios involving the release of Hazardous Substances
ENEL Global - D'Alessandro	Supporto realizzazione di un sensore sismico
ITEM	Innovazione tecnologica per la tutela e valorizzazione degli ecosistemi marini
EXTEND	Estendere la conoscenza del terremoto dalla profondità alla superficie
Progetto STAR	A Strainmeter array along the Altotiberina fault system, Central Italy
RISE	Real-time Earthquake Risk Reduction for a Resilient Europe
PRIN 2017 Del Bello-2017J277S9_004	Time Scales of Solidification in Magmas: Applications to Volcanic Eruptions, Silicate Melts, Glasses, Glass - Ceramics
PRIN2017-PE3_15-2017WZFTZP_003-Responsabile Anna Tramelli - "Statistical physics: phase transitions, noise and fluctuations, models of complex systems"	"Statistical physics: phase transitions, noise and fluctuations, models of complex systems". PRIN2017 - PE3_15 Responsabile Anna Tramelli
PRIN 2017 Valoroso - 2017KT2MKE_006	Overtime tectonic, dynamic and rheologic control on destructive multiple seismic events - Special Italian Faults & Earthquakes: from real 4D cases to models
PRIN 2017LMNLAW	Carbon cycling and Earth control on the livable planet: connecting deep key carbon sources to surface CO2 degassing by transfer process (Connect4Carbon)
PRIN 2017 - 20177EPPN2_003 Resp. Convertito: "MATISSE - Methodologies for the Assessment of anthropogenic environmental hazard: Induced Seismicity by Sub-surface geo-resources Exploitation"	PRIN 2017 - 20177EPPN2_003 Resp. Convertito: "MATISSE - Methodologies for the Assessment of anthropogenic environmental hazard: Induced Seismicity by Sub-surface geo-resources Exploitation"
PRIN 2017 CEI6	PRIN 2017 CEI6: Circumterrestrial Environment: Impact of Sun-Earth Interaction
TRANSPORTER DIDATTICO	PROGETTO TD - TRANSPORTER DIDATTICO
PRIN 2017 D'Agostino - cod. 20174X3P29	Detection and tracking of crustal fluid by multi-parametric methodologies and technologies
PETROBRAS3	-Igneous rocks as source and sink of abiotic hydrocarbons and CO2
CHIME	CHIME Mission Requirements Consolidation
E-SHAPE	EuroGEOSS Showcases: Application Powered By Europe
SENECA (PNRA18_00253 - D)	SENECA: SourcE and impact of greeNhouSE gasses in AntarctICA
TECTONIC	The physics of Earthquake faulting: learning from laboratory earthquake prediCTiON to Improve forecasts of the spectrum of tectoniC failure modes
PALEOTRANS	PALEOTRANS - Dinámica paleoambiental de medios transicionales del Cretácico al Eoceno en los Pirineos Surcentrales/Dynamics of transitional settings from Cretaceous to Eocene in the Southcentral Pyrenees
Sic nano for PicoGeo	Sic optical nano-strain-meters for pico-detection in Geosciences
Accordo quadro 2018 tra INGV e il DICEA	Accordo quadro 2018 tra INGV, la Regione Siciliana e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università "La Sapienza" di ROMA
IRSN-INGV AGREEMENT	Research Implementing Agreement in the field of probabilistic seismic hazard methodologies
SAVEMEDCOASTS 2	Sea Level Rise Scenarios Along the Mediterranean Coasts - 2
AGITHAR ROME MEETING	COST Action 18109 AGITHAR Working Group Meeting
FRASI	Analisi multi-scala per la definizione della pericolosità da frana sismo-indotta in Italia
EPOS SP	European Plate Observing System Sustainability Phase

ESOPIANETI	"Development of a pressure/temperature controlled chamber for the study of spectral properties of planetary analogues and meteorites, in support to the interpretation of data from current/future space missions to minor bodies and icy moons"
FAST 2	Servizi di geomeccanica per l'esecuzione di prove specialidouble direct shear
POR Campania "PRESERVE" FESR 2014/20 OB.sp.5.3 - Resp. Fabio Sansivero	Preserve: "Progetto rafforzamento dei sistemi di monitoraggio dei vulcani attivi dell'area napoletana-Vesuvio-Campi Flegrei-Ischia"
PO FEAM 2014/20- ISSPA:"Innovazione,sviluppo e sostenibilità nel settore della pesca e dell'acquacoltura per la Regione Campania" - Resp. De Natale	PO FEAM 2014/20- ISSPA:"Innovazione,sviluppo e sostenibilità nel settore della pesca e dell'acquacoltura per la Regione Campania" - Resp. De Natale
Convenzione DIP. B.C.I. - INGV	Attività mirate alla valorizzazione, monitoraggio e fruizione didattica delle Salinelle dei Cappuccini di Paternò
POR FESR 2014-2020 – progetto SUPER	SUPER: Supercomputing Unified Platform - Emilia-Romagna
VISTA	VISTA - Volcanic monitoring using SenTinel sensors by an integrated Approach
EMODNet 2	EMODNet Ingestion and safe-keeping of marine data - no 2
MOST	Monitoraggio strategico delle infrastrutture critiche - MOST
Pianeta Dinamico	Pianeta Dinamico: Geoscienze per la comprensione dei meccanismi di funzionamento della Terra e dei conseguenti rischi naturali
PNRA18_00289 - SPIRiT	PNRA18_00289 - SPIRiT - Linea A – Studio e Analisi di dati e campioni esistenti
Stromboli	Stromboli: ripristino della rete multifunzionale INGV

## Dottorati

Ateneo	Indicare Borsa INGV/DIP.TO	Titolo tesi	Nominativo dottorando	Tutori	Nominativo ricercatori INGV nel Collegio dei Docenti	CICLO
Bologna	INGV	Future Earth, climate change and societal challenges	Tahira Nicole Ashruf	Maria Elina Belardinelli co supervisore	Andrea Morelli supervisore	33° ciclo
Bologna	UNIBO	Analysis and determination of non-double couple component of seismic moment tensor in case of natural and induced seismicity	Camilla Rossi (La Dott.ssa Rossi durante il primo anno ha frequentato occasionalmente anche la sede INGV di Roma e attualmente sta trascorrendo un periodo di studio all'estero presso l'ETH di Zurigo)	Paolo Gasperini supervisore		33° ciclo
Firenze/ Pisa	INGV	Timing of late Pleistocene-Holocene eruptive activity at Canary Islands revealed by paleomagnetic dating	Gilda Risica	tutore: Fabio Speranza INGV Roma co-tutori: Mauro Rosi UNIPI, Alessio Di Roberto INGV Pisa	Gilberto Saccorotti	33° ciclo
Firenze/ Pisa	UNIFI	The genesis, transport and deposition of volcanic ash in the context of Vulcanian activity	Pietro Gabellini	tutore: Raffaello Cioni UNIFI Co-tutore: Mattia de' Michieli Vitturi INGV Pisa	Tomaso Esposti Ongaro	33° ciclo
Napoli	Dottorato di ricerca in Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse - DISTAR UNINA	Micro-Analytical and experimental investigations of Phlegraean district and Somma-Vesuvius volcanic rocks: implications for pre-eruptive and syn-eruptive volcanic processes	Carlo Pelullo	Paola Petrosino, Lucia Pappalardo	Lucia Pappalardo, Stefano Caliro	33° ciclo
Napoli	UNINA	Study of the active deformation between the Campania Plain and the Apennines based on geological, geomorphological and seismological data	Serena Forlano	Luigi Ferranti Università Federico II	Girolamo Milano	33° ciclo
Palermo	INGV	Idrogeofisica attraverso metodologie integrate: applicazioni ad alcuni corpi idrici dei Nebrodi e Peloritani	Maria Catania	Salvatore Stramondo (INGV)	Salvatore Stramondo, Francesco Italiano	33° ciclo
Palermo	UNIPA	Applicazione di metodi innovativi per la definizione delle condizioni ossidative del mantello dell'area del Mediterraneo centrale	Andrea Pellerito	P.Censi, A. Paonita co-tutor INGV	Salvatore Stramondo, Francesco Italiano	33° ciclo

Palermo	UNIPA	Sviluppo di sensoristica basata su nanotecnologia per il monitoraggio sismico e strutturale	Giovanni Vitale	S. Stramondo INGV, R. Martorana co-tutor UNIPA, A. D'Alessandro co-tutor INGV	Salvatore Stramondo, Francesco Italiano	33° ciclo
Roma3	Dottorato senza borsa, svolto presso l'INGV da personale interno INGV	T-waves: acoustic signals generated by tectonic processes in the Tyrrhenian and Ionian basins	Mariagrazia De Caro	Francesco Frugoni, Stephen Monna, Caterina Montuori	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	33° ciclo
Roma La Sapienza	Borsa INGV	Laboratory investigation on the frictional properties of basalts interacting with H <sub>2</sub> O- and CO <sub>2</sub> -rich fluids and implications for CO <sub>2</sub> storage	Pier Carlo Giacomel	Elena Spagnuolo INGV, Cristiano Collettini La Sapienza	Roberto Basili, Angelo De Santis	33° ciclo
Roma La Sapienza	Borsa La Sapienza	Multidisciplinary approach for a study about the interaction between fluids and rocks in crustal processes	Roberta Ruggeri	Giuseppe Di Stefano INGV, Fabio Trippetta La Sapienza, Marco Scuderi La Sapienza	Roberto Basili, Angelo De Santis	33° ciclo
Salento	Borsa finanziata dalla Sezione RM2 su fondi di progetto TREASURE	-----	Hossein Ghobadi	-----	-----	33° ciclo
Salento	Borsa finanziata dalla Sezione RM2 su fondi di progetto TREASURE	-----	Juliana Garrido Damaceno	-----	-----	33° ciclo
Bari	INGV	Risposta sismica locale: correlazione tra parametri del moto sismico e indicatori geofisici	Doriana Attolico	tutor V. Del Gaudio, co-tutor G. Cultrera	-----	34° ciclo
Bari	UNIBA	Caratterizzazione sismotettonica dell'appennino centro-meridionale attraverso l'uso integrato dei dati geologici, geodetici e sismici	Simona Miccolis	tutor D. Liotta, co-tutor M. Carafa, A. Tallarico	-----	34° ciclo
Bari	UNIBA	Definizione delle caratteristiche geometriche del piano di subduzione del basso tirreno dedotte dall'analisi di fasi convertite di terremoti profondi.	Teresa Ninivaggi	tutor A. Siniscalchi, co-tutor S. Mazza, A. Tallarico	-----	34° ciclo
Camerino	INGV	Novel approaches in Earthquakes Science; from the field observations to the modelling of the results	Giulio Poggiali	Emanuele Tondi, Lauro Chiaraluze	Lauro Chiaraluze	34° ciclo

Camerino	UNICAM; Scuola di Architettura e Design- Scuola di Scienze e Tecnologie	New approach for seismic hazard analysis and earthquake damage scenarios	Dabiri Hamid	Andrea Dall'Asta, Emanuele Tondi	Lauro Chiaraluce	34° ciclo
Catania	INGV	Studio del sistema idrotermale etneo attraverso la caratterizzazione dei gas emessi dai crateri sommitali	Alessia Amatucci	Carmelo Ferlito Università di Catania, Francesco Sortino INGV	Leonardo Sagnotti, Francesco Sortino	34° ciclo
Catania	Borsa finanziata dall'Ateneo di Catania su tematica di interesse INGV	Studio sismotettonico e modellizzazione delle possibili sorgenti sismiche in Calabria meridionale e Sicilia orientale	Salvatore Gambino	Giovanni Barreca Università di Catania, Luciano Scarfi INGV	Leonardo Sagnotti, Francesco Sortino	34° ciclo
Roma3	Borsa INGV	Geometry and kinematics of intra- continental deformation of the SE Tibet: a joint paleomagnetic and structural approach	Alessandro Todrani	Fabio Speranza, Francesca Funiello	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	34° ciclo
Roma3	Dottorato senza borsa. Dottorando retribuito su fondi INGV	Machine Learning techniques applied in seismology	Dario Jozinovic	Fabio Cammarano, Alberto Michelini	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	34° ciclo
Chieti	INGV	Multi-layered, crust- scale seismogenic sources in Central Italy - A new 3D Probabilistic Seismic Hazard Analysis of coexisting active compression and extension at different layers of depth	Claudia Pandolfi	Aybige Akinci	Aybige Akinci	35° ciclo
Chieti	Borsa finanziata dall'Ateneo di Chieti su tematica di interesse INGV	The role of seismic swarm and repeating earthquake in complex seismotectonics context: genesis and spatio-temporal analysis linked to active fault systems for seismic hazard purposes'	Luca Carbone	Rita de Nardis UNICH	-----	35° ciclo
Ferrara	INGV	Relazione tra caratteristiche reologiche e mineralogico- composizionali del mantello terrestre	Luca Faccincani	Massimo Coltorti UNIFE, Fabrizio Nestola UNIPD	Antonio Costa Andrea Morelli	35° ciclo
Ferrara	borsa finanziata dall'Ateneo di Ferrara su tematica di interesse INGV	Circolazione dei fluidi nel mantello terrestre e loro ricadute sulle emissioni superficiali	Anna Saroni	Massimo Coltorti UNIFE, Francesco Italiano INGV PA	Antonio Costa Andrea Morelli	35° ciclo

Pisa/ Firenze	INGV	Machine Learning for seismic signal analysis	Sonja Gaviano	tutore Carlo Giunchi INGV Pisa, co-tutor Filippo Catani DST-UNIFI	Gilberto Saccorotti, Tomaso Esposti Ongaro	35° ciclo
Pisa/ Firenze	borsa finanziata dall'Ateneo di Firenze/Pisa su tematica di interesse INGV	The products of the opening phase of large explosive eruptions: toward the understanding of the modalities and rates of eruption trigger and magma ascent	Alessia Falasconi	tutore Raffaello Cioni DST-UNIFI, co-tutori Marco Pistoiesi DST-UNIPI, Mattia de' Michieli Vitturi INGV Pisa	Gilberto Saccorotti, Tomaso Esposti Ongaro	35° ciclo
Venezia	INGV	Atmospheric properties affecting the radiation budget in the Arctic	Filippo Cali Quaglia	Giovanni Muscari, Andrea Gambaro UNIVE	Fabio Florindo, Massimo Pompilio	35° ciclo
Venezia	borsa finanziata dall'Ateneo di Ca' Foscari e CNR su tematica di interesse INGV	Atmospheric properties affecting the radiation budget in the Arctic	Alessio Nogarotto	tutor Barbara Stenni UNIVE co-tutor Tommaso Tesi INGV	Fabio Florindo, Massimo Pompilio	35° ciclo
UNIBA Dip.to Scienze della Terra e Geoambientali	Borsa finanziata INGV	Campi Flegrei validazione di modelli fisico numerici tramite l'utilizzo di approfonditi e dettagliati studi geologici e vulcanologici, finalizzata alla migliore comprensione delle dinamiche eruttive, all'assetto strutturale delle caldere e alla dispersione dei prodotti nell'atmosfera (con particolare attenzione alle ceneri vulcaniche)	-----	P. Dellino - R. Sulpizio	-----	36° ciclo
Catania Dip.to Ingegneria Elettrica Elettronica Informatica	Borsa co-finanziata con fondi di progetto di Ciro Del Negro	Monitoraggio vulcanico dallo spazio (Monitoring from space)	-----	P. Arena	-----	36° ciclo
L'Aquila Dip.to di Scienze Fisiche e Chimiche	Borsa finanziata INGV	Geomagnetismo (interno/esterno)	-----	P. Francia M. Vellante	-----	36° ciclo
Napoli Federico II Dip.to Scienze della Terra	Borsa finanziata INGV	Tematica da definire (Terremoti)	-----	V. Morra	-----	36° ciclo
Napoli Parthenope Dip.to Ingegneria	Borsa finanziata INGV	Utilizzo di tecniche di interferometria satellitare (SAR)	-----	M. Ariola, V. Pascazio	-----	36° ciclo

Padova Dip.to Geoscienze	Borsa finanziata INGV	La meccanica delle faglie e includerebbe una parte più prominente di tipo sperimentale (esperimenti di laboratorio e studi microstrutturali/micro analitici) da svolgersi presso i laboratori HP-HT e una seconda di terreno che comprenderebbe rilievi geologico-strutturali da supervisionare a Padova	-----	F. Nestola, G. Di Toro	-----	36° ciclo
Pisa Dip.to di Ingegneria a Civile e Industriale	Borsa finanziata INGV	1. Sviluppo di modelli e metodologie per la fluido dinamica computazionale applicata a fenomeni geofisici e vulcanici 2. Quantificazione delle incertezze nella simulazione numerica di fenomeni geofisici e vulcanici	-----	G. Mengali	-----	36° ciclo
Pisa/ Firenze Dip.to Scienze della Terra	Borsa finanziata INGV	Studi di tefrocologia in record sedimentari (es. marini, glaciali, lacustri)	-----	M.C. Salvatore, S. Rocchi	-----	36° ciclo
Roma La Sapienza Dip.to Scienze della Terra	Borsa finanziata INGV	Multidisciplinary approach for a study about the interaction between fluids and rocks in crustal processes	-----	S. Mollo	-----	36° ciclo
Roma La Sapienza Dip.to Fisica	Borsa finanziata INGV	Space weather, Planetologia, Tecnologie	-----	P. De Bernardis	-----	36° ciclo
Roma3 Dip.to di Geologia	Borsa finanziata INGV	Analisi del rischio vulcanico nella parte meridionale della penisola della Kamchatka tramite analisi stratigrafiche e paleomagnetiche che determinino la temperatura di messa in posto di flussi piroclastici di significative dimensioni emesse in periodi pre-storici	-----	G. Giordano	-----	36° ciclo
Università Salerno Dip.to di Fisica	Borsa finanziata INGV	Carattere multidisciplinare e includono l'analisi dei dati geofisici, sismologici e vulcanologici	-----	P. Longobardi	-----	36° ciclo

Roma3	Borsa Dip.to	Sedimentation processes in pyroclastic density currents	Laura Calabrò	Guido Giordano, Tomaso Esposti Ongaro	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	XXXIV ciclo
Politecnica delle Marche	Borsa finanziata da INGV - ONT su fondi del progetto premiale ART-IT	Monitoraggio multidisciplinare con prospettiva early warning sismico	-----	-----	Alessandro Amato	
Palermo	Borsa finanziata da INGV - ONT	Geofisica applicata	-----	-----	-----	



**Alta Formazione 2019**

Corsi tenuti presso Università, Corsi di master presso Enti Locali, Corsi di Alta Formazione				
Nominativo	Sezione	Sede	Titolo	Periodo
Alfonsi Lucilla	Roma2	Università degli Studi Roma Tre	Space Weather (Corso di Dottorato in Fisica)	18/22 Marzo 2019
Anderlini Letizia	Bologna	Università di Bologna, Corso di laurea magistrale	Fondamenti di Geofisica 1 - Modulo 2	Ottobre - Novembre 2019
Anzidei Marco	ONT	SIOI - Palazzetto di Venezia, Piazza S. Marco, 51 00186 Roma	Master in Sviluppo Sostenibile, Geopolitica delle Risorse e Studi Artici	17 Settembre 2019
Bisson Marina	Pisa	Università degli Studi di Pisa, Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche	Geomatca	Settembre - Dicembre 2019
Burrato Pierfrancesco	Roma1	Università di Roma "Sapienza" corso di Laurea di Scienze geografiche per l'ambiente e la salute, Dipartimento di Lettere e Culture moderne.	Geologia e Geografia della Pericolosità sismica e vulcanica	Ottobre - Dicembre 2019 48 ore (6 CFU)
Calvari Sonia	Catania	Puerto de la Cruz, Tenerife	Tenerife International Training Course on Volcano Monitoring	22/30 Maggio 2019
Calvari Sonia	Catania	Puerto de la Cruz, Tenerife	Tenerife International Training Course on Volcano Monitoring	23/29 Marzo 2018
Corsaro Rosa Anna	Catania	Catania	Lezione frontale per gli studenti dell'Università di Ginevra "Petrology of Mt. Etna magmas to investigate the roots of the volcano"	6 Giugno 2019
Corsaro Rosa Anna	Catania	Linguaglossa (CT)	Lezione frontale "Petrology of magmas to investigate the roots of a volcano", Summer School EUROVOLC "Understanding sub-surface volcanic processes"	2/6 September 2019
Corsaro Rosa Anna	Catania	Linguaglossa (CT)	Leader dell'escursione "Tour of ancient magmatism of Etna in the areas of Acicastello and Acitrezza", Etna summer school del progetto 3dTelC	5/14 maggio 2019
Costa Antonio	Napoli	Università di Bologna, corso di laurea magistrale	Volcanic Risk	A.A. 2019 (12 ore)
Costa Antonio	Bologna	Università di Bologna, corso di laurea magistrale	Volcanic Risk	A.A. 2019 (12 ore)
Cultrera Giovanna	Roma1	Dipartimento di Scienze dell'Università di Roma Tre	"Sismologia e Geodesia", corso integrativo (Corso di Laurea Magistrale in Geologia del Territorio e delle Risorse - Corso di Studio in Scienze Geologiche)	Settembre 2018 - Gennaio 2019
D'Agostino Nicola	ONT	Università di Roma Tre	Sismologia e Geodesia	A.A. 2018-2019 24h
D'Alessandro Antonino	ONT	Università degli Studi di Palermo	Sismologia e Rischio Sismico	1 semestre 2019 6 CFU,
D'Amico Vera	Pisa	Università di Pisa, Corso di Laurea Ingegneria Civile, Ambientale e Edile	Modulo sul Rischio sismico nell'ambito del corso Geologia applicata	Maggio 2019 ciclo di lezioni (6 ore)
D'Amico Vera	Pisa	Università di Pisa, Laurea Triennale in Scienze Ambientali	Modulo sul Rischio sismico nell'ambito del corso Pericolosità dei fenomeni naturali	Novembre 2019 ciclo di lezioni (6 ore)

De Astis Gianfilippo	Roma1	Università Roma La Sapienza, corso di laurea triennale	Inglese per Scienze della Terra	Marzo - Maggio 2019
De Michelis Paola	Roma2	Collegio docenti del XXXV ciclo di Dottorato in Scienze e Tecnologie Fisiche Chimiche e dei Materiali presso l'Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS).		2019
De Santis Angelo	Roma2	Università La Sapienza Roma	Geomagnetismo	Febbraio - Marzo 2019
De Santis Angelo	Roma2	Università Roma Tre	Earth Magnetism	Marzo 2019
Del Carlo Paola	Pisa	Dottorato Toscano Scienze della Terra, Università di Pisa, Firenze e Siena	La tefrocronologia: uno strumento essenziale per la datazione degli archivi naturali e la sincronizzazione di eventi geologici, climatici e archeologici	5 Giugno 2019 8 ore (1 CFU)
Di Capua Giuseppe	Roma2	European Geoscience Union - General Assembly (EGU 2019), Vienna (Austria)	Foundations of Geoethics for Earth, Marine and Atmospheric Sciences	Aprile 2019
Di Stefano Giuseppe	Roma1	Dipartimento di Fisica - Università "La Sapienza" - Roma	Elettronica Generale	Marzo - Giugno 2019
Falsaperla Susanna	Catania	Summer School del progetto europeo 3DTeLC presso la sede INGV di Nicolosi (Catania, Italy). Il progetto è finanziato attraverso Erasmus+, Key Action 2 Strategic Partnerships for Higher Education scheme (project Reference: 2017-1-UK01-KA203-036719)	Etna International Summer school - The European project 3DTeLC brings the 3D-word into the classroom; <a href="http://3dtelec.imv.uca.fr/">http://3dtelec.imv.uca.fr/</a>	5/14 May 2019
Fracassi Umberto	Roma1	Esercitazione "Elliot the Dragon" del Battaglione Multifunzionale "Vicenza", 9° Reggimento Alpini, Esercito Italiano - Sulmona (AQ)	Historia magistra vitae: Geologia e Storia territoriale, strumenti di prevenzione contro il rischio sismico	9/11 Aprile 2019
Galadini Fabrizio	Roma1	Università Roma Tre, Corso di laurea magistrale	Geologia per il rischio sismico	Ottobre - Dicembre 2019
Gervasi Anna	ONT	Università della Calabria Corso di laurea triennale in Scienze Geologiche	Fisica Terrestre - modulo 2	Marzo - Giugno 2019
Gomez Capera Augusto Antonio	Milano	Online, "Diplomado en sismologia aplicada"; Universidad Nacional de Ingenieria, Lima (Peru)	Macrosismica	Dicembre 2019 8 ore
La Longa Federica	Roma1	UES, Università di El Salvador, San Salvador - Master in Psicologia Clinica di Comunità (Progetto Agua Futura)	La psicología de emergencia y las intervenciones psicosociales - Intoduccin en Promoción y Gestión de los Grupos en la Comunidad - Individualización/ Promoción y Fortalecimiento del Líder de la Comunidad. - Liderazgo Transformador	Aprile 2019
La Longa Federica	Roma1	USAC, Università San Carlos, Ciudad de	Convivencia, resolución de conflictos y la paz - Comunicación eficaz	Marzo - Aprile 2019

		Guatemala, Diplomado in Psicologia Clinica di Comunità (Progetto Agua Futura)		
La Longa Federica	Roma1	INGV sede di Roma, Corso de Especialización en Italia de profesores centroamericanos en el campo delas actividades de maestría en Psicologia Clínica Comunitaria (Progetto Agua Futura):	Psicología de la Emergencia en Europa y Centroamérica Intercambio intercultural sobre la psicología en Emergencia y sus aplicaciones: - La actividad del INGV en relación con los riesgos sísmicos, volcánicos y tsunamis, en tiempos de paz y en emergencia; - Las experiencias de psicología de emergencia en Italia llevadas a cabo por INGV	Giugno 2019
Lanzano Giovanni	Milano	Politecnico di Milano, Master in Tunnel Engineering	Seismic site response	28 maggio 2019
Lolli Barbara	Bologna	Università di Bologna, Corso di Laurea triennale in Scienze Geologiche	Sismologia	Novembre-Dicembre 2019 (modulo didattico di 26 ore)
Luzi Lucia	Milano	Politecnico di Milano	Corso dell'ordine dei Geologi della Lombardia con crediti formativi "Studi di Microzonazione Sismica di 3° livello e Analisi di Risposta Sismica Locale"	26/27 Giugno 2019
Madonia Paolo	Palermo	Liceo Classico Statale "G. Garibaldi", Palermo	Alternanza Scuola Lavoro, progetto "Caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle precipitazioni atmosferiche nel quadro del cambiamento climatico"	Marzo - Maggio 2019
Meletti Carlo	Pisa	Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale	Pericolosità sismica di base, classificazione sismica e normativa	Maggio 2019 modulo di 8 ore
Meletti Carlo	Pisa	Università di Pisa, Laurea Triennale in Scienze Ambientali	Modulo su Rischio sismico nell'ambito del corso Pericolosità dei fenomeni naturali	Novembre 2019 ciclo di 14 ore
Misiti Valeria	Roma1	La Sapienza	Petrografia	Luglio 2019
Morelli Andrea	Bologna	Università di Bologna, Dipartimento di Fisica e Astronomia, Corso di laurea Magistrale Fisica del Sistema Terra	Tomografia sismica	A.A. 2019-2020
Palano Mimmo	Catania	Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra, Università degli Studi di Messina	Geodesy	Maggio 2019 2 ore
Palano Mimmo	Catania	Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra, Università degli Studi di Messina	Geodetic applications on active tectonic areas	Maggio 2019 2 ore
Peppoloni Silvia	Roma2	Università Roma Tre, Roma	Geoetica e cultura geologica: definizioni, concetti, metodi e strumenti	Maggio 2019
Peppoloni Silvia	Roma2	General Assembly dell'EGU, Vienna	Foundations of Geoethics for Earth, Marine and Atmospheric Sciences	Aprile 2019
Pessina Vera	Milano	Politecnico Milano	"EMS-98 Vulnerability and damage assessment". Lezione al corso di Engineering Seismology	2019 4h

Pessina Vera	Milano	Università degli Studi di Milano Bicocca, Dip. di Scienza dell'Ambiente e della Terra	In caso di terremoto: il ruolo di INGV nell'emergenza e nella prevenzione	16 Aprile 2019
Pezzopane Michael	Roma2	Pwani university di Kilifi (Kenya)	HF propagation and IRI model	14 Maggio 2019
Piangiamore Giovanna Lucia	Roma2	Università degli Studi di Camerino	"L'apprendimento socio-emotivo nei rischi naturali: ricordare per raccontare, raccontare per essere", nell'ambito della Summer School - V Edizione dal tema "GEOSCIENZE CHE PASSIONE!" per docenti delle scuole di ogni ordine e grado	15/18 Luglio 2019
Pompilio Massimo Nicola	Pisa	Università di Siena	Vulcanologia: Analisi Chimiche Mineralogiche	Secondo Semestre 2019
Pompilio Massimo Nicola	Pisa	Università di Venezia - Ca' Foscari - Dottorato in Scienze Polari	Geomorfologia e Geologia delle aree polari	Novembre-Dicembre 2019
Puglisi Giuseppe	Catania	Linguaglossa (CT)	EUROVOLC Summer School "Understanding sub-surface volcanic processes"; lezione su "Overview on geodetic methods in volcano monitoring"	3 Settembre 2019
Ricci Tullio	Roma1	New York University	Campi Flegrei and Vesuvius: volcanic hazards and much more!	March 29, 2019
Ricci Tullio	Roma1	Ciclo Lectio Magistralis "Renato Funiello" 2018-2019, Tivoli (RM)	I vulcani: pericolosità, rischio e aspetti sociali	1° Marzo 2019
Rouwet Dmitri	Bologna	Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna	Volcanic Risk	AA 2018-2019 4 lezioni di 2 ore.
Rovida Nicola Andrea	Milano	Università di Chieti-Pescara	Seminario "Cataloghi dei terremoti storici: compilazione e utilizzo"	13 Febbraio 2019
Rovida Nicola Andrea	Milano	Università di Milano-Bicocca	Seminario: "Pericolosità sismica, faglie e cataloghi sismici"	2 Aprile 2019
Sgobba Sara	Milano	Corso di Studi di Ingegneria Matematica (Politecnico di Milano), docente: Piercesare Secchi	Presentazione di ground-motion dataset in qualità di tutor di progetto per il corso "Applied Statistics", A.A. 2018/2019 (SECS-S/01)	Marzo - Giugno 2019
Trasatti Elisa	ONT	Arequipa - Peru	Tecniche di processamento di dati SAR e relativa modellazione di sorgente vulcanica, nell'ambito dei corsi di alta formazione organizzati dall'USGS (VDAP) per l'America Latina	13/20 Marzo 2019

