



CODICE POSIZIONE
POSITION CODE

AzD05_SCVSA_BALS

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE, DELLA VITA E DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, LIFE SCIENCES AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

INQUADRAMENTO SCIENTIFICO / SCIENTIFIC FRAMEWORK

Titolo del progetto di ricerca / Title of the research project

Analisi e modellizzazione dei sistemi di fratture associati a zone di faglia
Analysis and modelling of fault-related fracture systems

Descrizione del progetto di ricerca / Description of the research project

I network di fratture associati a zone di faglia rappresentano elementi chiave nel controllo della permeabilità e della migrazione dei geo-fluidi nel sottosuolo. Tuttavia, nonostante i numerosi studi condotti sui sistemi fratturati naturali, la traduzione delle osservazioni geologiche in parametri quantitativi utilizzabili nei modelli di flusso rimane una delle principali criticità nello studio dei reservoir fratturati. In particolare, la mancanza di vincoli diretti sulla geometria tridimensionale e sulla connettività delle fratture rappresenta una fonte significativa di incertezza nelle previsioni di permeabilità. Inoltre, la previsione dei percorsi di fluido nel sottosuolo è spesso limitata dall'uso di dati indiretti, quali dati sismici 2D o 3D o informazioni puntuali 1D provenienti dai pozzi, che non consentono una descrizione dettagliata delle geometrie e della connettività dei network di fratture. In questo contesto, lo studio di analoghi di terreno a scala del giacimento costituisce uno strumento fondamentale per (1) comprendere l'architettura delle zone di faglia e dei network di fratture ad esse associati, e (2) per migliorare modelli predittivi della permeabilità nei reservoir fratturati.

Il progetto si pone l'obiettivo di sviluppare un approccio multiscala per la caratterizzazione quantitativa dei network di fratture e delle zone di faglia in differenti contesti strutturali e litologici, con particolare attenzione alle implicazioni per la circolazione dei fluidi in reservoir naturali. Obiettivo del programma di ricerca è quello di analizzare statisticamente gli attributi delle fratture acquisiti integrando analisi effettuate sul terreno con analisi di modelli digitali di affioramento (Digital Outcrop Models, DOM), al fine di descrivere l'evoluzione geometrica, spaziale e la connettività dei network di fratture. Tali studi verranno effettuati in aree di studio selezionate dove sono presenti affioramenti continui sul territorio nazionale e nell'area Mediterranea.

Le attività di ricerca comprenderanno: i) l'inquadramento geologico-strutturale regionale delle aree di studio; ii) la caratterizzazione dell'architettura delle zone di faglia a scala di affioramento, includendo analisi cinematiche e la definizione delle dimensioni dei domini strutturali (nucleo, zona di danneggiamento); iii) l'analisi statistica con linguaggio Python e Matlab della deformazione fragile indotta dalle faglie; iv) lo studio delle relazioni di cross-cutting tra le diverse generazioni di fratture; v) il calcolo della densità e dell'intensità di fratturazione secondo la classificazione Pxy; vi) analisi topologica dei network di fratture, basata su nodi e rami, e il calcolo di parametri adimensionali di connettività. I dati raccolti saranno utilizzati per costruire modelli stocastici tridimensionali di Discrete Fracture Network (DFN). Le fratture, rappresentate come poligoni, saranno convertite in mesh ad alta risoluzione tramite triangolazione di Delaunay, al fine di consentire il calcolo numerico del flusso di fluidi ed ottenere una stima della permeabilità e della connettività idraulica in volumi rappresentativi di sottosuolo.

The fracture networks associated with fault zones represent key elements in controlling permeability and the migration of geofluids in the subsurface. However, despite the numerous studies conducted on natural fractured systems,



translating geological observations into quantitative parameters suitable for flow models remains one of the main challenges in the study of fractured reservoirs. In particular, the lack of direct constraints on the three-dimensional geometry and connectivity of fractures represents a significant source of uncertainty in permeability predictions. Moreover, forecasting subsurface fluid pathways is often limited by the use of indirect data, such as 2D or 3D seismic surveys or 1D well logs, which do not allow for a detailed description of fracture network geometries and connectivity. In this context, the study of reservoir-scale field analogues represents a fundamental tool for (1) understanding the architecture of fault zones and their associated fracture networks, and (2) improving predictive permeability models in fractured reservoirs.

