



IGAG Days



Roma, 06-07 febbraio 2020

Workshop 2020

«La ricerca nell'Istituto di
Geologia Ambientale e Geoingegneria»

ABSTRACT BOOK



COMITATO ORGANIZZATORE

Girolamo Belardi
Stefano Cara
Gian Paolo Cavinato
Aida Maria Conte
Sandro Conticelli
Roberto de Franco
Biagio Giaccio
Eleonora Martorelli
Ilaria Mazzini
Stefano Milia
Massimiliano Moscatelli
Laura Sanna
Davide Scrocca
Simone Sterlacchini

Il workshop è sotto l'egida del Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DSSTTA) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

INDEX

Acunzo G., Anelli A., Gena A., Mori F., Occhipinti G., Vacca V. - Vulnerabilità sismica multi scala di strutture ed infrastrutture civili.....	5
Aghib F.S. - Sedimentologia e stratigrafia: studi di successioni sedimentarie del sottosuolo con approccio multi-proxy.....	6
Aldighieri B., Testa B. - Geoheritage: protezione e valorizzazione del Paesaggio Naturale.....	8
Belardi G., Trapasso F., Tempesta E., Passeri D., Crescenzi, A. - Studio di tecnologie ambientali per la mitigazione del rischio mineralogico e Circular Economy.....	10
Benigni M.S., Coltella M., Giuffrè M., Pietrosante A. - Un approccio interdisciplinare per la mitigazione del rischio sismico.....	12
Bortolussi A. - Ingegneria mineraria: applicazioni tradizionali e non.....	14
Bortolussi A., Cara S., Fadda S., Milia S., Sanna L. - L'attività di ricerca della sede IGAG di Cagliari.....	16
Bosman A. - Caratterizzazione geomorfologica della fascia costiera e delle acque interne mediante indagini geofisiche ed ottiche ad alta risoluzione.....	18
Brilli M., Giustini F., Barone P.M., Fayek A., Gozzi M. - Alcune attività di ricerca del Laboratorio di Geochimica Ambientale.....	20
Caielli G., de Franco R., Boniolo G., Corsi A. - Studi geofisici delle proprietà fisiche e dei processi geologici.....	22
Cara S. - Strategie di rilievo e monitoraggio per il recupero ambientale di aree degradate da attività mineraria e sviluppo di metodologie di rilievo per la valorizzazione e salvaguardia di siti e beni di interesse storico-archeologico e naturalistico.....	24
Casalbore D., Bosman A., Chiocci F.L., Falese F., Martorelli E., Pierdomenico M., Ridente D., Romagnoli C., Sposato A. - Studio morfo-sedimentario di margini continentali controllati tettonicamente e fianchi sommersi di edifici vulcanici insulari, con particolare riferimento a processi di instabilità gravitativa.....	26
Ciotoli G. - Geochimica dei gas e analisi geospaziale per lo studio dei rischi ambientali, cambiamenti globali e georisorse.....	28
Conte A.M. - Metodologie integrate per lo studio dei processi magmatici e la valorizzazione del patrimonio culturale e ambientale.....	30
Cuffaro M. - Dinamica della litosfera e deformazione crostale nel settore della geofisica della Terra solida.....	32
Di Luzio E. - Dall'analisi delle trasformazioni territoriali in Geoarcheologia allo studio multiscala dei versanti in roccia interessati da processi di origine gravitativa.....	33
Di Salvo C. - Il ruolo dell'idrogeologia nell'IGAG: preservazione della risorsa e strategie di mitigazione dei rischi naturali.....	35
Diella V., Marinoni N., Pavese A. - Impatto della geologia sul settore manifatturiero: i geomateriali primari e secondari e le loro trasformazioni nei processi industriali.....	37
Fabozzi S., Falcone G., Razzano R. - Applicazioni dell'ingegneria geotecnica sismica.....	39
Fadda S. - L'applicazione della giacimentologia alle problematiche sia tradizionali sia sanitario-ambientali.....	41
Fontana C., Carbone G., Chiappetta C., Cianci E., Fazio, F., Gigliotti A., Tomassoni V. - Il ruolo della pianificazione urbana e territoriale per la mitigazione del rischio sismico.....	43

Gaudiosi I., Caciolli M.C., Fortunato C., Giallini S., Polpetta F., Razzano, R., Sirianni P., Simionato M., Tarquini E. - Il contributo degli effetti di sito alla stima della pericolosità sismica: best practices e prospettive future.....	45
Giaccio B. et al. - Quando, con quale velocità, frequenza, durata? Il contributo della tefrocronologia del Mediterraneo allo studio della dinamica del sistema Terra nel Quaternario.....	47
Groppelli G., Norini G., Di Capua A., Pellicoli C., Giordano G., Sulpizio R. - Geologia di terreno finalizzata alla definizione di modelli concettuali e 3D per la geodinamica, geotermia e la pericolosità geologica.....	49
Guglietta D. - L'Osservazione della Terra per lo studio del rischio incendio e la gestione ottimizzata delle risorse minerarie.....	51
Ingrassia M., Di Bella L., Bosman A., Casalbore D., Chiocci F.L., Conte A.M., Falese G.F., Macelloni L., Martorelli E., Pierdomenico M., Ridente D., Sposato A. - Caratterizzazione geo-morfologica e biologica del fondale marino per l'individuazione di lineamenti morfo-batimetrici associati a pericolosità sottomarina e per la mappatura di habitat bentonici.....	53
Mancini M., Stigliano F., Moscatelli M., Caciolli M.C., Fortunato C., Giallini S., Pennica F., Sirianni P. - Caratterizzazione geologica dei terreni di copertura per la valutazione dei geohazard.....	55
Martorelli E. - Mappatura dei fondali ed evoluzione stratigrafica dei margini continentali durante l'ultimo ciclo glacio-eustatico.....	57
Mazzini I. - Ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche nel Quaternario: strumenti per capire il ruolo degli ambienti acquatici nel cambiamento globale e nell'Antropocene.....	59
Milia S. - Risanamento ambientale, valorizzazione degli scarti e recupero di risorse.....	60
Peronace E., Galderisi A., Galli P., Giaccio B., Messina P., Polpetta F., Romagnoli G. - Individuazione e caratterizzazione di faglie attive e capaci.....	62
Petracchini L. - Approccio multiscala e multidisciplinare per definire la geometria e la cinematica di faglie attive.....	64
Putignano M.L. - Il contributo della cartografia geologica come strumento di base alle Scienze della Terra e sue applicazioni.....	66
Ravazzi C., Pini R., Badino F., Furlanetto G. - La dinamica dell'ambiente alle diverse scale del Quaternario e dell'Antropocene tra gli effetti territoriali dell'impatto umano e il global change.....	67
Ridente D., Martorelli E., Casalbore D., Falese F., Bosman A., Ingrassia M., Chiocci F.L., Pierdomenico M. - Sismo-stratigrafia ad alta risoluzione e morfo-stratigrafia dei margini continentali.....	69
Romagnoli, G., Cesarano M., Mendicelli, A., Moscatelli, M., Nocentini, M., Peronace, E., Porchia, A. - Definizione e ricostruzione del modello geologico di sottosuolo.....	70
Sanna L. - Lo studio degli ambienti carsici e le sue implicazioni nei settori della geologia ambientale e geingegneria.....	72
Schilirò L. - Stabilità dei versanti e pericolosità da frana: il contributo della modellazione fisicamente basata.....	74
Scrocca D., Cavinato G.P., Petracchini L., Livani M. - L'interpretazione integrata di dati geologici e geofisici e la modellazione 3D per la definizione della pericolosità geologica e la valorizzazione delle georisorse.....	75
Smeraglia L., Bernasconi S., Billi A., Boschi C., Caracausi A., Carminati E., Curzi M., Franchini S. - Nuove frontiere nella modellazione della circolazione di fluidi durante i terremoti.....	77
Sterlacchini S., Voltolina D., Zazzeri M. - Sistemi informativi modulari di supporto alle decisioni per i pianificatori e i gestori dell'emergenza.....	79

Tommasi P, Lanzo G., Rotonda T., Verrucci L., di Giulio A. - L'attività di ricerca del gruppo geotecnico dell'IGAG.....	81
Ubaladini S. - Trattamento di materie prime secondarie mediante processi innovativi.....	83
Vignola P. - Studi di mineralogia.....	85
Voltaggio M., Guglietta D., Carloni S., Tuccimei P., Soligo M., Briganti A., Versino F., Spadoni M. - Cinque applicazioni della radioattività naturale a problemi geologici ed ambientali.....	87
Voltolina D., Zazzeri M., Sterlacchini S. - Modellazione della propagazione di incendi boschivi di superficie.....	88
Zazzeri M., Sterlacchini S., Voltolina D. - Metodologia GIS per la valutazione delle perdite economiche connesse ad eventi alluvionali estremi.....	90

Vulnerabilità sismica multi scala di strutture ed infrastrutture civili *Multi-scale seismic vulnerability of civil structures*

Acunzo, G.; Anelli, A.; Gena, A.; Mori, F.*; Occhipinti, G.; Vacca, V.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (federico.mori@igag.cnr.it)

Parole chiave: misure dinamiche, modellazione numerica, identificazione del danno, resilienza, scenari di danno

Key words: *Structure dynamic, numerical modeling, damage identification, resilience, damage scenarios*

L'elevata sismicità che contraddistingue la penisola italiana rende prioritario l'investimento in ricerca di metodi di analisi della vulnerabilità sismica e allocazione delle successive risorse per la sua mitigazione attraverso una visione resiliente (Anelli et al., 2018). Gli autori, parte di un gruppo contraddistinto da differenti background scientifici, hanno contribuito negli anni allo sviluppo di modelli e approcci che analizzano la vulnerabilità a diversa scala. Modelli basati su misure di vibrazioni ambientali (Spina et al., 2019), modelli finiti ad alta fedeltà (Occhipinti et al. 2018), elementi discreti (Caddemi et al., 2015), modelli omogeneizzati (Greco et al., 2019), elementi distinti (Foti et al., 2018), modelli fisici realizzati con tecnologie di prototipazione rapida (Fallacara et al., 2019) e procedure per l'identificazione del danno (Acunzo et al., 2014). L'interdisciplinarietà del gruppo viene messa a sistema ed è attualmente impegnata nella mitigazione del rischio sismico ai fini di protezione civile (Mori et al., 2019; Mori et al., in press; Anelli et al., in press; Vacca et al., in press).

The high seismicity that distinguishes the Italian peninsula makes the investment in research of seismic vulnerability analysis methods and allocation of subsequent resources for its mitigation through a resilient vision a priority (Anelli et al., 2018). The authors, part of a group characterized by different scientific backgrounds, have contributed over the years to the development of models and approaches that analyze vulnerability at different scales. Models based on vibration measurements (Spina et al., 2019), high fidelity models (Occhipinti et al. 2018), discrete elements model (Caddemi et al., 2015), homogenized models (Greco et al., 2019), distinct elements model (Foti et al., 2018), physical models made with rapid prototyping technologies (Fallacara et al., 2019) and damage identification procedures (Acunzo et al., 2014). The know-how is put into a system and is currently engaged in the mitigation of seismic risk for civil protection purposes (Mori et al., 2019; Mori et al., in press; Anelli et al., in press; Vacca et al., in press).