**Alta Formazione 2020**

Corsi tenuti presso Università, Corsi di master presso Enti Locali, Corsi di Alta Formazione				
Nominativo	Sezione	Sede	Titolo	Periodo
Alfonsi Lucilla	Roma2	Università degli Studi Roma Tre	Space Weather	2020
Basili Roberto	Roma1	Università Sapienza Roma, Dottorato in Scienze della Terra	Utilizzo dei database nelle Scienze della Terra	Febbraio 2020 4 lezioni da 2 ore
Burrato Pierfrancesco	Roma1	Università di Roma "Sapienza" Corso di Laurea di Scienze geografiche per l'ambiente e la salute, Dipartimento di Lettere e Culture moderne	Geologia e Geografia della Pericolosità sismica e vulcanica	A.A. 2020-2021 Ottobre-Dicembre 2020 48 ore (6 CFU)
Calvari Sonia	Catania	Puerto de la Cruz, Tenerife	Tenerife International Training Course on Volcano Monitoring	25 Marzo - 2 Aprile 2020
Cultrera Giovanna	Roma1	Dipartimento di Scienze dell'Università di Roma Tre	Sismologia e Geodesia (Corso di Laurea Magistrale in Geologia del Territorio e delle Risorse - Corso di Studio in Scienze Geologiche)	Settembre 2020 - Gennaio 2021
De Astis Gianfilippo	Roma1	Università Roma La Sapienza, Corso di laurea triennale	Inglese per Scienze della Terra	24 Febbraio 2020 - 31 Maggio 2020
Del Carlo Paola	Pisa	Dottorato Toscano Scienze della Terra, Università Di Firenze, Pisa e Siena	La tefrocronologia: uno strumento essenziale per la datazione degli archivi naturali e la sincronizzazione di eventi geologici, climatici e archeologici	9 Giugno 2020 8 ore (1 CFU)
De Michelis Paola	Roma2	Collegio docenti del XXXVI ciclo di Dottorato in Scienze e Tecnologie Fisiche Chimiche e dei Materiali presso l'Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS).		2020
Di Capua Giuseppe	Roma2	European Geoscience Union - General Assembly (EGU 2020), Vienna (Austria)	Foundations and Perspectives of Geoethics for Earth, Marine and Atmospheric Sciences	Maggio 2020
Di Capua Giuseppe	Roma2	36 <sup>th</sup> IGC - International Geological Congress, Delhi (India)	Foundations and Perspectives of Geoethics	Marzo 2020
Gervasi Anna	ONT	Università della Calabria, corso di laurea triennale in Scienze Geologiche	Fisica Terrestre - modulo 2	Marzo - Giugno 2020
La Longa Federica	Roma1	UES, Università di El Salvador, San Salvador - Master in Psicologia Clinica di Comunità (Progetto Agua Futura)	Contextos de Intervención Psicosocial: - Los Contextos Comunitarios Formales e Informales; - Prevención de Riesgos y Situaciones de Desastres	Giugno 2020
Madonia Paolo	Palermo	Liceo Classico Statale "G. Garibaldi", Palermo	Progetto PCTO "Caratterizzazione quantitativa delle precipitazioni atmosferiche nel quadro del cambiamento climatico"	Marzo - Maggio 2020
Montagna Chiara Paola	Pisa	Università di Ginevra, corso di dottorato	Fluid Dynamics Modeling in Volcanology	Gennaio 2020
Montagna Chiara Paola	Pisa	INGV Pisa, dottorato toscano in Scienze della Terra	Termodinamica delle miscele multifase ed applicazioni ai magmi	Marzo - Aprile 2020

Morelli Andrea	Bologna	Università di Bologna, Dipartimento di Fisica e Astronomia, Corso di laurea Magistrale Fisica del Sistema Terra	Tomografia Sismica	AA 2020-21
Peppoloni Silvia	Roma2	36 <sup>th</sup> International Geological Congress, Delhi	Foundations and perspectives of geoethics	Marzo 2020
Peppoloni Silvia	Roma2	Università Roma Tre, Roma	Geoetica: definizioni, contenuti e prospettive	Maggio 2020
Peppoloni Silvia	Roma2	General Assembly dell'EGU, Vienna	Foundations and Perspectives of Geoethics for Earth, Marine and Atmospheric Sciences	Maggio 2020
Piangiamore Giovanna Lucia	Roma2	Università degli Studi di Pavia - Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente	"Sperimentazioni di didattica delle Geoscienze per l'educazione ai rischi naturali" nell'ambito del corso "Didattica delle geoscienze"	20 Aprile 2020
Piangiamore Giovanna Lucia	Roma2	Università degli Studi di Camerino	"Georisk" nell'ambito della Summer School - VI Edizione dal tema "GEOSCIENZE CHE PASSIONE!" per docenti delle scuole di ogni ordine e grado	13/16 Luglio 2020
Rouwet Dmitri	Bologna	RAMES, BIGEA, Università di Bologna	91579 - Environmental Impact and Analysis (Modulo 2)	A.A. 2019 - 2020 32 ore
Rouwet Dmitri	Bologna	Scienze Naturali, BIGEA, Università di Bologna	91412 - Volcanic Hazards and Environmental Impact (MODULO 2)	A.A. 2019-2020 4 ore
Selvaggi Giulio	AC	Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali, Università Bari	Tettonica Continentale e Geodesia	I° semestre A.A. 2020-2021
Spogli Luca	Roma2	SIOI - Master in sviluppo sostenibile, geopolitica delle risorse e studi artici	Space climate and space weather from the Arctic	Giugno - Settembre 2020

## Dottorati

Ateneo	Indicare Borsa INGV/DIP.TO	Titolo tesi	Nominativo dottorando	Tutori	Nominativo ricercatori INGV nel Collegio dei Docenti	CICLO
Bologna	INGV	Future Earth, climate change and societal challenges	Tahira Nicole Ashruf	Maria Elina Belardinelli co supervisore	Andrea Morelli supervisore	33° ciclo
Bologna	UNIBO	Analysis and determination of non-double couple component of seismic moment tensor in case of natural and induced seismicity	Camilla Rossi (La Dott.ssa Rossi durante il primo anno ha frequentato occasionalmente anche la sede INGV di Roma e attualmente sta trascorrendo un periodo di studio all'estero presso l'ETH di Zurigo)	Paolo Gasperini supervisore		33° ciclo
Firenze/ Pisa	INGV	Timing of late Pleistocene-Holocene eruptive activity at Canary Islands revealed by paleomagnetic dating	Gilda Risica	tutore: Fabio Speranza INGV Roma co-tutori: Mauro Rosi UNIPI, Alessio Di Roberto INGV Pisa	Gilberto Saccorotti	33° ciclo
Firenze/ Pisa	UNIFI	The genesis, transport and deposition of volcanic ash in the context of Vulcanian activity	Pietro Gabellini	tutore: Raffaello Cioni UNIFI Co-tutore: Mattia de' Michieli Vitturi INGV Pisa	Tomaso Esposti Ongaro	33° ciclo
Napoli	Dottorato di ricerca in Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse - DISTAR UNINA	Micro-Analytical and experimental investigations of Phlegraean district and Somma-Vesuvius volcanic rocks: implications for pre-eruptive and syn-eruptive volcanic processes	Carlo Pelullo	Paola Petrosino, Lucia Pappalardo	Lucia Pappalardo, Stefano Caliro	33° ciclo
Napoli	UNINA	Study of the active deformation between the Campania Plain and the Apennines based on geological, geomorphological and seismological data	Serena Forlano	Luigi Ferranti Università Federico II	Girolamo Milano	33° ciclo
Palermo	INGV	Idrogeofisica attraverso metodologie integrate: applicazioni ad alcuni corpi idrici dei Nebrodi e Peloritani	Maria Catania	Salvatore Stramondo (INGV)	Salvatore Stramondo, Francesco Italiano	33° ciclo
Palermo	UNIPA	Applicazione di metodi innovativi per la definizione delle condizioni ossidoriduttive del mantello dell'area del mediterraneo centrale	Andrea Pellerito	P.Censi, A. Paonita co-tutor INGV	Salvatore Stramondo, Francesco Italiano	33° ciclo

Palermo	UNIPA	Sviluppo di sensoristica basata su nanotecnologia per il monitoraggio sismico e strutturale	Giovanni Vitale	S. Stramondo INGV, R. Martorana co-tutor UNIPA, A. D'Alessandro co-tutor INGV	Salvatore Stramondo, Francesco Italiano	33° ciclo
Roma3	Dottorato senza borsa, svolto presso l'INGV da personale interno INGV	T-waves: acoustic signals generated by tectonic processes in the Tyrrhenian and Ionian basins	Mariagrazia De Caro	Francesco Frugoni, Stephen Monna, Caterina Montuori	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	33° ciclo
Roma La Sapienza	Borsa INGV	Laboratory investigation on the frictional properties of basalts interacting with H <sub>2</sub> O- and CO <sub>2</sub> -rich fluids and implications for CO <sub>2</sub> storage	Pier Carlo Giacomel	Elena Spagnuolo INGV, Cristiano Collettini La Sapienza	Roberto Basili, Angelo De Santis	33° ciclo
Roma La Sapienza	Borsa La Sapienza	Multidisciplinary approach for a study about the interaction between fluids and rocks in crustal processes	Roberta Ruggeri	Giuseppe Di Stefano INGV, Fabio Trippetta La Sapienza, Marco Scuderi La Sapienza	Roberto Basili, Angelo De Santis	33° ciclo
Salento	Borsa finanziata dalla Sezione RM2 su fondi di progetto TREASURE	-----	Hossein Ghobadi	-----	-----	33° ciclo
Salento	Borsa finanziata dalla Sezione RM2 su fondi di progetto TREASURE	-----	Juliana Garrido Damaceno	-----	-----	33° ciclo
Bari	INGV	Risposta sismica locale: correlazione tra parametri del moto sismico e indicatori geofisici	Doriana Attolico	tutor V. Del Gaudio, co-tutor G. Cultrera	-----	34° ciclo
Bari	UNIBA	Caratterizzazione sismotettonica dell'appennino centro-meridionale attraverso l'uso integrato dei dati geologici, geodetici e sismici	Simona Miccolis	tutor D. Liotta, co-tutor M. Carafa, A. Tallarico	-----	34° ciclo
Bari	UNIBA	Definizione delle caratteristiche geometriche del piano di subduzione del basso tirreno dedotte dall'analisi di fasi convertite di terremoti profondi.	Teresa Ninivaggi	tutor A. Siniscalchi, co-tutor S. Mazza, A. Tallarico	-----	34° ciclo
Camerino	INGV	Novel approaches in Earthquakes Science; from the field observations to the modelling of the results	Giulio Poggiali	Emanuele Tondi, Lauro Chiaraluce	Lauro Chiaraluce	34° ciclo



Camerino	UNICAM; Scuola di Architettura e Design- Scuola di Scienze e Tecnologie	New approach for seismic hazard analysis and earthquake damage scenarios	Dabiri Hamid	Andrea Dall'Asta, Emanuele Tondi	Lauro Chiaraluce	34° ciclo
Catania	INGV	Studio del sistema idrotermale etneo attraverso la caratterizzazione dei gas emessi dai crateri sommitali	Alessia Amatucci	Carmelo Ferlito Università di Catania, Francesco Sortino INGV	Leonardo Sagnotti, Francesco Sortino	34° ciclo
Catania	Borsa finanziata dall'Ateneo di Catania su tematica di interesse INGV	Studio sismotettonico e modellizzazione delle possibili sorgenti sismiche in Calabria meridionale e Sicilia orientale	Salvatore Gambino	Giovanni Barreca Università di Catania, Luciano Scarfi INGV	Leonardo Sagnotti, Francesco Sortino	34° ciclo
Roma3	Borsa INGV	Geometry and kinematics of intra- continental deformation of the SE Tibet: a joint paleomagnetic and structural approach	Alessandro Todrani	Fabio Speranza, Francesca Funiello	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	34° ciclo
Roma3	Dottorato senza borsa. Dottorando retribuito su fondi INGV	Machine Learning techniques applied in seismology	Dario Jozinovic	Fabio Cammarano, Alberto Michelini	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	34° ciclo
Chieti	INGV	Multi-layered, crust- scale seismogenic sources in Central Italy - A new 3D Probabilistic Seismic Hazard Analysis of coexisting active compression and extension at different layers of depth	Claudia Pandolfi	Aybige Akinci	Aybige Akinci	35° ciclo
Chieti	Borsa finanziata dall'Ateneo di Chieti su tematica di interesse INGV	The role of seismic swarm and repeating earthquake in complex seismotectonics context: genesis and spatio-temporal analysis linked to active fault systems for seismic hazard purposes'	Luca Carbone	Rita de Nardis UNICH	-----	35° ciclo
Ferrara	INGV	Relazione tra caratteristiche reologiche e mineralogico- composizionali del mantello terrestre	Luca Faccincani	Massimo Coltorti UNIFE, Fabrizio Nestola UNIPD	Antonio Costa Andrea Morelli	35° ciclo
Ferrara	borsa finanziata dall'Ateneo di Ferrara su tematica di interesse INGV	Circolazione dei fluidi nel mantello terrestre e loro ricadute sulle emissioni superficiali	Anna Saroni	Massimo Coltorti UNIFE, Francesco Italiano INGV PA	Antonio Costa Andrea Morelli	35° ciclo

Pisa/ Firenze	INGV	Machine Learning for seismic signal analysis	Sonja Gaviano	tutore Carlo Giunchi INGV Pisa, co-tutor Filippo Catani DST-UNIFI	Gilberto Saccorotti, Tomaso Esposti Ongaro	35° ciclo
Pisa/ Firenze	borsa finanziata dall'Ateneo di Firenze/Pisa su tematica di interesse INGV	The products of the opening phase of large explosive eruptions: toward the understanding of the modalities and rates of eruption trigger and magma ascent	Alessia Falasconi	tutore Raffaello Cioni DST-UNIFI, co-tutori Marco Pistolesi DST-UNIPI, Mattia de' Michieli Vitturi INGV Pisa	Gilberto Saccorotti, Tomaso Esposti Ongaro	35° ciclo
Venezia	INGV	Atmospheric properties affecting the radiation budget in the Arctic	Filippo Cali Quaglia	Giovanni Muscari, Andrea Gambaro UNIVE	Fabio Florindo, Massimo Pompilio	35° ciclo
Venezia	borsa finanziata dall'Ateneo di Ca' Foscari e CNR su tematica di interesse INGV	Atmospheric properties affecting the radiation budget in the Arctic	Alessio Nogarotto	tutor Barbara Stenni UNIVE co-tutor Tommaso Tesi INGV	Fabio Florindo, Massimo Pompilio	35° ciclo
UNIBA Dip.to Scienze della Terra e Geoambientali	Borsa finanziata INGV	Campi Flegrei validazione di modelli fisico numerici tramite l'utilizzo di approfonditi e dettagliati studi geologici e vulcanologici, finalizzata alla migliore comprensione delle dinamiche eruttive, all'assetto strutturale delle caldere e alla dispersione dei prodotti nell'atmosfera (con particolare attenzione alle ceneri vulcaniche)	-----	P. Dellino - R. Sulpizio	-----	36° ciclo
Catania Dip.to Ingegneria Elettrica Elettronica Informatica	Borsa co-finanziata con fondi di progetto di Ciro Del Negro	Monitoraggio vulcanico dallo spazio (Monitoring from space)	-----	P. Arena	-----	36° ciclo
L'Aquila Dip.to di Scienze Fisiche e Chimiche	Borsa finanziata INGV	Geomagnetismo (interno/esterno)	-----	P. Francia M. Vellante	-----	36° ciclo
Napoli Federico II Dip.to Scienze della Terra	Borsa finanziata INGV	Tematica da definire (Terremoti)	-----	V. Morra	-----	36° ciclo
Napoli Parthenope Dip.to Ingegneria	Borsa finanziata INGV	Utilizzo di tecniche di interferometria satellitare (SAR)	-----	M. Ariola, V. Pascazio	-----	36° ciclo

Padova Dip.to Geoscienze	Borsa finanziata INGV	La meccanica delle faglie e includerebbe una parte più prominente di tipo sperimentale (esperimenti di laboratorio e studi microstrutturali/micro analitici) da svolgersi presso i laboratori HP-HT e una seconda di terreno che comprenderebbe rilievi geologico-strutturali da supervisionare a Padova	-----	F. Nestola, G. Di Toro	-----	36° ciclo
Pisa Dip.to di Ingegneria a Civile e Industriale	Borsa finanziata INGV	1. Sviluppo di modelli e metodologie per la fluido dinamica computazionale applicata a fenomeni geofisici e vulcanici 2. Quantificazione delle incertezze nella simulazione numerica di fenomeni geofisici e vulcanici	-----	G. Mengali	-----	36° ciclo
Pisa/ Firenze Dip.to Scienze della Terra	Borsa finanziata INGV	Studi di tefrocrologia in record sedimentari (es. marini, glaciali, lacustri)	-----	M.C. Salvatore, S. Rocchi	-----	36° ciclo
Roma La Sapienza Dip.to Scienze della Terra	Borsa finanziata INGV	Multidisciplinary approach for a study about the interaction between fluids and rocks in crustal processes	-----	S. Mollo	-----	36° ciclo
Roma La Sapienza Dip.to Fisica	Borsa finanziata INGV	Space weather, Planetologia, Tecnologie	-----	P. De Bernardis	-----	36° ciclo
Roma3 Dip.to di Geologia	Borsa finanziata INGV	Analisi del rischio vulcanico nella parte meridionale della penisola della Kamchatka tramite analisi stratigrafiche e paleomagnetiche che determinino la temperatura di messa in posto di flussi piroclastici di significative dimensioni emesse in periodi pre-storici	-----	G. Giordano	-----	36° ciclo
Università Salerno Dip.to di Fisica	Borsa finanziata INGV	Carattere multidisciplinare e includono l'analisi dei dati geofisici, sismologici e vulcanologici	-----	P. Longobardi	-----	36° ciclo

Roma3	Borsa Dip.to	Sedimentation processes in pyroclastic density currents	Laura Calabrò	Guido Giordano, Tomaso Esposti Ongaro	Fabio Speranza, Claudio Chiarabba	XXXIV ciclo
Politecnica delle Marche	Borsa finanziata da INGV - ONT su fondi del progetto premiale ART-IT	Monitoraggio multidisciplinare con prospettiva early warning sismico	-----	-----	Alessandro Amato	
Palermo	Borsa finanziata da INGV - ONT	Geofisica applicata	-----	-----	-----	

# Publicazioni

10.



Autori	Titolo	Rivista	DOI
Wagner Bernd, Vogel Hendrik, Francke Alexander, Friedrich Tobias, Donders Timme, Lacey Jack H., Leng Melanie J., Regattieri Eleonora, Sadori Laura, Wilke Thomas, Zanchetta Giovanni, Albrecht Christian, Bertini Adele, Combourieu-Nebout Nathalie, Cvetkoska Aleksandra, Giaccio Biagio, Gombardani Andon, Hauflfe Torsten, Holtvoeth Jens, Sagnotti Leonardo	Mediterranean winter rainfall in phase with African monsoons during the past 1.36 million years	Nature	10.1038/s41586-019-1529-0
Korablev Oleg, Vandaele Ann Carine, Montmessin Franck, Fedorova Anna A., Trokhimovskiy Alexander, Forget Francois, Lefèvre Franck, Daerden Frank, Thomas Ian R., Trompet Loïc, Erwin Justin T., Aoki Shohei, Robert Séverine, Neary Lori, Viscardy Sébastien, Grigoriev Alexey V., Ignatiev Nikolay, Shakun Alexey, Patrakeev Andrey, Etiope Giuseppe	No detection of methane on Mars from early ExoMars Trace Gas Orbiter observations	Nature	10.1038/s41586-019-1096-4
Vandaele Ann Carine, Korabiev Oleg, Daerden Frank, Aoki Shohei, Thomas Ian R., Altieri Francesca, López-Valverde Migue, Villanueva Geronimo, Liuzzi Giuliano, Smith Michael D., Erwin Justin T., Etiope Giuseppe, Fedorova Anna A., Montmessin Franck, Trokhimovskiy Alexander, Belyaev Denis A., Ignatiev Nikolay, Luginin Mikhail, Olsen Kevin S., Baggio Lucio	Martian dust storm impact on atmospheric H2O and D/H observed by ExoMars Trace Gas Orbiter	Nature	10.1038/s41586-019-1097-3
Papale Paolo, Marzocchi Warner	Volcanic threats to global society	Science	10.1126/science.aaw7201
Cherchi Annalisa	Connecting AMOC changes	Nature Climate Change	10.1038/s41558-019-0590-x
Florindo Fabio, Halekas Jasper, Okin Gregory, Robock Alan, Rohling Eelco J.	Thank You to Our 2018 Peer Reviewers	Reviews of Geophysics	10.1029/2019RG000647
Levy Richard H., Meyers S.R., Naish T.R., Colledge Nicholas, McKay R.M., Crampton James S., De Conto R.M., De Santis L., Florindo Fabio, Gasson Edward G.W., Harwood D.M., Luyendyk B.P., Powell R.D., Clowes C., Kulhanek Denise	Antarctic ice-sheet sensitivity to obliquity forcing enhanced through ocean connections	Nature Geoscience	10.1038/s41561-018-0284-4
Giuranna Marco, Viscardy Sébastien, Daerden Frank, Neary Lori, Etiope Giuseppe, Oehler Dorothy, Formisano Vittorio, Aronica Alessandro, Wolkenberg Paulina, Aoki Shohei, Cardesin Moineo Alejandro, Marin-Yaseli de la Parra Julia, Merritt Donald, Amoroso Marilena	Independent confirmation of a methane spike on Mars and a source region east of Gale Crater	Nature Geoscience	10.1038/s41561-019-0331-9
Rivalta E., Corbi F., Passarelli L., Accocella V., Davis T., Di Vito Mauro Antonio	Stress inversions to forecast magma pathways and eruptive vent location	Science Advances	10.1126/sciadv.aau9784
Cappa Frédéric, Scuderi Marco Maria, Colletini Cristiano, Guglielmi Yves, Avouac Jean-Philippe	Stabilization of fault slip by fluid injection in the laboratory and in situ	Science Advances	10.1126/sciadv.aau4065
Rowe Christie D., Lamothe Kesley, Rempe Marieke, Andrews Mark, Mitchell Thomas M., Di Toro Giulio, White Joseph Clancy, Aretusini Stefano	Earthquake lubrication and healing explained by amorphous nanosilica	Nature Communications	10.1038/s41467-018-08238-y
Cornelio Chiara, Spagnuolo Elena, Di Toro Giulio, Nielsen Stefan, Violay Marie	Mechanical behaviour of fluid-lubricated faults	Nature Communications	10.1038/s41467-019-09293-9
Trolese Matteo, Cerminara Matteo, Esposti Ongaro Tomaso, Giordano Guido	The footprint of column collapse regimes on pyroclastic flow temperatures and plume heights	Nature Communications	10.1038/s41467-019-10337-3
Corti Giacomo, Cioni Raffaello, Franceschini Zara, Sani Federico, Scaillet Stéphane, Molin Paola, Isola Ilaria, Mazzarini Francesco, Brune Sascha, Keir Derek, Erbello Asfaw, Muluneh Ameha, Illisley-Kemp Finnigan, Glerum Anne	Aborted propagation of the Ethiopian rift caused by linkage with the Kenyan rift	Nature Communications	10.1038/s41467-019-09335-2

Lippello Eugenio, Petrillo Giuseppe, Godano Cataldo, Tramelli Anna, Papadimitriou Eleftheria, Karakostas V.	Forecasting of the first hour aftershocks by means of the perceived magnitude	Nature Communications	10.1038/s41467-019-10763-3
Etiopie Giuseppe, Ciotoli Giancarlo, Schwietzke Stefan, Schoell Martin	Gridded maps of geological methane emissions and their isotopic signature	Earth System Science Data	10.5194/essd-11-1-2019
Stamenković V., Beegle L.W., Zacny K., Arumugam D.D., Baglioni P., Barba N., Baross J., Bell M.S., Bharla R., Blank J.G., Boston P.J., Breuer D., Brinckerhoff W., Burgin M.S., Cooper I., Cormarkovic V., Davila A., Davis R.M., Edwards C., Etiopie Giuseppe	The next frontier for planetary and human exploration	Nature Astronomy	10.1038/s41550-018-0676-9
Procesi Monia, Ciotoli Giancarlo, Mazzini A., Etiopie Giuseppe	Sediment-hosted geothermal systems: Review and first global mapping	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.03.020
Alparone Salvatore, Bonforte Alessandro, Gambino Salvatore, Guglielmino Francesco, Obrizzo Francesco, Velardita Rosanna, Sinnesael Matthias, De Vleeschouwer David, Zeeden Christiana, Batenburg Sietske J., Da Silva Anne-Christine, de Winter Niels J., Dinarès Turell Jaume, Drury Anna Joy, Gambacorta Gabriele, Hilgen Frederik J., Hinno Linda A., Hudson Alexander J.L., Kemp David B., Lantink Margriet L., Laurin Jifí, Li Mingsong, Liebrand Diederik, Ma Chao, Meyers Stephen R., Monkenbusch Johannes	Dynamics of Vulcano Island (Tyrrhenian Sea, Italy) investigated by long-term (40□years) geophysical data	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.01.002
Camarda Marco, De Gregorio Sofia, Capasso Giorgio, Di Martino Roberto M.R., Prano Vincenzo, Gurrieri Sergio	The Cyclostratigraphy Intercomparison Project (CIP): consistency, merits and pitfalls	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.102965
Fondevilla Víctor, Riera V., Vila B., Sellés A.G., Dinarès Turell Jaume, Vicens E., Gaete R., Oms O., Galobart Angel	The monitoring of natural soil CO2 emissions: Issues and perspectives	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.102928
Minissale Angelo, Donato Assunta, Procesi Monia, Pizzino Luca, Giammanco Salvatore	Chronostratigraphic synthesis of the latest Cretaceous dinosaur turnover in south-western Europe	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.01.007
Troise Claudia, De Natale Giuseppe, Schiavone Roberto, Somma Renato, Moretti Roberto	Systematic review of geochemical data from thermal springs, gas vents and fumaroles of Southern Italy for geothermal favourability mapping	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2018.09.008
Spina Laura, Cannata Andrea, Morgavi Daniele, Perugini Diego	The Campi Flegrei caldera unrest: Discriminating magma intrusions from hydrothermal effects and implications for possible evolution	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2018.11.007
Sternai Pietro, Sue Christian, Husson Laurent, Serpelloni Enrico, Becker Thorsten W., Willett Sean, Faccenna Claudio, Di Giulio Andrea, Spada Giorgio, Jolivet Laurent, Valla Pierre, Petit Carole, Nocquet Jean-Mathieu, Walpersdorf Andrea, Castelltort Sébastien	Degassing behaviour at basaltic volcanoes: New insights from experimental investigations of different conduit geometry and magma viscosity	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.03.010
Di Renzo Valeria, Corsaro Rosa Anna, Miraglia Lucia, Pompilio Massimo, Civetta Lucia	Present-day uplift of the European Alps: Evaluating mechanisms and models of their relative contributions	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2019.01.005
Marchetti Dedalo, De Santis Angelo, D'Arcangelo Serena, Poggio Federica, Piscini Alessandro, Campuzano Saioa A., De Carvalho Werneck V.J.O.	Long and short-term magma differentiation at Mt. Etna as revealed by Sr-Nd isotopes and geochemical data	Earth-Science Reviews	10.1016/j.earscirev.2018.12.008
Vincenzo, De Luca Claudio, Monteroso Fernando	Pre-earthquake chain processes detected from ground to satellite altitude in preparation of the 2016–2017 seismic sequence in Central Italy	Remote Sensing of Environment	10.1016/j.rse.2019.04.033
Pepe S., De Siena Luca, Barone A, Castaldo R., D'Auria L., Manzo M., Casu F., Fedi M., Lanari R., Bianco Francesca, Tizzani P.	InSAR full-resolution analysis of the 2017–2018 M>6 earthquakes in Mexico	Remote Sensing of Environment	10.1016/j.rse.2019.111461
McIntosh J.C., Hendry M.J., Ballentine C., Haszeldine Robert Stuart, Mayer B., Etiopie Giuseppe, Elsner M., Darrah T.H., Prinzhofer Alain, Osborn S., Stalker L., Kuloyo O., Lu Z.-T., Martini A., Sherwood Lollar B.	Volcanic structures investigation through SAR and seismic interferometric methods: The 2011–2013 Campi Flegrei unrest episode	Remote Sensing of Environment	10.1016/j.rse.2019.111440
Mattei Massimo, Visconti Andrea Leonardo, Cifelli Francesca, Nozaema Reza, Winkler Aldo, Sagnotti Leonardo	A Critical Review of State-of-the-Art and Emerging Approaches to Identify Fracking-Derived Gases and Associated Contaminants in Aquifers	Environmental science & technology	10.1021/acs.est.8b05807
	Clockwise paleomagnetic rotations in northeastern Iran: Major implications on recent geodynamic evolution of outer sectors of	Gondwana Research	10.1016/j.gr.2019.01.018



