



Delibera n. 254

30 novembre 2020

Allegato AG al Verbale n. 09/2020

Oggetto: Partecipazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) - Progetto Drilling the Ivrea-Verbanese zone (DIVE).

### IL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

VISTO il Decreto legislativo 29 settembre 1999, n. 381, concernente la costituzione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);

VISTO il Decreto Leg.vo 25/11/2016, n. 218, concernente "Semplificazione delle attività degli Enti Pubblici di Ricerca ai sensi dell'art. 13 della Legge 7/08/2015, n. 124";

VISTO lo Statuto dell'INGV, approvato con Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 114/2020 del 19 giugno 2020, emanato con Decreto del Presidente n. 78/2020 del 27/10/2020, pubblicato sul Sito WEB istituzionale - Avviso di emanazione di cui al Comunicato su Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (Serie generale - n. 264 del 24 ottobre 2020);

VISTO il Regolamento di Organizzazione e Funzionamento dell'INGV, emanato con Decreto del Presidente n. 36/2020 del 22/04/2020, pubblicato sul Sito WEB istituzionale;

VISTO il Regolamento del Personale emanato con Decreto del Presidente n. 118/2018 del 14/5/2018, pubblicato sul Sito WEB istituzionale;

VISTO il Regolamento di Amministrazione, Contabilità e Finanza, adottato con Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 145/2020 del 22 luglio 2020, ed emanato con Decreto del Presidente n. 75/2020 del 21 ottobre 2020;

CONSIDERATO che DIVE è un progetto ICDP (International Continental Drilling Project) recentemente finanziato (ottobre 2020, 40% dei costi previsti) che dovrebbe svolgersi negli anni 2021-2023. Proponenti principali sono: Othmar Müntener (Uni Lausanne), Mattia Pistone (Uni Georgia), Luca Ziberna (Uni Trieste), György Hetényi (Uni Lausanne), Andrew Greenwood (Montanuniversität Leoben), Alberto Zanetti (Uni Pavia/CNR Pavia);

CONSIDERATO che il predetto progetto, il cui target è nel settore italiano delle Alpi, ha una caratura internazionale e promette di avere un notevole impatto nell'ambito delle Scienze della Terra;

CONSIDERATO che esso prevede la perforazione della formazione geologica dell'Ivrea Verbanese, che ha la singolarità di racchiudere l'intera sequenza geologica rappresentativa della crosta continentale inferiore e della transizione al mantello e, in quanto tale, si annovera tra le più studiate a scala globale;



RITENUTO che, in particolare, nella predetta area la Moho è molto superficiale, risultando come il caso più favorevole al mondo di possibile campionamento e studio;

VISTA la relazione a sostegno della partecipazione dell'INGV al progetto DIVE (Drilling the Ivrea-Verbano zone) diretto della Moho continentale;

RITENUTO che, per il progetto in questione, si chiede all'INGV di contribuire alle attività di ricerca di seguito proposte nelle fasi pre, durante e post-perforazione, in termini di personale, strutture e fondi a sostegno di esse;

TENUTO CONTO che i contributi finanziari relativi al Progetto DIVE saranno condizionati alla verifica delle necessarie coperture finanziarie da accertarsi in sede di approvazione del Rendiconto Generale dell'INGV, sentiti i Direttori di Dipartimento;

su proposta del Presidente,

DELIBERA

ART. 1

La Partecipazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) al Progetto Drilling the Ivrea-Verbano zone (DIVE), come da relazione che si allega alla presente e ne costituisce parte integrante e sostanziale (All.1).

Firmato il 30/12/2020

Depositato presso la Segreteria del Consiglio in data 30/12/2020

La segretaria verbalizzante  
(Dott.ssa Maria Valeria INTINI)

IL PRESIDENTE  
(Prof. Carlo DOGLIONI)

# ***Relazione a sostegno della partecipazione dell'INGV al progetto DIVE (Drilling the Ivrea-Verbano zone)***

DIVE è un progetto ICDP (International Continental Drilling Project) recentemente finanziato (ottobre 2020, 40% dei costi previsti) che dovrebbe svolgersi negli anni 2021-2023. Proponenti principali sono: Othmar Müntener (Uni Lausanne), Mattia Pistone (Uni Georgia), Luca Ziberna (Uni Trieste), György Hetényi (Uni Lausanne), Andrew Greenwood (Montanuniversität Leoben), Alberto Zanetti (Uni Pavia/CNR Pavia).