Bibliografia/References

- Anelli A., Santa-Cruz S., Vona M., Tarque N., Laterza M. (2018) - A proactive and resilient seismic risk mitigation strategy for existing school buildings. *Structure and Infrastructure Engineering*.
- Spina D., Acunzo G., Fiorini N., Mori F., Dolce M., (2019) - A probabilistic simplified seismic model of masonry buildings based on ambient vibrations. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17, 2, 985-1007.
- Occhipinti G., Izzuddin B., Macorini L., Calì I. (2018) - Realistic Seismic Assessment Of Rc Buildings With Masonry Infills Using 3d High-Fidelity Simulations. 6th European Conference on Computational Mechanics (ECCM 6), Glasgow.
- Caddemi S., Calì I., Cannizzaro F., Occhipinti G., Pantò B. (2015) - A Parsimonious Discrete Model For The Seismic Assessment Of Monumental Structures. in CIVIL-COMP 2015. The Fifteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Prague, Czech Republic.
- Greco A., Fiore I., Occhipinti G., Caddemi S., Calì I., (2019) - Inhomogeneous beam-like models for the dynamic analysis of multistorey buildings. SEMC2019, Cape Town.
- Foti D., Vacca V., Facchini I. (2018) - DEM modeling and experimental analysis of the static behavior of a dry-joints masonry cross vaults. *Construction and Building Materials* 170, 111120.
- Fallacara G., Scaltrito G., Vacca V. (2019) - Hypar Dome: Stereotomy 2.0's experiments on 3D-printed stereotomic domes. *International fib Symposium on Conceptual Design of Structures*, 427-434, 2019, ISBN 978-2-940643-02-8.
- Acunzo G., Gabriele S., Spina D., Valente C. (2014) - MuDI: A multilevel damage identification platform. *Civil-Comp*.
- Mori F., Gaudiosi I., Tarquini E., Brammerini F., Castenetto S., Naso G., Spina D., (2019) - HSM: a synthetic damage-constrained seismic hazard parameter. *Bull. Earthq. Eng.*
- Mori F., Gena A., Mendicelli A., Naso G., Spina D., (in press) - The seismic emergency system evaluation: the role of seismic hazard and local effects. *Engineering Geology*.
- Anelli A., Mori F., Vona M., (in press) - Fragility curves of the urban road network based on the debris flows of interfering buildings. *Applied Sciences*.
- Vacca V., Occhipinti G., Mori F., Spina D. (in press) - SMAV analysis for the fragility curves of civil protection strategic buildings.

Sedimentologia e stratigrafia: studi di successioni sedimentarie del sottosuolo con approccio multi-proxy *Sedimentation and stratigraphy: multi-proxy studies of sedimentary records*

Aghib F.S.

Istituto di Geologia Ambientale e Geingegneria – Milano (fulvia.aghib@igag.cnr.it)

Parole chiave: sedimentologia, stratigrafia, paleoclima, diagenesi

Key words: *sedimentology, stratigraphy, paleoclimate, early diagenesis*

Gli studi di sedimentologia e stratigrafia di carote di sedimenti sono fondamentali per l'interpretazione dei record sedimentari, per i successivi studi multidisciplinari e costituisce la stratigrafia di riferimento per le prospezioni geofisiche. La mia attività è dedicata allo studio di successioni sedimentarie depositate in una vasta gamma di ambienti deposizionali, in contesti geodinamici diversi con implicazioni paleoclimatiche variabili. I record sedimentari studiati sono stati recuperati, sia in mare sia in terra con diverse tecniche di perforazione. Gli studi hanno sempre avuto un approccio multi-proxy, e comprendono la caratterizzazione sedimentologica e di diagenesi delle successioni, l'interpretazione ambientale, la suddivisione stratigrafica, e la ricostruzione delle implicazioni paleoclimatiche.

Le tematiche comprendono:

- Studi di sedimenti del margine continentale in Antartide

Dopo anni di esperienza come sedimentologo in mare e in Antartide¹, attualmente studio sedimenti recuperati da precedenti campagne nell'area del Mare di Ross, nell'ambito di progetti finanziati (PNRA, CNR, IODP)² in collaborazione con ricercatori di enti italiani e stranieri per: a) ricostruzioni paleoclimatiche del margine continentale antartico, dall'onset delle calotte glaciali (WAIS e EIAS) a scenari climatici attuali; b) studi di intervalli stratigrafici chiave per ricostruzioni climatiche a scala globale (greenhouse e icehouse) nell'ambito del Progetto PNRA-PEA2013-2015; c) studi delle variazioni del paleoclima durante l'Ultimo Massimo Glaciale (LGM) per discriminare i contributi delle calotte glaciali EIAS e WAIS, del Ross Ice Shelf e dell'input oceanico nella sedimentazione del Mare di Ross (CNR-STM).

- Geologia del sottosuolo della Pianura Padana

La mia attività prende origine da uno studio dell'evoluzione geologica in relazione alle ricostruzioni 3-D del sottosuolo, con la creazione di una banca dati (SIAS)³ di stratigrafie di pozzi, sezioni geologiche e linee sismiche della Pianura Padana.

Nell'ambito di attività istituzionali, ho preso parte all'acquisizione ed elaborazione di dati geologici/geotecnici/geofisici in diverse aree del territorio lombardo selezionate per la caratterizzazione sismica dopo i terremoti del 2012. Ho partecipato come sedimentologo/stratigrafo allo studio di successioni sedimentarie durante i sondaggi geognostici di due progetti di Istituto^{4,5}. I record sedimentari di riferimento per le successive indagini geofisiche dell'area sono stati solo oggetto di studi di carattere sedimentologico, stratigrafico e petrografico e oggetto di argomento tesi.

- Terza Missione

Nell'ambito dell'incarico da parte della Soprintendenza SABAP⁶, è in corso di studio "Il Tesoro di Como" costituito da 1000 monete d'oro di età Romana. Lo studio al SEM/EDS di sedimenti e di monete d'oro permette di migliorare le conoscenze iconografiche delle monete e di ricostruire l'ambiente di custodia.

Collaborazioni in atto con ricercatori IGAG, ISP, UNIMI, UNISI, UNIVE.

An extensive sedimentological study of sediment cores represents the first crucial approach for the interpretation of sedimentary records and for further multidisciplinary studies including the geophysical interpretations. I am familiar with sedimentary successions from a large variety of depositional and tectonic settings related to different paleoclimate implications. The studied sedimentary records are either from drillings at sea or on land. The multi-proxy studies comprise sedimentological and early diagenesis characterizations, paleo environmental reconstructions, a stratigraphic interpretation, and an evaluation of the climate scenarios.

The main research topics are:

- *Studies of sediments from the Antarctic continental margin*

On the basis of my previous experiences as on-board and on-ice sedimentologist at sea and in Antarctica¹, I investigate sediment cores collected during previous drilling seasons in the Ross sea area, in the frame of projects funded by national agencies (PNRA, CNR, IODP)² in close cooperation with researchers from national and international institutions with the aim to: a) reconstruct past Antarctic ice sheet variability under different climate forcing; b) investigate crucial time intervals to better constrain global climate events (Eocene greenhouse, Oligocene/Pliocene icehouse); c) discriminate the interactions between marine and glacial input (WAIS, EIAS and Ross Ice Shelf) in the Ross Sea on the basis of the sediment composition during the Last Glacial Maximum (LGM).

- *Subsurface geology of the Po Plain*

I have experienced the creation of an open data-set of geological features (logs from drillings, seismic lines) during a 3-D reconstruction of the main subsurface geological unconformities of the Po Plain (SIAS)³. In the frame of my institution activities, I have been involved in geological/in-situ geotechnical properties/geophysical investigations in areas affected by the 2012 earthquakes^{4,5}. Different drillings have been performed with the main purpose to recover sedimentary successions as reference records for subsequent geophysical purposes. Sedimentological, chronostratigraphic and provenance studies have been carried out and the results are included in recent Master dissertations.

- *Third Mission*

I have been appointed from the SABAP⁶ to study the “Tesoro di Como” composed of 1,000 Roman gold coins. Sediment samples from the site and several gold coins have been analyzed using a SEM/EDS to better constrain the sediment composition and the coin minting techniques.

Tesi/Thesis

Brusamolino A. (2019) - Analisi stratigrafica e ricostruzione geometrica della successione pleistocenica della Pianura Padana da dati di pozzo. Unpublished Master Thesis. Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra, 214 pp.

Menici s. (2019) - Analisi stratigrafica e modellizzazione tridimensionale della successione pleistocenica del bacino di Brescia. Unpublished Master Thesis. Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra, 179 pp.

Tira M. A. (2019) - Analisi Stratigrafica del sondaggio RL13 e ricostruzione della Superficie Rossa (0,87) da dati di pozzo nel sottosuolo della Pianura Lombarda. Unpublished Master Thesis. Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra, 202 pp.

Bibliografia/References

¹ *Cape Roberts Project, CRP-1, 2 e 3; Andrill, AND-1.*

² *Progetti PNRA-PEA 2004; Progetto PNRA, PEA 2013-2015 (Forzanti climatica e tettonica sui processi di dispersione dei sedimenti nel West Antarctic Rift System della South Victoria Land: uno studio di provenienza “Source-to-sink” e “multi-proxy); CNR-STM “Studio dei sedimenti marini dell’Ultimo Massimo Glaciale (LGM) nel Mare di Ross Occidentale in Antartide”; Application IODP Leg 373 (Antarctic Cenozoic Paleoclimate).*

³ *Progetto “Modello idrogeologico delle acque sotterranee della Pianura Padana” “Sistema Informativo Acque Sotterranee” (SIAS). <http://sias.tangram.samit.unimib.it>*

⁴ *Caratterizzazione sismica di parte del territorio lombardo ricadente nell’Area Pilota del Progetto GeoMol, Programma Europeo “Spazio Alpino”. Accordo di Collaborazione Regione Lombardia, Provincia di Mantova, Provincia di Cremona, CNR-IDPA e Università di Bologna.*

⁵ *“Definizione e mappatura del bedrock sismico nel settore orientale del territorio lombardo di pianura”. Accordo di Collaborazione Regione Lombardia, Province BS, MN, CR, CNR-IDPA e Università di Bologna.*

⁶ *Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio delle Province di Como, Lecco, Monza-Brianza, Pavia, Sondrio, Varese.*

Geoheritage: protezione e valorizzazione del Paesaggio Naturale *Geoheritage: protection and enhancement of the Natural Landscape*

Aldighieri, B.* & Testa B.

Istituto di Geologia Ambientale e Geingegneria – Milano (barbara.aldighieri@igag.cnr.it)

Parole chiave: geoheritage, turismo sostenibile, geomorfologia applicata, 3d, divulgazione

Key words: *geoheritage, sustainable tourism, applied geomorphology, 3d, dissemination*

Descrizione

Tecnologie per l'analisi territoriale georeferenziata e tridimensionale;
Banche dati dinamiche su scenari 3D (WebGIS, Mobile apps) su postazioni sia fisse che mobili;
GIS, 3DRTE, Drone, Openalp3D, Openalpmaps, ecc.

Gruppo di Lavoro

Barbara Aldighieri, Bruno Testa, Nabil Gasmî* (*Univ. Sousse Tunisie)

Collaborazioni

Istituto Minerario, Agordo (BL);
Univ. La Sapienza, Roma;
Ist. Per la Bio Economia, (CNR-IBE);
Univ. Di Sousse, Tunisia;
Office National des Mines, Tunisi, Tunisia;
A.Se.Con., Cagliari.