	the Arabia-Eurasia collision zone		
Carra Fabrizio, Cultierra Giovanna, Riccio Gaetano, Amoroso Sara, Bordoni Paola, Bucci Augusto, D'Alema Ezio, D'Amico Maria, Cantore Luciana, Carannante Simona, Cogliano Rocco, Di Giulio Giuseppe, Di Naccio Deborah, Famiani Daniela, Felicetta Chiara, Fodarella Antonio, Franceschina Gianlorenzo, Lanzano Giovanni, Lovati Sara, Luzi Lucia	Temporary dense seismic network during the 2016 Central Italy seismic emergency for microzonation studies	Scientific Data	10.1038/s41597-019-0188-1
Guidoboni Emanuela, Ferrari Graziano, Tarabusi Gabriele, Sgattoni Giulia, Comastri Alberto, Mariotti Dante, Ciuccarelli Cecilia, Bianchi Maria Giovanna, Valensise Gianluca	CFT15Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area	Scientific Data	10.1038/s41597-019-0091-9
Villani Fabio, Civico Riccardo, Pucci Stefano, Pizzimenti Luca, Nappi Rosa, De Martini Paolo Marco	Publisher Correction: A database of the coseismic effects following the 30 October 2016 Norcia earthquake in Central Italy	Scientific Data	10.1038/s41597-018-0001-6
Garcia-Silva Andres, Gomez-Perez Jose Manuel, Palma Raul, Krystek Marcin, Mantovani Simone, Fogliani Federica, Grande Valentina, De Leo Francesco, Salvi Stefano, Trasatti Elisa, Romaniello Vito, Albani Mirko, Silvagni Cristiano, Leone Rosemarie, Marelli Fulvio, Albani Sergio, Lazzarini Michele, Napier Hazel J., Glaves Helen M., Aldridge Timothy	Enabling FAIR research in Earth Science through research objects	Future Generation Computer Systems	10.1016/j.future.2019.03.046
Cinti Daniele, Vaselli Orlando, Poncia P.P., Brusca Lorenzo, Grassa Fausto, Procesi Monia, Tassi F.	Anomalous concentrations of arsenic, fluoride and radon in volcanic-sedimentary aquifers from central Italy: Quality indexes for management of the water resource	Environmental Pollution	10.1016/j.envpol.2019.07.063
Tiwari Ashwani Kumar, Pisciotta Antonino, De Maio Marina	Evaluation of groundwater salinization and pollution level on Favignana Island, Italy	Environmental Pollution	10.1016/j.envpol.2019.03.016
Marzano Frank S., Mereu Luigi, Scollo Simona, Donnadieu Franck, Bonadonna Costanza	Tephra Mass Eruption Rate From Ground-Based X-Band and L-Band Microwave Radars During the November 23, 2013, Etna Paroxysm	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	10.1109/TGRS.2019.2953167
Manunta Michele, De Luca Claudio, Zinno Ivana, Casu Francesco, Manzo, Mariarosaria, Bonan, Manuela, Fusco Adele, Pepe Antonio, Onorato Giovanni, Beradino Paolo, De Martino Prospero, Lanari Riccardo	The Parallel SBAS Approach for Sentinel-1 Interferometric Wide Swath Deformation Time-Series Generation: Algorithm Description and Products Quality Assessment	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	10.1109/TGRS.2019.2904912
Rillard Jean, Pourret Olivier, Censi Paolo, Inguaggiato Claudio, Zuddas Pierpaolo, Toulhoat Pierre, Gombert Philippe, Brusca Lorenzo	Behavior of rare earth elements in an aquifer perturbed by CO2 injection: Environmental implications	Science of The Total Environment	10.1016/j.scitotenv.2019.05.490
Winkler Aldo, Caricchi Chiara, Guidotti Maurizio, Owczarek Malgorzata, Macri Patrizia, Nazzari Manuela, Amoroso Antonio, Di Giosa Alessandro, Lustrani Stefano	Combined magnetic, chemical and morphoscopic analyses on lichens from a complex anthropic context in Rome, Italy	Science of The Total Environment	10.1016/j.scitotenv.2019.06.526
Giustini Francesca, Ciotoli Giancarlo, Rinaldini Alessio, Ruggiero Livio, Voltaggio Mario	Mapping the geogenic radon potential and radon risk by using Empirical Bayesian Kriging regression: A case study from a volcanic area of central Italy	Science of The Total Environment	10.1016/j.scitotenv.2019.01.146
Giannattasio Fabio, Consolini G., Berrilli F., Del Moro D.	The Complex Nature of Magnetic Element Transport in the Quiet Sun: The Lévy-walk Character	The Astrophysical Journal	10.3847/1538-4357/ab1be2
Folch Arnaud, Mingari Leonardo, Gutierrez Natalia, Hanzlich Mauricio, Macedonio Giovanni, Costa Antonio	FALL3D-8.0: a computational model for atmospheric transport and deposition of particles, aerosols and radionuclides. Part I: model physics and numerics	Geoscientific Model Development	10.5194/gmd-2019-311
de' Michieli Vitturi Mattia, Esposti Ongaro Tomaso, Lari Giacomo, Aravena Alvaro	IMEX_SfoW2D 1.0: a depth-averaged numerical flow model for pyroclastic avalanches	Geoscientific Model Development	10.5194/gmd-12-581-2019
Aravena Alvaro, de' Michieli Vitturi Mattia, Cioni Raffaello, Neri Augusto	Physical constraints for effective magma-water interaction along volcanic conduits during silicic explosive eruptions: REPLY	Geology	10.1130/G46200Y.1

Albert P.G., Giaccio Biagio, Isaia Roberto, Costa Antonio, Niespolo E.M., Nomade S., Pereira A., Renne Paul. R., Hinchliffe Andrew, Mark D.F., Brown Richard J., Smith V.C.	Evidence for a large-magnitude eruption from Campi Flegrei caldera (Italy) at 29 ka	Geology	10.1130/G45805.1
Archer Claire, Noble Paula, Rosen Michael R, Sagnotti Leonardo, Fiorindo Fabio, Mensing Scott, Piovesan Gianluca, Michetti Alessandro Maria	Lakes as paleoseismic records in a seismically-active, low-relief area (Rieti Basin, central Italy)	Quaternary Science Reviews	10.1016/j.quascirev.2019.03.004
Giaccio Biagio, Leicher Niklas, Mannella Giorgio, Monaco Lorenzo, Regattieri Eleonora, Wagner Bernd, Zanchetta Giovanni, Gaeta Mario, Marra Fabrizio, Nomade Sebastien, Palladino Danilo Mauro, Pereira Alison, Scheidt Stephanie, Sottili Gianluca, Wonik Thomas, Wuif Sabine, Zeeden Christian, Ariztegui Daniel, Cavinato Gian Paolo, Dean Jonathan R.	Extending the tephra and palaeoenvironmental record of the Central Mediterranean back to 430 ka: A new core from Fucino Basin, central Italy	Quaternary Science Reviews	10.1016/j.quascirev.2019.106003
Pucci Stefano, Villani Fabio, Civico Riccardo, Di Naccio Deborah, Porreca Massimiliano, Benedetti L., Gueli A., Stella G., Baccheschi Paola, Pantosti Daniela	Complexity of the 2009 L'Aquila earthquake causative fault system (Abruzzi Apennines, Italy) and effects on the Middle Aterno Quaternary basin arrangement	Quaternary Science Reviews	10.1016/j.quascirev.2019.04.014
Capraro Luca, Tateo Fabio, Ferretti Patrizia, Fornaciari, Eliana, Macrì Patrizia, Scarponi Daniele, Preto Nereo, Xian Feng, Kong Xianghui, Xie Xingjun	A Mediterranean perspective on 10Be, sedimentation and climate around the Matuyama/Brunhes boundary: les liaisons dangereuses?	Quaternary Science Reviews	10.1016/j.quascirev.2019.106039
Violay Marie, Passelègue François X., Spagnuolo Elena, Di Toro Giulio, Cornelio Chiara	Effect of water and rock composition on re-strengthening of cohesive faults during the deceleration phase of seismic slip pulses	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.06.027
Spina Laura, Morgavi D., Costa Antonio, Scheu Bettina, Dingwell Donald B., Perugini Diego	Gas mobility in rheologically-layered volcanic conduits: The role of decompression rate and crystal content on the ascent dynamics of magmas	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.115732
Silverii Francesca, D'Agostino Nicola, Borsa Adrian A., Calcaterra Stefano, Gambino Piera, Giuliani Roberta, Mattone Maurizio	Transient crustal deformation from karst aquifers hydrology in the Apennines (Italy)	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2018.10.019
Bekaert David, Broadley Michael, Caracausi Antonio, Marty Bernard	Novel insights into the degassing history of the Earth's mantle from high precision noble gas analysis of magmatic gas.	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.115766
Schardong Lewis, Ferreira Ana M.G., Berbellini Andrea, Sturgeon William	The anatomy of uppermost mantle shear-wave speed anomalies in the western U.S.: from surface-wave amplification to the influence of faulting style on the size-distribution of global earthquakes	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.115822
Petrucelli Antonio, Schorlemmer Danijel, Tormann Thessa, Rinaldi Antonio Pio, Wiemer Stefan, Gasperini Paolo, Vannucci Gianfranco	The influence of the South Atlantic Anomaly emergence and evolution of the new paleomagnetic reconstruction SHAWQ2k	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.115791
Campuzano Saioa Arquer, Gómez-Paccard M., Pavón-Carrasco Francisco Javier, Osete M. L.	Mantle plumes are oxidised	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.01.050
Moussallam Yves, Longpre Marc-Antoine, McCammon Catherine, Gomez-Ulla Alejandra, Rose-Koga Estelle, Scaillet Bruno, Peters Nial, Gennaro Emanuela, Paris Raphael, Oppenheimer Clive	Slab flattening and the rise of the Eastern Cordillera, Colombia	Earth and Planetary Science Letters	10.1016/j.epsl.2019.115798
Siravo Gaia, Faccenna Claudio, Gérard Mélanie, Becker Thorsten W., Fellin Maria Giuditta, Herman Frédéric, Molin Paola	Magma Degassing as a Source of Long-Term Seismicity at Volcanoes: The Ischia Island (Italy) Case	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL085371
Trasatti Elisa, Accolla Valerio, Di Vito Mauro Antonio, Del Gaudio Carlo, Weber G., Aquino Ida, Cairo Stefano, Chiodini Giovanni, de Vita Sandro, Ricco-Ciro, Caricchi Luca	Crustal scale imaging of the Arabia – Central Iran collision boundary across the Zagros suture zone, west of Iran	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL085921
Dashti F, Lucente Francesco Pio, Motlagh K, Bianchi Irene, Najafi M, Govoni Aladino, Shabnian E	Impacts of Climate Change on Volcanic Stratospheric Injections: Comparison of 1-D and 3-D Plume Model Projections	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL083975
Aubry T.-J., Cerminara Matteo, Jellinek A.M.	An Integrated Geophysical Approach to Track Magma Intrusion: The 2018 Christmas Eve Eruption at Mount Etna	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL083120
Cannavò Flavio, Sciotto Mariangela, Cannata Andrea, Di Grazia Giuseppe	Simultaneous dependence of the earthquake-size distribution on faulting style and depth	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL083997
Petrucelli Antonio, Gasperini Paolo, Tormann Thessa, Schorlemmer Danijel, Rinaldi Antonio Pio, Vannucci Gianfranco, Wiemer Stefan			

Sugan M., Yuan A., Kato A., Massa Marco, Amati G.	Seismic Evidence of an Early Afterslip During the 2012 Sequence in Emilia (Italy)	Geophysical Research Letters	10.1029/2018GL079617
Corbi Fabio, Sandri Laura, Bedford Jon, Funicello Francesca, Brizzi Silvia, Rosenau Mathias, Lallemand Serge	Machine Learning can predict the timing and size of analog earthquakes	Geophysical Research Letters	10.1029/2018GL081251
De Novellis Vincenzo, Atzori Simone, De Luca C., Manzo M., Valerio E., Bonano M., Cardaci C., Castaldo R., Di Buccì Daniela, Manunta M., Onorato G., Pepe S., Solaro Giuseppe, Tizzani, P., Zinno Ivana, Neri Marco, Lanar, R., Casu F.	DInSAR Analysis and Analytical Modeling of Mount Etna Displacements: The December 2018 Volcano-Tectonic Crisis	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL082467
Díaz-Moreno A., Iezzi-Alexandra, Lamb Oliver, Fee David, Kim K, Zuccarello Luciano, De Angelis S.	Volume Flow Rate Estimation for Small Explosions at Mt. Etna, Italy, From Acoustic Waveform Inversion	Geophysical Research Letters	10.1029/2019GL084598
Bilotta Giuseppe, Cappello Annalisa, Héralut Alexis, Del Negro Ciro	Influence of topographic data uncertainties and model resolution on the numerical simulation of lava flows	Environmental Modelling & Software	10.1016/j.envsoft.2018.11.001
Boumediene F., Vasta Rosario, Rascunà Cristina, Lo Fermo S., Volanti P., Marziolo R., Patti F., Ferrante M., Preux Pierre-Marie, Marin B., Giammanco Salvatore, Zappia M., Nicoletti A.	Amyotrophic lateral sclerosis spatial epidemiology in the Mount Etna region, Italy	European Journal of Neurology	10.1111/ene.14011
Barcikowska Monika, Kapnick Sarah, Krishnamurthy Lakshmi, Russo Simone, Cherchi Annalisa, Folland Chris	Changes in the future summer Mediterranean climate: contribution of teleconnections and local factors	Earth System Dynamics	10.5194/esd-2018-85
Ubide Teresa, Mollo Silvio, Zhao Jian-xin, Nazzari Manuela, Scariato Piergiorgio	Sector-zoned clinopyroxene as a recorder of magma history, eruption triggers, and ascent rates	Geochimica et Cosmochimica Acta	10.1016/j.gca.2019.02.021
Ojeda Lucia, Vadillo Ifiaki, Etiope Giuseppe, Benavente José Liñán Cristina, del Rosal Yolanda, Tapia Silvana Teresa, Morfígo Miguel Ángel, Carrasco Francisco	Methane sources and sinks in karst systems: The Nerja cave and its vadose environment (Spain)	Geochimica et Cosmochimica Acta	10.1016/j.gca.2019.06.011
Drysdale Russell, Zanchetta Giovanni, Baneschi Ilaria, Guidi Massimo, Isola Iliaria, Couchoud Isabelle, Piccini Leonardo, Greig Alan, Wong Henri, Woodhead Jon, Regattieri Eleonora, Corrick Ellen, Paul Bence, Spött Christoph, Denson Eleanor, Gordon Jay, Jaillot Stephane, Dux Florian, Hellstrom John C.	Partitioning of Mg, Sr, Ba and U into a subaqueous calcite speleothem	Geochimica et Cosmochimica Acta	10.1016/j.gca.2019.08.001
Di Naccio Deborah, Kastelic Vanja, Carafa Michele Matteo C., Esposito C., Milillo P., Di Lorenzo Cinzia	Gravity Versus Tectonics: The Case of 2016 Amatrice and Norcia (Central Italy) Earthquakes Surface Cosismic Fractures	Journal of Geophysical Research: Earth Surface	10.1029/2018JF004762
Madonia Paolo, Cangemi Marianna, Olivares Lucio, Oliveri Ygor, Speziale Sergio, Tommasi Paolo	Shallow landslide generation at La Fossa cone, Vulcano island (Italy): a multidisciplinary perspective	Landslides	10.1007/s10346-019-01149-z
Palenzuela Baena José Antonio, Scifoni Silvia, Marsella Maria, De Astis Gianfilippo, Irigaray Fernández Clemente	Landslide susceptibility mapping on the islands of Vulcano and Lipari (Aeolian Archipelago, Italy), using a multi-classification approach on conditioning factors and a modified GIS matrix method for areas lacking in a landslide inventory	Landslides	10.1007/s10346-019-01148-0
Napolitano Ferdinando, De Siena Luca, Gervasi Anna, Guerra Ignazio, Scarpa Roberto, La Rocca Mario	Scattering and absorption imaging of a highly fractured fluid-filled seismogenic volume in a region of slow deformation	Geoscience Frontiers	10.1016/j.gsf.2019.09.014
Caputo Teresa, Bellucci Sessa Eliana, Silvestri Malvina, Buongiorno Maria Fabrizia, Musacchio Massimo, Sansivero Fabio, Vilardo Giuseppe	Surface Temperature Multiscale Monitoring by Thermal Infrared Satellite and Ground Images at Campi Flegrei Volcanic Area (Italy)	Remote Sensing	10.3390/rs11091007
de Michele Marcello, Raucoules Daniel, Corradini Stefano, Merucci Luca, Salerno Giuseppe, Sellitto Pasquale, Carboni Elisa	Volcanic Cloud Top Height Estimation Using the Plume Elevation Model Procedure Applied to Orthorectified Landsat 8 Data. Test Case: 26 October 2013 Mt. Etna Eruption	Remote Sensing	10.3390/rs11070785
Huret Nathalie, Segonne Charlotte, Payan Sébastien, Salerno Giuseppe, Catoire Valéry, Ferrec Yann, Roberts Tjarda, Pola Fossi Armande, Rodriguez Delphy, Croizé Laurence, Chevrier Stéphane, Langlois Stéphane, La Spina Alessandro, Caltabiano Tommaso	Infrared Hyperspectral and Ultraviolet Remote Measurements of Volcanic Gas Plume at MT Etna during IMAGEITNA Campaign	Remote Sensing	10.3390/rs11101175
Delle Donne Dario, Aiuppa Alessandro, Bitetto Marcello, D'Aleo Roberto, Coltelli Mauro, Coppola Diego, Pecora Emilio, Ripepe	Changes in SO2 Flux Regime at Mt. Etna Captured by Automatically Processed Ultraviolet Camera Data	Remote Sensing	10.3390/rs11101201

Maurizio, Tamburello Giancarlo			
Silvestri Malvina, Rabuffi Federico, Pisciotta Antonino, Musacchio Massimo, Diliberto Iole Serena, Spinetti Claudia, Lombardo Valerio, Colini Laura, Buongiorno Maria Fabrizia	Analysis of Thermal Anomalies in Volcanic Areas Using Multiscale and Multitemporal Monitoring: Vulcano Island Test Case	Remote Sensing	10.3390/rs11020134
Murgia Federica, Bignami Christian, Brunori Carlo Alberto, Tolomei Cristiano, Pizzimenti Luca	Ground Deformations Controlled by Hidden Faults: Multi-Frequency and Multitemporal InSAR Techniques for Urban Hazard Monitoring	Remote Sensing	10.3390/rs11192246
Corradino Claudia, Ganci Gaetana, Cappello Annalisa, Bilotta Giuseppe, Héralut Alexis, Del Negro Ciro	Mapping Recent Lava Flows at Mount Etna Using Multispectral Sentinel-2 Images and Machine Learning Techniques	Remote Sensing	10.3390/rs11161916
Rogic Nikola, Cappello Annalisa, Ferrucci Fabrizio	Role of Emissivity in Lava Flow 'Distance-to-Run' Estimates from Satellite-Based Volcano Monitoring	Remote Sensing	10.3390/rs11060662
Marotta Enrica, Peluso Rosario, Avino Rosario, Belviso Pasquale, Caliro Stefano, Carandente Antonio, Chiodini Giovanni, Macedonio Giovanni, Avvisati Gala, Marfè Barbara	Thermal Energy Release Measurement with Thermal Camera: The Case of La Solfatara Volcano (Italy)	Remote Sensing	10.3390/rs11020167
Palaseanu-Lovejoy Monica, Besson Marina, Spinetti Claudia, Buongiorno Maria Fabrizia, Alexandrov Oleg, Cecere Thomas	High-Resolution and Accurate Topography Reconstruction of Mount Etna from Pleiades Satellite Data	Remote Sensing	10.3390/rs11242983
Rogic Nikola, Cappello Annalisa, Ganci Gaetana, Maturilli Alessandro, Rymer Hazel, Blake Stephen, Ferrucci Fabrizio	Spaceborne EO and a Combination of Inverse and Forward Modelling for Monitoring Lava Flow Advance	Remote Sensing	10.3390/rs11243032
Cheloni Daniele, D'Agostino Nicola, Scognamiglio Laura, Tinti Elisa, Bignami Christian, Avallone Antonio, Giuliani Roberta, Calcaterra Stefano, Gambino Piera, Mattone Maurizio	Heterogeneous Behavior of the Campotosto Normal Fault (Central Italy) Imaged by InSAR GPS and Strong-Motion Data: Insights from the 18 January 2017 Events	Remote Sensing	10.3390/rs11121482
Papageorgiou Elena, Fomelis Michael, Trasatti Elisa, Ventura Guido, Raoucoules Daniel, Mouratidis Antonios	Multi-Sensor SAR Geodetic Imaging and Modelling of Santorini Volcano Post-Unrest Response	Remote Sensing	10.3390/rs11030259
Giudicepietro Flora, Calvari Sonia, Alparone Salvatore, Bianco Francesca, Bonaccorso Alessandro, Bruno Valentina, Caputo Teresa, Cristaldi Antonio, D'Auria Luca, De Cesare Walter, Di Lieto Bellina, Esposito Antonietta M., Gambino Salvatore, Inguaggiato Salvatore, Macedonio Giovanni, Martini Marcello, Mattia Mario, Orazi Massimo, Paonita Antonio, Peluso Rosario	Integration of Ground-Based Remote-Sensing and In Situ Multidisciplinary Monitoring Data to Analyze the Eruptive Activity of Stromboli Volcano in 2017–2018	Remote Sensing	10.3390/rs11151813
Lombardo Valerio, Corradini Stefano, Musacchio Massimo, Silvestri Malvina, Taddeucci Jacopo	Eruptive Styles Recognition Using High Temporal Resolution Geostationary Infrared Satellite Data	Remote Sensing	10.3390/rs11060669
Scollo Simona, Prestifilippo Michele, Bonadonna Costanza, Cioni Raffaello, Corradini Stefano, Degruyter Wim, Rossi Eduardo, Silvestri Malvina, Biale Emilio, Carparelli Giuseppe Cassisi, Carmelo, Merucci Luca, Musacchio Massimo, Pecora Emilio	Near-Real-Time Tephra Fallout Assessment at Mt. Etna, Italy	Remote Sensing	10.3390/rs11242987
Sansivero Fabio, Vilaro, Giuseppe	Processing Thermal Infrared Imagery Time-Series from Volcano Permanent Ground-Based Monitoring Network. Latest Methodological Improvements to Characterize Surface Temperatures Behavior of Thermal Anomaly Areas	Remote Sensing	10.3390/rs11050553
Luppichini Marco, Favalli Massimiliano, Isola Ilaria, Nannipieri Luca, Giannecchini Roberto, Bini Monica	Influence of Topographic Resolution and Accuracy on Hydraulic Channel Flow Simulations: Case Study of the Versilia River (Italy)	Remote Sensing	10.3390/rs11131630
Nof Ran, Abelson Meir, Raz Eli, Magen Yohai, Atzori Simone, Salvi Stefano, Baer Gidon	SAR Interferometry for Sinkhole Early Warning and Susceptibility Assessment along the Dead Sea, Israel	Remote Sensing	10.3390/rs11010089
Sviggas Nikos, Atzori Simone, Kiratzi Anastasia, Tolomei Cristiano, Antonoli Andrea, Papoutsis Ioannis, Salvi Stefano, Kontoes Charalampos	On the Segmentation of the Cephalonia-Lefkada Transform Fault Zone (Greece) from an InSAR Multi-Mode Dataset of the Lefkada 2015 Sequence	Remote Sensing	10.3390/rs11161848
Urbini Stefano, Bianchi-Fasani Gianluca, Mazzanti Paolo, Rocca Alfredo, Vittuari Luca, Zanutta Antonio, Girelli Valentina Alena, Seratini Michelina, Zirizzotti Achille Emanuele, Frezzotti Massimo	Multi-Temporal Investigation of the Boulder Clay Glacier and Northern Foothills (Victoria Land, Antarctica) by Integrated Surveying Techniques	Remote Sensing	10.3390/rs11121501

Plank Simon, Marchese Francesco, Filizzola Carolina, Pergola Nicola, Neri Marco, Nolde Michael, Martinis Sandro	The July/August 2019 Lava Flows at the Sciara del Fuoco, Stromboli—Analysis from Multi-Sensor Infrared Satellite Imagery	Remote Sensing	10.3390/rs11232879
Francioni Mirko, Calamita Fernando, Coggan John, De Nardis Andrea, Eyre Matthew, Miccadei Enrico, Piacentini Tommaso, Stead Doug, Sciarra, Nicola	A Multi-Disciplinary Approach to the Study of Large Rock Avalanches Combining Remote Sensing, GIS and Field Surveys: The Case of the Scanno Landslide, Italy	Remote Sensing	10.3390/rs11131570
Marchese Francesco, Genzano Nicola, Neri Marco, Falconieri Alfredo, Mazzeo Giuseppe, Pergola Nicola	A Multi-Channel Algorithm for Mapping Volcanic Thermal Anomalies by Means of Sentinel-2 MSI and Landsat-8 OLI Data	Remote Sensing	10.3390/rs11232876
De Angelis Silvio, Diaz-Moreno Alejandro, Zuccarello Luciano	Recent Developments and Applications of Acoustic Infrasond to Monitor Volcanic Emissions	Remote Sensing	10.3390/rs1111302
Mujal Eudald, Fortuny Josep, Pérez-Cano Jordi, Dinarés Turell Jaume, Ibáñez-Insa Jordi, Oms Oriol, Vila Isabel, Bolet Arnaud, Anadón Pere	Reply to the comment on "Integrated multi-stratigraphic study of the Coll de Terrers late Permian–Early Triassic continental succession from the Catalan Pyrenees (NE Iberian Peninsula): A geologic reference record for equatorial Pangaea" by Eudald Mujal, Josep Fortuny, Jordi Pérez-Cano, Jaume Dinarés-Turell, Challenges in relative sea-level change assessment highlighted through a case study. The central coast of Atlantic Patagonia	Global and Planetary Change	10.1016/j.gloplacha.2018.12.005
Pappalardo Marta, Baroni Carlo, Bini Monica, Isola Ilaria, Ribolini Adriano, Salvatore Maria Cristina, Zanchetta Giovanni	The added value of the multi-system spread information for ocean heat content and steric sea level investigations in the CMEMS GREP ensemble reanalysis product	Global and Planetary Change	10.1016/j.gloplacha.2019.103008
Storto Andrea, Masina Simona, Simoncelli Simona, Iovino Doroateacio, Cipollone Andrea, Dreviron Marie, Drillet Yann, von Schuckmann Karina, Parent Laurent, Garric Gilles, Greiner Eric, Desportes Charles, Zuo Hao, Alonso Balmaseda Magdalena, Peterson Andrew K.	Quantifying the effects of observational constraints and uncertainty in atmospheric forcing on historical ocean reanalyses	Climate Dynamics	10.1007/s00382-018-4585-5
Yang Chunxue, Storto Andrea, Masina Simona	Application of stress test concepts for port infrastructures against natural hazards. The case of Thessaloniki port in Greece	Climate Dynamics	10.1007/s00382-018-4331-z
Pitliakis Kyriazis, Argyroudis Sotiris, Fotopoulou Stavroula, Karafagka Stella, Kakderi Kalliopi, Selva Jacopo	Holocene Critical Zone dynamics in an Alpine catchment inferred from a speleothem multiproxy record: disentangling climate and human influences	Reliability Engineering & System Safety	10.1016/j.ress.2018.07.005
Regattieri Eleonora, Zanchetta Giovanni, Isola Ilaria, Zanella Elena, Drysdale Russell N., Hellstrom John C., Zerboni Andrea, Dallai Luigi, Tema Evdokia, Lanci Luca, Costa Emanuele, Magri Federico	Clock advance and magnitude limitation through fault interaction: the case of the 2016 central Italy earthquake sequence	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-53583-7
Pino Nicola Alessandro, Convertito Vincenzo, Madariaga Raul	Terrain uplift due to natural hydrologic overpressure in karstic conduits	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-41453-1
Braitenberg Carla, Pivetta Tommaso, Barbolla Dora Francesca, Gabrovsek Franci, Devoti Roberto, Nagy Ildiko	Unravelling the contribution of early postseismic deformation using sub-daily GNSS positioning	Nature Scientific Reports	10.1038/s41598-019-38814-1
Twardzik Cedric, Vergnolle Mathilde, Sladen Anthony, Avallone Antonio	The ionospheric irregularities climatology over Svalbard from solar cycle 23	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-39038-z
De Franceschi Giorgiana, Spoggi Luca, Alfonsi Lucilla, Romano Vincenzo, Cesaroni Claudio, Hunstad Ingrid	The emissions of CO2 and other volatiles from the world's subaerial volcanoes	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-44829-5
Fischer Tobias P., Arellano Santiago, Carn Simon, Aiuppa Alessandro, Galle Bo, Allard Patrick, Lopez Taryn, Shinohara Hiroshi, Kelly Peter, Werner Cynthia, Cardellini Carlo, Chioldini Giovanni	Volume unbalance on the 2016 Amatrice - Norcia (Central Italy) seismic sequence and insights on normal fault earthquake mechanism	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-54682-1
Bignami Christian, Valerio Emanuela, Carminati Eugenio, Doglioni Carlo, Tizzani Pietro, Lanari Riccardo	Low efficiency of large volcanic eruptions in transporting very fine ash into the atmosphere	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-40958-z
Gouhier Mathieu, Eychenne Julia, Azzaoui Nourddine, Guillin Arnaud, Deslandes Mathieu, Poret Mathieu, Costa Antonio, Husson, Philippe	TROPOMI enables high resolution SO2 flux observations from Mt. Etna, Italy, and beyond	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-38595-7
Queißer Manuel, Burton Mike, Theys Nicolas, Pardini Federica, Salerno Giuseppe, Cattabiano Tommaso, Varnam Matthew, Esse Benjamin, Kazahaya Ryunosuke		Scientific Reports	10.1038/s41598-018-37807-w