Questo progetto, il cui target è nel settore italiano delle Alpi, ha una caratura internazionale e promette di avere un notevole impatto nell'ambito delle Scienze della Terra. Esso prevede la perforazione della formazione geologica dell'Ivrea Verbano, che ha la singolarità di racchiudere l'intera sequenza geologica rappresentativa della crosta continentale inferiore e della transizione al mantello e, in quanto tale, si annovera tra le più studiate a scala globale. In particolare in quest'area la Moho è molto superficiale, risultando come il caso più favorevole al mondo di possibile campionamento e studio diretto della Moho continentale.

L'obiettivo del progetto in sintesi è di campionare e studiare una sezione crostale che comunemente si trova tra i 15 e 30 km di profondità, mentre nell'Ivrea-Verbano risulta estremamente superficiale e quindi raggiungibile mediante perforazione. In particolare il progetto DIVE prevede la perforazione di 2 pozzi (ciascuno di essi raggiungerà la lunghezza di 1 km) in Val d'Ossola, che porteranno alla luce, e alla disponibilità dei ricercatori, campioni relativi alla sequenza completa della crosta inferiore sui quali saranno effettuati studi multidisciplinari. Successivamente - a valle di un ulteriore proposal - il progetto si propone di raggiungere la transizione crosta mantello, la Moho, con una terza perforazione in Val Sesia che raggiungerà i 3 km circa di profondità.

Per il progetto in questione si chiede all'INGV di contribuire alle attività di ricerca di seguito proposte nelle fasi pre, durante e post-perforazione, in termini di personale, strutture e fondi a sostegno di esse (v. Tabella allegata).

## ***Attività proposte***

All'interno dell'INGV sono già emerse, tramite un sondaggio preliminare volto a tutto il personale ricercatore/tecnologo, alcune proposte di attività che verrebbero svolte in fasi diverse in funzione dei tempi di perforazione. Ci saranno infatti attività che richiedono supporto e attivazione prima che le trivellazioni vengano effettuate, altre che hanno invece ragion d'essere durante e dopo le perforazioni. Qui di seguito un elenco che risulta ordinato in funzione della tempistica suddetta.

1. Pre-perforazione
  - 1.1. Monitoraggio sismico delle perforazioni (INGV leader, in coll. con Uni. di Lausanne, CH);
  - 1.2. Analisi delle proprietà magnetiche delle litologie esposte della formazione dell'Ivrea-Verbano.
  
2. Sin e post perforazione
  - 2.1. Studio dei volatili presenti nelle paragenesi dei prodotti estratti;
  - 2.2. Caratterizzazione mineralogica, petrologica e chimica di campioni litoidi e caratterizzazione isotopica (Sr, Nd, Li) di campioni litoidi ed eventuali acque circolanti;

- 2.3. Analisi delle proprietà magnetiche delle rocce estratte;
- 2.4. Studio del campo di stress attivo lungo il pozzo con analisi dei log;
- 2.5. Analisi del log sonico per caratterizzare le rocce attraversate dal pozzo tramite le velocità Vp e Vs e le densità stimate;
- 2.6. Misure radiometriche dei campioni estratti;
- 2.7. Strumentare i pozzi durante la trivellazione con fibra ottica.

### 3. Post-perforazione

- 3.1. Strumentare i pozzi dopo la trivellazione con strumenti finalizzati alla raccolta di dati geofisici (sismometri ad es.).

#### **1.1 Monitoraggio sismico delle perforazioni (Pondrelli S., Danesi S., Salimbeni S., Molinari I.)**

Il monitoraggio ha la finalità di registrare eventuali variazioni nella sismicità locale durante le perforazioni, ma anche di usare le vibrazioni della perforazione stessa come sorgente per studi di struttura superficiale (*logging while drilling*). Infine il monitoraggio avrà la funzione di garantire trasparenza e comunicazione nei confronti della popolazione locale rispetto al progetto. Si prevede l'installazione di una rete temporanea ad hoc, in collaborazione con il gruppo del co-PI György Hetényi (Un. Lausanne, CH), costituita da almeno una decina di stazioni sismometriche, dislocate attorno ai due siti individuati per le perforazioni (Ornavasso e Megolo, Val d'Ossola).