The project aims to develop a multi-scale approach for the quantitative characterization of fracture networks and fault zones in different structural and lithological settings, with particular attention to implications for fluid circulation in natural reservoirs. The objective of the research program is to statistically analyze fracture attributes obtained by integrating field-based analyses with Digital Outcrop Model (DOM) investigations, in order to describe the geometric and spatial evolution and connectivity of fracture networks. These studies will be carried out in selected study areas where continuous outcrop exposures are present both in the national territory and in the Mediterranean region.

The research activities will include: i) the regional geological–structural framework of the study areas; ii) the characterization of fault zone architecture at outcrop scale, including kinematic analyses and definition of structural domain dimensions (core, damage zone); iii) statistical analysis of fault-related brittle deformation using Python and Matlab; iv) the study of cross-cutting relationships among different fracture generations; v) the calculation of fracture density and intensity according to the Pxy classification; vi) topological analysis of fracture networks, based on nodes and branches, and calculation of dimensionless connectivity parameters. The collected data will be used to build three-dimensional stochastic Discrete Fracture Network (DFN) models. Fractures, represented as polygons, will be converted into high-resolution meshes through Delaunay triangulation, enabling numerical fluid-flow simulations to estimate permeability and hydraulic connectivity in representative subsurface volumes.

Responsabile della Ricerca / Research Manager

Prof. Fabrizio BALSAMO

OGGETTO E CARATTERISTICHE DELL'INCARICO / OBJECT AND CHARACTERISTICS OF THE ASSIGNMENT

Tipologia di incarico / Type of position

Incarico di Ricerca ex art. 22 ter della L. 240/2010

Research assignment pursuant to art. 22 ter of Law 240/2010

Titolo dell'incarico oggetto della selezione / Title of the position subject to the selection

Analisi e modellizzazione dei sistemi di fratture associati a zone di faglia

Analysis and modelling of fault-related fracture systems

Gruppo Scientifico Disciplinare (GSD) / Group Disciplinary Sector

04/GEOS-02 - PALEONTOLOGIA, GEOLOGIA STRATIGRAFICA E SEDIMENTOLOGIA, GEOLOGIA STRUTTURALE E TETTONICA

04/GEOS-02 - PALEONTOLOGY, STRATIGRAPHIC GEOLOGY AND SEDIMENTOLOGY, STRUCTURAL GEOLOGY AND TECTONICS

Settore Scientifico Disciplinare (SSD)/ Scientific Disciplinary Sector

GEOS-02/C Geologia Strutturale e Tettonica

GEOS-02/C Structural Geology and Tectonics

Tutor dell'incaricato / Tutor

Prof. Fabrizio BALSAMO

Obiettivi dell'incarico / Objectives of the assignment

Il progetto di ricerca mira a fornire un contributo significativo alla comprensione dei processi che controllano la permeabilità e la migrazione dei fluidi in reservoir fratturati e fagliati, con ricadute dirette nei settori dell'energia (idrocarburi e geotermia), dello stoccaggio geologico di CO₂ e idrogeno e della gestione sostenibile delle risorse nel sottosuolo.

I risultati attesi includono lo sviluppo di una metodologia quantitativa e riproducibile per la caratterizzazione multi-scala dei network di fratture, applicabile a differenti litologie e contesti strutturali. L'integrazione tra osservazioni di terreno ad alta risoluzione, analisi topologiche e modellizzazione numerica consentirà di ridurre in modo significativo l'incertezza associata alla previsione della permeabilità e della connettività idraulica nei modelli di sottosuolo. In particolare, i dati ottenuti dagli analoghi di terreno permetteranno di identificare le zone preferenziali per la migrazione dei fluidi all'interno di reservoir compartimentati da faglie, distinguendo il ruolo di condotto o barriera delle diverse componenti strutturali. Ciò contribuirà a migliorare la valutazione del rischio e dell'efficienza dei sistemi di sfruttamento e stoccaggio nel sottosuolo.

The research project aims to provide a significant contribution to the understanding of the processes that control permeability and fluid migration in fractured and faulted reservoirs, with direct implications for the energy sector (hydrocarbons and geothermal), geological storage of CO₂ and hydrogen, and the sustainable management of subsurface resources.