Progetti in corso

La ricerca comporta lo studio interdisciplinare del patrimonio naturale. Si basa essenzialmente sui lavori scientifici (pregressi e/o originali) relativi al territorio oggetto di studio. L'obiettivo è duplice: sia la valorizzazione delle conoscenze relative al territorio, che la loro divulgazione al di fuori dell'ambito scientifico. Per raggiungerlo è indispensabile il supporto di data-base multidisciplinari a scala variabile, l'utilizzo di architetture GIS, e l'interazione con le strutture e gli enti di amministrazione territoriale. Qualche esempio:

- OPENALP-3Dolomiti: Webgis a indirizzo geo-turistico per la valorizzazione del patrimonio naturale e culturale dell'alto Bellunese.
- Milieux oasiens et sahariens: Projet de valorisation du patrimoine Géotouristique dans la Tunisie meridionale.
- Progetto GeoMedGis: Gis per lo sviluppo sostenibile di un territorio - utilizzazione di modelli di gestione dei geositi e i contesti rurali tra tradizione e innovazione

Prodotti della ricerca

I principali prodotti della ricerca riguardano diversi settori della valorizzazione delle georisorse territoriali, culturali, ecc.
2020- Milieux oasiens et sahariens: Projet de valorisation du patrimoine Géotouristique dans la Tunisie meridionale.
Edité par Barbara Aldighieri, Nabil Gasmî.

2018 -The European Association for Conservation of the Geological Heritage:

Hydrogeology and Hydromorphology: a Proposal for a Dual-Key Approach to Assess the Geo-Hydrological Heritage Site of the San Lucano Valley (Belluno Dolomites, Italy). Bruno Testa & Barbara Aldighieri & Lucio D'Alberto & Giorgia Lucianetti & Roberto Mazza. Geoheritage: <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0279-y>

Attività terza missione

l'IGAG-MI ha una convenzione attiva con l'Associazione Italiana di Geologia e Turismo. (www.geologiaeturismo.it), e ne detiene la Presidenza dal 2017.

E' attiva da dieci anni la convenzione con l'Istituto Minerario di Agordo "U. Follador", con cui IGAG-MI effettua campagne didattiche di rilevamento geomorfologico/ambientale per le classi 4° e 5°, sotto forma di "Alternanza Scuola-Lavoro".

Prospettive future:

Prospettive future: le più immediate sono di tipo economico/applicative, come ad es. l'impatto sul Turismo Sostenibile, la conservazione e/o ripristino geomorfologico degli ambienti ad alto valore naturalistico (geositi, aree protette, aree fluviali, ecc), il supporto alla candidatura di Parchi Naturali come Geo-Parchi.

Description

*Technologies for geo-referenced and three-dimensional territorial analysis;
Dynamic databases on 3D scenarios (WebGIS, Mobile apps) on both fixed and mobile workstations;
GIS, 3DRTE, Drone, Openalp3D, Openalpmaps, etc..*

Working Group

Barbara Aldighieri, Bruno Testa, Nabil Gasmi (*Univ. Sousse Tunisie)*

Collaborations

*Mining Institute, Agordo, (BL);
Univ. La Sapienza, Rome;
Ist. For Bio Economy, (CNR-IBE);
Univ. of Sousse, Tunisia;
Office National des Mines, Tunis, Tunisia;
A.Se.Con., Cagliari.*

Ongoing projects

Research involves the interdisciplinary study of natural heritage. It is essentially based on scientific work (past and/or original) related to the area under study. The objective is twofold: both the exploitation of knowledge relating to the territory and its dissemination outside the scientific field. To achieve this, the support of multidisciplinary variable scale databases, the use of GIS architectures, and the interaction with the structures and authorities of territorial administration is indispensable. Some examples:

- *OPENALP-3Dolomites: Webgis geo-touristic address for the enhancement of the natural and cultural heritage of the upper Belluno area.*
- *Milieux oasiens et sahariens: Projet de valorisation du patrimoine Géotouristique dans la Tunisie meridionale.*
- *GeoMedGis: Gis project for the sustainable development of a territory - use of geo-sites management models and rural contexts between tradition and innovation*

Research products

The main products of the research concern various sectors of the valorisation of geo-resources, cultural resources, etc.:

2020- Milieux oasiens et sahariens: Projet de valorisation du patrimoine Géotouristique dans la Tunisie meridionale. Edited by Barbara Aldighieri, Nabil Gasmi.

*2018 -The European Association for Conservation of the Geological Heritage:
Hydrogeology and Hydromorphology: a Proposal for a Dual-Key Approach to Assess the Geo-Hydrological Heritage Site of the San Lucano Valley (Belluno Dolomites, Italy). Bruno Testa & Barbara Aldighieri & Lucio D'Alberto & Giorgia Lucianetti & Roberto Mazza.
Geoheritage: <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0279-y>*

Third mission activity

IGAG has an active agreement with the Italian Association of Geology and Tourism. (www.geologiaeturismo.it), and has held the Presidency since 2017.

The agreement with the Agordo Mining Institute "U. Follador", with which IGAG-MI it carries out educational campaigns of geomorphological/environmental survey for the 4th and 5th classes, in the form of "School-work alternation", has been active for ten years.

Future perspectives

The most immediate ones are of economic/applicative type, such as the impact on Sustainable Tourism, the geomorphological conservation and/or restoration of environments with high naturalistic value (geo-sites, protected areas, river areas, etc.), the support to the candidacy of Natural Parks as Geo-Parks.

Studio di tecnologie ambientali per la mitigazione del rischio mineralogico e Circular Economy *Study of environmental technologies for mineralogical risk mitigation and Circular Economy*

Belardi G., Trapasso F., Tempesta E., Passeri D. & Crescenzi A.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (ing.francescatrapasso@gmail.com)

Parole chiave: rischio ambientale, economia circolare, materie prime, rifiuti, amianto

Key words: *environmental risk, circular economy, critical raw materials, waste, asbestos*

Per minimizzare o prevenire i rischi naturali è necessario migliorare le conoscenze sui processi di generazione delle varie tipologie di rischio naturale e sul loro impatto su ambiente, attività antropiche e infrastrutture.

Nel caso del rischio mineralogico e geochimico, legato al rilascio di minerali e sostanze nocive da parte di terreno, rocce o manufatti che ne contengono, lo studio di tecnologie ambientali per la mitigazione del rischio riguarda anche le metodologie per la caratterizzazione, il riutilizzo o il recupero dei prodotti di scarto, oltre che per la caratterizzazione, la messa in sicurezza e la bonifica dei siti contaminati. Tali studi sono condotti con il supporto dei seguenti laboratori: fluorescenza RX e diffrattometria RX su polveri, microscopia ottica ed elettronica e analisi d'immagine in accoppiamento Raman, mineralurgia e trattamento chimico-fisico, analisi fisiche (porosimetri ad azoto e a mercurio), granulometria laser e analisi chimiche (spettroscopia di emissione ottica al plasma ICP-OES, spettrofotometria UV-Vis, ecc.).

Le risorse limitate e le pressioni ambientali stanno accelerando la trasformazione da un modello lineare di produzione e consumo a quello circolare (Economia Circolare). A tal fine, diventa necessario lo sviluppo di tecnologie orientate a minimizzare il potenziale impatto delle emissioni inquinanti e a valorizzare i rifiuti attraverso il riutilizzo, il riciclaggio o il recupero sia energetico che di materie prime seconde. In questo contesto, i rifiuti minerari non interessanti per l'industria dell'acciaio, a causa del loro basso contenuto di ferro e della necessità di un arricchimento, possono trovare un impiego eccellente in applicazioni diverse dall'industria mineraria. Ad esempio, i rifiuti minerari ricchi in ferro possono essere sfruttati nel trattamento delle acque ad uso potabile, in particolare per la rimozione di arsenico e per l'estrazione di fosforo (Casentini, 2019; Guglietta, 2020).

Nella maggior parte dei paesi industrializzati le scorie generate dalla produzione dell'acciaio non sono più considerate come scarti, bensì come sottoprodotti di processo. Le scorie da forno elettrico ad arco (EAF), dette anche "scorie nere", sono generalmente usate per la costruzione del sottofondo stradale oltre che come aggregati nella produzione di calcestruzzi armati e non (Belardi, 2019).

Fonte di rischio mineralogico sono anche le rocce ofiolitiche contenenti minerali asbestiformi. Il nostro gruppo di lavoro si occupa della caratterizzazione e dello sviluppo di procedure di gestione di terre e rocce da scavo contenenti amianto. Recentemente sono stati affrontati i temi riguardanti la morfometria delle particelle appartenenti alla classe degli anfiboli rilasciate da rocce a seguito di stress meccanici (Belardi, 2018) e le modalità di genesi di anfiboli fibrosi in rocce non serpentizzate (Vignaroli, 2019). I nostri laboratori sono qualificati dal Ministero della Salute ad effettuare analisi sull'amianto (codice 422LAZ46).

In order to minimize or prevent natural risks, it is necessary to improve the knowledge on the generation processes of the various types of natural risk and their impact on environment, anthropogenic activities and infrastructures.

In the case of mineralogical and geochemical risk, connected to the release of minerals and harmful substances by soil, rocks or artefacts that contain them, the study of environmental technologies for risk mitigation also concerns the methodologies for characterization, reuse or recovery of waste, as well as for characterization, safety intervention and environmental remediation of contaminated sites. Our studies are carried out through the following laboratories: X-ray fluorescence and X-ray powder diffractometry, optical and electronic microscopy and Raman spectroscopy coupled with image analysis, mineralurgy and chemical-physical treatment, physical (nitrogen and mercury porosimetry) and laser particle size analysis and chemical analysis (ICP-OES plasma optical emission spectroscopy, UV-Vis spectrophotometry, etc.).

Limited resources and environmental pressures are accelerating the transformation from a linear model of production and consumption to a Circular Economy. Therefore, the development of technologies, aimed at minimizing the potential impact of polluting emissions and at enhancing waste through the reuse, recycling or recovery of both energy and secondary raw materials, becomes necessary. In this context, mining wastes that are not of interest to the steel industry, due to their low iron content and the need to be enriched, can find excellent use in applications other than the mining industry. For example, iron-rich mineral wastes can be used in the treatment of drinking water, in particular for the removal of arsenic and for the extraction of phosphorus. (Casentini, 2019; Guglietta, 2020).

In almost all industrialized countries, the slag generated by steel production is no longer considered as waste, but as process by-products. The electric arc furnace slag (EAF), also called "black slag", is generally used for the construction of the road surface as well as aggregates in the production of reinforced and unreinforced concrete (Belardi, 2019).

Ophiolitic rocks containing asbestiform minerals are also a source of mineralogical risk. Our working group deals with the characterization and development of management procedures for excavated earth and rocks containing asbestos. The issues concerning the morphometry of the particles belonging to the class of amphiboles released from rocks as a result of mechanical stress (Belardi, 2018) and the methods of genesis of fibrous amphiboles in non-serpentine rocks (Vignaroli, 2019) have recently been addressed. Our laboratories are qualified by the Italian Ministry of Health to carry out asbestos analysis (identification code 422LAZ46).