Rosi Mauro, Levi S.T., Pistolesi Marco, Bertagnini Antonella, Brunelli Daniele, Cannavò V., Di Renzoni Andrea, Ferranti F., Renzulli A., Yoon D.	Geoarchaeological Evidence of Middle-Age Tsunamis at Stromboli and Consequences for the Tsunami Hazard in the Southern Tyrrhenian Sea	Scientific Reports	10.1038/s41598-018-37050-3
Di Roberto Alessio, Colizza Ester, Del Carlo Paola, Petrelli Maurizio, Finocchio Furio, Kuhn Gerhard	First marine cryptotephra in Antarctica found in sediments of the western Ross Sea correlates with englacial tephra and climate records	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-47188-3
Sciotto Mariangela, Cannata Andrea, Prestifilippo Michele, Scollo Simona, Fee David, Privitera Eugenio	Unravelling the links between seismo-acoustic signals and eruptive parameters: Etna lava fountain case study	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-52576-w
Currenti Gilda, Bonaccorso Alessandro	Cyclic magma recharge pulses detected by high-precision strainmeter data: the case of 2017 inter-eruptive activity at Etna volcano	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-44066-w
Firetto Carlino Marco, Cavallaro Danilo, Coltelli Mauro, Cocchi Luca, Zgur Fabrizio, Patané Domenico	Time and space scattered volcanism of Mt. Etna driven by strike-slip tectonics	Nature Scientific Reports	10.1038/s41598-019-48550-1
Scudero Salvatore, De Guidi Giorgio, Gudmundsson Agust	Size distributions of fractures, dykes, and eruptions on Etna, Italy: Implications for magma-chamber volume and eruption potential	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-40563-0
Improta Luigi, Latorre Diana, Margheriti Lucia, Nardi Anna, Marchetti Alessandro, Lombardi Anna Maria, Castello Barbara, Villani Fabio, Ciaccio Maria Grazia, Mele Francesco Mariano, Moretti Milena, Bollettino sismico Italiano Working Group	Multi-segment rupture of the 2016 Amatrice-Visso-Norcia seismic sequence (central Italy) constrained by the first high-quality catalog of Early Aftershocks	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-43393-2
Di Bella Marcella, Sabatino Giuseppe, Quartieri Simona, Ferretti Annalisa, Cavalazzi Barbara, Barbieri Roberto, Foucher Frédéric, Messori Fabio, Italiano Francesco	Modern Iron Ooids of Hydrothermal Origin as a Proxy for Ancient Deposits	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-43181-y
Tioukov Valeri, Alexandrov Andrey, Bozza Cristiano, Consiglio Lucia, D'Ambrosio Nicola, De Lellis Giovanni, De Sio Chiara, Giudicepietro Flora, Macedonio Giovanni, Miyamoto Seigo, Nishiyama Ryuichi, Orazi Massimo, Peluso Rosario, Sheshukov Andrey, Sirignano Chiara, Stellacci Simona Maria, Strolin Paolo, Tanak, Hiroyuki K.M.	First muography of Stromboli volcano	Nature Scientific Reports	10.1038/s41598-019-43131-8
Sbarra Paola, Burrato Pierfrancesco, Tosi Patrizia, Vannoli Paola, De Rubeis Valerio, Valensise Gianluca	Inferring the depth of pre-instrumental earthquakes from macroseismic intensity data: a case-history from Northern Italy	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-51966-4
Spampinato Salvatore, Langer Horst, Messina Alfio, Falsaperla Susanna	Short-term detection of volcanic unrest at Mt. Etna by means of a multi-station warning system	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-42930-3
De Santis Angelo, Marchetti Dedalo, Pavón-Carrasco Francisco Javier, Gianchini Gianfranco, Perrone Loredana, Abbattista Cristoforo, Alfonsi Lucilla, Amoroso Leonardo, Campuzano Saioa Arqueru, Carbone Marianna, Cesaroni Claudio, De Franceschi Giorgiana, De Santis Anna, Di Giovambattista Rita, Ippolito Alessandro, Piscini Alessandro, Sabbagh Dario, Soldani Maurizio, Santoro Francesca, Spogli Luca	Precursory worldwide signatures of earthquake occurrences on Swarm satellite data	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-56599-1
Cannata Andrea, Cannavò Flavio, Moschella Salvatore, Gresta Stefano, Spina Laura	Exploring the link between microseism and sea ice in Antarctica by using machine learning	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-49586-z
Fazio Marco, Alparone Salvatore, Benson Philip M., Cannata Andrea, Vinciguerra Sergio	Genesis and mechanisms controlling tomillo seismo-volcanic events in volcanic areas	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-43842-y
Mikhailov Andrey, Perrone Loredana	Longitudinal variations in thermospheric parameters under summer noontime conditions inferred from ionospheric observations: A comparison with empirical models	Nature Scientific Reports	10.1038/s41598-019-49255-1
De Toffoli Barbara, Pozzobon Riccardo, Massironi Matteo, Mazarini Francesco, Conway Susan, Cremonese Gabriele	Surface Expressions of Subsurface Sediment Mobilization Rooted into a Gas Hydrate-Rich Cryosphere on Mars	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-45057-7
Siino Marianna, Scudero Salvatore, Cannelli Valentina, Piersanti Antonio, D'Alessandro Antonino	Multiple seasonality in soil radon time series	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-44875-z

Pezzopane Michael, Pignalberi Alessio	The ESA Swarm mission to help ionospheric modeling: a new NeQuick topside formulation for mid-latitude regions	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-48440-6
Marra Fabrizio, Florindo Fabio, Jicha B.R., Nomade Sebastien, Palladino Danilo Mauro, Pereira José, Sottili Gianluca, Tolomei Cristiano	Volcano-tectonic deformation in the Monti Sabatini Volcanic District at the gates of Rome (central Italy): evidence from new geochronologic constraints on the Tiber River MIS 5 terraces	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-47585-8
Loreto Maria Filomena, Düşünür-Doğan Doğa, Üner Serkan, İşcan-Alp Yeliz, Ocakoğlu Neslihan, Cocchi Luca, Muccini Filippo, Giordano Patrizia, Ligi Marco	Fault-controlled deep hydrothermal flow in a back-arc tectonic setting, SE Tyrrhenian Sea	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-53696-z
Viccaro Marco, Giuffrida Marisa, Zuccarello Francesco, Scandura Mariabenedetta, Palano Mimmo, Gresta Stefano	Violent paroxysmal activity drives self-feeding magma replenishment at Mt. Etna	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-43211-9
Troiano Antonio, Isaia Roberto, Di Giuseppe Maria Giulia, Tramparulo Francesco D'Assisi, Vitale S.	Deep Electrical Resistivity Tomography for a 3D picture of the most active sector of Campi Flegrei caldera	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-51568-0
Garg Deepak, Papale Paolo, Colucci Simone, Longo Antonella	Long-lived compositional heterogeneities in magma chambers, and implications for volcanic hazard	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-40160-1
Fornaciai Alessandro, Favalli Massimiliano, Nanni Pieri Luca	Numerical simulation of the tsunamis generated by the Sciara del Fuoco landslides (Stromboli Island, Italy)	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-54949-7
Pisello Alessandro, Vetere Francesco, Bisolfati Matteo, Maturilli Alessandro, Morgavi Daniele, Pauselli Cristina, Iezzi Gianluca, Lustrino Michele, Perugini Diego	Retrieving magma composition from TIR spectra: implications for terrestrial planets investigations	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-51543-9
Pavón-Carrasco Francisco Javier, Gómez-Paccard M., Campuzano Salca Arquero, González-Rouco Jesús Fidel, Osete M. L., Bonomo Sergio, Ferrante Giuliana, Palazzi Elisa, Pelosi Nicola, Lirer Fabrizio, Vlegi Giovanni, La Grutta Stefania	Author Correction: Multi-centennial fluctuations of radionuclide production rates are modulated by the Earth's magnetic field	Scientific Reports	10.1038/s41598-018-36666-9
De Ritis Riccardo, Pepe Fabrizio, Orecchio Barbara, Casalbone Daniele, Bosman A., Chiappini Massimo, Chiocci Francesco, Corradino Marta, Nicolich R., Martorelli Eleonora, Monaco Carmelo, Presti Debora, Totaro Cristina	Evidence for a link between the Atlantic Multidecadal Oscillation and annual asthma mortality rates in the US	Scientific Reports	10.1038/s41598-019-48178-1
Bonini Lorenzo, Basili Roberto, Buirato Pierfrancesco, Cannelli Valentina, Fracassi Umberto, Maesano Francesco Emanuele, Melini Daniele, Tarabusi Gabriele, Tiberti Mara Monica, Vannoli Paola, Valensise Gianluca	Magmatism Along Lateral Slab Edges: Insights From the Diamante-Enotrio-Ovidio Volcanic-Intrusive Complex (Southern Tyrrhenian Sea)	Tectonics	10.1029/2019TC005533
Vitale Stefano, Isaia Roberto, Ciarcia Sabatino, Di Giuseppe Maria Giulia, Iannuzzi Enrico, Prinzi Ernesto Paolo, Tramparulo Francesco D'Assisi, Troiano Antonio	Testing different tectonic models for the source of the Mw 6.5, 30 October 2016, Norcia earthquake (central Italy): A youthful normal fault, or negative inversion of an old thrust?	Tectonics	10.1029/2018TC005185
Petricca Patrizio, Carminati Eugenio, Doglioni Carlo	Seismically Induced Soft-Sediment Deformation Phenomena During the Volcano-Tectonic Activity of Campi Flegrei Caldera (Southern Italy) in the Last 15 kyr	Tectonics	10.1029/2018TC005267
Pastori Marina, Baccheschi Paola, Margheriti Lucia	The Decollement Depth of Active Thrust Faults in Italy: Implications on Potential Earthquake Magnitude	Tectonics	10.1029/2019TC005641
Villani Fabio, Sapia Vincenzo, Baccheschi Paola, Civico Riccardo, Di Giulio Giuseppe, Vassallo Maurizio, Marchetti Marco, Pantosti Daniela	Shear Wave Splitting Evidence and Relations With Stress Field and Major Faults From the "Amatrice-Visso-Norcia Seismic Sequence"	Tectonics	10.1029/2018TC005478
Lucca Alessio, Storti Fabrizio, Balsamo Fabrizio, Clemenzi Luca, Fondriest Michele, Burgess Ray, Di Toro Giulio	Geometry and Structure of a Fault-Bounded Extensional Basin by Integrating Geophysical Surveys and Seismic Anisotropy Across the 30 October 2016 Mw 6.5 Earthquake Fault (Central Italy): The Plan Grande di Castelluccio Basin	Tectonics	10.1029/2018TC005205
Valentini Alessandro, Pace Bruno, Boncio Paolo, Visini Francesco, Pergalani Flotiana	From Submarine to Subaerial Out-of-Sequence Thrusting and Gravity-Driven Extensional Faulting: Gran Sasso Massif, Central Apennines, Italy	Tectonics	10.1029/2019TC005783
Tarchini Luca, Carapezza Maria Luisa, Ranaldi Massimo, Sortino Francesco, Gattuso Alessandro, Accocella Valerio	Definition of Seismic Input from Fault-Based PSHA: Remarks After the 2016 Central Italy Earthquake Sequence	Tectonics	10.1029/2018TC005086
	Fluid Geochemistry Contribution to the Interpretation of the 2011–2012 Unrest of Santorini, Greece, in the Frame of the	Tectonics	10.1029/2018TC005377

	Dynamics of the Aegean Volcanic Arc			
Carapezza Maria Luisa, Barberi Franco, Ranaldi Massimo, Tarchini Luca, Pagliuca Nicola Mauro	Faulting and Gas Discharge in the Rome Area (Central Italy) and Associated Hazards	Tectonics	10.1029/2018TC005247	
Del Negro Ciro, Cappello Annalisa, Bilotta Giuseppe, Ganci Gaetana, Hérault Alexis, Zago Vito	Living at the edge of an active volcano: Risk from lava flows on Mt. Etna	GSA Bulletin	10.1130/B35290.1	
Landi Patrizia, La Felice Sonia, Petrelli Maurizio, Vezzoli Luigina, Principe Claudia	Deciphering textural and chemical zoning of K-feldspar megacrysts from Mt. Amiata Volcano (Southern Tuscany, Italy): Insights into the petrogenesis and abnormal crystal growth	Lithos	10.1016/j.lithos.2018.11.032	
Liedl Andrea, Buono Gianmarco, Lanzafame G., Dabagov S.B., Della Ventura Giancarlo, Hampai Dariush, Mancini L., Marcelli A., Pappalardo Lucia	A 3D imaging textural characterization of pyroclastic products from the 1538 AD Monte Nuovo eruption (Campi Flegrei, Italy)	Lithos	10.1016/j.lithos.2019.05.010	
Di Stefano Flavio, Mollo Silvio, Blundy Jonathan, Scarlato Piergiorgio, Nazzari Manuela, Bachmann Olivier	The effect of CaO on the partitioning behavior of REE, Y and Sc between olivine and melt: Implications for basalt-carbonate interaction processes	Lithos	10.1016/j.lithos.2018.12.019	
Gennaro Emanuela, Iacono-Marziano Giada, Paonita Antonio, Rotolo Silvio Giuseppe, Martel Caroline, Rizzo Andrea Luca, Pichavant Michel, Liotta Marcello	Melt inclusions track melt evolution and degassing of Etnean magmas in the last 15 ka	Lithos	10.1016/j.lithos.2018.11.023	
De Natale Giuseppe, Petrazzuoli Stefano, Romanelli Fabio, Troise Claudia, Vaccari Franco, Somm, Renato, Peresan Antonella, Panza Giuliano F.	Seismic risk mitigation at Ischia island (Naples, Southern Italy): An innovative approach to mitigate catastrophic scenarios	Engineering Geology	10.1016/j.enggeo.2019.105285	
Albini Paola, Antonucci Andrea, Locati Mario, Rovida Andrea	Should Users Trust or Not Trust Sieberg's Erdbebengeographie (1932)?	Seismological Research Letters	10.1785/0220180187	
Scafidi Davide, Spallarossa Daniele, Ferretti Gabriele, Barani Simone, Castello Barbara, Margheriti Lucia	A Complete Automatic Procedure to Compile Reliable Seismic Catalogs and Travel-Time and Strong-Motion Parameters Datasets	Seismological Research Letters	10.1785/0220180257	
Brax Marleine, Albini Paola, Beauval Céline, Jomaa Rachid, Surosock Alexandre	An Earthquake Catalog for the Lebanese Region	Seismological Research Letters	10.1785/0220180292	
Caciagli Marco, Pucci Stefano, Batlló Josep, Cesca Simone, Braun Thomas	Did the Deadly 1917 Monterchi Earthquake Occur on the Low-Angle Alto Tiberina (Central Italy) Normal Fault?	Seismological Research Letters	10.1785/0220180155	
D'Amico Maria, Felicetta Chiara, Schiappapietra Erika, Pacor Francesca, Gallovič František, Paolucci Roberto, Puglia Rodolfo, Lanzano Giovanni, Sgobba Sara, Luzi Lucia	Fling Effects from Near-Source Strong-Motion Records: Insights from the 2016 Mw 6.5 Norcia, Central Italy, Earthquake	Seismological Research Letters	10.1785/0220180169	
De Novellis Vincenzo, Carlino Stefano, Castaldo Raffaele, Tramelli Anna, De Luca C., Pino Nicola Alessandro, Pepe Susi, Converitto Vincenzo, Zinno I., De Martino Prospero, Bonano N., Giudicepietro Flora, Casu F., Macedonio Giovanni, Manuta M., Manzo M., Solaro Giuseppe, Tizzani Pietro, Zeni G., Lanar, Riccardo	Comment on "The 21 August 2017 Mw 4.0 Casamicciola Earthquake: First Evidence of Coseismic Normal Surface Faulting at the Ischia Volcanic Island" by	Seismological Research Letters	10.1785/0220180231	
Nappi Rosa, Alessio Giuliana, Gaudiosi Germana, Nave Rosella, Marotta Enrica, Siniscalchi Valeria, Civico Riccardo, Pizzimenti Luca, Peluso Rosario, Belviso Pasquale, Porfido S.	Reply to "Comment on 'The 21 August 2017 Mw 4.0 Casamicciola Earthquake: First Evidence of Coseismic Normal Surface Faulting at the Ischia Volcanic Island' by Nappi et al. (2018)" by V. De Novellis, S. Carlino, R. Castaldo, A. Tramelli, C. De Luca, N. A. Pino, S. Pepe, V. Converitto, I. Zinno, P. De Martino.	Seismological Research Letters	10.1785/0220180339	
Locritani Marina, Merlino S., Abbate M.	Assessing the citizen science approach as tool to increase awareness on the marine litter problem	Marine pollution bulletin	10.1016/j.marpolbul.2019.01.023	
Pignatelli Alessio, Habarulema John Bosco, Pezzopane Michael, Rizzi, R.	On the Development of a Method for Updating an Empirical Climatological Ionospheric Model by Means of Assimilated VTEC Measurements From a GNSS Receiver Network	Space Weather	10.1029/2019SW002185	
Tozzi Roberta, De Michelis Paola, Coco Igino, Giannattasio Fabio	A Preliminary Risk Assessment of Geomagnetically Induced Currents over the Italian Territory	Space Weather	10.1029/2018SW002065	



Miccadeli Enrico, Mascioli F, Ricci F, Piacentini Tommaso	Geomorphology of soft clastic rock coasts in the mid-western Adriatic Sea (Abruzzo, Italy)	Geomorphology	10.1016/j.geomorph.2018.09.023
Pianezze Joris, Tulet Pierre, Foucart Brice, Leriche Maud, Liuzzo Marco, Salerno Giuseppe, Colomb Aurélie, Freney Evelyn, Sellegri Karine	Volcanic Plume Aging During Passive Degassing and Low Eruptive Events of Etna and Stromboli Volcanoes	Journal of Geophysical Research: Atmospheres	10.1029/2019JD031122
Peano Daniele, Matera Stefano, Collalti Alessio, Alessandr, A., Anav Alessandro, Bombelli Antonio, Gualdi Silvio	Global Variability of Simulated and Observed Vegetation Growing Season	Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	10.1029/2018JG004881
Oliveri Ygor, Cangemi Marianna, Capasso Giorgio, Saiano Filippo	Pathways and fate of REE in the shallow hydrothermal aquifer of Vulcano island (Italy)	Chemical Geology	10.1016/j.chemgeo.2019.02.037
Correale Alessandra, Pelorosso Beatrice, Rizzo Andrea Luca, Colforti Massimo, Italiano Francesco, Bonadiman Costanza, Giacomoni Pier Paolo	The nature of the West-Antarctic Rift System as revealed by noble gases in mantle minerals	Chemical geology	10.1016/j.chemgeo.2019.06.020
Pontesilli Alessio, Masotta Matteo, Nazzari Manuela, Mollo Silvio, Armienti Pietro, Scariato Piergiorgio, Brenna Marco	Crystallization kinetics of clinopyroxene and titanomagnetite growing from a trachybasaltic melt: New insights from isothermal time-series experiments	Chemical Geology	10.1016/j.chemgeo.2019.02.015
Moretti Roberto, Arienzo Ilenia, Di Renzo Valeria, Orsi Giovanni, Arzilli Fabio, Brun Francesco, D'Antonio Massimo, Mancini Lucia, Deloule Etienne	Volatile segregation and generation of highly vesiculated explosive magmas by volatile-melt fining processes: The case of the Campanian Ignimbrite eruption	Chemical Geology	10.1016/j.chemgeo.2018.10.001
Spinetti Claudia, Bisson Marina, Tolomei Cristiano, Colini Laura, Galvani Alessandro, Moro Marco, Saroli Michele, Sepe Vincenzo	Landslide susceptibility mapping by remote sensing and geomorphological data: case studies on the Sorrentina Peninsula (Southern Italy)	GIScience & Remote Sensing	10.1080/15481603.2019.1587891
Siniscalchi Agata, Tripaldi Simona, Romano Gerardo, Chiodini Giovanni, Improta Luigi, Petrillo Zaccaria, D'Auria Luca, Caliro Stefano, Avino Rosario	Reservoir Structure and Hydraulic Properties of the Campi Flegrei Geothermal System Inferred by Audiomagnetotelluric, Geochemical, and Seismicity Study	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB016514
Zaputyaeva Alexandra, Mazzini Adriano, Caracausi Antonio, Sciarra Alessandra	Mantle-Derived Fluids in the East Java Sedimentary Basin, Indonesia	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB017274
Just Janna, Sagnotti Leonardo, Nowaczyk Norbert R., Francke Alexander, Wagner Bernd	Recordings of Fast Paleomagnetic Reversals in a 1.2 Ma Greigite-Rich Sediment Archive From Lake Ohrid, Balkans	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB018297
Scala Antonio, Festa G., Vilotte J.-P., Lorito Stefano, Romano Fabrizio	Wave Interaction of Reverse-Fault Rupture with Free Surface: Numerical Analysis of the Dynamic Effects and Fault Opening Induced by Symmetry Breaking	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB016512
Jovane Luigi, Florindo Fabio, Acton Gary, Ohreiser Christian, Sagnotti Leonardo, Strada Eleonora, Verosub Kenneth L., Wilson Gary S., Iacoviello Francesco, Levy Richard H., Passchier Sandra	Miocene Glacial Dynamics Recorded by Variations in Magnetic Properties in the ANDRILL-2A Drill Core	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB016865
Malagnini Luca, Dregler Douglas Scott, Burgmann Roland, Munatò Irene, Sebastiani Giovanni	Modulation of Seismic Attenuation at Parkfield, Before and After the 2004 M6 Earthquake	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB017372
Cheloni Daniele, Falucci Emanuela, Gori Stefano	Half-graben rupture geometry of the 30 October 2016 Mw 6.6 Mt. Vettore-Mt. Bove earthquake, central Italy	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB015851
Calderoni Giovanna, Di Giovambattista Rita, Pezzo Giuseppe, Albano Matteo, Atzori Simone, Tolomei Cristiano, Ventura Guido	Seismic and Geodetic Evidences of a Hydrothermal Source in the Md 4.0, 2017, Ischia Earthquake (Italy)	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB016431
Hung Chien-Cheng, Kuo Li-Wei, Spagnuolo Elena, Wang Chun-Chien, Di Toro Giulio, Wu Wen-Jie, Dong Ja-Jyun, Lin Wayne, Sheu Hwo-Shuenn, Yeh En-Chao, Hsieh Pei-Shan	Grain Fragmentation and Frictional Melting During Initial Experimental Deformation and Implications for Seismic Slip at Shallow Depths	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB017905

Salvatore Valentino, Gigala Valeria, Taddeucci Jacopo, Arciniega Ceballos Alejandra, Peña Fernández Juan José, Alatorre-Ibargüengoitia Miguel Angel, Gaudin Damien, Palladino Danilo Mauro, Kueppers Ulrich, Scarlato Piergiorgio	The motion gas-pyroclast mixtures in volcanic conduits during Strombolian eruptions, in light of shock tube experiments	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB015677
Albano Matteo, Barba Salvatore, Saroli Michele, Polcari Marco, Bignami Christian, Moro Marco, Stramondo Salvatore, Di Buccì Daniela	Aftershock rate and pore fluid diffusion: Insights from the Amatrice-Visso-Norcia (Italy) 2016 seismic sequence	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB018023
Aravena Álvaro, Cioni Raffaello, de' Michieli Vitturi Mattia, Neri Augusto	The Lithic Component of Pyroclastic Deposits as a Proxy for the Reconstruction of the Syneruptive Evolution of Volcanic Conduits: The CE 79 Eruption of Vesuvius	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB017053
Ragon Théa, Sladen Anthony, Blettery Quentin, Vergnolle Mathilde, Cavallé Olivier, Avallone Antonio, Balestra Julien, Delouis Bertrand	Joint Inversion of Coseismic and Early Postseismic Slip to Optimize the Information Content in Geodetic Data: Application to the 2009 M w 6.3 L'Aquila Earthquake, Central Italy	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB018071
Demurtas Matteo, Smith Steven A.F., Prior David J., Brenker Frank E., Di Toro Giulio	Grain Size Sensitive Creep During Simulated Seismic Slip in Nanogranular Fault Gouges: Constraints from Transmission Kikuchi Diffraction (TKD)	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB018229
Aretusini Stefano, Spagnuolo Elena, Dalconi Maria Chiara, Di Toro Giulio, Rutter E.H.	Water Availability and Deformation Processes in Smectite-Rich Gouges During Seismic Slip	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB017364
Aretusini Stefano, Plümper Oliver, Spagnuolo Elena, Di Toro Giulio	Subseismic to Seismic Slip in Smectite Clay Nanofoliation	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB018340
Diaferia Giovanni, Cammarano Fabio, Piana Agostinetti Nicola, Gao Chao, Leki Vedran, Molinari Irene, Boschi Lapo	Inferring Crustal Temperatures Beneath Italy From Joint Inversion of Receiver Functions and Surface Waves	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB017757
Cinti Francesca Romana, De Martini Paolo Marco, Pantosti Daniela, Baize S., Smedile Alessandra, Villani Fabio, Civico Riccardo, Pucci Stefano, Lombardi Anna Maria, Sapia Vincenzo, Pizzimenti Luca, Caciagli Marco, Brunori Carlo Alberto	22-kyr-Long Record of Surface Faulting Along the Source of the 30 October 2016 Earthquake (Central Apennines, Italy). From Integrated Paleoseismic Data Sets	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB017144
Sebastiani Giovanni, Govoni Aladino, Pizzino Luca	Aftershock patterns in recent central Apennines sequences	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB017513
Calderoni Giovanna, Rovelli Antonio, Di Giovambattista Rita	Stress drop, apparent stress, and radiation efficiency of clustered earthquakes in the nucleation volume of the April 6, 2009, M w 6.1 L'Aquila earthquake	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB017352
Rutarindwa Regis, Spiller Elaine, Bevilacqua Andrea, Bursik Marcus, Patra Abani	Dynamic Probabilistic Hazard Mapping in the Long Valley Volcanic Region CA: Integrating Vent Opening Maps and Statistical Surrogates of Physical Models of Pyroclastic Density Currents	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2019JB018242
Xie Surui, Law Jason, Russell Randy, Dixon Timothy, Lembke Chad, Maiservis Rocco, Rodgers Mei, Iannaccone Giovanni, Guardato Sergio, Naar David, Calore Daniele, Fraticelli Nicola, Brizzolara Jennifer, Gra John W., Hommeyer Matt, Chen Jing	Seafloor Geodesy in Shallow Water With GPS on an Anchored Spar Buoy	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB017204
Carbone Daniele, Cannavò Flavio, Greco Filippo, Reineman Richard, Warburton Richard	The Benefits of Using a Network of Superconducting Gravimeters to Monitor and Study Active Volcanoes	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB017113
Cocchi Luca, De Ritis Riccardo, Casalbore Daniele, Romagnoli Claudia, Lucci Federico, Tranne Claudio Antonio, Ventura Guido	Seamount-Volcanic Island Transition and Evolution From Fissural to Central Activity Inferred by the Magnetic Modeling of Salina Island (Tyrrhenian Sea)	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	10.1029/2018JB016813
Giorgetti Carolina, Tessei Telemaco, Scuderi Marco Maria, Collettini Cristiano	Experimental Insights Into Fault Reactivation in Gouge-Filled Fault Zones	Journal of Geophysical Research: Solid Earth	