Per quanto riguarda le infrastrutture disponibili per questa attività la situazione è la seguente:

Stazioni: un paio di BB sono messe a disposizione dall'Un. Lausanne, le altre si stanno cercando all'INGV, mediante richiesta a CoReMo, ESTIMO e laboratori che hanno strumentazione che potrebbe essere prestata per un periodo di 18-24 mesi nel periodo maggio 2021- maggio 2023. Serviranno alcune migliaia di euro per: 1) assicurare che i dati siano telemetrati (modem, contratti telefonici); 2) materiale edile per l'installazione; 3) batterie; 4) missioni per sopralluoghi, installare e disinstallare.

Processamento: si prevede di organizzare l'elaborazione dei dati, in quasi real-time, usando SeiscomP. Per assicurare questo servizio avremo bisogno di alcune migliaia di euro per assicurarci lo spazio per lo storage dei dati e un'unità di personale che si occupi della calibrazione della rete affinché il resto del monitoraggio sia fattibile in modo semi-automatico.

I fondi necessari sono circa 15k euro per la logistica delle stazioni e almeno 35k euro per processamento (inclusivo di una borsa di studio/assegno).

#### **1.2 Analisi delle proprietà magnetiche delle litologie esposte della formazione dell'Ivrea-Verbano (Gruppo Deep Crust Magnetism (DCM): Fabio Speranza, Gaia Siravo, Chiara Caricchi, Liliana Minelli, Leonardo Sagnotti, Aldo Winkler)**

Quest'attività prevede l'analisi delle proprietà magnetiche (magnetizzazione naturale ed isoterma, suscettività magnetica, spettro di coercività e di temperature di blocco, etc) delle litologie affioranti esposte della formazione Ivrea-Verbano, con l'intento di porle a confronto con le analisi effettuate successivamente sui campioni estratti (v. punto 2.3).

Le infrastrutture disponibili sono: il Laboratorio di paleomagnetismo dell'INGV di Roma, equipaggiato di stanza schermata dal campo esterno, e (come soli strumenti principali) di due magnetometri criogenici 2G, KLY bridges muniti di fornace CS3 per la misura dell'anisotropia magnetica, Princeton MC Micromag VSM per la misura delle proprietà magnetiche. Valore della strumentazione ca. 2 M€

Le risorse richieste sono: 10.000 euro per missioni per il campionamento delle litologie affioranti nella zona dell'Ivrea Verbano nel 2021-2022.

## **2.1 Studio dei volatili presenti nelle paragenesi dei prodotti estratti da perforazioni (A. Paonita, A. Correale, F. Grassa)**

L'obiettivo riguarda la caratterizzazione delle sorgenti mantellica, dei processi alla transizione crosta-mantello ed in crosta profonda, e la genesi dei fluidi circolanti tramite l'utilizzo di traccianti geochimici. Quest'attività prevede l'estrazione di gas intrappolati o disciolti in matrici solide (bulk extraction di gas tramite tecniche di crushing o fusione) e analisi dell'abbondanza elementare ed isotopica di gas nobili (He, Ne, Ar) e carbonio (facilities INGV-Palermo).

Si aggiunge anche lo studio della distribuzione di elementi in traccia in matrici cristalline e in inclusioni di fuso tramite tecnica LA-ICPMS (facilities INGV-Palermo).

In caso di pozzo produttivo, si propone lo studio geochimico-isotopico dei fluidi associati (composizione chimica isotopica). Tali dati hanno grande rilevanza nello studio della sorgente mantellica e come traccianti di processi alla transizione crosta-mantello ed in crosta profonda.

Sono disponibili le seguenti infrastrutture:

il Laboratorio per analisi di abbondanze elementari ed isotopiche di gas nobili e CO<sub>2</sub> in inclusioni fluide; il Laboratorio per analisi LA-ICPMS di elementi in traccia in rocce, cristalli ed inclusioni di fuso; il Laboratorio per analisi chimica ed isotopica (gas nobili, C, H, O) di fluidi liberi.

Le risorse necessarie sono:

Costi per analisi isotopiche di gas nobili in 20 campioni: 7.000 euro; analisi isotopiche CO<sub>2</sub> in 20 campioni: 6.000 euro; analisi LAICPMS in rocce, cristalli ed inclusioni (se presenti): 5.000 euro; Costi preparazione campioni: 2.000 euro. Costi totali stimati: 20.000 euro.

In caso di fluidi liberi, circa 10.000 euro per analisi chimica ed isotopica (in base al numero di campioni prelevati). I costi sono intesi in collaborazione scientifica. Necessaria una borsa di studio/ assegno di ricerca.