Bibliografia/References

- Belardi G., Trapasso F., Passeri D., Fedon M., Micheletti P., Soluri A., D'Elia A., Montagner L., Zonta D. (2019) - Stabilization of steelmaking slag based by FMP S.r.l. patent and possible application in concrete production. Proceedings of Sardinia 2019 17th International Waste Management and Landfill Symposium, ISSN: 2282-0027 - ISBN: 9788862650144*
- Belardi G., Vignaroli G., Trapasso F., Pacella A., Passeri D. (2018) - Detecting asbestos fibres and cleavage fragments produced after mechanical tests on ophiolite rocks: clues for the asbestos hazard evaluation. J. Mediterr. Earth Sci., 10, 63-78.*
- Casentini B., Lazzazzara M., Amalfitano S., Salvatori R., Guglietta D., Passeri D., Belardi G., Trapasso F. (2019) - Mining Rock Wastes for Water Treatment: Potential Reuse of Fe-and Mn-Rich Materials for Arsenic Removal. Water, 11(9), 1897.*
- Guglietta D., Belardi G., Cappai G., Casentini B., Godeas A., Milia S., Passeri D., Salvatori R., Scotti A., Silvani V., Tempesta E., Ubaldini S., Trapasso F. (2020) - Toward a multidisciplinary-based classification and reuse of iron and manganese mining wastes: preliminary results. CIM.ASM.MD. [In printing]*
- Vignaroli G., Rossetti F., Billi A., Theye T., Belardi G. (2019) - Structurally controlled growth of fibrous amphibole in tectonized metagabbro: constraints on asbestos concentrations in non-serpentinized rocks. J. Geol. Soc., London, 177, 103–119.*

Un approccio interdisciplinare per la mitigazione del rischio sismico *An interdisciplinary approach to the seismic risk mitigation*

Benigni M.S., Coltella M., Giuffrè M. & Pietrosante A.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (margherita.giuffre@igag.cnr.it)

Parole chiave: rischio sismico, microzonazione sismica, condizione limite per l'emergenza

Key words: seismic risk, seismic microzonation, emergency limit condition

Nell'ambito dell'area strategica Rischi naturali e impatti antropici e tecnologie per l'ambiente, il tema della mitigazione del rischio sismico rappresenta uno tra i principali obiettivi da perseguire.

Considerando che le componenti del rischio (pericolosità, vulnerabilità, esposizione) afferiscono a diverse discipline, l'approccio interdisciplinare risulta necessario per dare una risposta efficace alla sua riduzione.

In Italia, per la prima volta a scala internazionale, si è sperimentato in maniera sistematica questo approccio attraverso il Piano nazionale per la prevenzione del rischio sismico (art.11, Legge 77/2009), che ha finanziato interventi per la riduzione del rischio sismico nei comuni italiani a pericolosità medio-alta.

Il nostro gruppo di lavoro è impegnato dal 2012 nelle attività previste dall'accordo tra la Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento di Protezione Civile e il CNR IGAG, finalizzate al miglioramento delle conoscenze geologiche del territorio e al supporto delle politiche di gestione del rischio e delle emergenze connesse. Gli strumenti operativi utilizzati sono gli studi di Microzonazione Sismica (MS), che individuano zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, e le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), che verificano il funzionamento del sistema di gestione dell'emergenza sulla base dei Piani di protezione civile.

Il gruppo di lavoro, dopo una fase preliminare di definizione ed elaborazione di criteri metodologici e indirizzi per la redazione degli studi, ha portato avanti diverse tipologie di attività:

- produzione di Manuali (CTMS, 2016), Standard di rappresentazione e archiviazione informatica e Linee guida (CTMS, 2018) ai fini della realizzazione degli studi di MS e di CLE;
- realizzazione di un database e di un geoportale cartografico nazionale per la consultazione pubblica dei dati validati;
- controllo e verifiche di conformità degli studi pervenuti;
- supporto e formazione alle Istituzioni (DPC, Regioni, Università) e ai professionisti incaricati per la redazione degli studi.

Il progetto rappresenta un caso virtuoso di integrazione delle conoscenze geologiche con quelle del governo del territorio a scala nazionale: l'approccio coniugato della MS e della CLE, infatti, consente di associare in modo sistematico le informazioni strettamente geologiche con gli elementi strategici funzionali alla gestione dell'emergenza. Sovrapponendo le componenti della CLE alle microzone individuate dalla MS si possono definire criteri e indirizzi più mirati alle scelte di pianificazione ordinaria del territorio.

Le attività hanno costituito un riferimento normativo e tecnico-scientifico per l'avvio di successivi progetti di ricerca interdisciplinare che, con i medesimi obiettivi, stanno definendo ulteriori sviluppi e applicazioni delle conoscenze acquisite.

The seismic risk mitigation is one of the main objectives of the "Natural risks and anthropogenic impacts and technologies for the environment".

As the risk depends of three different variables (hazard, exposure and vulnerability) belonging to different disciplines, an interdisciplinary approach is crucial to achieve an effective reduction of this risk.

This approach, not yet tested in any other country across the world, has being systematically tested in Italy within the framework of the National Plan for the prevention of seismic risk (art.11, Law 77/2009). This plan has funded actions for the prevention of seismic risk by involving municipalities located in medium-to-high seismic risk areas.

Since 2012, a working group was created in the framework of the agreement between Civil Protection Department (DPC) - Presidency of the Council of Ministers and the CNR IGAG, focused on the improvement of the geological knowledge and on the support of risk management policies and related emergencies. These two main topics were developed through the Seismic Microzonation (MS) studies which identify areas characterized by homogeneous seismic behavior (microzones), and the analysis of the Emergency Limit Condition (CLE), which verify the functioning of the emergency management system based on the Civil Protection Plans.

The first phase of the working group activity was aimed to the definition and elaboration of methodological criteria and technical guidelines for carrying out the studies. Afterwards the following described related activities were done:

- production of Technical Manuals (CTMS, 2016), Standards for data storage management and representation and Guidelines (CTMS, 2018), to support the production of MS and CLE studies;
- design and development of a web database and of a national cartographic geoportal aimed to freely share data with technical and non-technical stakeholders (open access data consultation);
- check, test and coherence control of MS and CLE studies;
- support and training sessions for Public Institutions (DPC, Regions, Universities) and professionals in charge of compiling studies.

This activity represents a virtuous example of integration of geological knowledge with territorial governance and spatial planning systems on a national scale. In particular, the conjugate approach of MS and CLE allows to systematically join geological information and strategic elements needed for emergency management. Criteria and land use guidelines can be obtained by overlaying the CLE elements and the microzones.

The actual normative framework and technical-scientific references were developed based on the activities of this work. Furthermore, several interdisciplinary research projects have been promoted starting from these activities and are defining further developments and knowledge applications.

Bibliografia/References

CTMS, (2018) - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ), versione 1.0, Roma, 51 pp.

CTMS, (2016) – Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano, versione 1.1, Roma, 275 pp.

Ingegneria mineraria: applicazioni tradizionali e non *Mine engineering: conventional and unconventional applications*

Bortolussi A.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Cagliari (bortolussi@unica.it)

Parole chiave: trattamento dei materiali, scavo, statica, risanamento, valorizzazione ambientale

Key words: *material processing, excavation, statics, reclamation, environmental enhancement*

Tematiche di ricerca

L'attività di ricerca si è inizialmente sviluppata nel settore dell'Ingegneria e sicurezza degli scavi, in particolare in relazione a tecnologie innovative di scavo, taglio e trasformazione delle rocce. Successivamente alla crisi industriale del settore minerario, le attività sono state orientate verso problematiche inerenti il settore delle pietre ornamentali. In questi campi tradizionali particolare esperienza è stata acquisita nella tecnologia dei getti d'acqua ad altissima pressione. Le ricerche in corso sono al momento incentrate sulle tecnologie di trasformazione superficiale dei materiali lapidei. Le competenze della geingegneria vedono attualmente una possibile applicazione anche in settori non tradizionali, quali l'archeometria (studio dei principi di stabilità delle strutture nuragiche), la valorizzazione di siti minerari di interesse archeo-industriale e turistico, la definizione strutturale di particolari formazioni naturali (grotte, morfologie superficiali, ecc) di interesse ambientale.

Metodi e competenze

Le competenze più solide sono state maturate nella progettazione di tecnologie innovative di scavo, taglio e trasformazione superficiale delle rocce. I laboratori che hanno consentito lo sviluppo di tali competenze, che hanno la loro collocazione presso il dipartimento DICAAR dell'Università degli Studi di Cagliari e vedono una integrazione tra apparecchiature CNR ed Universitarie, sono ora chiusi sia per motivi di sicurezza sia per mancanza di personale (universitario o CNR) in grado di gestirne la complessa organizzazione. L'attenzione si è pertanto concentrata su una attività prevalente di modellazione, cercando di applicare le competenze maturate anche in settori diversi da quelli più tradizionali.

Gruppo di lavoro

Il gruppo di lavoro comprende personale sia CNR sia universitario. Nell'ultimo periodo, con lo sviluppo di studi a carattere multidisciplinare, si è riscontrato un allargamento ai colleghi CNR che si occupano di modellazione fotogrammetrica, archeometria e valutazione e valorizzazione di cavità di origine antropica o naturale.

Prospettive future

Le prospettive future si basano sulla ricerca di finanziamenti di progetti relativi alle bonifiche dei siti minerari dismessi e all'applicazione della tecnologia dei getti d'acqua al trattamento superficiale delle rocce. Si intende inoltre collaborare allo sviluppo di quei progetti di carattere multidisciplinare così come illustrato precedentemente.

Research contents

In a first stage, research activity has been focused in the Mining Engineering field, with a particular attention to innovative rocks excavation, cutting and processing technologies. Following the crisis of Sardinian mine industry, the researches have been oriented to the ornamental stones sector. In these traditional research activities particular experience has been developed in high pressure waterjet technologies. At the moment, researches are focused on ornamental stones surface finishing. Nowadays competences acquired in the past could be applied in new research fields, like archaeometry (stability evaluation of nuragic structures), mining sites reclamation for industrial archaeology and touristic purposes, structural definition of natural formations (caves, surface bodies, etc) for environmental interests.

Methods and expertise

Consistent expertise has been developed in innovative rocks excavation, cutting and surface processing technologies design. Laboratories allowing such develop are sited at DICAAR department of the University of Cagliari and composed of CNR and University equipment. They are at the moment closed because of safety reasons and because of lack of technicians able to run the complexity of those structures. Therefore the research activity is now oriented toward modelling, trying to applying achieved expertise also in not

traditional fields.

Working group

Working group includes both CNR and University personnel. During the last period, according to the development of new research themes, CNR personnel expert in photogrammetry modelling, archaeometry, evaluation and enhancement of underground voids joined the group.

Future outlook

Future prospects are based on the chance to obtain financial support of projects on dismissed mine sites reclamation and on ornamental stones waterjet surface finishing. Furthermore the research activity is to be implemented with the development of projects having a multidisciplinary nature, as previously specified.

L'attività di ricerca della sede IGAG di Cagliari *Research activities at IGAG in Cagliari*

Bortolussi A., Cara S.*, Fadda S., Milia S. & Sanna L.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Cagliari (stefano.cara@cnr.it)

Parole chiave: risanamento ambientale, fotogrammetria, georisorse, geoingegneria, cambiamento globale

Key words: remediation, photogrammetry, georesources, geoengineering, global change

Il gruppo IGAG di Cagliari è impegnato in studi di base e applicativi con interessi scientifici interdisciplinari legati all'ingegneria ambientale, alle scienze della terra e alla geoingegneria, competenze che ricadono in 6 aree strategiche: rischi naturali, impatti antropici e tecnologie per l'ambiente, risorse naturali e ecosistemi, cambiamento globale, osservazione della terra, ingegneria industriale e civile, scienze del patrimonio storico-culturale.

Nel settore dell'ingegneria ambientale si conducono attività di ricerca che riguardano lo sviluppo di strategie di indagine e monitoraggio per il recupero di aree degradate dall'attività mineraria, il risanamento di acque di falda, suoli e sedimenti contaminati da composti organici e inorganici con processi innovativi di tipo biologico e bioelettrochimico, lo sviluppo di sistemi biologici avanzati a basso costo e ridotto impatto ambientale per la depurazione di reflui (agro-)industriali anche complessi, la valorizzazione di scarti liquidi e solidi con recupero di risorse, nel rispetto dei principi dell'economia circolare.