				Research: Solid Earth	
Dekkers Mark, Feinberg Joshua, Florindo Fabio	Introduction to the Special Collection: Magnetism in the Geosciences Advances and Perspectives		Journal of Geophysical Research: Solid Earth		10.1029/2019JB018375
Petrillo Zaccaria, D'Auria Luca, Mangiacapra Annarita, Chiodini Giovanni, Caliro Stefano, Scippacercola Sergio	A Perturbative Approach for Modeling Short-Term Fluid-Driven Ground Deformation Episodes on Volcanoes: A Case Study in the Campi Flegrei Caldera (Italy)		Journal of Geophysical Research: Solid Earth		10.1029/2018JB015844
Pozzobon Riccardo, Mazzarini Francesco, Massironi Matteo, Rossi Angelo Pio, Pondrelli Monica, Cremonese Gabriele, Marinangeli Lucia Amadori Chiara, Toscani Giovanni, Di Giulio Andrea, Maesano Francesco Emanuele, D'Ambrogio Chiara, Ghielmi Manlio, Fantoni Roberto	Fluids mobilization in Arabia Terra, Mars: depth of pressurized reservoir from mounds self-similar clustering From cylindrical to non-cylindrical foreland basin: Pliocene-Pleistocene evolution of the Po Plain–Northern Adriatic basin (Italy)		Icarus		10.1016/j.icarus.2018.12.023
Micallef Aaron, Spatola Daniele, Caracausi Antonio, Italiano Francesco, Barreca Giovanni, D'Amico Sebastiano, Petronio Lorenzo, Coren Franco, Facchin Lorenzo, Bianos Rita, Pavan Alessandro, Paganini Paolo, Taviani Marco	Active degassing across the Maltese Islands (Mediterranean Sea) and implications for its neotectonics		Basin Research		10.1111/bre.12369
Cannavò Flavio, Aranzulla Massimo, Scollo Simona, Puglisi Giuseppe	A New GNSS-Based Approach for Volcanic Crater Location During Lava Fountains		Marine and Petroleum Geology		10.1016/j.marpetgeo.2019.03.033
Garcia Luz, Alguacil Gerardo, Titos Manuel, Cocina Omella, De la Torre Angel, Benitez Carmen	Automatic S-Phase Picking for Volcano-Tectonic Earthquakes Using Spectral Dissimilarity Analysis		IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters		10.1109/LGRS.2018.2882418
Etiopo Giuseppe, Schwietzke Stefan	Global geological methane emissions: An update of top-down and bottom-up estimates		IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters		10.1109/LGRS.2019.2934220
Isola Iliaria, Zanchetta Giovanni, Drysdale Russell, Regattieri Eleonora, Bini Monica, Bajo Petra, Hellstrom John C., Baneschi Iliaria, Lionello Piero, Woodhead Jon, Greig Alan	The 4.2 ka event in the central Mediterranean: new data from a Corchia speleothem (Apuan Alps, central Italy)		ELEMENTA-SCIENCE OF THE ANTHROPOCENE		10.1525/elementa.383
Bini Monica, Zanchetta Giovanni, Pergoio Aureli, Cartier Rosine, Català Albert, Cacho Isabel, Dean Jonathan R., Di Rita Federico, Drysdale Russell N., Finnè Martin, Isola Iliaria, Jalali Bassem, Lirer Fabrizio, Magri Donatella, Masi Alessia, Marks Leszek, Mercuri Anna Maria, Peyron Odile, Sadori Laura, Sicre Marie-Alexandrine	The 4.2 ka BP Event in the Mediterranean region: an overview		Climate of the Past		10.5194/cp-15-135-2019
Stelitano Dario, Di Girolamo Paolo, Scoccione Andrea, Summa Donato, Cacciani Marco	Characterization of atmospheric aerosol optical properties based on the combined use of a ground-based Raman lidar and an airborne optical particle counter in the framework of the Hydrological Cycle in the Mediterranean Experiment - Special Observation Period 1		Climate of the Past		10.5194/cp-15-555-2019
Pinardi Nadia, Cessi Paola, Borile Federica, Wolfe Christopher L.P.	The Mediterranean Sea Overturning Circulation		Journal of Physical Oceanography		10.1175/JPO-D-18-0254.1
Boudoire Guillaume, Brugier Yann-Aurélien, Di Muro Andréa, Wörner Gerhard, Arienza Ilenia, Meirich Nicole, Zanon Vittorio, Braukmüller Ninja, Kronz Andreas, Le Moigne Y., Michon L.	Eruptive activity on the western flank of Piton de la Fournaise (La Réunion Island, Indian Ocean): insights on magma transfer, storage and evolution at an oceanic volcanic island		Journal of Petrology		10.1093/petrology/egz045
Siravo Gaia, Fellin Maria Giuditta, Faccenna Claudio, Maden Colin	Transpression and the build-up of the Cordillera: the example of the Bucaramanga fault (Eastern Cordillera, Colombia)		Journal of the Geological Society		10.1144/jgs2019-054
Fronzoni Francesco, Cardellini Carlo, Caliro Stefano, Beddini Giulio, Rosiello Angelo, Chiodini, Giovanni	Measuring and interpreting CO <sub>2</sub> fluxes at regional scale: the case of the Apennines, Italy		Journal of the Geological Society		10.1144/jgs2017-169
Smedile Alessandra, Molisso F., Chagué C., Iorio M., De Martini Paolo Marco, Pinzi Stefania, Collins P.E.F., Sagnotti Leonardo, Pantosti Daniela	New coring study in Augusta Bay expands understanding of offshore tsunami deposits (Eastern Sicily, Italy)		Sedimentology		10.1111/sed.12581

Careddu Nicola, Di Capua Giuseppe, Siotto Giampaolo	Dimension stone industry should meet the fundamental values of geothetics	Resources Policy	10.1016/j.resourpol.2019.101468
Demurtas Matteo, Smith Steven, Prior David J., Spagnuolo Elena, Di Toro Giulio	Development of crystallographic preferred orientation during cataclasis in low-temperature carbonate fault gouge	Journal of Structural Geology	10.1016/j.jsg.2019.04.015
Masoch Simone, Fondriest Michele, Preto Nereo, Secco Michele, Di Toro Giulio	Seismic cycle recorded in cockade-bearing faults (Col de Teghime, Alpine Corsica)	Journal of Structural Geology	10.1016/j.jsg.2019.103889
Mazzarini Francesco, Musumeci Giovanni, Viola Giulio, Garofalo Paolo Stefano, Mattila Jussi	Structural and lithological control on fluid circulation, dilation and ore mineralization (Rio Albano mine, Island of Elba, Italy)	Journal of Structural Geology	10.1016/j.jsg.2019.06.012
Zivieri Roberto, Garesci Francesca, Azzerboni Bruno, Chiappini Massimo, Finocchio G.	Nonlinear dispersion relation in anharmonic periodic mass-spring and mass-in-mass systems	Journal of Sound and Vibration	10.1016/j.jsv.2019.114929
D'Alessandro R., Ambrosino F., Baccani G., Bonechi L., Bongi M., Caputo Antonio, Ciaranfi R., Cimmino L., Ciulli V., D'Errico M., Giudicepiero Flora, Gonzi S., Macedonio Giovanni, Masone V., Melon B., Mori N., Noli P., Orazi Massimo, Passeggio P., Peluso Rosario	Volcanoes in Italy and the role of muon radiography	Philosophical transactions. Series A. Mathematical, physical, and engineering sciences	10.1098/rsta.2018.0050
Tintoré Joaquín, Pinardi Nadia, Alvarez-Fanjul Enrique, Aguiar Eva, Álvarez-Berastegui Diego, Bajo Marco, Balbin Rosa, Bozzano Roberto, Buongiorno Nardelli Bruno, Cardin Vanessa, Casas Benjamin, Charcos-Lorens Miguel, Chiggiato Jacopo, Clementi Emanuela, Coppini Giovanni, Coppola Laurent, Cossarini Gianpiero, Deidun Alan, Deudero Salud, Simoncelli Simona	Challenges for Sustained Observing and Forecasting Systems in the Mediterranean Sea	Frontiers in Marine Science	10.3389/fmars.2019.00568
Marín Miguez Belén, Novellino Antonio, Vinci Matteo, Clau, Simon, Calewaert Jan-Bart, Vallius Henry, Schmitt Thierry, Pizzato Alessandro, Giorgetti Alessandra, Askew Natalie, Iona Sissy, Schaap Dick, Pinardi Nadia, Harpham Quillon, Kater Belinda J., Populus Jacques, She Jun, Palazov Atanas, McMeel Onagh, Simoncelli Simona	The European Marine Observation and Data Network (EMODnet): Visions and Roles of the Gateway to Marine Data in Europe	Frontiers in Marine Science	10.3389/fmars.2019.00313
Fox-Kemper Baylor, Adcroft Alistair, Böning Claus W., Chassignet Eric, Curchitser Enrique, Danabasoglu Gokhan, Eden Carsten, England Matthew H., Gerdes Rüdiger, Greatbatch Richard J., Griffies Stephen, Hallberg Robert W., Hanert Emmanuel, Heimbach Patrick, Hewitt Helene, Hill Christopher N., Komuro Yoshiki, Legg Sonya, Le Sommer Julien, Masina Simona	Challenges and Prospects in Ocean Circulation Models	Frontiers in Marine Science	10.3389/fmars.2019.00065
Giudice Gaetano, Sciuto Antonella, Meli Alessandro, D'Arrigo Giuseppe, Longo D.	SO2 Monitoring With Solid State-Based UV Spectroscopy Compact Apparatus	IEEE Sensors Journal	10.1109/JSEN.2019.2913221
Sciuto Antonella, Meli Alessandro, Calcagno Lucia, Di Franco Salvatore, Mazzillo Massimo, Franzo Giorgia, Albergo Sebastiano, Tricomi Alessia, Longo D., Giudice Gaetano, D'Arrigo Giuseppe	Large area SiC-UV photodiode for spectroscopy portable system	IEEE Sensors Journal	10.1109/JSEN.2019.2891833
Polcari Marco, Tolomei Cristiano, Bignami Christian, Stramondo Salvatore	SAR and Optical Data Comparison for Detecting Co-Seismic Slip and Induced Phenomena during the 2018 Mw 7.5 Sulawesi Earthquake	Sensors	10.3390/s19183976
Somma Renato, Troise Claudia, Zeni Luigi, Minardo Aldo, Fedele Alessandro, Mirabile Maurizio, De Natale Giuseppe	Long-Term Monitoring with Fiber Optics Distributed Temperature Sensing at Campi Flegrei: The Campi Flegrei Deep Drilling Project	Sensors	10.3390/s19051009
D'Alessandro Antonino, Scudero Salvatore, Vitale Giovanni	A Review of the Capacitive MEMS for Seismology	Sensors	10.3390/s19143093
Ghobadi Hossein, Testa Paola, Spogli Luca, Cafaro Massimo, Alfonsi Lucilla, Romano Vincenzo, Bru Richard	User-Oriented ICT Cloud Architecture for High-Accuracy GNSS-Based Services	Sensors	10.3390/s19112635
Batista Cruz Ramón Yosvanis, Rizzo Andrea Luca, Grassa Fausto, Bernard-Romero Rubén, González Fernández Antonio, Gunter Kretzschmar Thomas, Gómez Arias Efraín	Mantle Degassing Through Continental Crust Triggered by Active Faults: The Case of the Baja California Peninsula, Mexico	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC007987

Kís Boglárka-Mercedesz Caracausi Antonio, Palcsu László, Baciú C., Ionescu A., Futó I., Sciarra Alessandra, Harangi Szabolcs	Noble Gas and Carbon Isotope Systematics at the Seemingly Inactive Ciomadul Volcano (Eastern-Central Europe, Romania): Evidence for Volcanic Degassing	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC008153
Giudicepietro Flora, Chiodini Giovanni, Caliro Stefano, De Cesare Walter, Esposito Antonietta M., Galluzzo Danilo, Lo Bascio Domenico, Macedonio Giovanni, Orazi Massimo, Ricciolino Patrizia, Vandemeulebroeck Jean	Insight into Campi Flegrei Caldera Unrest Through Seismic Tremor Measurements at Pisciarelli Fumarolic Field	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008610
Caricchi Chiara, Lucchi Renata Giulia, Sagnotti Leonardo, Macrì Patrizia, Di Roberto Alessio, Del Carlo Paola, Husum Katrine, Laberg Jan Sverre, Morigi Caterina	A High-Resolution Geomagnetic Relative Paleointensity Record From the Arctic Ocean Deep-Water Gateway Deposits During the Last 60 kyr	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC007955
Dellong David, Klingelhoefer Frauke, Dannowski Anke, Kopp Heidrun, Murphy Shane, Graindorge David, Margheriti Lucia, Moretti Milena, Barreca Giovanni, Scarfi Luciano, Polonia Alina, Gutscher Marc-Andre	Geometry of the deep Calabrian subduction (Central Mediterranean Sea) from wide-angle seismic data and 3-D gravity modeling	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008586
Rizzo Andrea Luca, Tonguç Uysal I., Mutlu Halim, Ünal-İmer Ezgi, Dirik Kadir, Yuce Galip, Caracausi Antonio, Italiano Francesco, Misseri Mariagrazia, Temel Abidin, Bayarî Serdar, Özyurt Nur, Zhao Jian-xin, Deniz Kıymet	Geochemistry of fluid inclusions in travertines from Western and Northern Turkey: inferences on the role of active faults in fluids circulation	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008453
Maccaferri Francesco, Smittarello Delphine, Pinel Virginie, Cayol Valerie	On the Propagation Path of Magma-Filled Dikes and Hydrofractures: The Competition Between External Stress, Internal Pressure, and Crack Length	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC007915
Speranza Fabio, Pellegrino Alessandra Giovanna, Zhang Bo, Maniscalco Rosanna, Chen Siyu, Hernandez-Moreno Catalina	Paleomagnetic Evidence for 25–15 Ma Crust Fragmentation of North Indochina (23–26°N): Consequence of Collision With Greater India NE Corner?	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008308
Liu Emma, Wood Kieran, Mason Emily, Edmonds Marie, Aiuppa Alessandro, Giudice Gaetano, Bitetto Marcello, Francofonte Vincenzo, Burrow Steve, Richardson Thomas, Watson Matthew, Pering Tom, Wilkes Thomas C., McGonigle Andrew J.S., Velasquez Gabriela, Melgarejo Carlos, Bucarey Claudia	Dynamics of Outgassing and Plume Transport Revealed by Proximal Unmanned Aerial System (UAS) Measurements at Volcán Villarrica, Chile	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC007692
Mancinelli Paolo, Porreca Massimiliano, Pauselli C., Minelli G., Barchi M.R., Speranza Fabio	Gravity and Magnetic Modeling of Central Italy: Insights into the Depth Extent of the Seismogenic Layer	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC008002
Caracausi Antonio, Sulli Attilio	Outgassing of Mantle Volatiles in Compressional Tectonic Regime Away From Volcanism: The Role of Continental Delamination	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC008046
Nogueira Leges Joao Pedro, Chacón Z., Burbano V., Meza L., Arellano S., Liuzzo Marco, Giudice Gaetano, Aiuppa Alessandro, Bitetto Marcello, López C.	Volcanic Gas Emissions Along the Colombian Arc Segment of the Northern Volcanic Zone (CAS-NVZ): Implications for volcano monitoring and volatile budget of the Andean Volcanic Belt	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008573
Monna Stephen, Montuori Caterina, Piromallo Claudia, Vinnik Lev	Mantle Structure in the Central Mediterranean Region From P and S Receiver Functions	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008496
Lurcock Pontus Conrad, Florindo Fabio	New Developments in the PuffinPlot Paleomagnetic Data Analysis Program	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008537
Papeschi Samuele, Musumeci Giovanni	Fluid-Assisted Strain Localization in Quartz at the Brittle/Ductile Transition	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2019GC008270
Salem Lois Claire, Edmonds M., Corsaro Rosa Anna, MacLennan John	Carbon Dioxide in Geochemically Heterogeneous Melt Inclusions From Mount Etna, Italy	Geochemistry, Geophysics, Geosystems	10.1029/2018GC008027

Daskalopoulou Kyriaki, Calabrese Sergio, Gagliano Antonina Lisa, D'Alessandro Walter	Estimation of the geogenic carbon degassing of Greece	Applied Geochemistry	10.1016/j.apgeochem.2019.04.018
Venturi S., Tassi F., Cabassi J., Vaselli O., Minardi I., Neri S., Caponi C., Capasso Giorgio, Di Martino Roberto M.R., Ricci A., Capecciacci F., Lelli M., Sciarra Alessandra, Cinti Daniele, Virgili G.	A multi-instrumental geochemical approach to assess the environmental impact of CO <sub>2</sub> -rich gas emissions in a densely populated area: the case of Cava dei Selci (Latium, Italy)	Applied Geochemistry	10.1016/j.apgeochem.2019.01.003
Batista Cruz Ramón Yosvanis, Peiffer Loic, Weber Bodo, Herguera Juan Carlos, Liotta Marcello, González Fernández Antonio, Barragán Rosa María, Gunter Kretzschmar Thomas	Geochemical characteristics of pore waters from sediment cores of the Wagner Basin, Gulf of California	Applied Geochemistry	10.1016/j.apgeochem.2019.104467
Sciarra Alessandra, Cantucci Barbara, Ricci Tullio, Tomonaga Yama, Mazzini Adriano	Geochemical characterization of the Nirano mud volcano, Italy	Applied Geochemistry	10.1016/j.apgeochem.2019.01.006
Sciarra Alessandra, Saroni Anna, Eitope Giuseppe, Coltorti Massimo, Mazzarini Francesco, Lott Christian, Grassa Fausto, Italiano Francesco	Shallow submarine seep of abiogenic methane from serpentinized peridotite off the Island of Elba, Italy	Applied Geochemistry	10.1016/j.apgeochem.2018.10.025
Eitope Giuseppe, Whitticar M.J.	Abiogenic methane in continental ultramafic rock systems: Towards a genetic model	Applied Geochemistry	10.1016/j.apgeochem.2019.01.012
Rizzo Andrea Luca, Caracausi Antonio, Chavagnac Valérie, Nomikou Paraskevi, Polymenakou Paraskevi, Mandalakis Manolis, Kotoulas Georgios, Magoulas Antonios, Castillo Alain, Lampridou Danaï, Maruszczak Nicolas, Sonke Jeroen E.	Geochemistry of CO <sub>2</sub> -Rich Gases Venting From Submarine Volcanism: The Case of Kolumbo (Hellenic Volcanic Arc, Greece)	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00060
De Plaen Raphael S.M., Cannata Andrea, Cannavò Flavio, Caudron Corentin, Lecocq Thomas, Francis Olivier	Temporal Changes of Seismic Velocity Caused by Volcanic Activity at Mt. Etna Revealed by the Autocorrelation of Ambient Seismic Noise	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2018.00251
Calvari Sonia, Bonaccorso Alessandro, Oppenheimer Clive, Spampinato Leizila	Editorial: Exploring Volcanic Paroxysmal Explosive Activity From Magma Source to Ground and Atmosphere	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00227
Cappello Annalisa, Ganci Gaetana, Bilotta Giuseppe, Corradino Claudia, Héralut Alexis, Del Negro Ciro	Changing Eruptive Styles at the South-East Crater of Mount Etna: Implications for Assessing Lava Flow Hazards	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00213
Cavallaro Danilo, Coltelli, Mauro	The Graham volcanic field offshore southwestern Sicily (Italy) revealed by high-resolution seafloor mapping and ROV images	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00311
Polacci Margherita, Andronico Daniele, de' Michieli Vitturi Mattia, Taddeucci Jacopo, Cristaldi Antonio	Mechanisms of Ash Generation at Basaltic Volcanoes: The Case of Mount Etna, Italy	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00193
Parolai Stefano, Maesano Francesco Emanuele, Basili Roberto, Silacheva Natalya, Boxberger Tobias, Pilz Marco	Fingerprint Identification Using Noise in the Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio: Retrieving the Impedance Contrast Structure for the Almaty Basin (Kazakhstan)	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00336
Ristuccia Gloria Maria, Bonfanti Pietro, Giammanco Salvatore, Stella Giuseppe	Assessment of the Geochemical Potential in a Complex Tectonic Environment of South-East Sicily: New Insights From Hydrochemical Data	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00088
Ubide Teresa, Caulfield John, Brandt Claire, Bussweller Yannick, Mollo Silvio, Di Stefano Flavio, Nazzari Manuela, Scarlato Piergiorgio	Deep Magma Storage Revealed by Multi-Method Elemental Mapping of Clinopyroxene Megacrysts at Stromboli Volcano	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00239
Mazzini Adriano, Lupi Matteo, Sciarra Alessandra, Hamed Mohamed, Schmidt Susanne T., Suesenberger Annette	Concentric Structures and Hydrothermal Venting in the Western Desert, Egypt	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00266
Battaglia Angelo, de Moor J. Maarten, Aiuppa Alessandro, Avaró Geoffrey, Bakkar Henriette, Bitetto Marcello, Mora Fernández M.M., Kelly Peter, Giudice Gaetano, Delle Donne Dario, Villalobos Hairo	Insights into the Mechanisms of Phreatic Eruptions from Continuous High Frequency Volcanic Gas Monitoring: Rincón de la Vieja Volcano, Costa Rica	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2018.00247
D'Aleo Roberto, Bitetto Marcello, Delle Donne Dario, Coltelli Mauro, Coppola Diego, McCormick Kilbride Brendan, Pecora Emilio, Ripepe Maurizio, Salem Lois Claire, Tamburello Giancarlo, Aiuppa Alessandro	Understanding the SO <sub>2</sub> Degassing Budget of Mt Etna's Paroxysms: First Clues from the December 2015 Sequence	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2018.00239
Bevilacqua Andrea, Pitman Eric Bruce, Patra Abani, Neri Augusto, Bursik Marcus, Voight Barry	Probabilistic Enhancement of the Failure Forecast Method Using a Stochastic Differential Equation and Application to Volcanic Eruption Forecasts	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00135

Di Traglia Federico, Ciampalini Andrea, Pezzo Giuseppe, Battaglia Maurizio	Editorial: Synthetic Aperture Radar and Natural Hazards: Applications and Outlooks	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00191
Bueno Angel, Diaz-Moreno Alejandro, Alvarez Isaac, De la Torre Angel, Lamb Oliver, Zuccarello Luciano, De Angelis Silvio	VINEDA—Volcanic Infrasonic Explosions Detector Algorithm	Frontiers in Earth Science	10.3389/feart.2019.00335
Osman Sara, Rossi Eduardo, Bonadonna Costanza, Frischknecht Corine, Andronico Daniele, Cioni Raffaello, Scollo Simona	Exposure-based risk assessment and emergency management associated with the fallout of large clasts at Mount Etna	Natural Hazards and Earth System Sciences	10.5194/nhess-19-589-2019
Bevilacqua Andrea, Patra Abani, Bursik Marcus, Pitman E Bruce, Macias José Luis, Saucedo Ricardo, Hyman David	Probabilistic forecasting of plausible debris flows from Nevado de Colima (Mexico) using data from the Atenuque debris flow, 1955	Natural Hazards and Earth System Sciences	10.5194/nhess-19-791-2019
Hyman David M., Bevilacqua Andrea, Bursik Marcus	Statistical theory of probabilistic hazard maps: a probability distribution for the hazard boundary location	Natural Hazards and Earth System Sciences	10.5194/nhess-19-1347-2019
Volpe Manuela, Lorito Stefano, Selva Jacopo, Tonini Roberto, Romano Fabrizio, Bizuela Beatriz	From regional to local SP-THA: efficient computation of probabilistic tsunami inundation maps addressing near-field sources	Natural Hazards and Earth System Sciences	10.5194/nhess-19-455-2019
Cerese Andrea, Crescimbeno Massimo, La Longa Federica, Amato Alessandro	Tsunami risk perception in southern Italy: first evidence from a sample survey	Natural Hazards and Earth System Sciences	10.5194/nhess-19-2887-2019
Zaniboni Filippo, Pagnoni Gianluca, Gallotti Glauco, Paparo Maria Ausilia, Armigliato Alberto, Tinti Stefano	Assessment of the 1783 Scilla landslide–tsunami's effects on the Calabrian and Sicilian coasts through numerical modeling	Natural Hazards and Earth System Sciences	10.5194/nhess-19-1585-2019
Petrosino Paola, Arienzo Ilenia, Mazzeo Fabio Carmine, Natale J., Petrelli Maurizio, Milia Alfonso, Perugini Diego, D'Antonio M., Pascalis N.	The San Gregorio Magno lacustrine basin (Campania, southern Italy): improved characterization of the tephrostratigraphic markers based on trace elements and isotopic data	Journal of Quaternary Science	10.1002/jqs.3107
Veetil Sreeja Vadakke, Cesaroni Claudio, Aquino Marcio, De Franceschi Giorgiana, Berrilli Francesco, Rodriguez Filippo, Spogli Luca, Del Moro Dario, Cristaldi Alice, Romano Vincenzo, Ronchini Roberto, Di Rollo Stefano, Guyader Eric, Aragon-Angel Angela	The ionosphere prediction service prototype for GNSS users	Journal of Space Weather and Space Climate	10.1051/swsc/2019038
Spogli Luca, Piersanti Mirko, Cesaroni Claudio, Materassi Massimo, Cicone Antonio, Alfonsi Lucilla, Romano Vincenzo, Ezquer Rodolfo Gerardo	Role of the external drivers in the occurrence of low-latitude ionospheric scintillation revealed by multi-scale analysis	Journal of Space Weather and Space Climate	10.1051/swsc/2019032
Perrone Loredana, Mikhailov Andrey	Long-Term Variations of June Column Atomic Oxygen Abundance in the Upper Atmosphere Inferred From Ionospheric Observations	Journal of Geophysical Research-Space Physics	10.1029/2019JA026818
Papadopoulos Gerassimos, Agalos Apostolos, Charalampakis Marinos, Kontoes Charalampos, Papoutsis Ioannis, Atzori Simone, Svičkas Nikos, Triantafyllou Ioanna	Fault models for the Bodrum–Kos tsunamigenic earthquake (Mw6.6) of 20 July 2017 in the east Aegean Sea	Journal of Geodynamics	10.1016/j.jog.2019.101646
Lombardi Anna Maria	Integration of geological and seismological data in earthquakes occurrence models for Italy: towards a unified model for different forecast perspectives	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz419
Zhuang Jiansheng, Murru Maura, Falcone Giuseppe, Guo Yicun	An extensive study of clustering features of seismicity in Italy from 2005 to 2016	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggy428
Sagnotti Leonardo, Giaccio Biagio, Liddicoat Joseph C., Caricchi Chiara, Nomade Sebastien, Renne Paul R.	On the reliability of the Matuyama-Brunhes record in the Sulmona Basin Comment to 'A reappraisal of the proposed rapid Matuyama–Brunhes geomagnetic reversal in the Sulmona Basin, Italy' by Evans and Muxworthy (2018)	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggy427
Soldati Gaia, Zaccarelli Lucia, Faenza Licia	Spatio-temporal seismic velocity variations associated to the 2016–2017 central Italy seismic sequence from noise cross-correlation	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz429

Morasca Paola, Walter William R., Mayeda Kevin, Massa Marco	Evaluation of earthquake stress parameters and its scaling during the 2016-2017 Amatrice-Norcia-Visso sequence. Part I	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz165
Stallone Angela, Marzocchi, Warner	Empirical evaluation of the magnitude-independence assumption	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggy459
Del Pezzo Edoardo, Giampiccolo Elisabetta, Tuve Tiziana, Di Grazia Giuseppe, Gresta Stefano, Ibanez Jesus M.	Study of the regional pattern of intrinsic and scattering seismic attenuation in Eastern Sicily (Italy) from local earthquakes	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz208
Poggiali Giulio, Chiaraluca Lauro, Di Stefano Raffaele, Piana Agostinetti Nicola	Change-point analysis of P/V/Sratio time-series using a trans-dimensional MCMC algorithm: applied to the Alto Tiberina Near Fault Observatory seismic network (Northern Apennines, Italy)	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz078
Berbellini Andrea, Schimmel Martin, Ferreira Ana M.G., Morelli Andrea	Constraining S-wave velocity using Rayleigh wave ellipticity from polarization analysis of seismic noise	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggy512
Kolinsky Petr, Bokelmann Goetz, Hetényi Gyorgy, Abreu Rafael, Allegretti Iv, Apoloner Maria Theresia, Aubert Coralie, Besancon Simon, Bes De Berc Maxime, Bokel-Mann Goltz, Brunel Didier, Regnier Marc, Reiss Miriam, Ritter Joachim, Rumpker Georg, Salimbeni Simone, Santulin Marco, Scherer Werner, Schippikus Sven, Schulte-Kortnack Detlef	Arrival angles of teleseismic fundamental mode Rayleigh waves across the the AlpArray	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz081
Melini Daniele, Spada Giorgio	Some remarks on Glacial Isostatic Adjustment modelling uncertainties	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz158
Vassallo Maurizio, De Matteis Raffaella, Bobbio Antonella, Di Giulio Giuseppe, Adinolfi Guido Maria, Cantore Luciana, Cogliano Rocco, Fodarella Antonio, Maresca Rosalba, Pucillo Stefania, Riccio Gaetano	Seismic noise cross-correlation in the urban area of Benevento city (Southern Italy)	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz101
Spudich Paul A., Cirella Antonella, Scognamiglio Laura, Tinti Elisa	Variability in synthetic earthquake ground motions caused by source variability and errors in wave propagation models	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz275
Svighas Nikos, Atzori Simone, Kiratzi Anastasia, Tolomei Cristiano, Salvi Stefano	Isolation of swarm sources using InSAR: the case of the February 2017 seismic swarm in western Anatolia (Turkey)	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz093
Lévy L., Maurya P.K., Byrdina Svetlana, Vandemeulebrouck Jean, Sigmundsson Freysteinn, Arnason Knútur, Ricci Tullio, Deldicque Damien, Roger M., Gibert B., Labazuy Philippe	Electrical resistivity tomography and time-domain induced polarization field investigations of geothermal areas at Krfla, Iceland: comparison to borehole and laboratory frequency-domain electrical observations	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz240
Revil André, Qi Y., Ghorbani A., Coperey A., Soueid Ahmed A., Finizola Anthony, Ricci Tullio	Induced polarization of volcanic rocks. 3. Imaging clay cap properties in geothermal fields	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz207
Petrescu Laura, Stuart Graham, Dragos Tataru, Grecu Bogdan	Crustal structure of the Carpathian Orogen in Romania from receiver functions and ambient noise tomography: how craton collision, subduction and detachment affect the crust	Geophysical Journal International	10.1093/gji/ggz140
Cucci Luigi	Insights into the geometry and faulting style of the causative faults of the M6.7 1805 and M6.7 1930 earthquakes in the Southern Apennines (Italy) from coseismic hydrological changes	Tectonophysics	10.1016/j.tecto.2018.12.021
Vannucci Gianfranco, Gasperini Paolo, Loli Barbara, Gulia Laura	Fast characterization of sources of recent Italian earthquakes from macroseismic intensities	Tectonophysics	10.1016/j.tecto.2018.11.002
Tondi Rosalia, Vuan Alessandro, Borghi Alessandra, Argnani Andrea	Integrated crustal model beneath the Po Plain (Northern Italy) from surface wave tomography and Bouguer gravity data	Tectonophysics	10.1016/j.tecto.2018.10.018
Barreca Giovanni, Scarfi Luciano, Gross Felix, Monaco Carmelo, De Guidi Giorgio	Fault pattern and seismotectonic potential at the south-western edge of the Ionian Subduction system (southern Italy): New field and geophysical constraints	Tectonophysics	10.1016/j.tecto.2019.04.020
Ferranti Luigi, Pepe Fabrizio, Barreca Giovanni, Meccariello Melania, Monaco Carmelo	Multi-temporal tectonic evolution of Capo Granitola and Sciacca foreland transcurrent faults (Sicily channel)	Tectonophysics	10.1016/j.tecto.2019.05.002
Sobh Mohamed, Ebbing Jörg, Mansi Ahmed Hamdi, Götz Hans-Jürgen	Inverse and 3D forward gravity modelling for the estimation of the crustal thickness of Egypt	Tectonophysics	10.1016/j.tecto.2018.12.002