## **2.2 Caratterizzazione mineralogica, petrologica e geochimica dei campioni litoidi e caratterizzazione isotopica (Sr, Nd, Li) di campioni litoidi e delle acque (Gruppo INGV-OV: Ilenia Arienzo, Monica Piochi, Angela Mormone)**

L'obiettivo di quest'attività è determinare le caratteristiche mineralogiche, petrologiche e geochimiche di campioni litoidi rappresentativi della transizione crosta continentale-mantello e le caratteristiche isotopiche degli stessi e delle eventuali acque circolanti nel caso di pozzo produttivo (attività quest'ultima da effettuarsi in coordinazione con il gruppo di Palermo 2.1).

Le attività previste sono le seguenti: 1. osservazione di frazioni raccolte (cutting) e di materiali carotati durante le attività di perforazione mediante l'utilizzo dello stereo-microscopio e del microscopio polarizzatore, per una preliminare caratterizzazione mineralogica e tessiturale delle litologie attraversate e la selezione dei campioni da sottoporre al dettaglio analitico; 2. Analisi diffrattometrica a Raggi X (XRD), per definire qualitativamente e quantitativamente l'assemblaggio mineralogico primario, secondario e per effettuare una valutazione del contenuto in amorfo; 3. caratterizzazione morfoscopica, tessiturale, strutturale e chimica su grani e/o sezioni sottili di porzioni selezionate via Microscopia Elettronica a Scansione di elettroni retrodiffusi e Spettrometria in Dispersione di Energia (BSEM-EDS); 4. indagini qualitative dei gruppi funzionali via Spettroscopia all'infrarosso (FT-IR) per la possibile individuazione di fasi organiche e inorganiche in un set adeguato di campioni litoidi, e, ove possibile, con valutazione dei contenuti in CO<sub>2</sub> ed H<sub>2</sub>O in matrici

vetrose (quest'ultima attività da effettuarsi in coordinazione con il gruppo di Palermo, 2.1); Analisi isotopiche (Sr, Nd e Li) dei prodotti campionati e studiati ai punti 1, 2, 3, 4 sopra riportati; Analisi isotopiche (Sr e Li) delle acque eventualmente campionate.

Le infrastrutture disponibili presso la sezione di Napoli sono: il Laboratorio di preparazione campioni; il Laboratorio di microscopia ottica; il Laboratorio XRD; il Laboratorio BSEM-EDS; il Laboratorio FT-IR; il Laboratorio di spettrometria di massa, con spettrometro a ionizzazione termica della ThermoFisher scientific, per l'analisi delle composizioni isotopiche (Sr, Nd, Li) di rocce, minerali e acque; il Laboratorio di chimica fine per la dissoluzione dei campioni e separazione cromatografica degli elementi di interesse.

Le risorse richieste sono: costi di manutenzione straordinaria della strumentazione (solo se necessaria) 30.000 euro, costi per realizzazione di sezioni sottili 4.000 euro, consumabili 2.000 euro, necessari due assegni/borse di ricerca per la durata del progetto (96.000 o 64000 euro). Totale 142-110 keuro.

### **2.3 Analisi proprietà magnetiche delle rocce estratte (Gruppo Deep Crust Magnetism (DCM): Fabio Speranza, Gaia Siravo, Chiara Caricchi, Liliana Minelli, Leonardo Sagnotti, Aldo Winkler)**

Quest'attività prevede l'analisi delle proprietà magnetiche (magnetizzazione naturale ed isoterma, suscettività magnetica, spettro di coercività e di temperature di blocco, etc) delle rocce per vincolare a) le condizioni termobarometriche esistenti, b) i processi di alterazione, c) il magnetismo della crosta inferiore nei suoi vari litotipi e del mantello superiore, al fine di contribuire al dibattito sull'origine del magnetismo crostale e delle intense anomalie magnetiche misurate in aree cratoniche, d) contribuire alla caratterizzazione dell'origine delle anomalie magnetiche delle catene montuose. Sarà anche misurata l'anisotropia magnetica dei campioni per contribuire alla definizione dell'assetto strutturale e dello strain della crosta inferiore nel margine NW di Adria.