Nel campo delle scienze della terra, la prospezione delle georisorse riveste un ruolo prioritario negli studi del gruppo sia per quanto riguarda gli aspetti economici, sia per quelli ambientali (contenimento del rischio di contaminazione e il ripristino delle aree minerarie dismesse). Tra i minerali strategici dei distretti della Sardegna si studiano le mineralizzazioni associate al magmatismo e i loro legami con le vicende geologiche di questo micro-continente, studi che hanno portato alla definizione del modello metallogenico di giacimenti di interesse industriale. Tra gli studi multidisciplinari del Sistema Terra rientrano lo sviluppo di metodologie di rilievo tra cui la realizzazione di modelli digitali del terreno ed elaborati 3D che trovano applicazione per la valorizzazione e salvaguardia di siti e beni di interesse storico-archeologico e naturalistico. Il gruppo è inoltre coinvolto in ricerche sugli ambienti estremi, focalizzando l'attenzione su quelli carsici, che studia sotto il profilo geomorfologico, idrogeologico, mineralogico e ambientale, sviluppando sistemi di monitoraggio con l'obiettivo di indagare il cambiamento globale.

Gli studi di geoingegneria, un tempo dediti allo sviluppo di tecniche innovative di scavo, taglio e trasformazione delle rocce, sono attualmente orientati alla risoluzione di problematiche inerenti il settore delle pietre ornamentali, incentrandosi sulle tecnologie di trattamento superficiale dei materiali lapidei. Recentemente le competenze di geoingegneria sono state applicate anche in settori non tradizionali, quali lo studio dei principi di stabilità delle architetture del periodo preistorico, la valorizzazione di siti minerari di interesse archeo-industriale e turistico, e si sono integrate con quelle proprie delle scienze della terra nella definizione strutturale di particolari formazioni geologiche di interesse ambientale, quali per esempio cavità carsiche, morfologie di crollo superficiali, ecc..

Il gruppo impiega metodologie integrate tra cui la fotogrammetria con piattaforme di rilievo SAPR e terrestri, sistemi ingegnerizzati per il controllo e l'ottimizzazione di processi biologici e bioelettrochimici impiegati nel risanamento ambientale e il monitoraggio microclimatico per l'acquisizione di una vasta gamma di dati ambientali. In laboratorio impiega le attrezzature in dotazione presso la sede di Cagliari, nonché di quelle in condivisione con l'Università degli Studi di Cagliari. Per le proprie attività di ricerca il gruppo si avvale inoltre della collaborazione di ricercatori di altre università italiane e straniere e istituti CNR.

Nell'ambito dell'attività di terza missione il gruppo contribuisce all'attività formativa universitaria con didattica e tutoraggio per tesi di laurea e di dottorato e al trasferimento tecnologico attraverso corsi di formazione per gestori e guide delle grotte turistiche.

The IGAG Cagliari team is engaged in basic and applied studies with interdisciplinary scientific interests related to environmental engineering, earth sciences and geo-engineering. These skills are associated with six strategic areas: natural risks, anthropic impact and environmental technologies, natural resources and ecosystems, global change, Earth System observation, civil and industrial engineering, cultural heritage science.

In the environmental engineering branch, research activities are focused on: development of monitoring strategies for the recovery of abandoned mining areas, the recovery of groundwater, soil and sediments contaminated by organic and inorganic substances through

novel biological and bioelectrochemical processes; the development of advanced, low-cost and environmentally sound systems for the biological treatment of complex (agro-)industrial wastewater; resource recovery from liquid and solid residues, within a circular economy based approach.

In the field of earth sciences, the exploration of geo-resources plays a priority role in the team's studies both as regards the economic and environmental aspects (containment of the pollution risk and restoration of abandoned mining areas). Among the strategic minerals of the Sardinia districts, the researches focused on the mineralizations associated with magmatism and their links with geological events that affected this micro-plate. The results of these studies have led to the definition of a metallogenic model of the ore bodies with industrial interest. The multidisciplinary studies of the Earth System include the development of survey methodologies including 3D and digital terrestrial modeling for the management and safeguarding of historical, archaeological and naturalistic sites. The group is also involved in researches on extreme environments, focusing on karst science and the developing of monitoring systems with the aim to investigate global change from a geomorphological, hydrogeological, mineralogical and environmental perspective.

Geoengineering expertises, applied in the past to innovative rock excavation, cutting and processing technology, are currently dedicated at the improvement of ornamental stones surface finishing studies. Recently, geoengineering skills have also been used in unconventional sectors (such as the stability analysis of prehistoric buildings and the valorization of mining sites of archaeo-industrial and tourist interest), and have been integrated with those of earth sciences in the structural definition of particular geological formations of environmental interest, such as karst voids, surface collapse morphologies, etc.

The research team adopts integrated approaches, including photogrammetry based on UAS and land survey operating systems, biological and bio-electrical engineered processes and microclimatic monitoring systems for environmental data acquisition. Laboratories include a number of equipments and instruments available at IGAG in Cagliari and shared with some departments of Cagliari University. The research team benefits of scientific collaborations from scientists of other CNR institutes and Italian and foreign Universities.

Moreover, Cagliari team contributes to university educational activities as master thesis and doctoral supervisor. The group is also engaged in technological transfers through training courses for show cave managers and guides.

Caratterizzazione geomorfologica della fascia costiera e delle acque interne mediante indagini geofisiche ed ottiche ad alta risoluzione

*Geomorphological characterization of the near-shore and inland waters
by very high resolution geophysical and optical investigations*

Bosman A.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (alessandro.bosman@cnr.it)

Parole chiave: batimetria multibeam ad alta risoluzione, mappatura dei fondali, monitoraggio, processi sedimentari

Key words: *high resolution multibeam bathymetry, seafloor and habitat mapping, time-lapse bathymetry, active sedimentary processes*

Attualmente svolge attività di ricerca delle aree sommerse della fascia costiera e delle acque interne con metodologie geofisiche ad alta risoluzione (Bosman et al., 2015), campionamenti dei fondali mediante tecniche di monitoraggio sia negli ambienti sedimentari che vulcanici (Bosman et al., 2020; Cuffaro et al., 2017), per la comprensione dell'ambiente e dei processi fisici (fenomeni di instabilità, processi sedimentari attivi, ecc.).

Esperienza nella mappatura ad alta risoluzione dei fondali marini dei complessi vulcanici attivi (Bosman et al., 2014), piattaforme continentali e scarpate continentali con faglie attive (Martorelli et al., 2016; Billi et al., 2019). Analisi dei processi morfo-sedimentari attivi, evoluzione geomorfologica e caratterizzazione dei depositi superficiali su delta e fiumi (Tevere e Po).

Sviluppo di tecniche di elaborazione di dati multibeam ad alta risoluzione (dati DEM, backscatter e colonna d'acqua) e sismica monocanale per migliorare l'accuratezza e precisione dei dati (Bosman et al., 2015). Queste metodologie sono impiegate anche nelle ricerche di archeologica subacquea e variazioni relative del livello del mare in cui è richiesta un'elevata accuratezza della profondità in relazione a scenari di subsidenza e/o sollevamento. Ulteriori campi di studio riguardano la geomatica e le tecniche di telerilevamento per la mappatura delle aree costiere (Anzidei et al., 2017), degli habitat e modellazioni 3D.

Negli ultimi anni sono state condotte attività di ricerca in progetti finalizzati alla mappatura dell'habitat 2020 e sull'analisi del blue carbon immagazzinato negli ecosistemi marini.

Le attività di studio e ricerca hanno previsto la collaborazione con numerose istituzioni pubbliche (INGV, Univ., ISPRA, autorità locali e regionali) nei campi di ricerca sperimentale e applicata, come ad esempio mappatura dei fondali, mappatura degli habitat e di strutture archeologiche, ingegneria marittima costiera e monitoraggio ambientale nell'ambito dei cambiamenti climatici.

Currently a coastal belt and inland water geoscientist with an interest in marine research activities using high-resol. geophysical data (Bosman et al., 2015), seafloor samplings, monitoring techniques of sedimentary and volcanic environments (Bosman et al., 2020; Cuffaro et al., 2017), in order to understand the physical processes of the seafloor interactions (instability phenomena, active sedimentary processes, etc.).

Expertise in seafloor mapping of active volcanic complexes (Bosman et al., 2014), continental shelves and continental slope with active faults (Martorelli et al., 2016; Billi et al., 2019). Analysis of active sedimentary processes, short-term morphological and sedimentological evolution on rivers (Tiber and Po Rivers) and river deltas.

Develop of high resol. multibeam and seismic data processing techniques (DEMs, backscatter and water column data) to improve the resolution, accuracy and precision of geophysical data (Bosman et al., 2015). These skills are applied on underwater archaeological research and to understand the relative sea level change where high accuracy and precision of the depth range is required relating to subsidence or uplift rate scenarios. Further research fields concern geomatics and remote sensing techniques for seafloor and habitat mapping, 3D modeling, relating to the sea level changes along the coastal of volcanic islands (Anzidei et al., 2017). In recent years, research activities have been conducted in projects focused on "habitat mapping 2020" and blue carbon analysis stored in marine ecosystems.

The study and research activities involved cooperation with numerous public institutions (INGV, ISPRA, Univ., local and Regional Authorities) concerning the experimental and applied fields research, such as: seafloor mapping, habitat and archeological mapping, coastal maritime engineering, environmental monitoring concerning the climate changes.

Bibliografia/References

Anzidei M., Bosman A., (2017) - Flooding scenarios due to land subsidence and sea-level rise: a case study for Lipari Island (Italy). *Terra Nova*.

Bosman A., Romagnoli et al., (2020) - Short-term evolution of Po della Pila delta lobe from high-resolution multibeam bathymetry (2013-2016). *Estuarine, Coastal and Shelf*

Science.

- Bosman A., Casalbore et al., (2015) - *The first ultra-high resolution Marine Digital Terrain Model of the shallow-water sector around Lipari Island (Aeolian archipelago, Italy). Annals of Geophysics.*
- Bosman A., Casalbore et al., (2014) - *Formation of an 'a'ā lava delta: insights from time-lapse multibeam bathymetry and direct observations during the Stromboli 2007 eruption. Bull. Volc. 76 (7), 1-12.*
- Billi A., Cuffaro M., Beranzoli L., Bigi S., Bosman A., et al., (2019) - *The SEISMOFAULTS project: First surveys and preliminary results for the Ionian Sea area, southern Italy. Annals of Geophysics.*
- Cuffaro M., Martorelli E., Bosman A., et al., (2017) - *The Ventotene Volcanic Ridge: a newly explored complex in the central Tyrrhenian Sea (Italy). Bull Volc. 78: 86.*
- Martorelli E., Bosman A., et al., (2016) - *Interaction of down-slope and along-slope processes off Capo Vaticano (southern Tyrrhenian Sea, Italy), with particular reference to contourite-related landslides. Marine Geology 378 43–55.*

Alcune attività di ricerca del Laboratorio di Geochimica Ambientale *Some research activities of the Environmental Geochemistry Laboratory*

Brilli M.¹, Giustini F.¹, Barone P.M.², Fayek A.³ & Gozzi M.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Montelibretti (mauro.brilli@igag.cnr.it)

²Geology Department, Faculty of Science, Helwan University, Cairo, Egypt

³Archaeology and Classics Program, American University of Rome, Rome, Italy

Parole chiave: isotopi stabili, geochimica, petrografia

Key words: stable isotopes, geochemistry, petrography

La nostra attività ruota intorno ai Laboratori di Isotopi Stabili e di Sezioni Sottili dell'IGAG; essi si inquadrano nel più ampio Laboratorio di Geochimica Ambientale. La strumentazione che li compone permette in prevalenza, ma non solo, misure di abbondanza isotopica degli elementi C, H, N, S, O su varie matrici naturali: acqua, gas, roccia, materia organica. Per tale ragione in seno a questi laboratori è possibile sviluppare ricerca diversificata in cui non solo le scienze geologiche e ambientali ma anche quelle biologiche e legate ai beni culturali trovano ampio spazio.