The expected outcomes include the development of a quantitative and reproducible methodology for the multi-scale characterization of fracture networks, applicable to different lithologies and structural settings. The integration of high-resolution field observations, topological analyses, and numerical modelling will make it possible to significantly reduce the uncertainty associated with predicting permeability and hydraulic connectivity in subsurface models. In particular, data obtained from field analogues will allow the identification of preferential pathways for fluid migration within reservoirs compartmentalized by faults, distinguishing the conduit or barrier role of different structural components. This will contribute to improving risk assessment and the efficiency of subsurface exploitation and storage systems.

Principali attività di assistenza alla ricerca / Main research assistance activities

Le attività comprenderanno:

Attività 1	Inquadramento geologico-strutturale regionale delle aree di studio.
Attività 2	Caratterizzazione dell'architettura delle zone di faglia a scala di affioramento, includendo analisi cinematiche e la definizione delle dimensioni dei domini strutturali (nucleo, zona di danneggiamento).
Attività 3	Analisi statistica con linguaggio Python e Matlab della deformazione fragile indotta dalle faglie (Bonnet et al., 2001).
Attività 4	Studio delle relazioni di cross-cutting tra le diverse generazioni di fratture.
Attività 5	Calcolo della densità e dell'intensità di fratturazione secondo la classificazione Pxy (Dershowitz & Herda, 1992), utilizzando differenti strategie di campionamento (Mauldon et al., 2001; Rohrbaugh et al., 2002).
Attività 6	Analisi topologica dei network di fratture, basata su nodi e rami, e il calcolo di parametri adimensionali di connettività (Sanderson & Nixon, 2015; Saevik & Nixon, 2017).
Attività 7	Costruzione di modelli stocastici tridimensionali di Discrete Fracture Network (DFN).



Activities will include:

Activity 1	Regional geological-structural analysis of the study areas.
Activity 2	Characterization of the fault zone architecture at the outcrop scale, including kinematic analyses and the definition of the dimensions of the structural domains (core, damage zone).
Activity 3	Statistical analysis using Python and Matlab of the fault-induced brittle deformation (Bonnet et al., 2001).
Activity 4	Study of cross-cutting relationships between the different fracture generations.
Activity 5	Calculation of fracture density and intensity according to the Pxy classification (Dershowitz & Herda, 1992), using different sampling strategies (Mauldon et al., 2001; Rohrbaugh et al., 2002).
Activity 6	Topological analysis of fracture networks, based on nodes and branches, and the calculation of dimensionless connectivity parameters (Sanderson & Nixon, 2015; Sævik & Nixon, 2017).
Activity 7	Construction of three-dimensional stochastic models of Discrete Fracture Networks (DFNs).

Durata dell'incarico	Duration of the assignment
12 (dodici) mesi	12 (twelve) months

Sede di svolgimento / Location of the activities

Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale– Università di Parma

Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability– University of Parma

TRATTAMENTO ECONOMICO E FINANZIAMENTO / REMUNERATION AND FINANCING

Importo lordo percipiente annuo / Gross annual amount (recipient)	Costo complessivo (Lordo Ente) / Total cost (Gross for the University)
22.500,00 € /anno (year)	27.756,00 €

Fonti di finanziamento ed ente / Funding body

- Ente finanziatore / Funding body: Università di Parma
- Programma / Programme: "Bando di Ateneo per la Ricerca 2025 – Azione D"
- Atto di approvazione / Approval decree: Decreto Rettorale n. 302/2026, prot. n. 82392 del 02.03.2026

Dettagli Contabili e Codice Unico Progetto (CUP) / Accounting Details and CUP

Progetto contabile / Accounting Project	CUP	Importo / Amount
FIL_INCENTIVANTE_2025_COFIN_D_BALSAMO	D93C26000090001	27.756,00 €

TITOLO DI STUDIO E CONOSCENZE LINGUISTICHE / EDUCATION AND LANGUAGE SKILLS

Titolo di studio richiesto / Required Educational Qualification

Titolo di **Laurea Magistrale (LM)**, conseguito ai sensi D.M. 270/2004, appartenente alla seguente classe:

- **LM – 74 SCIENZE E TECNOLOGIE GEOLOGICHE**

o titolo di studio dichiarato equipollente/equiparato ai sensi della normativa vigente, in ogni caso, **purché conseguito** - alla data di scadenza del termine utile per la presentazione delle domande di partecipazione - **da non più di 6 (sei) anni**.