Le infrastrutture disponibili sono le medesime descritte al punto 1.2. Le risorse richieste sono: 5.000 euro di materiale di consumo. Un assegno di ricerca biennale post-dottorale (55.000 euro) per il 2022-2023 per affrontare lo studio dettagliato delle proprietà magnetiche dei campioni prelevati in affioramento ed in pozzo e valutare le implicazioni sulla modellazione delle anomalie magnetiche continentali usando le proprietà misurate. 15.000 euro per missioni di campionamento nel sito europeo di stoccaggio campioni di pozzo e meeting di progetto. Totale budget richiesto per tre anni (2021-2023): 75.000 euro

### **2.4 Studio del campo di stress attivo (Mariucci M.T.)**

Si propone di effettuare lo studio del campo di stress attivo tramite l'analisi dei log in foro (borehole televiewer, caliper, sonico) e delle prove di leak-off e/o fratturazione idraulica. Si intende anche effettuare la valutazione della possibile variazione del campo di stress regionale legata a fattori locali, quali la presenza di fratture e/o faglie importanti e la verifica dell'influenza del corpo di Ivrea sul campo di stress attivo e le relative implicazioni. Verrà effettuato il confronto tra il campo di stress attivo e quello ricavato dalle analisi strutturali delle carote e/o delle immagini del foro.

### **2.5 Analisi del log sonico per caratterizzare le rocce attraversate dal pozzo (Mariucci M.T.)**

Si propone l'analisi dettagliata del log sonico, anche in relazione ad altri log, per caratterizzare le rocce attraversate dal pozzo tramite le velocità  $V_p$  e  $V_s$  misurate in situ e le densità stimate. Si effettuerà il confronto con i valori ottenuti con altre metodologie (per es. dall'analisi dei dati registrati

dal monitoraggio, 1.1), sia per una valutazione più attendibile di tali parametri sia per indagare le cause di eventuali differenze.

Le risorse richieste per i punti 2.4 e 2.5 sono di 10.000€ per acquisto software, per missioni e per pubblicazioni e 30.000 euro per i log.

## **2.6 Misure radiometriche dei campioni** (*Laboratori di spettrometria gamma*, Chiappini et al.)

Quest'attività prevede di effettuare le misure radiometriche dei campioni estratti dal drilling per studiarne le proprietà fisiche dal punto di vista dei radionuclidi naturali U, Th e K e permetterne una caratterizzazione fisica completa se associate alle misure condotte da altri gruppi.

Le risorse disponibili sono il laboratorio di spettrometria gamma e i rivelatori gamma in alta risoluzione HPGe. Per procedere è necessario solo materiale di consumo di laboratorio per circa 5000 euro.

## **2.7 e 3.1 Strumentare i pozzi durante e post trivellazione con fibra ottica e altri sensori** (Pondrelli et al.)

Si propone di strumentare i pozzi durante e dopo la trivellazione, per far diventare gli stessi un osservatorio geofisico attivo all'Interno della Terra. Visto l'ambizioso obiettivo del progetto e la posizione del target, in un'area poco strumentata, sarebbe opportuno cogliere l'occasione per sostenere importanti scelte infrastrutturali e di avanzamento tecnologico. Queste attività potrebbero essere condivise e progettate insieme ai colleghi stranieri partner nel progetto.

La prima è quella di stendere la fibra ottica lungo i pozzi. Questa attività va programmata in largo anticipo, contrattando con la ditta che perfora, affinché sia possibile inserire la fibra nella camicia delle perforazioni. La seconda è quella di prevedere l'acquisto di uno o più sensori sismometrici che, dopo la fine delle perforazioni, possano essere installati in profondità nei pozzi, . Non si escluda di inserire nei pozzi anche degli strain meter.

Per quanto riguarda le risorse necessarie, occorre prevedere l'acquisto di fibra ottica atta allo scopo, i costi di installazione, l'acquisto di strumenti in grado di "parlare" con la fibra ottica, acquisto di sismometri e altri sensori *posthole*. Per a sola progettazione di questa parte necessitano almeno 100 keuro.

## Tabella Budget

	<b>TOTALE (keuro)</b>	<b>di cui Missioni</b>	<b>di cui Acquisti/ Spese</b>	<b>di cui Borse/ Assegni</b>
<b>1.1</b>	50	15		1 borsa/assegno
<b>1.2</b>	10	10		
<b>2.1</b>	50			1 borsa
<b>2.2</b>	142-110			2 assegno/borsa 2yr
<b>2.3</b>	75	15		1 ass 2 yr
<b>2.4 e 2.5</b>	40			
<b>2.6</b>	5			
<b>2.7 e 3.1</b>	100			
<b>TOTALE presunto per le attività dichiarate</b>	451			