Pezzopane Michael, Del Corpo Alfredo, Piersanti Mirko, Cesaroni Claudio, Pignalberi Alessio, Di Matteo Simone, Spogli Luca, Vellante Massimo, Heilig Balazs Cannavò Flavio	On some features characterizing the plasmasphere-magnetosphere-ionosphere system during the geomagnetic storm of 27 May 2017 A new user-friendly tool for rapid modelling of ground deformation	Earth, planets, and space : EPS	10.1186/s40623-019-1056-0
Corradino Claudia, Ganci Gaetana, Bilotta Giuseppe, Cappello Annalisa, Del Negro Ciro, Fortuna Luigi	Smart Decision Support Systems for Volcanic Applications	Computers & Geosciences	10.1016/j.cageo.2019.04.002
Fais Silvana, Casula Giuseppe, Cuccuru Francesco, Ligas Paola, Bianchi Maria Giovanna, Plaisant Alberto, Pettinau Alberto	A Contribution to the Geological Characterization of a Potential Caprock-Reservoir System in the Sulcis Coal Basin (South-Western Sardinia)	Energies	10.3390/en12071216
Di Mariano Alessandra, Amoroso Sara, Arroyo, Marcos, Monaco Paola, Gens Antonio	SDMT-Based Numerical Analyses of Deep Excavation in Soft Soil	Energies	10.3390/en12234524
Buscarino Arturo, Corradino Claudia, Fortuna Luigi, Frasca Mattia	Turing patterns via pinning control in the simplest memristive cellular nonlinear networks	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001993
Brenna Marco, Pontesilli Alessio, Mollo Silvio, Masotta Matteo, Cronin Shane J, Smith Ian E.M., Moufti Mohammed Rashad Hassan, Scarlato Piergiorgio	Intra-eruptive trachyte-phonolite transition: Natural evidence and experimental constraints on the role of crystal mushes	Chaos	10.1063/1.5115131
Bini Giulio, Chiodini Giovanni, Cardellini Carlo, Vougioukalakis Georges, Bachmann Olivier	Diffuse emission of CO2 and convective heat release at Nisyros caldera (Greece)	American Mineralogist	10.2138/am-2019-6963
Branca Stefano Abate Tiziana	Current knowledge of Etna's flank eruptions (Italy) occurring over the past 2500 years. From the iconographies of the XVII century to modern geological cartography	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.03.017
Di Giuseppe Maria Giulia, Troiano Antonio	Monitoring active fumaroles through time-lapse electrical resistivity tomograms: an application to the Pisciarelli fumarolic field (Campi Flegrei, Italy)	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2017.11.004
Isaia Roberto, Vitale Stefano, Marturano Aldo, Aiello Giuseppe, Barra Diana, Ciarcia Sabatino, Iannuzzi Enrico, Trampanulo D'Assisi Francesco	High-resolution geological investigations to reconstruct the long-term ground movements in the last 15 kyr at Campi Flegrei caldera (southern Italy)	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.03.009
De Beni Emanuela, Cantarero Massimo, Messina Alfio	UAVs for volcano monitoring: A new approach applied on an active lava flow on Mt. Etna (Italy), during the 27 February–02 March 2017 eruption	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.07.012
Nicolosi Iacopo, D'Ajello Caracciolo Francesca, Pignatelli Alessandro, Chiappini Massimo	Imaging the Bracciano caldera system by aeromagnetic data inversion (Sabatini Volcanic District, Central Italy)	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.12.001
Pedrazzi Dario, Sunye Puchol Ivan, Aguirre-Diaz Gerardo, Costa Antonio, Smith Victoria C., Poret Matthieu, Dávila Harris Pablo, Miggins Daniel P., Hernández Walter, Gutierrez Eduardo	The Ilopango Tierra Blanca Joven (TBJ) eruption, El Salvador: Holocene stratigraphy and physical characterization of the major Holocene event of Central America	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.106680
Paris Raphael, Ulvrova Martina, Selva Jacopo, Brizuela Beatriz, Costa Antonio, Grezio Anita, Lorito Stefano, Tonini Roberto	Probabilistic hazard analysis for tsunamis generated by subaqueous volcanic explosions in the Campi Flegrei caldera, Italy	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.03.006
Poret Matthieu, Di Donato Miriana, Costa Antonio, Sulpizio Roberto, Mele Daniela, Lucchi Federico	Characterizing magma fragmentation and its relationship with eruptive styles of Somma-Vesuvius volcano (Naples, Italy)	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.05.010
La Rocca Mario, Galluzzo, Danilo	Focal mechanisms of recent seismicity at Campi Flegrei, Italy	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.106683
Sunye Puchol Ivan, Aguirre-Diaz Gerardo J., Dávila Harris Pablo, Miggins Daniel P., Pedrazzi Dario, Costa Antonio, Ortega-Obregón	The Ilopango caldera complex, El Salvador: Origin and early ignimbrite-forming eruptions of a graben/pull-apart caldera	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.106687
		Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.12.004

structure	Geothermal Research	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.02.009
Carlos, Lacan Pierre, Hernández Walter, Gutierrez Eduardo	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.02.009	Constraining age and volume of lava flow invasions of the Alcantara valley, Etna volcano (Italy). New insights from paleomagnetic dating and 3D magnetic modeling
Branca Stefano, D'Ajello Caracciolo Francesca, Malaguti Arianna Beatrice, Speranza Fabio	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.08.001	Conduit dynamics of highly explosive basaltic eruptions: The 1085±CE Sunset Crater sub-Plinian events
La Spina G., Clarke Amanda B., de' Michieli Vitturi Mattia, Burton Mike, Allison C.M., Roggensack K, Alfano F.	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.10.024	Geological evidence for recurrent collapse-driven phreatomagmatic pyroclastic density currents in the Holocene activity of Stromboli volcano, Italy
Lucchi F., Francalanci L., De Astis Gianfilippo, Tranne C.A., Braschi Eleonora, Klaver M.	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.03.018	Hydrothermal alteration environments and recent dynamics of the Ischia volcanic island (southern Italy): Insights from repeated field, mineralogical and geochemical surveys before and after the 2017 Casamicciola earthquake
Piochi Monica, Mormone Angela, Balassone Giuseppina	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.07.005	Escalating CO2 degassing at the Pisciarelli fumarolic system, and implications for the ongoing Campi Flegrei unrest
Tamburello Giancarlo, Caliro Stefano, Chiodini Giovanni, De Martino Prospero, Avino Rosario, Minopoli Carmine, Carandente Antonio, Rouwet Dmitri, Aluppa Alessandro, Costa Antonio, Biletto Marcellio, Giudice Gaetano, Francofonte Vincenzo, Ricci Tullio, Sciarrà Alessandra, Bagnato Emanuela, Capecciacci Francesco	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.04.006	The unexpected explosive sub-Plinian eruption of Calbuco volcano (22–23 April 2015; southern Chile): Triggering mechanism implications
Arzilli Fabio, Morgavi Daniele, Petrelli Maurizio, Polacci Margherita, Burton Mike, Di Genova Danilo, Spina Laura, La Spina Giuseppe, Hartley Margaret, Romero Jorge, Fellowes Jonathan, Diaz-Alvarado Juan, Perugini Diego	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.04.013	Structure of Masaya and Momotombo volcano, Nicaragua, investigated with a temporary seismic network
Obermann Anne, Molinari Irene, Métaixian Jean-Philippe, Grigoli Francesco, Strauch Wilfried, Wiemer Stefan	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.01.029	The buried caldera boundary of the Vesuvius 1631 eruption revealed by present-day soil CO2 concentration
Poret Matthieu, Finzola A., Ricci Tullio, Ricciardi Giuseppe, Linde N., Mauri G., Barde Cabusson S., Guichet Xavier, Baron L., Shakas Alexis, Gouhier M., Leveux G., Morin J., Roulleau E., Sortino Francesco, Vassallo R., Di Vito Mauro Antonio, Orsi Giovanni	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.12.009	Palaeomagnetic dating of the Neostromboli succession
Risica Gilda, Speranza Fabio, Giordano Guido, De Astis Gianfilippo, Lucchi Federico	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.07.021	Eruption dynamics of the 23 February 2013 event at Mt. Etna
Potter N.J., Carey R.J., Andronico Daniele, Costantini L.	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.106689	Magmatic and tectonic sources at Vulcano (Aeolian Islands, Southern Italy): A geodetic model based on two decades of GPS observations
Cintorrino Alessia Amelia, Palano Mimmo, Viccaro Marco	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.12.007	Time evolution of transient volcanic plumes: Insights from fractal analysis
Tournigand Pierre-Yves, Peña Fernández Juan José, Taddeucci Jacopo, Perugini Diego, Sesterhenn Jörn, Palladino Danilo Mauro	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.09.001	Characterization of a UV camera system for SO2 measurements from Popocatepetl Volcano
Schiavo Benedetto, Stremme Wolfgang, Grutter Michel, Campion Robin, Guarín Cesar A., Rivera Claudia, Inguaggiato Salvatore	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2019.01.004	Unsteady magma discharge during the "El Retiro" subplinian eruption (Turrialba volcano, Costa Rica): Insights from textural and petrological analyses
Di Piazza Andrea, Vona Alessandro, Mollo Silvio, De Astis Gianfilippo, Soto Gerardo J., Romano Claudia	Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.jvolgeores.2018.07.008	Corrigendum to "Sensitivity test and ensemble hazard assessment for tephra fallout at Campi Flegrei, Italy" [J. Vol.
Selva Jacopo, Costa Antonio, De Natale Giuseppe, Di Vito Mauro Antonio, Isaia Roberto, Macedonio Giovanni	Journal of Volcanology and Geothermal Research		

	Geotherm. Res. 351(2018) 1–28]		Geothermal Research	
Cabassi Jacopo, Capecciacci Francesco, Magi F., Vaselli Orlando, Tassi Franco, Montalvo F., Esquivel I., Grassa Fausto, Caprai A.	Water and dissolved gas geochemistry at Coatepeque, Ilopango and Channico volcanic lakes (El Salvador, Central America)		Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.volgeores.2019.04.009
Lev Einat, Ruprecht Philipp, Oppenheimer Clive, Peters Nial, Patrick Matt, Hernandez Pedro A., Spampinato Letizia, Marlow Jeffrey	A global synthesis of lava lake dynamics		Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.volgeores.2019.04.010
Zawacki Emily E., Clarke Amanda B., Arrowsmith Ramón J., Bonadonna Costanza, Lynch Daniel J.	Tecolote volcano, Pinacate volcanic field (Sonora, Mexico): A case of highly explosive basaltic volcanism and shifting eruptive styles		Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.volgeores.2019.04.011
Sunye Puchol Ivan, Aguirre-Diaz Gerardo J., Pedrazzi Dario, Dávila Harris Pablo, Miggins Daniel P., Costa Antonio, Ortega-Obregón Carlos, Lacañ Pierre, Gutierrez Eduardo, Hernández Walter	The Ilopango caldera complex, El Salvador: Stratigraphic revision of the complete eruptive sequence and recurrence of large explosive eruptions		Journal of Volcanology and Geothermal Research	10.1016/j.volgeores.2019.02.011
Isola Ilaria, Ribolini A., Zanchetta Giovanni, Bini M., Regattieri E., Drysdale R.N., Hellstrom J.C., Bajo P., Montagna P., Pons-Branchu E.	Speleotherm U/Th age constraints for the Last Glacial conditions in the Apuan Alps, northwestern Italy		Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	10.1016/j.palaeo.2019.01.001
Ferretti Annalisa, Messori Fabio, Di Bella Marcella, Sabatino Giuseppe, Quartieri Simona, Cavalazzi Barbara, Italiano Francesco, Barbieri Roberto	Armoured sponge spicules from Panarea Island (Italy): Implications for their fossil preservation		Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	10.1016/j.palaeo.2019.109379
Gómez-Paccard M., Chauvin A., Albeck M.E., Zaburlin M.A., Basso D.M., Pavón-Carrasco Francisco Javier, Osete M.L., Campuzano Saioa A.	New archeointensity data from NW Argentina (1300–1500 CE)		Physics of the Earth and Planetary Interiors	10.1016/j.pepi.2018.11.004
Orecchio Barbara, Scolari Silvia, Batlló Josep, Ferrari Graziano, Presti Debora, Stich Daniel	A reappraisal of the 1978 Ferruzzano earthquake (southern Italy) from new estimates of hypocenter location and moment tensor inversion		Physics of the Earth and Planetary Interiors	10.1016/j.pepi.2019.02.003
Gentili Stefania, Peresan Antonella, Talebi Mohammad, Zare Mehdi, Di Giovambattista Rita	A seismic quiescence before the 2017 Mw 7.3 Sarpol Zahab (Iran) earthquake: Detection and analysis by improved RTL method		Physics of the Earth and Planetary Interiors	10.1016/j.pepi.2019.02.010
Filippucci Marilena, Del Pezzo Edoardo, de Lorenzo Salvatore, Tallarico Andrea	2D kernel-based imaging of coda-Q space variations in the Gargano Promontory (Southern Italy)		Physics of the Earth and Planetary Interiors	10.1016/j.pepi.2019.106313
Liberatore Domenico, Doglioni Carlo, AlShawa Omar, Alzori Simone, Sorrentino Luigi	Effects of coseismic ground vertical motion on masonry constructions damage during the 2016 Amatrice-Norcia (Central Italy) earthquakes		Soil Dynamics and Earthquake Engineering	10.1016/j.solidyn.2019.02.015
Avvisati Gala, Bellucci Sessa Eliana, Colucci Orazio, Marfè Barbara, Marotta Enrica, Nave Rosella, Peluso Rosario, Ricci Tullio, Tomasone Mario	Perception of risk for natural hazards in Campania Region (Southern Italy)		International Journal of Disaster Risk Reduction	10.1016/j.ijdrr.2019.101164
Sevink Jan, Bakels Corrie, Attema Peter, Di Vito Mauro Antonio, Arienzo Ilenia	Holocene vegetation record of upland northern Calabria, Italy: Environmental change and human impact		The Holocene	10.1177/0959683618824695
Frondini Francesco, Dragoni Walter, Morgantini Nicola, Donnini Marco, Cardellini Carlo, Caliro Stefano, Melillo Massimo, Chiodini Giovanni	An Endorheic Lake in a Changing Climate: Geochemical Investigations at Lake Trasimeno (Italy)		Water	10.3390/w11071319
Spada Giorgio, Melini Daniele	On Some Properties of the Glacial Isostatic Adjustment Fingerprints		Water	10.3390/w11091844
Vecchio Antonio, Anzidei Marco, Serpelloni Enrico, Florindo Fabio	Natural Variability and Vertical Land Motion Contributions in the Mediterranean Sea-Level Records over the Last Two Centuries and Projections for 2100		Water	10.3390/w11071480
Mollo Silvio, Tuccimei Paola, Soligo Michele, Galli Gianfranco, Iezzi Gianluca, Scarlato Piergiorgio	Transient to stationary radon ( <sup>220</sup> Rn) emissions from a phonolitic rock exposed to subvolcanic temperatures		Royal Society open science	10.1098/rsos.190782

Cangemi Marianna, Madonia Paolo, Albano Ludovico, Bonfardedi Alessandro, Di Filgia Maria Grazia, Di Martino Roberto Maria Rosario, Nicolosi Marco, Favara Rocco	Heavy Metal Concentrations in the Groundwater of the Barcellona-Milazzo Plain (Italy): Contributions from Geogenic and Anthropogenic Sources	International Journal of Environmental Research and Public Health	10.3390/ijerph16020285
Bonforte Alessandro, Guglielmino Francesco, Puglisi Giuseppe	Large dyke intrusion and small eruption: The December 24, 2018 Mt. Etna eruption imaged by Sentinel-1 data	Terra Nova	10.1111/ter.12403
Alberti Tommaso, Consolini Giuseppe, Carbone Vincenzo, Yordanova Emiliya, Marcucci Maria, De Michelis Paola	Multifractal and Chaotic Properties of Solar Wind at MHD and Kinetic Domains: An Empirical Mode Decomposition Approach	Entropy	10.3390/e21030320
De Santis Angelo, Abbattista Cristoforo, Alfonsi Lucilla, Amoruso Leonardo, Campuzano Satoa A., Carbone Marianna, Cesaroni Claudio, Cianchini Gianfranco, De Franceschi Giorgiana, De Santis Anna, Di Giovambattista Rita, Marchetti Dedalo, Martino Luca, Perrone Loredana, Piscini Alessandro, Rainone Mario Luigi, Soldani Maurizio, Spogli Luca, Santoro Francesca	Geosystemics View of Earthquakes	Entropy	10.3390/e21040412
Milana Giuliano, Cultrera Giovanna, Bordoni Paola, Bucci Augusto, Cara Fabrizio, Cogliano Rocco, Di Giulio Giuseppe, Di Naccio Deborah, Famiani Daniela, Fodarella Antonio, Mercuri Alessia, Pischietta Marta, Pucillo Stefania, Ricci Gaetano, Vassallo Maurizio	Local site effects estimation at Amatrice (Central Italy) through seismological methods	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00587-3
Bindi D., Kotha S.-R., Weatherill G., Lanzano Giovanni, Luzi Lucia, Cotton F.	The pan-European engineering strong motion (ESM) flatfile: consistency check via residual analysis	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-018-0466-x
Luzi Lucia, Pacor Francesca, Lanzano Giovanni, Felicetta Chiara, Puglia Rodolfo, D'Amico Maria	2016–2017 Central Italy seismic sequence: strong-motion data analysis and design earthquake selection for seismic microzonation purposes	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00676-3
Pagliaroli Alessandro, Pergalani Floriana, Ciancimino Andrea, Chiaradonna Anna, Compagnoni Massimo, de Silva Filomena, Foti S., Giallini Silvia, Lanzo G., Lombardi F., Luzi, Lucia, Macerola Luca, Nocentini Massimiliano, Pizzi A., Tallini Marco, Teramo C.	Site response analyses for complex geological and morphological conditions: relevant case-histories from 3rd level seismic microzonation in Central Italy	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00610-7
Priolo Enrico, Pacor Francesca, Spallarossa Daniele, Milana Giuliano, Laurenzano Giovanna, Romano M.A., Felicetta Chiara, Hailemichael Salomon, Cara Fabrizio, Di Giulio Giuseppe, Ferretti G., Barnab Carla, Lanzano Giovanni, Luzi Lucia, D'Amico Maria, Puglia Rodolfo, Scafidi Davide, Barani S., De Ferrari Roberto, Cultrera Giovanna	Seismological analyses of the seismic microzonation of 138 municipalities damaged by the 2016–2017 seismic sequence in Central Italy	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00652-x
Rossi Antonio, Tertuliani Andrea, Azzaro Raffaele, Graziani Laura, Rovida Andrea, Maramai Alessandra, Pessina Vera, Hailemichael Salomon, Buffarini Giacomo, Bernardini Filippo, Camassi Romano, Del Mese Sergio, Ercolani Emanuela, Fodarella Antonio, Locati Mario, Martini G., Paciello A., Paolini S., Arcoraci Luca, Castellano Corrado	The 2016–2017 earthquake sequence in Central Italy: macroseismic survey and damage scenario through the EMS-98 intensity assessment	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00556-w
Lanzano Giovanni, Sgobba Sara, Luzi Lucia, Pacor Francesca, Felicetta Chiara, D'Amico Maria, Cotton Fabrice, Bindi Dino	The pan-European Engineering Strong Motion (ESM) flatfile: compilation criteria and data statistics	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-018-0480-z
Luzi Lucia, D'Amico Maria, Massa Marco, Puglia Rodolfo	Site effects observed in the Norcia intermountain basin (Central Italy) exploiting a 20-year monitoring	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-018-0444-3
Graziani Laura, Del Mese Sergio, Tertuliani Andrea, Arcoraci Luca, Maramai Alessandra, Rossi Antonio	Investigation on damage progression during the 2016–2017 seismic sequence in Central Italy using the European Macroseismic Scale (EMS-98)	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00645-w
Ebrahimian Hossein, Jalayer Fatemeh, Forte Giovanni, Convertito Vincenzo, Licata Valeria, d'Onofrio Anna, Santo Antonio, Silvestri Francesco, Manfredi Gaetano	Site-specific probabilistic seismic hazard analysis for the western area of Naples, Italy	Bulletin of Earthquake Engineering	10.1007/s10518-019-00678-1
Massaro Silvia, Costa Antonio, Sulpizio Roberto, Coppola Diego, Capra Lucia	Cyclic activity of the Fuego de Colima volcano (Mexico): insights from satellite thermal data and nonlinear models	Solid Earth	10.5194/se-10-1429-2019
Cuffaro Marco, Bili Andrea, Bigi Sabina, Bosman Alessandro, Caruso Cinzia, Conti Alessia, Corbo Andrea, Costanza Antonio, D'Anna	The Bortoluzzi Mud Volcano (Ionian Sea, Italy) and its potential for tracking the seismic cycle of active faults	Solid Earth	10.5194/se-10-1-2019

Giuseppe, Doglioni Carlo, Esesime Paolo, Fertitta Gioacchino, Gasperini Luca, Italiano Francesco, Lazzaro Gianluca, Ligi Marco, Longo Manfredi, Martorelli Eleonora, Petracchini Lorenzo, Petricca Patrizio	The acid-sulfate zone and the mineral alteration styles of the Roman Puteolis (Neapolitan area, Italy): clues on fluid fracturing progression at the Campi Flegrei volcano.	Solid Earth	10.5194/se-10-1809-2019	
Piochi Monica, Mormone Angela, Strauss Harald, Balassone Giuseppina	From mapped faults to fault-length earthquake magnitude (FLEM): a test on Italy with methodological implications	Solid Earth	10.5194/se-10-1555-2019	
Trippetta Fabio, Petricca Patrizio, Billi Andrea, Collettini Cristiano, Cuffaro Marco, Lombardi Anna Maria, Scrocca Davide, Ventura Giancarlo, Morgante Andrea, Doglioni Carlo	A prototype HGIS for managing earthquake data from historical documents	Geomatics, Natural Hazards and Risk	10.1080/19475705.2018.1509901	
Migliaccio Federica, Locati Mario, Carrio Daniela, Manenti, Livia, Martocco Marco	A comparison of multi temporal interferometry techniques for landslide susceptibility assessment in urban area: an example on stigliano (MT), a town of Southern of Italy	Geomatics, Natural Hazards and Risk	10.1080/19475705.2018.1549113	
Vicari Annamaria, Famiglietti Nicola Angelo, Colangelo Gerardo, Cecere Gianpaolo	Evaluation of the temperature pattern of a complex body from thermal imaging and 3D information: A method and its MATLAB implementation	Infrared Physics and Technology	10.1016/j.infrared.2018.11.029	
Teza Giordano, Pesci Arianna	Surface volume and gravity changes due to significant earthquakes occurred in central Italy from 2009 to 2016	International Journal of Earth Sciences	10.1007/s00531-019-01748-0	
Riguzzi Federica, Tan Hongbo, Shen Chongyang	Mapping the Seismic Bedrock of the Po Plain (Italy) through Ambient-Vibration Monitoring	Bulletin of the Seismological Society of America	10.1785/0120180193	
Mascandola Claudia, Massa Marco, Barani Simone, Albarello Dario, Lovati Sara, Martelli Luca, Poggi Valerio	A Revised Ground-Motion Prediction Model for Shallow Crustal Earthquakes in Italy	Bulletin of the Seismological Society of America	10.1785/0120180210	
Lanzano Giovanni, Luzi Lucia, Pacor Francesca, Felicetta Chiara, Puglia Rodolfo, Sgobba Sara, D'Amico Maria	Spatial Correlation Model of Systematic Site and Path Effects for Ground-Motion Fields in Northern Italy	Bulletin of the Seismological Society of America	10.1785/0120180209	
Sgobba Sara, Lanzano Giovanni, Pacor Francesca, Puglia Rodolfo, D'Amico Maria, Felicetta, Chiara, Luzi Lucia	An Empirical Formula to Classify the Quality of Earthquake Locations	Bulletin of the Seismological Society of America	10.1785/0120190144	
Michele Maddalena, Latorre Diana, Emolo Antonio	Features of Seismic Sequences Are Similar in Different Crustal Tectonic Regions	Bulletin of the Seismological Society of America	10.1785/0120180175	
Stallone Angela, Marzocchi Warner	Variable Fault Geometry Suggests Detailed Fault-Slip-Rate Profiles and Geometries Are Needed for Fault-Based Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA)	Bulletin of the Seismological Society of America	10.1785/0120180137	
Faure Walker Joanna, Visini Francesco, Roberts Gerald, Galasso Carmine, McCaffrey Kenneth, Mildon Zoe	Sand Liquefaction Induced by a Blast Test: New Insights On Source Layer and Grain-Size Segregation Mechanisms (Late Quaternary, Emilia, Italy)	Journal of Sedimentary Research	10.2110/jst.2019.1	
Fontana Daniela, Amoroso Sara, Minarelli Luca, Stefani Marco	Characterization of Rock Samples by a High-Resolution Multi-Technique Non-Invasive Approach	Minerals	10.3390/min9110664	
Fais Silvana, Cucuru Francesco, Casula Giuseppe, Bianchi Maria Giovanna, Ligas Paola	Modeling the Crystallization and Emplacement Conditions of a Basaltic Trachyandesitic Sill at Mt. Etna Volcano	Minerals	10.3390/min9020126	
Nazzari Manuela, Di Stefano Flavio, Mollo Silvio, Scariato Piergiorgio, Tecchiato Vanni, Ellis Ben, Bachmann Olivier, Ferrito Carmelo	First Detection of Methane within Chromitites of an Archean-Paleoproterozoic Greenstone Belt in Brazil	Minerals	10.3390/min9050256	
Portella Yuri, Zaccarini Federica, Etiope Giuseppe	High-temperature Evolution of Point Defect Equilibria in Hydrous Forsterite Synthesized at 1100 C and up to 4 GPa	Minerals	10.3390/min9100574	
Del Vecchio Alessandro, Poe Brent, Misiti Valeria, Cestelli Guidi Mariangela	Rare Earth Elements (REE) in Al- and Fe-(Ox)-Hydroxides in Bauxites of Provence and Languedoc (Southern France):	Minerals	10.3390/min9090504	
Mondillo Nicola, Balassone Giuseppina, Boni Maria, Chelle-Michou Cyri, Cretella Salvatore, Mormone Angela, Putzolu Francesco,				

Santoro Lidia, Scognamiglio Gennaro, Tarallo Marcella	Implications for the Potential Recovery of REEs as By-Products of Bauxite Mining		
Brancato Alfonso, Buscema Paolo Massimo, Massini Giulia, Gresta Stefano, Salerno Giuseppe, Della Torre Francesca	K-CM application for supervised pattern recognition at Mt. Etna: an innovative tool to forecast flank eruptive activity	Bulletin of Volcanology	10.1007/s00445-019-1299-4
Federico Cinzia, Liuzzo Marco, Giudice Gaetano, Capasso Giorgio, Pisciotta Antonino, Pedone Maria	Variations in CO <sub>2</sub> emissions at a mud volcano at the southern base of Mt Etna: are they due to volcanic activity interference or a geyser-like mechanism?	Bulletin of Volcanology	10.1007/s00445-018-1261-x
Sottili Gianluca, Arienzo Ilenia, Castorina Francesca, Gaeta Mario, Giaccio Biagio, Marra Fabrizio, Palladino Danilo Mauro	Time-dependent Sr and Nd isotope variations during the evolution of the ultrapotassic Sabatini Volcanic District (Roman province, Central Italy)	Bulletin of Volcanology	10.1007/s00445-019-1324-7
Fittipaldi Margherita, Urbani S., Neri Marco, Trippanera Daniele, Accella Valerio	Understanding the origin of magmatic necks: insights from Mt. Etna volcano (Italy) and analogue models	Bulletin of Volcanology	10.1007/s00445-019-1273-1
Panzera Francesco, D'Amico Sebastiano, Colica Emanuele, Viccaro Marco	Ambient vibration measurements to support morphometric analysis of a pyroclastic cone	Bulletin of Volcanology	10.1007/s00445-019-1338-1
Hasselle Nathalie, Montalvo Francisco, Rouwet Dmitri, Battaglia Angelo, Bitetto Marcello, Escobar Demetrio, Gutierrez Eduardo, Rivera Jacqueline, Villalobos Ana Maria, Cioni Raffaello, de Moor J. Maarten, Fischer Tobias P., Aiuppa Alessandro	The crater lake of Ilamatepec (Santa Ana) volcano, El Salvador: insights into lake gas composition and implications for monitoring	Bulletin of Volcanology	10.1007/s00445-019-1331-8
Rainville Nicholas, Palo Scott, Larson Kristine M., Mattia Mario	Design and Preliminary Testing of the Volcanic Ash Plume Receiver Network	Journal of Atmospheric and Oceanic Technology	10.1175/JTECH-D-18-0177.1
Mohammed Nazmi A, Mansi Ahmed Hamdi	Performance Enhancement and Capacity Enlargement for a DWDM-PON System Utilizing an Optimized Cross Seeding Rayleigh Backscattering Design	Applied Sciences	10.3390/app9214520
Lucchetti Carlo, Briganti Alessandra, Castelluccio Mauro, Galli Gianfranco, Santilli Simone, Soligo Michele, Tuccimei Paola	Integrating radon and thoron flux data with gamma radiation mapping in radon-prone areas. The case of volcanic outcrops in a highly-urbanized city (Roma Italy)	Journal of environmental radioactivity	10.1016/j.jenvrad.2019.02.004
Biocchi Gabriele, Tofani Veronica, D'Ambrosio M, Tacconi Stefanelli Carlo, Vannucci Pietro, Casagli Nicola, Lavorini G, Trevisani M, Catani F.	Geotechnical and hydrological characterization of hillslope deposits for regional landslide prediction modeling	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	10.1007/s10064-018-01449-z
Costanzo Antonio, Caserta Arrigo	Seismic response across the Tronto Valley (at Acquasanta Terme, AP, Marche) based on the geophysical monitoring of the 2016 Central Italy seismic sequence	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	10.1007/s10064-019-01514-1
Costanzo Antonio, d'Onofrio Anna, Silvestri Francesco	Seismic response of a geological, historical and architectural site: the Gerace cliff (southern Italy)	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	10.1007/s10064-019-01515-0
Becagli Silvia, Amore Alessandra, Caiazzo Laura, Di Iorio Tatiana, di Sarra Alcide, Lazzara Luigi, Marchese Christian, Meloni Daniela, Mori Giovanna, Muscarì Giovanni, Nuccio Caterina, Pace Giandomenico, Severi Mirko, Traversi Rita	Biogenic Aerosol in the Arctic from Eight Years of MSA Data from Ny Alesund (Svalbard Islands) and Thule (Greenland)	Atmosphere	10.3390/atmos10070349
De Santis Angelo, Marchetti Dedalo, Spogli Luca, Cianchini Gianfranco, Pavón-Carrasco F. Javier, De Franceschi Giordiana, Di Giovambattista Rita, Perrone Loredana, Qamili Enkeleja, Cesaroni Claudio, De Santis Anna, Ippolito Alessandro, Piscini Alessandro, Campuzano Saioa A., Sabbagh Dario, Amoroso Leonardo, Carbone Marianna, Santoro Francesca, Abbattista Cristoforo, Drimaco Daniela	Magnetic Field and Electron Density Data Analysis from Swarm Satellites Searching for Ionospheric Effects by Great Earthquakes: 12 Case Studies from 2014 to 2016	Atmosphere	10.3390/atmos10070371
Mc Shine Nkese D., Clarke Ricardo, Gualdi Silvio, Navarra Antonio, Chadee Xsitaaz	Influences of the Atlantic and Pacific Oceans on Rainy Season Precipitation for the Southernmost Caribbean Small Island State Trinidad	Atmosphere	10.3390/atmos10110707
Neri Marco, Giammanco Salvatore, Leonardi Anna	Preliminary Indoor Radon Measurements Near Faults Crossing Urban Areas of Mt. Etna Volcano (Italy)	Frontiers in public health	10.3389/fpubh.2019.00105