➔ Per i titoli di studio conseguiti all'estero fare riferimento a quanto indicato nel decreto di indizione della selezione.



Master 's Degree qualification, obtained pursuant to Ministerial Decree 270/2004, belonging to the following class:

- **LM – 74 GEOLOGY**

*or qualification declared equivalent/equivalent pursuant to current legislation, in any case, **provided that it has been obtained** - on the date of expiry of the deadline for the submission of applications - **for no more than 6 (six) years.***

➔ For qualifications obtained abroad, please refer to the information indicated in the call for applications.

Conoscenze linguistiche accertate durante il colloquio

Language skills assessed during the interview

- Lingua Inglese, conoscenza corrispondente al livello B1 del QCER
- In aggiunta, per candidati stranieri: adeguata conoscenza della lingua italiana

- *English language, knowledge corresponding to level B1 of the QCER*
- *In addition, for foreign candidates: adequate knowledge of the Italian language*

PUBBLICAZIONI E ALTRI PRODOTTI SCIENTIFICI / PUBLICATIONS AND OTHER SCIENTIFIC PRODUCTS

N. max di pubblicazioni /prodotti presentabili

Max no. of publications/products to submit

2 (due)

2 (two)

CALENDARIO E MODALITÀ DI SVOGLIMENTO DEL COLLOQUIO / INTERVIEW SCHEDULE AND PROCEDURES

Data e modalità di svolgimento del colloquio / Date and method of the interview

L'elenco dei candidati e delle candidate ammessi/e a sostenere il colloquio, unitamente al punteggio ottenuto dagli stessi nella valutazione dei titoli, delle pubblicazioni e di altri prodotti scientifici, saranno resi noti mediante pubblicazione di apposito avviso sul sito web di Ateneo (Link: [Bandi Incarichi di Ricerca](#)), nella sezione dedicata alla presente procedura, con valore di notifica a tutti gli interessati, il giorno **16 LUGLIO 2026**.

Il colloquio, in forma pubblica, si svolgerà secondo il seguente **calendario**:

Data e orario	Modalità di svolgimento	Piattaforma e link per il collegamento
27 LUGLIO 2026 ore 9:30 (ora italiana)	Telematica (*)	La piattaforma utilizzata e il link per il collegamento saranno indicati nel sopracitato avviso, contestualmente all'elenco dei/delle candidati/e ammessi/e

(*) La forma pubblica che contraddistingue il colloquio sarà garantita consentendo a chiunque di potervi assistere al momento del suo svolgimento, collegandosi al link della videoconferenza.

*The list of candidates admitted to the interview, together with the score obtained by them in the evaluation of qualifications, publications and other scientific products, will be published by publishing a specific notice on the University website (Link: [Bandi Incarichi di Ricerca](#)), in the section dedicated to this procedure, with the value of notification to all interested parties, The day **JULY 16, 2026**.*

The interview, in public, will take place according to the following calendar:

Date and time	Procedure	Platform and link for connection
JULY 27, 2026 9:30 a.m. (Italian time)	Telematics (*)	The platform used and the link for the connection will be indicated in the aforementioned notice, together with the list of admitted candidates

(*) The public form that distinguishes the interview will be guaranteed by allowing anyone to be able to attend it at the time of its development, by connecting to the videoconference link.



NOTA DI RINVIO / REFERRAL NOTE

Per le modalità di presentazione della domanda di ammissione, i criteri di valutazione e per tutto quanto non precisato si fa rinvio al contenuto del Decreto Rettorale di indizione della procedura "SELEZIONE PUBBLICA PER IL CONFERIMENTO, AI SENSI DELL' ART. 22-TER DELLA LEGGE 30.12.2010, N. 240, DI N. 32 INCARICHI DI RICERCA" (c.d. bando), di cui la presente scheda costituisce uno degli allegati.

For the procedures for submitting the application for admission, the evaluation criteria and for anything not specified, please refer to the content of the Rector's Decree announcing the procedure " SELEZIONE PUBBLICA PER IL CONFERIMENTO, AI SENSI DELL' ART. 22-TER DELLA LEGGE 30.12.2010, N. 240, DI N. 32 INCARICHI DI RICERCA " (so-called call), of which this sheet is one of the annexes.