Le principali tematiche di ricerca da noi sviluppate recentemente riguardano, in prevalenza, applicazioni degli isotopi stabili leggeri (C, H, N, O) alla geoarcheologia (Brilli et al., 2018a, b, 2019; Fayek et al., 2018; Scardozi et al., 2019; De Angelis et al., 2019; Scorrano et al., 2019), ma anche ai cambiamenti globali (Fayek et al. 2018) e allo studio delle risorse naturali (Giustini et al., 2016, Giustini et al., 2018), quest'ultime linee strategiche del DSTTA. L'acquisizione dei finanziamenti FIRB 2012 (Progetto Marmora Phrygiae vds. "Ancient quarries and building sites in Asia Minor" - Edipuglia) e PRIN 2010-2011 (Progetto EPIC vds. "Biological and cultural heritage of the central-southern Italian population through 30 thousand years" - Ed. UniversItalia) hanno necessariamente condizionato l'attività più recente in tali direzioni.

In sintesi le nostre attività sono riassumibili in:

- isotopi stabili e petrografia applicati alla caratterizzazione di marmi antichi e materiali lapidei di interesse archeologico;
- isotopi stabili applicati ai paleo-ambienti di siti di interesse archeologico, alle paleo-diete e alla mobilità delle popolazioni preistoriche;
- geochimica e isotopi stabili applicati a indagini sulle fonti di energia a bassa entalpia attraverso indicatori quali acque ipotermali, travertini e emanazioni gassose;
- idrogeochimica applicata alle indagini sulla qualità delle acque e sull'idrogeologia.

Our activity revolves around the Laboratories of Stable Isotopes and Thin Sections of IGAG; these labs are part of the Environmental Geochemistry Laboratory. The instrumentation that composes them allows mainly measurements of isotopic abundance of C, H, N, S, O elements on a large variety of natural matrices: water, gas, rock, organic matter. For this reason, within these laboratories it is possible to develop different types of research in which not only the geological and environmental sciences but also the biological and cultural heritage sciences can find application.

The prevailing research topics we have recently developed mainly concern applications of light stable isotopes (C, H, N, O) to geoarchaeology (Brilli et al., 2018a, b, 2019; Fayek et al., 2018; Scardozi et al., 2019; De Angelis et al., 2019; Scorrano et al., 2019), but also global changes (Fayek et al. 2018) and the study of natural resources (Giustini et al., 2016, Giustini et al. al., 2018), the latter are strategic lines of the DSTTA. The acquisition of the financial support from FIRB 2012 (Marmora Phrygiae Project, see "Ancient quarries and building sites in Asia Minor" - Edipuglia) and PRIN 2010-2011 (EPIC Project, see "Biological and cultural heritage of the central-southern Italian population through 30 thousand years" - UniversItalia Ed.) have necessarily conditioned the latest research activities to these directions.

Our activities can be summarized in:

- *stable isotopes and petrography applied to the characterization of ancient marbles and stones of archaeological interest;*
- *stable isotopes applied to paleo-environments of sites of archaeological interest, paleo-diets and mobility of prehistoric populations;*
- *geochemistry and stable isotopes applied to investigations on low enthalpy energy sources through indicators such as hypothermal waters, travertines and gas emissions;*
- *hydro-geochemistry applied to water quality and hydrogeology investigations.*

Bibliografia/References

- Brilli M., Giustini F., Kadioğlu M. (2019) - *Archaeometry*, 61(2), 282 – 295.
- Brilli M., Giustini F., Barone P.M., Fayek A., Scardozi G. (2018a) - *Archaeometry*, 60(3), 403 - 418.
- Brilli M., Lapuente Mercadal M.P., Giustini F., Royo Plumed H. (2018b) - *JAS:Rep.*, 19, 625 – 642.
- De Angelis F., Scorrano G., Martínez-Labarga C., Giustini F., Brilli M., Pacciani E., Silvestrini M., Calattini M., Volante N., Martini F., Sarti L., Rickards O. (2019) – *Archaeol. Anthropol. Sci.*, 11, 4171–4186.
- Fayek A., Brilli, M., Guyennon N., Giustini F., Voltaggio M. (2018) - *AMQ*, 31(1), 125 – 129.
- Giustini F., Brilli M., Patera A., (2016) – *J. Hydrol.: Regional Studies*, 8, 162-181.
- Giustini F., Brilli M., Mancini M. (2018) - *Int. J. Earth Sci.*, 107(4), 1321 – 1342.
- Scardozi G., Brilli M., Giustini F. (2019) - *Geoarchaeology*, 34(2), 169 – 186.
- Scorrano G., Baldoni M., Brilli M., Rolfo M.F., Fornaciari G., Rickards O., Martínez-Labarga C. (2019) - *Archaeol. Anthropol. Sci.*, 11(4), 1443 - 1459.

Studi geofisici delle proprietà fisiche e dei processi geologici *Geophysical studies of the physical properties and of the geological processes*

Caielli G., de Franco R., Boniolo G. & Corsi A.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (roberto.defranco@igag.cnr.it)

Parole chiave: geofisica crostale, geofisica e sismologia per la pericolosità geologica, idrogeofisica, geofisica per le georisorse, sviluppo metodi geofisici

Key words: *crustal geophysics, geophysical and seismological studies for geological hazards, hydrogeophysics, geophysics for geo-resources, development of geophysical methods*

La *geofisica crostale* è una delle attività di ricerca di base del gruppo di geofisica IGAG-MI. Il gruppo ha coordinato e/o partecipato, a numerosi progetti sismici nazionali ed internazionali. Esso infatti è depositario della Banca Dati dei dati di prospezione sismica profonda a rifrazione/riflessione a grande angolo di tutto territorio nazionale. Utilizzando tali dati sta effettuando studi geofisici delle strutture nell'area continentale dell'Appennino Centro-Meridionale. Attualmente è coinvolto in progetti di sismica crostale nelle aree dei bacini Ligure e Tirrenico. L'acquisizione e l'elaborazione di linee sismiche a riflessione ad alta risoluzione (fino a ~1.5 sec TWT) fornisce un supporto alla ricerca geologica di base, come per il progetto CARG (note illustrative di 4 fogli); tali dati supportano studi sul Quaternario e di ricostruzione stratigrafica, paleoecologica e paleoclimatica della Pianura Padana e delle Valli Alpine.

Il contributo della *geofisica e sismologia applicata* alla pericolosità sismica locale consiste nella stima delle proprietà sismiche per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica locale e allo studio dell'effetto sismico indotto di liquefazione. Attraverso la partecipazione ai progetti del Centro MS, e di altri progetti Regionali il gruppo ha supportato gli studi Microzonazione Sismica di numerosi centri urbani. Specificatamente per gli studi sulla liquefazione sismica, ha sviluppato una metodologia per la valutazione della suscettibilità geofisica alla liquefazione dei terreni, attraverso studi di laboratorio e di terreno.

Nel settore delle *georisorse* idriche, geotermiche (a bassa ed alta entalpia) e stoccaggio di fluidi nel sottosuolo, le attività di campo, di interpretazione e/o di modellazione contribuiscono all'individuazione e caratterizzazione degli strati produttivi e dei serbatoi e alla valutazione del potenziale delle georisorse.

Nell'ambito dell'*idrogeofisica* applicata all'ambiente il gruppo si è occupato della caratterizzazione di terreni contaminati da sorgenti naturali (intrusione salina) ed antropiche (Siti Industriali di interesse Nazionale e non e discariche) attraverso tecniche geofisiche elettrico-radar di monitoraggio e tempo variante. Inoltre, ha supportato la messa a punto di una procedura di bonifica in situ da Cromo VI.

Attività importante è quella di *sviluppo di tecniche geofisiche* per l'imaging dei dati di sismica a rifrazione, l'elaborazione di segnali e l'inversione di dati sismici, gravimetrici elettrici ed elettromagnetici.

Nell'ambito dell'attività di *terza missione* il gruppo ha coordinato la stesura dei protocolli delle misure geofisiche per la Microzonazione Sismica e relativo trasferimento ai professionisti attraverso corsi di alta formazione per ordini professionali e master universitari. Ha studiato l'accettabilità sociale della coltivazione di risorse geotermiche sul territorio nazionale. Il gruppo di Geofisica collabora con diversi ricercatori/gruppi di IGAG.

Crustal geophysics is one of the main research activities of IGAG-MI geophysical group. Historically, the group coordinated and /or participated in numerous national and international seismic projects. In fact, it has the database of deep seismic refraction/wide-angle reflection prospecting of Italian territory. Geophysical studies of the crustal structures in the Central-Southern Apennines continental area are carrying out with these data. At present, the group is involved in crustal seismic projects in the areas of Ligurian and Tyrrhenian basins. The acquisition and processing of high-resolution reflection seismic lines (up to ~ 1.5 msec TWT) provide support for basic geological research, as for the CARG project (4-sheet explanatory notes); these data also support the Quaternary studies and the stratigraphic, paleoecological and paleoclimatic reconstruction of the Po Valley and Alpine Valleys.

Applied geophysics and seismology contribute to local seismic hazard for the evaluation of local seismic amplification effects and of the induced effects as the liquefaction with the estimation of the seismic properties. The group supported the Seismic microzonation studies of several urban centres in the frame of MS Centre and different Regional projects. In particular, for seismic liquefaction studies, it has developed a methodology for the evaluation of geophysical susceptibility to soil liquefaction through laboratory and in field studies.

For hydro and geothermal (low and high enthalpy) geo-resources and underground fluid storage, the group contributes with in-field activities, interpretation and/or modelling to identify and characterise aquifers and reservoirs and to evaluate the geo-resources potential.

In hydrogeophysics applied to the environment, the group was involved in the characterization of soils contaminated by natural (saline intrusion) and anthropic sources (industrial sites of national interest and not and wastes) using electric-radar monitoring and time-lapse techniques. In addition, it supported the development of an in-situ remediation procedure of Chrome VI.

Another important activity is the development of geophysical techniques for the imaging of seismic refraction data and for signal processing and inversion of seismic, electrical and electromagnetic and gravimetric data.

As part of the third mission activity, the group coordinated the editing of the geophysical measurements protocols for Seismic Microzonation and their transfer to professionals through high formation courses for professional orders and university masters. It also studied the social acceptability of the cultivation of geothermal resources on national territory.

The Geophysical group collaborates with several researchers/groups of IGAG.