Macerola Luca, Tallini Marco, Di Giulio Giuseppe, Nocentini Marco, Milana Giuliano	The 1-D and 2-D Seismic Modeling of Deep Quaternary Basin (Downtown L'Aquila, Central Italy)	Earthquake Spectra	10.1193/062618EQS166M
Di Bella Marcella, Mastelloni Maria Amalia, Baldanza Angela, Quartieri Simona, Italiano Francesco, Tripodo Alessandro, Romano Davide, Leonetti Fabio, Sabatino Giuseppe	Archaeometric constraints by multidisciplinary study of Richborough 527 amphorae and yellow clays from the C.da Portinenti pottery workshop (Lipari Island, Italy)	Archaeological and Anthropological Sciences	10.1007/s12520-018-0727-2
Teza Giordano, Trevisani Sebastiano, Pesci Arianna	The role of geoenvironmental sciences in Cultural Heritage preservation: the case of 1000 year old leaning bell tower of Caorle (Venice)	Journal of Cultural Heritage	10.1016/j.culher.2019.03.013
Sevink Jan, Di Vito Mauro Antonio, Van Leusen Peter Martijn, Field Mike H.	Distal Effects of Volcanic Eruptions on Pre-industrial societies	Quaternary International	10.1016/j.quaint.2019.01.040
Zanchetta Giovanni, Bini Monica, Di Vito Mauro Antonio, Sulpizio Roberto, Sadori Laura	Tephrostratigraphy of paleoclimatic archives in central Mediterranean during the Bronze Age	Quaternary International	10.1016/j.quaint.2018.06.012
Marra Fabrizio, Bahain Jean-Jacques, Jicha Brian R, Nomade Sebastien, Palladino Danilo Mauro, Pereira Alison, Tolomei Cristiano, Voinchet Pierre, Anzidei Marco, Aureli Daniele, Cenuleo Piero, Falguères Cristophe, Florindo Fabio, Gatta Maurizio, Ghaleb Bassam, La Rosa Michelangelo, Peretto Carlo, Petronio Carmelo, Rocca Roxane, Rollo Mario F.	Reconstruction of the MIS 5.5, 5.3 and 5.1 coastal terraces in Latium (Central Italy): A re-evaluation of the sea-level history in the Mediterranean Sea during the last interglacial	Quaternary International	10.1016/j.quaint.2019.09.001
Crossetto Silvia, Watkinson Ian M., Soe Min, Faluccci Emanuela, Gori Stefano, Thein Pyi Soe, Sudeep	Searching for the 1912 Maymyo earthquake: New evidence from paleoseismic investigations along the Kyaukkyan Fault, Myanmar	Quaternary International	10.1016/j.quaint.2019.09.042
Di Vito Mauro Antonio, Talamo P., de Vita Sandro, Rucco I., Zanchetta Giovanni, Cesarano M.	Dynamics and effects of the Vesuvius Pomici di Avellino Plinian eruption and related phenomena on the Bronze Age landscape of Campania region (Southern Italy)	Quaternary International	10.1016/j.quaint.2018.03.021
Di Luzio Emiliano, Arienzo Ilenia, Boccuti Simona, De Meo Anna, Sottili Gianluca	Chemical-petrographic and isotopic characterization of the volcanic pavement along the ancient Appia route at the Aurunci Mountain Pass, Italy: Insights on possible provenance	Gearchaeology: An International Journal	10.1002/gea.21718
Gagliano Candela Esterina, Pecoraino Giovannella, Favara Rocco, Morici Sabina	Hydrogeologic and geochemical survey of aquifers based on chemical and isotopic characterisation of groundwater and rain waters: a case study in the Sisseb el Alem Basin (central-east Tunisia)	Environmental Earth Sciences	10.1007/s12665-019-8341-x
Civico Riccardo, Pucci Stefano, Nappi Rosa, Azzaro Raffaele, Villani Fabio, Pantosti Daniela, Cinti Francesca Romana, Pizzimenti Luca, Branca Stefano, Brunori Carlo Alberto, Caciagli Marco, Cantarero Massimo, Cucci Luigi, D'Amico Salvatore, De Beni Emanuela, De Martini Paolo Marco, Mariucci Maria Teresa, Montone Paola, Nave Rosella, Ricci Tullio	Surface ruptures following the 26 December 2018, Mw 4.9, Mt. Etna earthquake, Sicily (Italy)	Journal of Maps	10.1080/17445647.2019.1683476
Miccadei Enrico, Berti C., Calista Monia, Esposito G., Mancinelli Vania, Piacentini Tommaso	Morphotectonics of the Tasso Stream - Sagittario River valley (Central Apennines, Italy)	Journal of Maps	10.1080/17445647.2019.1589588
Piacentini Tommaso, Miccadei Enrico, Berardini Giandomenico, Aratari Luigi, De Ioris Antonio, Calista Monia, Carabella Cristiano, d'Arielli Roberto, Mancinelli Vania, Paglia Giorgio, Buccolini Marcello	Geological tourist mapping of the Mount Serrone fault Geosite (Gioia dei Marsi, Central Apennines, Italy)	Journal of Maps	10.1080/17445647.2019.1592718
Etiopo Giuseppe, Oehler Dorothy Z.	Methane spikes, background seasonality and non-detections on Mars: A geological perspective	Planetary and Space Science	10.1016/j.pss.2019.02.001
Villante U., Tiberi P., Pezzopane Michael	On the seasonal and solar cycle variation of the ULF fluctuations at low latitudes: A comparison with the ionospheric parameters	Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics	10.1016/j.jastp.2019.05.005
Scotto Carlo, Ippolito Alessandro, Sabbagh Dario	A method for automatic detection of equatorial spread-F in ionograms	Advances in Space Research	10.1016/j.asr.2018.09.019

Pezzopane Michael, Kavutarapu Venkatesh	Preface: Variability and coupling of the equatorial, low- and mid-latitude mesosphere, thermosphere and ionosphere: Latest developments of monitoring and modeling techniques	Advances in Space Research	10.1016/j.asr.2019.09.004
Akhoondzadeh Mehdi, De Santis Angelo, Marchetti Dedalo, Piscini Alessandro, Jin Shuanggen	Anomalous seismo-LAI variations potentially associated with the 2017 Mw = 7.3 Sarpol-e Zahab (Iran) earthquake from Swarm satellites, GPS-TEC and climatological data	Advances in Space Research	10.1016/j.asr.2019.03.020
Fabbrini Alessio, Baldassini Niccolò, Caricchi Chiara, Foresi Luca Maria, Sagnotti Leonardo, Dinares Turell Jaume, Di Stefano Agata, Lirer Fabrizio, Menichetti Marco, Winkler Aldo, Distefano Salvatore	In search of the Burdigalian GSSP: new evidence from the Contessa Section (Italy)	Italian Journal of Geosciences	10.3301/IJG.2019.07
Camposirini Italo, Demartin Francesco, Russo Massimo	Sbacchiite, Ca <sub>2</sub> AIF <sub>7</sub> , a new fumarolic mineral from the Vesuvius volcano, Napoli, Italy	European Journal of Mineralogy	10.1127/ejm/2018/0030-2799
Suganya Jose, Sciacca Umberto, Baskaradas James Arokiasami, Zirizzotti Achille Emanuele	Analysis of Bent Wire Antenna Resonant Frequency for Different Bent Angles	Radio Science	10.1029/2019RS006906
Chiodi A., Tassi F., Baez W., Filipovich R., Bustos E., Glök Galli M, Suzaño N., Ahumada María Fernanda, Viramonte José G., Giordano G., Pecoraino Giovannella, Vaselli Orlando	Preliminary conceptual model of the Cerro Blanco caldera-hosted geothermal system (Southern Puna, Argentina): Inferences from geochemical investigations	Journal of South American Earth Sciences	10.1016/j.jsames.2019.102213
Dyflow Sylwia, Winkler Aldo, Górka-Kostrubiec Beata, Sagnotti Leonardo	Magnetic, geochemical and granulometric properties of street dust from Warsaw (Poland)	Journal of Applied Geophysics	10.1016/j.jappgeo.2019.06.016
Rouwet Dmitri, Chiodini Giovanni, Ciuccarelli Cecilia, Comastri Alberto, Costa Antonio	Lago Albano, the "anti-Nyos-type" lake: The past as a key for the future	Journal of African Earth Sciences	10.1016/j.jafrearsci.2018.09.019
Maccioni Enrico, Giacomelli Umberto, Carbone Daniele, Gambino Salvatore, Orazi Massimo, Peluso Rosario, Sorrentino Fiodor	Shallow bore-hole three-axial fiber Bragg grating strain sensor for Etna volcano monitoring	Review of Scientific Instruments	10.1063/1.50866516
Barberi Franco, Carapezza Maria Luisa	Explosive volcanoes in the Mediterranean area: hazards from future eruptions at Vesuvius (Italy) and Santorini (Greece)	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7761
De Michelis Paola, Pezzopane Michael, Consolini Giuseppe, Villante Umberto	Preface of the special issue "From the Sun to the Earth's Interior"	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8166
Ippolito Alessandro	foF <sub>2</sub> variations measured by the Rome observatory during solar minimum in the last three solar cycles	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7762
Calvari Sonia, Del Negro Ciro, Harris Andrew	Preface Special Issue: MeMoVolc	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8370
Marzocchetti Martina, Lepidi Stefania, Francia Patrizia, Cafarella Lili, Di Mauro Domenico	The longitudinal polar cusp displacement from geomagnetic measurements in Antarctica	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7779
Calvari Sonia	Understanding Basaltic Lava Flow Morphologies and Structures for Hazard Assessment	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8048
Pick Leonie, Lombardo Valerio, Zakšek Klemen	Assessment of Dual-Band method by an Indoor Analog Experiment	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7791
Azzaro Raffaele, Barbano Maria Serafina, Tertulliani Andrea, Pirrotta Claudia	A Reappraisal of the 1968 Valle Del Belice Seismic Sequence (Western Sicily): A case study of Intensity Assessment with Cumulated Damage Effects	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8308
La Monica Mariangela, Rotolo Silvio Giuseppe, Foresta Martin Franco	Petrographic and spectroscopic (FT-IR) study of Western Mediterranean obsidians geological sources and of a lithic collection from Ustica Island (Sicily)	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8058
Romano Pierangelo, White John, Ciulla Alessandro, Di Carlo Ida, D'Oriano Claudia, Landi Patrizia, Rotolo Silvio Giuseppe	Volatiles and trace elements content in melt inclusions from the zoned Green Tuff ignimbrite (Pantelleria Sicily): petrological inferences	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7671
Manni Marco, Coltelli Mauro, Martinelli Maria Clara	Volcanic events that have marked the anthropic history of the Aeolian Islands	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7716
Tarquini Simone, de' Michieli Vitturi Mattia, Jensen Esther Hildgar, Pedersen Gro, Barsoffi Sara, Coppola Diego, Pfeffer Melissa	Modeling lava flow propagation over a flat landscape by using MrLavaLoba: the case of the 2014–2015 eruption at Holuhraun, Iceland	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7812



Zago Vito, Bilotta Giuseppe, Cappello Annalisa, Dalrymple Robert, Fortuna Luigi, Ganci Gaetana, Héroult Alexis, Del Negro Ciro	Preliminary validation of lava benchmark tests on the GPUSPH particle engine	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7870
Giannattasio Fabio, De Michelis Paola, Consolini Giuseppe, Quattrocchi Virgilio, Coco Igino, Tozzi Roberta	Characterising the electron density fluctuations in the high-latitude ionosphere at Swarm altitude in response to the geomagnetic activity	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7790
Tarchini Luca, Ranaldi Massimo, Carapezza Maria Luisa, Di Giuseppe Maria Giulia, Isaia Roberto, Lucchetti Carlo, Prinzi Ernesto, Tramparulo Francesco D'Assisi, Troiano Antonio, Vitale Stefano	Multidisciplinary studies of diffuse soil CO <sub>2</sub> flux, gas permeability, self-potential, soil temperature highlight the structural architecture of Fondi di Bata craters (Campi Flegrei caldera, Italy)	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7683
D'Angelo Giulia, Piersanti Mirko, Alfonsi Lucilla, Spoggi Luca, Coco Igino, Li Guozhu, Baiqi Ning	The response of high latitude ionosphere to the 2015 June 22 storm	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7780
Nannipieri Luca, Cacciaguerra Stefano, Mirena Santi, Locati Mario, Marietta Marco, Gucciardi Emanuele	Making Linked Data more reliable with a failover server system: a case study with seismological data at INGV	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8050
Cappello Annalisa, Ganci Gaetana, Bilotta Giuseppe, Héroult Alexis, Zago Vito, Del Negro Ciro	Satellite-driven modeling approach for monitoring lava flow hazards during the 2017 Etna eruption	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7792
Scandone Roberto, Giacomelli Lisetta	Eruptions, earthquakes and geothermal resources at Campi Flegrei and Ischia	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7661
Kolzenburg Stephan, Giordano Daniele, Di Muro Andrea, Dingwell D.	Equilibrium Viscosity and Disequilibrium Rheology of a high Magnesium Basalt from Piton De La Fournaise volcano, La Reunion, Indian Ocean, France	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7839
Kozłowska Beata, Walencik-Lata Agata, Giammanco Salvatore, Immedi Giuseppe, Catalano Roberto, Mangano Gabriella	Radioactivity content in volcanic rocks and radionuclides transfer from rocks to groundwater at Mt. Etna volcano	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7549
Hajian Halireza, Cannavò Flavio, Greco Filippo, Nunnari Giuseppe	Classification of Mount Etna (Italy) Volcanic Activity by Machine Learning Approaches	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8049
Ganci Gaetana, Cappello Annalisa, Zago Vito, Bilotta Giuseppe, Héroult Alexis, Dal Negro Ciro	3D Lava flow mapping of the 17-25 May 2016 Etna eruption using tri-stereo optical satellite data	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7875
Azzara Riccardo Mario, Girardi Maria, Padovani Cristina, Pellegrini Daniele	Experimental and numerical investigations on the seismic behaviour of the San Frediano bell tower in Lucca	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8025
Tozzi Roberta, Coco Igino, De Michelis Paola, Giannattasio Fabio	Latitudinal dependence of geomagnetically induced currents during geomagnetic storms	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7788
De Michelis Paola, Consolini Giuseppe, Tozzi Roberta, Giannattasio Fabio, Quattrocchi Virgilio, Coco Igino	Features of Magnetic Field Fluctuations in the Ionosphere at Swarm altitude	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7789
Alberti Lucia, Azzara Riccardo Mario, Clemente Paolo	Preface Special Issue: Lessons from the past: the evolution of seismic protection techniques in the history of buildings	Annals of Geophysics	10.4401/ag-8373
Harris Andrew, Chevrel Magdalena, Coppola Diego, Ramsey Michael, Hrysiwicz Alexis, Thivet Simon, Villeneuve Nicolas, Favalli Massimiliano, Peltier Aline, Kowalski Philippe, Di Muro Andréa, Froger Jean-Luc, Gurioli Lucia	Validation of an integrated satellite-data-driven response to an effusive crisis: the April–May 2018 eruption of Piton de la Fournaise	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7972
Alexandrakis George, de Vita Sandro, Di Vito Mauro	Preliminary risk assessment at Ustica based on indicators of natural and human processes	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7765
Furlani Stefano, Foresta Martin Franco	Headland or stack? Paleogeographic reconstruction of the coast at the Faraglioni Middle Bronze Age Village (Ustica Island, Italy)	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7748
Ferfitta Gioacchino, Costanza Antonio, D'Anna Giuseppe, Patané Domenico	The Earth Lab 5s (ETL3D/5s) seismic sensor. Design and test	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7857
Foresta Martin Franco, La Monica Mariangela	The Black Gold that came from the sea. A review of obsidian studies at the island of Ustica, Italy	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7686
Marra Fabrizio, Milana Giuliano, Pechioli Laura, Roselli Pamela, Cangì Giovanni, Famiani Daniela, Mercuri Alessia, Carlucci Giorgia	Historical faulting as the possible cause of earthquake damages in the ancient Roman port city of Ostia	Journal of Seismology	10.1007/s10950-019-09844-z

Materni Valerio, Giuntini Alessandra, Console Rodolfo	Earthquake location by a sparse seismic network	Journal of Seismology	10.1007/s10950-018-09812-z
Lisi Arianna, Marchetti Alessandro, Frepoli Alberto, Pagliuca Nicola Mauro, Mele Giuliana, Carapezza Maria Luisa, Caciagli Marco, Famiani Daniela, Gattuso Alessandro, Braun Thomas	Microseismicity analysis in the geothermal area of Torre Alfina, Central Italy	Journal of Seismology	10.1007/s10950-019-09865-8
Carannante Simona, D'Alema Ezio, Augliera Paolo, Franceschina Gianlorenzo	Improvement of microseismic monitoring at the gas storage concession "Minerbio Stocceglio" (Bologna, Northern Italy)	Journal of Seismology	10.1007/s10950-019-09879-2
Citton Paolo, Carluccio Roberto, Nicolosi Iacopo, Nicosia Umberto	Re-evaluation of <i>Chelichnus tazelwürmi</i> , a non mammalian therapsid-grade track from the Upper Permian Arenaria di Val Gardena	Historical Biology	10.1080/08912963.2017.1370586
Della Ventura Giancarlo, Hawthorne Frank C, Iezzi Gianluca	Synthesis and solid solution in "rubidium richterite", $Rb(NaCa)Mg_5Si_8O_{22}(OH,F)_2$	Physics and Chemistry of Minerals	10.1007/s00269-019-01037-x
Casalbore Daniele, Romagnoli Claudia, Bosman Alessandro, De Astis Gianfilippo, Lucchi Federico, Tranne Claudio Antonio, Chiocci Francesco Latino	Multi-stage formation of La Fossa Caldera (Vulcano Island, Italy) from an integrated subaerial and submarine analysis	Marine Geophysical Researches	10.1007/s11001-018-9358-3
Glimsdal S., Løvholt Finn, Harbitz C. B., Romano Fabrizio, Lorito Stefano, Orefice Simone, Brizuela Beatriz, Selva Jacopo, Hoechner A., Volpe Manuela, Babeyko Andrey, Tonini Roberto, Wronna Martin, Omira Rachid	A New Approximate Method for Quantifying Tsunami Maximum Inundation Height Probability	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02091-w
Marcucci Sandro, Milana Giuliano, Hailemichael Salomon, Carlucci Giorgia, Cara Fabrizio, Di Giulio Giuseppe, Vassallo Maurizio	The Deep Bedrock in Rome, Italy: A New Constraint Based on Passive Seismic Data Analysis	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02130-6
Scala Antonio, Lorito Stefano, Romano Fabrizio, Murphy Shane, Selva Jacopo, Basili Roberto, Babeyko Andrey, Herrero André, Hoechner Andreas, Løvholt Finn, Maesano Francesco Emanuele, Perfetti Paolo, Tiberti Mara Monica, Tonini Roberto, Volpe Manuela, Davies Gareth, Festa Gaetano, Power William, Piatanesi Alessio, Cirella Antonella	Effect of Shallow Slip Amplification Uncertainty on Probabilistic Tsunami Hazard Analysis in Subduction Zones: Use of Long-Term Balanced Stochastic Slip Models	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02260-x
Mantovani Ambra, Abu Zeid Nasser, Bignardi Samuel, Tarabusi Gabriele, Santarato Giovanni, Caputo Riccardo	Seismic Noise-Based Strategies for Emphasizing Recent Tectonic Activity and Local Site Effects: The Ferrara Arc, Northern Italy, Case Study	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02120-8
van Ede Meeke, Molinari Irene, Imperatori Walter, Kissling Edi, Baron Julie, Morelli Andrea	Hybrid Broadband Seismograms for Seismic Shaking Scenarios: An Application to the Po Plain Sedimentary Basin (Northern Italy)	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02322-0
Visini Francesco, Valentini Alessandro, Chartier Thomas, Scotti Oona, Pace Bruno	Computational Tools for Relaxing the Fault Segmentation in Probabilistic Seismic Hazard Modelling in Complex Fault Systems	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02114-6
Piscini Alessandro, Marchetti Dedalo, De Santis Angelo	Multi-Parametric Climatological Analysis Associated with Global Significant Volcanic Eruptions During 2002–2017	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-019-02147-x
Sobh Mohamed, Mansi Ahmed Hamdi, Campbell Simon, Ebbing Jörg	Regional Gravity Field Model of Egypt Based on Satellite and Terrestrial Data	Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-018-1982-y
Azzara Riccardo Mario, Girardi Maria, Iafolla Valerio Antonio, Lucchesi David M., Padovani Cristina, Pellegrini Daniele	Ambient Vibrations of Age-old Masonry Towers: Results of Long-term Dynamic Monitoring in the Historic Centre of Lucca	International Journal of Architectural Heritage	10.1080/15583058.2019.1695155
Saroli Michele, Albano Matteo, Giovinco Gaspare, Casale Anna, Dell'isola Marco, Lancia Michele, Petitta Marco	A Macroscale Hydrogeological Numerical Model of the Suio Hydrothermal System (Central Italy)	Geofluids	10.1155/2019/5485068
Gagliano Antonina Lisa, Calabrese Sergio, Daskalopoulou Kyriaki, Cabassi J., Capecciacci F., Tassi F., Bellomo Sergio, Brusca Lorenzo, Bonsignore M., Milazzo S., Giudice Gaetano, Li Vigni Lorenza, Parello F., D'Alessandro Walter	Degassing and Cycling of Mercury at Nisyros Volcano (Greece)	Geofluids	10.1155/2019/4783514
Daskalopoulou Kyriaki, Gagliano Antonina Lisa, Calabrese Sergio, Li Vigni Lorenza, Longo Manfredi, Kyriakopoulos Konstantinos,	Degassing at the Volcanic/Geothermal System of Kos (Greece): Geochemical Characterization of the Released	Geofluids	10.1155/2019/3041037

Pecoraino Giovannella, D'Alessandro Walter	Gases and CO2 Output Estimation			
Italiano Francesco, Bonfanti Pietro, Maugeri Salvatore Roberto	Evidence of Tectonic Control on the Geochemical Features of the Volatiles Vented along the Nebrodi-Peloritani Mts (Southern Apennine Chain, Italy)	Geofluids	10.1155/2019/6250393	
Romano Davide, Gattuso Alessandro, Longo Manfredi, Caruso Cinzia, Lazzaro Gianluca, Corbo Andrea, Italiano Francesco	Hazard Scenarios Related to Submarine Volcanic-Hydrothermal Activity and Advanced Monitoring Strategies: A Study Case from the Panarea Volcanic Group (Aeolian Islands, Italy)	Geofluids	10.1155/2019/8728720	
Italiano Francesco, Romano Davide, Caruso Cinzia, Longo Manfredi, Corbo Andrea, Lazzaro Gianluca	Magmatic Signature in Submarine Hydrothermal Fluids Vented Offshore Ventotene and Zannone Islands (Pontine Archipelago, Central Italy)	Geofluids	10.1155/2019/8759609	
Paternoster Michele	Boron Isotopes in the Mount Vulture Groundwaters (Southern Italy): Constraints for the Assessment of Natural and Anthropogenic Contaminant Sources	Geofluids	10.1155/2019/9107636	
Mongelli Giovanni, Argyraki Ariadne, Garcia Lorenzo Mari Luz, Shammout Maisa a Wasif, Paternoster Michele, Simeone Vincenzo	Groundwater Quality in the Mediterranean Region	Geofluids	10.1155/2019/7269304	
Lucchetti Carlo, Briganti Alessandra, Semenza Dario, Castelluccio Mauro, Galli Gianfranco, Soligo Michele, Tuccimei Paola	Testing the radon-in-water probe set-up for the measurement of radon in water bodies	Radiation Measurements	10.1016/j.radmeas.2019.106179	
Di Bella Marcella, Italiano Francesco	Radiological assessment, mineralogy and geochemistry of the heavy-mineral placers from the Calabrian coast (South Italy)	Journal of Instrumentation	10.1088/1748-0221/14/05/P05015	
Silino Marianna, Rodriguez Cortés, Francisco José, Mateu Jorge, Adeflo Giada	Spatio-temporal classification in point patterns under the presence of clutter	Environmetrics	10.1002/env.2599	
Polcari Marco, Moro Marco, Romaniello Vito, Stramondo Salvatore	Anthropogenic subsidence along railway and road infrastructures in Northern Italy highlighted by Cosmo-SkyMed satellite data	Journal of Applied Remote Sensing	10.1117/1.JRS.13.024515	
Galli Gianfranco, Cannelli Valentina, Nardi Adriano, Piersanti Antonio	Implementing soil radon detectors for long term continuous monitoring	Applied Radiation and Isotopes	10.1016/j.apradiso.2019.108813	
Regi Mauro, Bagiacchi Paolo, Di Mauro Domenico, Lepidi Stefania, Cafarella Lili	On the validation of K index values at Italian geomagnetic observatories	Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems (GI)	10.5194/gi-2019-31	
Petronio C., Di Stefano G., Kotsakis T., Salari L., Marra Fabrizio, Jicha B.R.	Biochronological framework for the late Galerian and early-middle Aurelian Mammal Ages of peninsular Italy	Geobios	10.1016/j.geobios.2019.02.002	
Ravanelli Roberta, Riguzzi Federica, Anzidei Marco, Vecchio A., Nigro L., Spagnoli Federica, Crespi Mattia	Sea level rise scenario for 2100 A.D. for the archaeological site of Motya	Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali	10.1007/s12210-019-00835-3	
Di Giulio Giuseppe, Punzo Michele, Bruno Pier Paolo, Cara Fabrizio, Rovelli Antonio	Using a vibratory source at Mt. Etna (Italy) to investigate the wavefield polarization at Pernicana Fault	Near Surface Geophysics	10.1002/nsg.12051	
Vött Andreas, Bruins Hendrik, Goodman Tchernov Beverly, De Martini Paolo Marco, Kelletat Dieter, Mastronuzzi Giuseppe, Reicherter Klaus, Røbbe Bjørn R., Scheffers Anja, Willershäuser Timo, Avramidis Pavlos, Bellanova Piero, Costa Pedro J.M., Finkler Claudia, Hadler Hanna, Koster Benjamin, Lario Javier, Reinhardt Eduard, Mathes-Schmidt Margret, Ntageretzi Konstantin	Publicity waves based on manipulated geoscientific data suggesting climatic trigger for majority of tsunami findings in the Mediterranean – Response to ‘Tsunamis in the geological record: Making waves with a cautionary tale from the Mediterranean’ by Marriner et al.	Zeitschrift für Geomorphologie	10.1127/zfg_suppl/2018/0547	
Garcia-Arztizabal Alexander, Kocot Joanna, Russo Raffaella, Gasparini Paolo	A probabilistic tool for multi-hazard risk analysis using a bow-tie approach: application to environmental risk assessments for geo-resource development projects	Acta Geophysica	10.1007/s11600-018-0201-7	
Remy Laurent, Ivanović Dragan, Theodoridou Maria, Kritsotaki Athina, Martin Paul, Bailo Daniele, Sbarra Manuela, Zhao Zhiming, Jeffery Keith	Building an integrated enhanced virtual research environment metadata catalogue	Electronic Library	10.1108/EL-09-2018-0183	

Pisciotta Antonino, Tiwari Ashwani Kumar, De Maio Marina	An integrated multivariate statistical analysis and hydrogeochemical approaches to identify the major factors governing the chemistry of water resources in a mountain region of northwest Italy	Carbonates and Evaporites	10.1007/s13146-018-0452-z
Fabbrini Alessio, Baldassini Niccolò, Caricchi Chiara, Di Stefano Agata, Dinarès Turell Jaume, Foresi Luca Maria, Lirer Fabrizio, Patricolo Simona, Sagnotti Leonardo, Winkler Aldo	Integrated Quantitative Calcareous Plankton Bio-Magnetostratigraphy of the Early Miocene from IODP Leg 342, Hole U1406A, Newfoundland Ridge, NW Atlantic Ocean	Stratigraphy and Geological Correlation	10.1134/S0869593819020023
Sottile Gianluca, Adelfio Giada	Clusters of effects in quantile regression models	Computational Statistics	10.1007/s00180-018-0817-8
Lanzano Giovanni, Sgobba Sara, Luzzi Lucia, Pacor Francesca, Puglia Rodolfo, Felicetta Chiara, D'Amico Maria	The pan-European Engineering Strong Motion (ESM) flatfile: comparison with NGA-West2 database	Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata	10.4430/bgta0293
Musacchio Gemma, Solarino Stefano	Seismic risk communication: An opportunity for prevention	Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata	10.4430/bgta0273
Valbonesi Cecilia, Amato Alessandro, Cerase Andrea	The INGV Tsunami Alert Centre: analysis of the responsibility profiles, procedures and risk communication issues	Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata	10.4430/bgta0252
Correale Alessandra, Scribano Vittorio, Paonita Antonio	A Volcanological Paradox in a Thin-Section: Large Explosive Eruptions of High-Mg Magmas Explained Through a Vein of Silicate Glass in a Serpentinized Peridotite Xenolith (Hyblean Area, Sicily)	Geosciences	10.3390/geosciences9040150
Galluzzo Danilo, Nardone Lucia, Carandente Antonio, Buonocunto Ciro, Scarpato Giovanni, Marotta Enrica, Milano Girolamo, Govoni Aladino, Moretti Milena	Le attività del gruppo operativo SISMIKO in occasione del terremoto di Ischia Mw3.9 (MD4.0) del 21 Agosto 2017	Quaderni di Geofisica	
Di Persio Manuele, Gizzi Cesidio, Sciacca Umberto, Di Mauro Domenico, Baggiacchi Paolo	Correzione alla deriva dei valori di base sui dati geomagnetici dell'osservatorio dell'Aquila, primi risultati	Quaderni di Geofisica	
Piangiamore Giovanna Lucia, Musacchio Gemma	Piovono idee! diventa progetto continuità	Rendiconti online della Società Geologica Italiana	10.3301/ROL.2019.53
Di Vito Mauro Antonio, Calcaterra Domenico, Petrosino Paola, Zanchetta Giovanni, de Vita Sandro, Marotta Enrica, Cesarano Mario, De Simone Antonio, Sansivero Fabio, Ruocco Ilaria	Landslides, volcanism and volcano-tectonics: the fragility of the Neapolitan territory. Cities on Volcanoes 10 Meeting – Napoli 2018	Geological Field Trips	10.3301/GFT.2019.01
Megna Antonella, Cimini Giovanni Battista, Marchetti Alessandro, Santini Stefano	La sismicità del Montefeltro (Appennino settentrionale, Italia centrale) nel periodo 2005-2017	Quaderni di Geofisica	
Sgrol Tiziana, Di Grazia Giuseppe, Favali Paolo	Volcanic tremor of Mt. Etna (Italy) recorded by NEMO-SN1 seafloor observatory: a new perspective on volcanic eruptions monitoring	Geosciences	10.3390/geosciences9030115
Balogzi Charles M., Liotta Marcello	Key Factors of Precipitation Stable Isotope Fractionation in Central-Eastern Africa and Central Mediterranean	Geosciences	10.3390/geosciences9080337
Bisson Marina, Spinetti Claudia, Neri Marco, Stefanelli Paolo, Basile Giuseppe, Panebianco Marinella	Mt. Etna eastern flank flooding hazard: a first evaluation based on GIS approach	Rendiconti Online della Società Geologica Italiana	10.3301/ROL.2019.40
Tamburello Giancarlo, Mouné Severine, Allard Patrick, Venugopal Swetha, Robert Vincent, Rosas-Carbajal Marina, Deroussi Sebastien, Kitou Gaëtan-Thierry, Didier Tristan, Komorowski Jean-Christophe, Beauducel Jean-Francois, DeChaballer Jean-Batiste, Le Marchand Arnaud, Le Friant Anne, Bonifacie Magalie, Dessert Celine, Moretti Roberto	Spatio-Temporal Relationships between Fumarolic Activity, Hydrothermal Fluid Circulation and Geophysical Signals at an Arc Volcano in Degassing Unrest: La Soufrière of Guadeloupe (French West Indies)	Geosciences	10.3390/geosciences9110480
Tertulliani Andrea	Storia delle scale macrosismiche. Duecento anni di osservazione degli effetti del terremoto	Quaderni di Geofisica	
Ricco Ciro, Petrosino Simona, Aquino Ida, Del Gaudio Carlo, Falanga Mariarosaria	Some Investigations on a Possible Relationship between Ground Deformation and Seismic Activity at Campi Flegrei and Ischia Volcanic Areas (Southern Italy)	Geosciences	10.3390/geosciences9050222

Pesci Arianna, Teza Giordano, Loddo Fabiana	Low cost Structure-from-Motion-based fast surveying of a rock cliff: precision and reliability assessment	Quaderni di Geofisica	
Marucci Maria Federica, Coco Igino, Masetti Stefano, Longo S, Biondi D, Simeoli E, Marchaudon Aurelie, Koustov Alexander, Pallochia Giuseppe, Consolini Giuseppe, Laurenza Monica	Dome C East radar: Preliminary analysis of echo statistics	Il Nuovo Cimento C	10.1393/hcc/2019-19046-5
Basilici Matteo, Mazzoli Stefano, Megna Antonella, Santini Stefano, Tavani Stefano	Geothermal Model of the Shallow Crustal Structure across the "Mountain Front Fault" in Western Lurestan, Zagros Thrust Belt, Iran	geosciences	10.3390/geosciences9070301
Şeşetyan Karin, Tumsa Mine, Akinci Aybige	Evaluation of The Seismic Hazard in The Marmara Region (Turkey) Based on Updated Databases	Geosciences	10.3390/geosciences9120489
Rodríguez F., Ronchini L.R., Di Rollo Stefano, De Franceschi Giorgiana, Cesaroni Claudio, Spogli Luca, Romano Vincenzo, Aquino M., Veettil S, Berrilli F., Del Moro Dario, Hutchinson M, Kalden Osman, Aragon-Angel Angela, Guyader Eric	The ionosphere prediction service	Il Nuovo Cimento C	10.1393/hcc/2019-19045-6
Giovannelli Luca, Giannattasio Fabio, Del Moro Dario, Caroli Adalia, Berrilli Francesco	Diffusion of emerging bipolar magnetic pairs in solar photosphere	Il Nuovo Cimento C	10.1393/hcc/2019-19003-4
D'Alessandro Antonino, Greco Luca, Scudero Salvatore, Sino Marianna, Vitale Giovanni, D'Anna Roberto, Di Gangi Fabio, Nicolosi Daniele, Passafiume Giuseppe, Speciale Stefano, Catania Maria, Cosenza Paolo, Foresta Martin Luigi, Patané Domenico, Martorana Raffaele, Rao Sandro, Stramondo Salvatore	Sviluppo di una stazione sismica low-cost basata su tecnologia MEMS	Quaderni di Geofisica	
Inguaggiato Salvatore, Vita Fabio, Cangemi Marianna, Calderone Lorenzo	Increasing Summit Degassing at the Stromboli Volcano and Relationships with Volcanic Activity (2016–2018)	Geosciences	10.3390/geosciences9040176
Foresta Martin Franco, Tykot Robert H	Characterization and Provenance of Archaeological Obsidian from Pirozza-Spalmatore, a Site of Neolithic Colonization on the Island of Ustica (Sicily)	Open Archaeology	10.1515/opar-2019-0002
Viavattene Giorgio, Berrilli Francesco, Consolini Giuseppe, Del Moro Dario, Giannattasio Fabio, Giovannelli Luca, Penza Valentina	Statistical behaviour of a proxy of the entropy production rate of the solar photosphere	Il Nuovo Cimento C	10.1393/hcc/2019-19008-y
Barberi Franco, Carapezza Maria Luisa, Tarchini Luca, Ranaldi Massimo, Ricci Tullio, Gattuso Alessandro	Anomalous Discharge of Endogenous Gas at Lavinio (Rome, Italy) and the Lethal Accident of 5 September 2011	GeoHealth	10.1029/2019GH000211
Piacentini Tommaso, Somma Maria Carla, Antonelli Sonia, Buccolini Marcello, Esposito Gianluca, Mancinelli Vania, Miccadei Enrico	The "Fan of the Terre Peligne": Integrated Enhancement and Valorization of the Archeological and Geological Heritage of an Inner-Mountain Area (Abruzzo, Central Apennines Italy)	Resources	10.3390/resources8020118
Calista Monia, Miccadei Enrico, Piacentini Tommaso, Soiarra Nicola	Morphostructural, Meteorological and Seismic Factors Controlling Landslides in Weak Rocks: The Case Studies of Casteinuovo and Ponzano (North East Abruzzo, Central Italy)	Geosciences	10.3390/geosciences9030122
Calista Monia, Mascioli Francesco, Menna Valeria, Miccadei Enrico, Piacentini Tommaso	Recent Geomorphological Evolution and 3D Numerical Modelling of Soft Clastic Rock Cliffs in the Mid-Western Adriatic Sea (Abruzzo, Italy)	Geosciences	10.3390/geosciences9070309
Sacchi Marco, De Natale Giuseppe, Spiess Volkhard, Steinmann Lena, Acoella Valerio, Corradino Marta, de Silva Shanaka, Fedele Alessandro, Fedele Lorenzo, Geshi Nobuo, Kilburn Christopher, Insinga Donatella, Jurado Maria-José, Molisso Flavia, Petrosino Paola, Passaro Salvatore, Pepe Fabrizio, Porfido Sabina, Scarpati Claudio, Schmincke Hans-Ulrich	A roadmap for amphibious drilling at the Campi Flegrei caldera: insights from a MagellanPlus workshop	Scientific Drilling	10.5194/sd-26-29-2019
Caccavale Mauro, Sacchi Marco, Spiga Efsio, Porfido Sabina	The 1976 Guatemala Earthquake: ESI Scale and Probabilistic/Deterministic Seismic Hazard Analysis Approaches	Geosciences	10.3390/geosciences9090403
Napolitano Ferdinando, Gervasi Anna, La Rocca Mario, Galluzzo Danilo, Guerra Ignazio, Scarpa Roberto	Seismogenic fault characterization in the Pollino area (Southern Italy)	Il Nuovo Cimento C	10.1393/hcc/2019-19231-6

Villani Giulia, Nanni Stefania, Tomel Fausto, Pasetti Stefania, Mangiaracina Rita, Agnelli Alberto, Leoni Paolo, Folegani Marco, Mazzini Gianluca, Botarelli Lucio, Castellari Sergio	The RainBO Platform for Enhancing Urban Resilience to Floods: An Efficient Tool for Planning and Emergency Phases (Italy): A Review	Climate	10.3390/ci7120145
Dichico Maria Carmela, Paternoster Michele, Rizzo Giovanna, Sinisi Rosa	Mineralogical Asbestos Assessment in the Southern Apennines (Italy): A Review	Fibers	10.3390/fib7030024
Cimini Giovanni Battista	The seismic waveform dataset of the Sardinia Passive Array Experiment (SPAe)	Data in brief	10.1016/j.dib.2019.103927
Sarnacchiaro Pasquale, Scippacercola Sergio, Malafronte Pasqualina	A statistical model for self-evaluation of teacher's satisfaction: a study in an Italian secondary school	Electronic Journal of Applied Statistical Analysis	10.1285/i20705948v12n9p637
Maceroni Deborah, Saroli Michele, Falucci Emanuela, Gori Stefano, Moro Marco, Galadini Fabrizio	Active Faults and Related Hazards: New Insights On The Central Apennine Seismotectonics And Surface Faulting Zonation	Italian Journal of Engineering Geology and Environment	10.4408/IJEGE.2019-01.S-13
Gambino Salvatore, Aloisi Marco, Di Grazia Giuseppe, Falzone Giuseppe, Ferro Angelo, Laudani Giuseppe	Ground Deformation Detected by Permanent Tiltmeters on Mt. Etna Summit: The August 23-26, 2018, Strombolian and Effusive Activity Case	International Journal of Geophysics	10.1155/2019/1909087
Sgattoni Giulia, Lucchi Federico, Einarsson Páll, Gudmundsson Olafur, De Astis Gianfilippo, Tranne Claudio Antonio	The 2011 unrest at Katla volcano: seismicity and geological context	JOKULL	10.33799/jokull2019.69.053
Ganci Gaetana, Cappello Annalisa, Bilotta Giuseppe, Corradino Claudia, Del Negro Ciro	Satellite-Based Reconstruction of the Volcanic Deposits during the December 2015 Etna Eruption	Data	10.3390/data4030120
Giordano Daniele, Gonzalez-Garcia Diego, Russell James K., Raneri Simona, Bersani Danilo, Fornasini Laura, Di Genova Danilo, Ferrando Simona, Kallwoda Melanie, Lottici Pier Paolo, Smit Matthijs, Dingwell Donald B.	A calibrated database of Raman spectra for natural silicate glasses: implications for modelling melt physical properties	Journal of Raman Spectroscopy	10.1002/jrs.5675
Brocato Paolo, Diffendale Daniel P., Di Giuliomaria Desire, Gaeta Mario, Marra Fabrizio, Terrenato Nicola	A Previously Unidentified Tuff in the Archaic Temple Podium at Sant'Omobono, Rome and its Broader Implications	Journal of Mediterranean Archaeology	10.1558/jma.39330
Giordano Daniele	Advances in The Rheology Of Natural Multiphase Silicate Melts: Importance For Magma Transport And Lava Flow Emplacement	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7859
Lomax Anthony, Michelini Alberto, Jozinovic Dario	An Investigation of Rapid Earthquake Characterization Using Single-Station Waveforms and a Convolutional Neural Network	Seismological Research Letters	10.1785/0220180311
Marra F., Costantini L., Di Buduo G.M., Florindo F., Jicha B.R., Monaco L., Palladino D. M., Sottili G.	Combined glacio-eustatic forcing and volcano-tectonic uplift: Geomorphological and geochronological constraints on the Tiber River terraces in the eastern Vulsini Volcanic District (central Italy)	Global And Planetary Change	10.1016/j.gloplacha.2019.103009
Diffendale Daniel P., Marra Fabrizio, Gaeta Mario, Terrenato Nicola	Combining geochemistry and petrography to provenance Lionato and Lapis Albanus tufts used in Roman temples at Sant'Omobono, Rome, Italy	Georarchaeology-An International Journal	10.1002/gea.21702
Savastano L., Agostinetti N. Piana	Deep structure of the Southern Apennines as imaged by active and passive seismic data along the CROP-04 (crustal) reflection seismic profile	Journal of The Geological Society	10.1144/jgs2018-201
Mansi Ahmed Hamdi, Sampietro Daniele, Reguzzoni Mirko, Rossi Lorenzo	Dipping Prism Modelling Of Subduction Plates In View Of An Improved Goce Global Moho: The Tonga Example	Annals of Geophysics	10.4401/ag-7654
Cristina Perinelli, Mario Gaeta, Barbara Bonechi, Serena Granati F., Carmela Freda, Massimo D'Antonio, Vincenzo Stagno, Stefania Scola, Claudia Romano	Effect of water on the phase relations of primitive K-basalts: Implications for high-pressure differentiation in the Phlegraean Volcanic District magmatic system	LITHOS	10.1016/j.lithos.2019.05.032
Pearlman Jay, Bushnell Mark, Coppola Laurent, Karstensen Johannes, Buttigieg Pier Luigi, Pearlman Françoise, Simpsons Pauline, Barbier Michele, Muller-Karger Frank E., Munoz-Mas Cristian, Pissierssens Peter, Chandler Cyndy, Hermes Juliet, Heslop	Evolving and Sustaining Ocean Best Practices and Standards for the Next Decade	Frontiers In Marine Science	10.3389/fmars.2019.00277

Emma, Jenkyns Reyna, Achterberg Eric P., Bensi Manuel, Bittig Henry C., Blandin Jerome, Bosch Julie, Bourlés Bernard, Bozzano Roberto, Buck Justin J.H., Burger Eugene F., Cano Daniel, Cardin Vanessa, Llorens Miguel Charcos, Cianca Andres, Chen Hua, Cusack Caroline, Delory Eric, Garello Rene, Giovanetti Gabriele, Harscoat Valerie, Hartman Susan, Heitsenrether Robert, Jirka Simon, Lara-Lopez Ana, Lanteri Nadine, Leadbetter Adam, Manzella Giuseppe, Maso Joan, McCurdy Andrea, Moussat Eric, Ntoumas Manolis, Pensieri Sara, Pethakis George, Pinardi Nadia, Pouliquen Sylvie, Przeslawski Rachel, Roden Nicholas P., Silke Joe, Tamburri Mario N., Tang Hairong, Tanhua Toste, Telszewski Maciej, Testor Pierre, Thomas Julie, Waldmann Christoph, Whoriskey Fred	Fluid storage and migration properties of sheared Neptunian dykes Geological cartography and depositional history of sedimentary bodies accumulated by Po and Reno in the Ferrara area Geological data in volcanology: Collection, organisation and applications Global Mean Climate and Main Patterns of Variability in the CMCC-CM2 Coupled Model H2O-CO2 solubility in alkali-rich mafic magmas: new experiments at mid-crustal pressures Holocene paleogeographic evolution of an ancient port city of the central Mediterranean area: Natural and anthropogenic modifications from Salerno city, southern Italy Long-range detection of acoustic vibrations by speckle tracking Mapping the susceptibility of rain-triggered lahars at Vulcano island (Italy) combining field characterization, geotechnical analysis, and numerical modelling MIS 9 to MIS 5 terraces along the Tyrrhenian Sea coast of Latium (central Italy): Assessing interplay between sea-level oscillations and tectonic activity New chronological framework (MIS 13-9) and depositional context for the lower Palaeolithic sites north-west of Rome: Revisiting the early hominin in central Italy	Marine And Petroleum Geology Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata Journal Of Volcanology And Geothermal Research Journal Of Advances In Modeling Earth Systems Contributions To Mineralogy And Petrology Georarchaeology-An International Journal Applied Optics Natural Hazards And Earth System Sciences Geomorphology Quaternary International	10.1016/j.marpetgeo.2019.01.008  10.1016/j.jvolgeores.2019.106694  10.1029/2018MS001369  10.1007/s00410-019-1592-4  10.1002/gea.21774  10.1364/AO.58.007805  10.5194/nhess-19-2421-2019  10.1016/j.geomorph.2019.106843  10.1016/j.quaint.2019.01.001
Parrino Nicolo, Agosta Fabrizio, Di Stefano Pietro, Napoli Giuseppe, Pepe Fabrizio, Renda Pietro Stefani M., Minarelli L., Pavanati A. Groppelli Gianluca, Principe Claudia, Sulpizio Roberto Cherchi A., Fogli P. G., Lovato T., Peano D., Iovino D., Gualdi S., Masina S., Scoccimarro E., Matera S., Bellucci A., Navarra A. Allison Chelsea M., Roggensack Kurt, Clarke Amanda B. Amato Vincenzo, Aiello Giuseppe, Barra Diana, Caporaso Lucia, Caruso Tonino, Giaccio Biagio, Parisi Roberta, Rossi Amedeo Bianchi S., Giacomozzi E. Baumann Valerie, Bonadonna Costanza, Cuomo Sabatino, Moscarello Mariagiovanna, Biass Sebastien, Pistolesi Marco, Gattuso Alessandro Tolomei Cristiano, Ceruleo Piero, Florindo Fabio, Gatta Maurizio, La Rosa Michelangelo, Rolfo Mario F. Ceruleo Piero, Rolfo Mario Federico, Marra Fabrizio, Petronio Carmelo, Salari Leonardo, Gatta Maurizio Aguzzi Jacopo, Chatziveangelou Damianos, Marin Simone, Fanelli Emanuela, Danovaro Roberto, Floegel Sascha, Lebris Nadine, Juanes Francis, De Leo Fabio C., Del Rio Joaquin, Thomsen Laurenz, Costa Corrado, Riccobene Giorgio, Tamburini Cristian, Lefevre Dominique, Gojak Carl, Poulain Pierre-Marie, Favali Paolo, Griffa Annalisa, Purser Autun, Cline Danelle, Edgington Duane, Navarro Joan, Stefanni Sergio, D'Hondt Steve, Priede Imants G., Rountree Rodney, Company Joan B.	New High-Tech Flexible Networks for the Monitoring of Deep-Sea Ecosystems Numerical software analysis and identification of elements to which automatic parallelization techniques can be applied and related validation, within the framework of landslide risk prediction models	Environmental Science & Technology Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata	10.1021/acs.est.9b00409
Blotta G., Calanna S.D., Del Negro C., Fornaia A., Pappalardo G., Scaffiti S., Torrisi R., Tramontana E.			

Bilotta G., Del Negro C., Pappalardo G., Russo G., Tramonitana E.	Physical-mathematical approaches and high-performance computing technologies for the estimation of the dangerousness of landslide phenomena	Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata	
Bianchi Irene, Bokelmann Goetz	Probing crustal anisotropy by receiver functions at the deep continental drilling site KTB in Southern Germany	Geophysical Prospecting	10.1111/1365-2478.12883
Scribano Vittorio, Simakov Sergei K., Finocchiaro Claudio, Correale Alessandra, Scire Salvatore	Pyrite and Organic Compounds Coexisting in Intrusive Mafic Xenoliths (Hyblean Plateau, Sicily): Implications for Subsurface Biogenesis	Origins Of Life And Evolution Of Biospheres	10.1007/s11084-019-09581-w
Stefani M., Minarelli L.	Relationship between depositional history, urban growth and environmental risks in the city of Ferrara	Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata	
Kanduc Tjasa, Slejkovec Zdenka, Vreca Polona, Samarždžija Zoran, Verbovsek Timotej, Bozic Darian, Jamnikar Sergej, Solomon D. Kip, Fernandez Diego P., Eastoe Christopher, McIntosh Jennifer, Mori Natasa, Grassa Fausto	The effect of geochemical processes on groundwater in the Velenje coal basin, Slovenia: insights from mineralogy, trace elements and isotopes signatures	Sn Applied Sciences	10.1007/s42452-019-1561-6
Flahaut Jessica, Bishop Janice L., Silvestro Simone, Tedesco Dario, Daniel Isabelle, Loizeau Damien	The Italian Solfataria as an analog for Mars fumarolic alteration	American Mineralogist	10.2138/am-2019-6899
Dellino Pierfrancesco, Dioguardi Fabio, Doronzo Domenico M., Mele Daniela	The rate of sedimentation from turbulent suspension: An experimental model with application to pyroclastic density currents and discussion on the grain-size dependence of flow runoff	Sedimentology	10.1111/sed.12485
Stefani M., Minarelli L., Pavanati A.	The upper Quaternary in the Ferrara subsoil: penetrofacies and depositional architecture	Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata	



## Altri prodotti

Autori	Titolo	Rivista	DOI
Scalera Giancarlo	Effects of choosing a cartographic projection on variable radius paleogeographic reconstructions	None	
Corradino Claudia, Ganci Gaetana, Bilotta Giuseppe, Cappello Annalisa, Buscarino Arturo, Del Negro Ciro, Fortuna Luigi	Improving cloud detection with imperfect satellite images using an artificial neural network approach	IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics	10.1109/SMC.2019.8914547
Martinelli Francesco, Meletti Carlo	L'applicazione web AutoRate per ideclustering, la stima di completizzati un catalogo e di tassi di sismicità	Rapporti Tecnici INGV	
Marcucci Nicola Mario, D'Anca Alessandro, Monna Stephen, Fiore Sandro	A procedure to import seismological data into the Ophidia big data analytics framework	Rapporti Tecnici INGV	
Merlino Silvia, Locritani Marina, Mioni Erika, Vignali Luca	Towards a Greater Integration of Marine Science into School Curricula: Shortening the Distance between Students and Ocean Challenges	The Journal of Ocean Technology	
Scarfi Luciano, Barberi Graziella	New insights on the tectonic structure of the Southern Central Andes – Western Argentina – from seismic tomography	Geology, Earth and Marine Sciences	
Musacchio Gemma, Marino Salvatore, Scandolo Lorenzo, Solarino Stefano, De Lucia Maddalena, Eva Elena, Meroni Fabrizio	Guida per "Terremoti: attenti agli elementi! - Dettagli che salvano la vita"	N/A	N/A
Gutscher Marc-Andre, Royer Jean-Yves, Graindorge David, Murphy Shane, Klingelhofer Frauke, Aiken Chastity, Cattaneo Antonio, Barreca Giovanni, Quétel Lionel, Riccobene Giorgio, Petersen Florian, Uriaub Morelia, Krastel Sebastian, Gross Felix, Kopp Heidrun, Margheriti Lucia, Beranzoli Laura	Fiber optic monitoring of active faults at the seafloor: I the FOCUS project	Photoniques	10.1051/photon/2019S432
Falanga Mariarosaria, De Lauro Enza, Petrosino Simona, De Martino Salvatore	Interaction between seismicity and deformation on different time scales in volcanic areas: Campi Flegrei and Stromboli	Advances in Geosciences	10.5194/adgeo-52-1-2019
Scalera Giancarlo	Effetti della scelta della proiezione cartografica su ricostruzioni paleogeografiche a raggio variabile	None	
D'Alessandro Antonino, Costanzo Antonio, Ladina Chiara, Buongiorno Maria Fabrizia, Cattaneo Marco, Falcone Sergio, La Piana Carmelo, Marzorati Simone, Scudero Salvatore, Vitale Giovanni, Stramondo Salvatore, Doglioni Carlo	Urban Seismic Networks, Structural Health and Cultural Heritage Monitoring: The National Earthquakes Observatory (INGV, Italy) Experience	Frontiers in Built Environment	10.3389/fbuil.2019.00127
Pondrelli Silvia, Nostro Concetta, Moretti Milena	Emergenza sismica nel centro Italia (2016-2017): le attività del Centro Operativo Emergenza Sismica (COES) e prospettive future	Rapporti Tecnici INGV	
Borriello Giuseppe, Maiello Anna	Il programma autoparco dell'INGV Osservatorio Vesuviano: un esempio di sviluppo rapido di applicazioni a basso costo	Rapporti Tecnici INGV	
Voltattomi Nunzia	Il radon e la radioattività ambientale: risultati del progetto di Alternanza Scuola-Lavoro "Misure dell'attività del gas radon nei suoli e nelle acque nel territorio di Cerveteri (Roma, Italia centrale)"	Miscellanea INGV	
Selva Jacopo, Aocella Valerio, Bisson Marina, Caliro Stefano, Costa Antonio, Della Seta M., De Martino Prospero, de Vita Sandro, Federico Cinzia, Giordano G., Martino S., Cardaci C.	Multiple natural hazards at volcanic islands: a review for the Ischia volcano (Italy)	Journal of Applied Volcanology	10.1186/s13617-019-0086-4
Di Luccio Francesca, Persaud Patricia, Cucci Luigi, Esposito Alessandra, Ventura Guido, Clayton Robert	Seismic Sensors Probe Lipari's Underground Plumbing	Eos	10.1029/2019EO125333
Aullinas M., Dominguez D., Rodriguez-González A., Carmona H., Fernandez-Turiel J.L., Perez-Torrado F. J., Carracedo J.C., Arienzo Ilenia, D'Antonio M.	The Holocene volcanism at El Hierro: insights from petrology and geochemistry	GEOGACETA	

Pallister John, Papale Paolo, Eichelberger John, Newhall Chris, Mandeville Charles, Nakada Setsuya, Marzocchi Warner, Loughlin Susan, Jolly Gill, Ewert John, Selva Jacopo	Volcano observatory best practices (VOBP) workshops - a summary of findings and best-practice recommendations	Journal of Applied Volcanology	10.1186/s13617-019-0082-8
Frenda Antonio, Scippacercola Sergio	Statistical Approaches to Estimate Sectoral Economic Aggregates	African Journal of Applied Statistics	10.16929/ajias/447.224
Scippacercola Sergio, Petrillo Zaccaria, Mangiacapra Annarita, Caliro Stefano	Multivariate approach to evaluate the relationship among geophysical and geochemical variables during an unrest period at Campi Flegrei caldera (Italy)	Quality & Quantity	10.1007/s11135-018-0769-7
Sacchi Marco, Caccavale Mauro, Corradino Marta, Esposito Giuseppe, Ferranti Luigi, Hámori Zoltán, Horváth Ferenc, Insinga Donatella, Marino Camilla, Matano Fabio, Molisso Flavia, Natale Jacopo, Passaro Salvatore, Pepe Fabrizio, Tóth Tamás	The use and beauty of ultra-high-resolution seismic reflection imaging in Late Quaternary marine volcanoclastic settings, Napoli Bay, Italy	Földtani Közlekedés	10.23928/foldt.kozl.2019.149.4.37 1

# Sezioni

OSSERVATORIO NAZIONALE TERREMOTI

SEZIONE DI ROMA1

SEZIONE DI ROMA2

AMMINISTRAZIONE CENTRALE

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

Tel.: +39 06518601 / Fax: +39 065041181

SEZIONE DI BOLOGNA

Via Donato Creti, 12 - 40128 Bologna

Tel.: +39 0514151411 / Fax: +39 0514151498

SEZIONE DI CATANIA - Osservatorio Etneo

Piazza Roma, 2 - 95123 Catania

Tel.: +39 0957165800 / Fax: +39 095435801

SEZIONE DI MILANO

Via Alfonso Corti, 12 - 20133 Milano

Tel.: +39 0223699280 / Fax: +39 0223699458

SEZIONE DI NAPOLI - Osservatorio Vesuviano

Via Diocleziano, 328 - 80124 Napoli

Tel.: +39 0816108483 / Fax: +39 0816100811

SEZIONE DI PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153 - 90146 Palermo

Tel.: +39 0916809400 / Fax: +39 0916809449

SEZIONE DI PISA

Via Cesare Battisti, 53 - 56125 Pisa

Tel.: +39 0508311927 / Fax: +39 0508311942



ISTITUTO NAZIONALE  
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