Selezione bibliografia per settori/Topic Selected References

Geofisica Crostale per la geologia

de Franco R., Biella G., Caielli G., Berra F., Guglielmin M., Lozej A., Piccin A., Sciunnach D. (2009) - Overview of high resolution seismic prospecting in pre-Alpine and Alpine basins, *Quaternary International*, 65-75, <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2009.02.011>

Scardia G., de Franco R., Muttoni G., Rogledi S., Caielli G., Carcano C., Sciunnach D., and Piccin A. (2012) - Stratigraphic evidence of a Mid-Pleistocene climate-driven flexural uplift in the Alps, *Tectonics*, <http://dx.doi.org/10.1029/2012TC003108>

Beretta G.P., Caielli G., Carcano C., De Franco R., Gelati R., Miletta S., Premoli Silva I., Rogledi S., Rovida A., Strini A., Stucchi M., Tremolada F., Vezzoli G. (2014) - Note illustrative della Carta Geologica D'Italia Foglio 096 Seregno. Fogli della Carta Geologica d'Italia 1:50000: Foglio 096 Seregno, a cura di Bini A., Sciunnach D., Bersezio R., Scardia G., Tomasi F. ISPRA – Servizio Geologico D'Italia, pp 190. http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/96_Seregno.pdf

Prada M., Sallares V., Ranero C.R., Vendrell M.G., Grevenmeyer I., Zitellini N., de Franco R. (2018) - Spatial variations of magmatic crustal accretion during the opening of the Tyrrhenian back-arc from wide-angle seismic velocity models and seismic reflection images, *Basin Research*; <http://dx.doi.org/10.1111/bre.12211>

Mirabella F., Bucci F., Santangelo M., Cardinali M., Caielli G., De Franco R., Guzzetti F., Barchi M.R. (2018) - Alluvial fan shifts and stream captures driven by extensional tectonics in central Italy. *Journal of the Geological Society*, <https://doi.org/10.1144/jgs2017-138>

Geofisica per le Georisorse

de Franco R., Caielli G., Morrone A., Petrucci B. (2015) – Imaging and Tomographic Interpretations of Seismic Refraction Data for Near Surface Basement Assessment in Somaliland. *Paper Proceedings of Near Surface Geoscience 2015-21st European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Torino, 6-10/09/2015*. <http://dx.doi.org/10.3997/2214-4609.201413758>

de Franco R., Petracchini L., Scrocca D., Caielli G., Montegrossi G., Santilano A., Manzella A. (2019) - Synthetic Seismic Reflection Modelling in a Supercritical Geothermal System: An Image of the K-Horizon in the Larderello Field (Italy). *Geofluids* 2019(3):1-21. <http://dx.doi.org/10.1155/2019/8492453>

Sviluppo metodi geofisici

de Franco R., Caielli G., Villa A., Agliardi F., Franchino F. (2016) - Ground-penetrating radar refraction imaging with stacked refraction convolution section method, *Geophysics* 81 (5), H33-H45; <http://dx.doi.org/10.1190/geo2015-0475.1>

Idrogeofisica

de Franco R., Biella G., Tosi L., Teatini P., Lozej A., Chiozzotto B., Giada M., Rizzetto F., Claude C., Mayer A., Bassan V., Gasparetto-Stori G. (2009) - Monitoring the saltwater intrusion by time lapse electrical resistivity tomography: The Chioggia test site (Venice Lagoon, Italy). *J. Appl. Geophys.* 69, 117–130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jappgeo.2009.08.004>

Brunetti E., Trezzi A., Caielli G., De Franco R., Villa A., Osella D., Musso D., Di Carlo C., Matz P. (2014) - An innovative technique for the in situ treatment of hexavalent chromium within unsaturated soils. *Proceedings of FLOWPATH2014-IAH meeting, 18-20 Jun 2014 – Viterbo (Italy), extended abstract, 12-13.*

Geofisica e sismologia per la pericolosità geologica

Priolo E., de Franco R., Barnaba C., Boniolo G., Caielli G., Corsi A., Laurenzano G., Morrone A., Ragazzo P., Romanelli M., Tento A., Pergalani F., Compagnoni M. (2014) - Spettri di risposta e Norme Tecniche per le Costruzioni. In *La microzonazione sismica dell'area di Umbertide*, A. Motti eds., report POR-FESR-2007/13, Regione dell'Umbria, febbraio 2014, 69-78, ISBN: 978-8-896-27719-5.

de Franco R., Caielli G., Mollica R., Norini G., Aghib F.S., Di Capua A., Boniolo G., Corsi A., Piccin A., Facciorusso J., Martelli L. (2019) - Geophysical characterization of liquefaction-prone areas: The Quistello test site, central Po Plain, Northern Italy, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 116, 130-144. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.10.001>

Cara F., Cultrera G., Riccio G., Amoroso S., Bordoni P., Bucci A., D'Alema E., D'Amico M., Cantore L., Carannante S., Cogliano R., Di Giulio G., Di Naccio D., Famiani D., Felicetta C., Fodarella A., Franceschina G., Lanzano G., Lovati S., Luzi L., Mascandola C., Massa M., Mercuri A., Milana G., Pacor F., Piccarreda D., Pischietta M., Pucillo S., Puglia R., Vassallo M., Boniolo G., Caielli G., Corsi A., de Franco R., Tento A., Bongiovanni G., Hailemikael S., Martini G., Paciello A., Peloso A., Poggi F., Verrubbi V., Gallipoli M. R., Stabile T. A., Mancini M. (2019) - Temporary dense seismic network during the 2016 Central Italy seismic emergency for microzonation studies. *Nature Scientific Data*, 6:182. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0188-1>

Terza Missione

Pellizzone A., Allansdottir A., De Franco R., Muttoni G., Manzella A. (2017) - Geothermal energy and the public: A case study on deliberative citizens' engagement in central Italy, *Energy Policy* 101, 561-570; <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.013>

Strategie di rilievo e monitoraggio per il recupero ambientale di aree degradate da attività mineraria e sviluppo di metodologie di rilievo per la valorizzazione e salvaguardia di siti e beni di interesse storico-archeologico e naturalistico

Survey and monitoring strategies for the environmental recovery of degraded areas by mining activities and development of methodologies for the valorisation and protection of sites and assets archeological-historical and naturalistic interest

Cara S.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Cagliari (stefano.cara@cnr.it)

Parole chiave: proximal sensing; SAPR; rischi naturali e antropici; siti minerari dismessi; salvaguardia e valorizzazione dei beni culturali
Key words: proximal sensing; SAPR; natural and human impact risks; abandoned mining sites; safeguarding and valorisation of cultural heritage

Svolge la propria attività nell'ambito delle aree strategiche Osservazione della Terra, Rischi naturali e impatti antropici e tecnologie per l'ambiente, Scienze del patrimonio storico-culturale, e sviluppa in particolare le seguenti tematiche di ricerca:

- strategie di indagine e monitoraggio per il recupero ambientale di aree degradate da attività mineraria e industriale;
- metodologie di rilievo per la valorizzazione e salvaguardia di siti e beni di interesse storico-archeologico e naturalistico.

Nell'ambito delle proprie attività di ricerca applica metodologie per il monitoraggio ambientale di aree a rischio, con l'utilizzo di tecniche di rilievo (aero)fotogrammetrico per la realizzazione di modelli digitali del terreno ed elaborati 3D. In particolare sperimenta metodologie per il telerilevamento di prossimità con piattaforme SAPR e terrestri per l'elaborazione di dati fotogrammetrici con l'utilizzo combinato di diversi software commerciali. A questo scopo ha sviluppato nel tempo diverse piattaforme di rilievo con SAPR che hanno trovato particolare applicazione nell'ambito degli studi sulle modificazioni e sull'evoluzione morfologica del territorio indotto da fattori legati all'attività mineraria, e per la caratterizzazione di siti di interesse storico-archeologico e archeologico-industriale.

Nel settore dei Beni Culturali, oltre alle tecniche di rilievo fotogrammetrico, svolge attività di caratterizzazione dei materiali da costruzione e dei manufatti. Tali studi comportano la definizione delle caratteristiche composizionali (mineralogico-petrografiche e chimiche) finalizzate all'attribuzione dei luoghi di provenienza delle materie prime utilizzate per la realizzazione di strutture, rivestimenti lapidei e per la produzione di manufatti in genere. In questo settore ha affrontato recentemente studi sullo sfruttamento delle georisorse lapidee in antichità eseguendo indagini sui materiali estratti e rilievi in varie antiche cave utilizzate in antichità (periodo Romano e Punico-Romano) per la realizzazione di manufatti rinvenuti in importanti città di epoca storica. Il gruppo di lavoro vede coinvolti a vario titolo tutti i Ricercatori e Tecnici della Sede IGAG di Cagliari che operano nei vari settori della Geoingegneria, della Geologia Ambientale e della Fotogrammetria. Sono inoltre attive numerose collaborazioni con l'Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di ingegneria civile, ambientale e architettura (DICAAR) e con il Dipartimento Lettere, lingue e Beni Culturali (che ingloba l'ex Dipartimento di Storia, Beni culturali e Territorio). Sono attive collaborazioni anche con la Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e le province di Oristano e Sud Sardegna e con varie realtà private che operano nel settore dei Beni Culturali e Naturalistici della Sardegna.

Per l'espletamento delle attività di ricerca, si avvale dei laboratori e attrezzature in dotazione presso i laboratori della Sede IGAG di Cagliari, nonché dei laboratori in condivisione con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari.

Principali strumenti e attrezzature utilizzati: Diffrattometro a Raggi X Rigaku Geigerflex DMax-B (CNR IGAG), Microscopio Zeiss Axioplan (CNR IGAG - UniCa), piattaforme SAPR per rilievi fotogrammetrici di prossimità Mikrokopter e DJI.

It carries out its activity within the strategic areas Earth Observation, Natural Risks and Human Impacts and Technologies for the Environment, Historical and Cultural Heritage Sciences, and develops in particular the following research themes:

- Analysis and monitoring strategies for the environmental recovery of areas degraded by mining and industrial activities;
- Relevant methodologies for the valorisation and safeguard of sites and assets of historical-archaeological and naturalistic interest

In its research activities it applies methodologies for the environmental monitoring of areas at risk, with the use of

(aero)photogrammetric survey techniques for the realization of digital terrain models and 3D elaborations. In particular, it experiments with methodologies for remote sensing of proximity with SAPR and terrestrial platforms for the processing of photogrammetric data with the combined use of different commercial software. For this purpose it has developed over time several survey platforms with SAPR that have found particular application in studies on modifications and morphological evolution of the territory induced by factors related to mining activity, and for the characterization of sites of historical-archaeological and archaeological-industrial interest.

In the field of Cultural Heritage, in addition to photogrammetric survey techniques, it carries out characterization activities for building materials and manufactured articles. These studies involve the definition of the compositional characteristics (mineralogical-petrographic and chemical) aimed at attributing the places of origin of the raw materials used for the construction of structures, stone coverings and for the production of artefacts in general. In this sector he has recently dealt with studies on the exploitation of stone georisources in antiquity by carrying out surveys on the extracted materials and surveys in various ancient quarries used in antiquity (Roman and Punic-Roman period) for the realization of artefacts found in important cities of the historical period. The working group involves in various ways all the researchers and technicians of the IGAG headquarters in Cagliari who work in the various sectors of Geoengineering, Environmental Geology and Photogrammetry. There are also numerous collaborations with the University of Cagliari, Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering (DICAAR) and the Department of Letters, Languages and Cultural Heritage (which includes the former Department of History, Cultural Heritage and Territory. There are also active collaborations with the Superintendence of Archaeology, Fine Arts and Landscape for the metropolitan city of Cagliari and the provinces of Oristano and South Sardinia and with various private companies operating in the field of Cultural and Naturalistic Heritage of Sardinia.

In order to carry out its research activities, it makes use of the laboratories and equipment available at the IGAG headquarters in Cagliari, as well as the laboratories shared with the Department of Civil, Environmental and Architecture Engineering of the University of Cagliari.

Main instruments and equipment used: Rigaku Geigerflex DMax-B X-ray Diffractometer (CNR IGAG), Zeiss Axioplan Microscope (CNR IGAG - UniCa), SAPR platforms for proximity photogrammetric surveys Mikrokopter and DJI.

Studio morfo-sedimentario di margini continentali controllati tettonicamente e fianchi sommersi di edifici vulcanici insulari, con particolare riferimento a processi di instabilità gravitativa

Morpho-sedimentary study of tectonically-controlled margins and submarine flanks of insular volcanoes, with particular reference to mass-wasting processes and associated hazard

Casalbore D.¹, Bosman A.¹, Chiocci F.L.², Falese F.¹, Martorelli E.¹, Pierdomenico M.³, Ridente D.¹, Romagnoli C.⁴ & Sposato A.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (daniele.casalbore@cnr.it)

²Università Sapienza di Roma; ³CNR-IAS; ⁴Università di Bologna.

Parole chiave: flussi gravitativi di sedimento, frane sottomarine, maremoti, deformazioni verticali

Key words: sedimentary gravity flow, landslide, tsunamis, vertical movements, source-to-sink approach

L'attività di ricerca è principalmente indirizzata allo studio morfo-batimetrico di margini continentali tettonicamente controllati (Calabria e Sicilia, Chiocci and Casalbore, 2017; Casalbore et al., 2019) ed i fianchi sommersi di edifici vulcanici insulari (Arcipelago Eoliano, isole di Pantelleria e Ventotene, Isole Azzorre; Romagnoli et al., 2013; Casalbore et al., 2015) e seamounts (De Ritis et al., 2019). In dettaglio, la ricerca si propone di analizzare la distribuzione ed i meccanismi che controllano la fase di rottura e post-rottura dei processi di instabilità gravitativa che interessano queste aree, come collassi di settore (Casalbore et al., 2011a), frane sottomarine (Casas et al., 2016) e flussi gravitativi di sedimento (Casalbore et al., 2011b and 2017a). Tramite questa caratterizzazione, è possibile effettuare delle considerazioni sulla pericolosità geologica associata a tali processi, come il coinvolgimento di settori costieri tramite processi di erosione retrogressiva (Casalbore et al., 2018), il potenziale tsunamigenico delle frane (Alberico et al., 2018) ed il trasporto e dispersione in mare profondo di rifiuti di origine antropica (Pierdomenico et al., 2019). Un altro interessante aspetto della ricerca è relazionato all'uso di indicatori morfologici (Zecchin et al., 2016), sedimentari (Casalbore et al., 2017b) e archeologici (Anzidei et al., 2016) associati a precedenti livelli del mare allo scopo di avere informazioni sulle deformazioni verticali Tardo-Quaternarie (Lucchi et al., 2019), ricostruzioni paleo-ambientali (Abelli et al., 2016) e futuri scenari di allagamento (Anzidei et al., 2017).

The research activity is mostly focused on the morpho-bathymetric and seismo-stratigraphic characterization of tectonically-controlled margins (Calabria and Sicily, Chiocci and Casalbore, 2017; Casalbore et al., 2019) and flanks of insular volcanoes (Aeolian Archipelago, Pantelleria and Ventotene islands, Azores islands; Romagnoli et al., 2013; Casalbore et al., 2015) or seamounts (De Ritis et al., 2019). Particularly, the research is addressed to better understand the distribution, failure and post-failure behaviour of mass-wasting processes affecting these areas, such as sector collapses (Casalbore et al., 2011a), landslides (Casas et al., 2016) and sedimentary gravity flows (Casalbore et al., 2011b and 2017a) as well as the main controlling factors. By this, we have also attempted to assess the hazard associated to these processes, such as retrogressive erosion potentially involving coastline (Casalbore et al., 2018) and tsunamigenic potential (Alberico et al., 2018) or the transport of marine litter into the deep-sea (Pierdomenico et al., 2019). Another interesting research goal is related to the use of geomorphological (Zecchin et al., 2016), sedimentary (Casalbore et al., 2017b), and archeological markers (Anzidei et al., 2016) associated to past sea levels in order to provide insights on Late-Quaternary vertical movements (Lucchi et al., 2019), paleo-landscape reconstructions (Abelli et al., 2016) and future flooding scenario (Anzidei et al., 2017).

Bibliografia/References

- Abelli, L., Agosto, M. V., Casalbore, D., Romagnoli, C., Bosman, A., Antonioli, F., Pierdomenico, M., Sposato A., Chiocci, F. L. (2016) - Marine geological and archaeological evidence of a possible pre-Neolithic site in Pantelleria Island, Central Mediterranean Sea. *Geo Soc, London, Special Publications*, 411, SP411-6
- Alberico, I., Budillon, F., Casalbore, D., Di Fiore, V., & Iavarone, R. (2018) - A critical review of potential tsunamigenic sources as first step towards the tsunami hazard assessment for the Napoli Gulf (Southern Italy) highly populated area. *Natural hazards*, 92(1), 43-76.
- Anzidei M., Bosman A., Casalbore D., Tusa S. (2016) - New insights on the subsidence of Lipari island (Aeolian islands, southern Italy) from the submerged Roman age pier at Marina Lunga. *Quatern Int* 401, 162-173.
- Anzidei, M., Bosman, A., Carluccio, R., Casalbore, D., D'Ajello Caracciolo, F., Esposito, A., Nicolosi I, Pietrantonio G, Vecchio A, Carmisciano C., Chiappini M, Chiocci FL, Muccini F, Sepe V (2017) - Flooding scenarios due to land subsidence and sea-level rise: a case study for Lipari Island (Italy). *Terra Nova*, 29(1), 44-51.
- Casas D., Chiocci FL, Casalbore D., Ercilla G., Ortiz de Urbina JM. (2016) - Magnitude-frequency distribution of submarine landslides in the Gioia Basin (southern Tyrrhenian Sea). *Geo-marine Letters*, 36, 405-414.
- Casalbore D., Romagnoli C., Bosman A., Chiocci F.L. (2011a) - Potential tsunamigenic landslides at Stromboli Volcano (Italy): Insight from marine DEM analysis. *Geomorphology*, 126, 1-2, 42-50.
- Casalbore D., Chiocci F.L., Scarascia Mugnozza G., Tommasi P., Sposato A. (2011b) - Flash-flood hyperpycnal flows generating shallow-water landslides at Fiumara mouths in Western Messina Straits (Italy). *Mar Geophys Res*, 32, 1-2, 257-271.
- Casalbore D, Romagnoli C, Pimentel A, Quartau R., Casas D., Ercilla G., Hipolito A., Sposato A., Chiocci F.L. (2015) - Volcanic, tectonic and mass-wasting processes offshore Terceira Island (Azores) revealed by high-resolution seafloor mapping. *Bull Volcanol* 77:24.
- Casalbore D., Ridente D, Bosman A, Chiocci FL (2017a) - Depositional and erosional bedforms in Late Pleistocene-Holocene pro-delta deposits of the Gulf of Patti (southern

- Tyrrhenian margin, Italy). *Mar.Geol.*, 385,216-227.
- Casalbore D., Falese F., Martorelli E., Romagnoli C., Chiocci F.L. (2017b) - Submarine depositional terraces in the Tyrrhenian Sea as a proxy for paleo-sea level reconstruction: Problems and perspective. *Quaternary International*, 439, 169-180.
- Casalbore D., Romagnoli C., Bosman A., Anzidei M., Chiocci F. L. (2018) - Coastal hazard due to submarine canyons in active insular volcanoes: examples from Lipari Island (southern Tyrrhenian Sea). *Journal of Coastal Conservation*, 22, 989-999.
- Chiocci F.L., Casalbore D. (2017) - Unexpected fast rate of morphological evolution of geologically-active continental margins during Quaternary: Examples from selected areas in the Italian seas. *Mar Petrol Geol*,82, 154-162.
- Casalbore D., Falcini F., Martorelli E., Morelli E., Bosman A., Calarco M., Chiocci F.L. (2018) - Characterization of overbanking features on the lower reach of the Gioia-Mesima canyon-channel system (southern Tyrrhenian Sea) through integration of morpho-stratigraphic data and physical modelling. *Progress in Oceanography*.
- De Ritis, R., Pepe, F., Orecchio, B., Casalbore, D., Bosman, A., Chiappini, M., Chiocci, F.L., Corradino, M., Nicolich, R., Martorelli, E., Monaco, C., Presti, D., Totato, C., (2019) - Magmatism along lateral slab edges: Insights from the Diamante-Enotrio-Ovidio volcanic-intrusive complex (Southern Tyrrhenian Sea). *Tectonics*.
- Lucchi, F., Ricchi, A., Romagnoli, C., Casalbore, D., & Quartau, R. (2019) - Late Quaternary paleo sea level geomorphological markers of opposite vertical movements at Salina volcanic island (Aeolian Arc). *Earth Surf Proc Land*, 44(12), 2377-2395.
- Pierdomenico, M., Casalbore, D., & Chiocci, F. L. (2019) - Massive benthic litter funnelled to deep sea by flash-flood generated hyperpycnal flows. *Scientific reports*, 9(1), 5330.
- Romagnoli C., Casalbore D., Bortoluzzi G., Bosman A., Chiocci F.L., D'Oriano F., Gamberi F., Ligi M. and Marani M. (2013) - Bathy-morphological setting of the Aeolian islands. *Geological society, London, Memoirs*, 37, 27–36.
- Zecchin M., Ceramicola S., Lodolo E., Casalbore D., Chiocci FL. (2016) - Episodic, rapid sea-level rises on the Mediterranean shelves after the last glacial maximum: a review. *Mar.Geol.* 369.12-23.

Geochimica dei gas e analisi geospaziale per lo studio dei rischi ambientali, cambiamenti globali e georisorse *Gas geochemistry and geospatial analysis for the study of environmental risks, global changes and georesources*

Ciotoli G.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (giancarlo.ciotoli@igag.cnr.it)
Laboratorio di Geochimica Ambientale e Cartografia Tematica

Parole chiave: geochimica dei fluidi, faglie, idrocarburi, geotermia, geostatistica

Key words: *gas geochemistry, fault, hydrocarbons, geothermics, geostatistics*

L'attività di ricerca riguarda i processi di formazione e migrazione di gas endogeni verso l'ambiente superficiale, e l'interazione con geosfera, biosfera, atmosfera e attività umana. Il ruolo della tettonica (cinematica e attività delle faglie) e della litologia nei processi di accumulo e migrazione è, inoltre, considerato.

Le ricerche sono condotte in diversi ambiti delle Geoscienze:

- Rischi ambientali/geologici: quantificazione di emissioni non vulcaniche (CO₂, CH₄ e H₂S, Rn geogenico e indoor) e loro effetti sulla salute umana (Ascione et al., 2018; Ciotoli et al., 2017); rischio da sinkhole naturali e antropici in area urbana;
- Precursori e microzonazione sismica: studio dei processi di migrazione dei fluidi per l'individuazione di faglie in aree sismogenetiche (Ciotoli et al., 2014);
- Cambiamenti globali: quantificazione bottom-up delle emissioni naturali di gas serra (Etiopio et al., 2019);
- Risorse naturali: individuazione e monitoraggio di siti per il confinamento geologico della CO₂, ricerca di idrocarburi e geotermia (Procesi et al., 2019);

Le attività (progetti nazionali e internazionali) sono condotte in collaborazione con altri laboratori IGAG, università e istituti di ricerca italiani e internazionali.

Le indagini di campo prevedono: i) campionamento dei gas nel suolo e da pozzi; ii) campionamento dei gas disciolti in acqua; iii) campionamento dell'aria in ambienti confinati (edifici, grotte, ecc.). Le analisi della concentrazione dei gas nel suolo e disciolti nelle acque sono effettuate sia in situ mediante analizzatori portatili multisensore, sia in laboratorio mediante gascromatografia. Le analisi isotopiche ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$, $\delta^{13}\text{C-CH}_4$, $\delta^{18}\text{O}$ e δD) sono effettuate mediante spettrometria di massa. I dati sono interpretati utilizzando un approccio olistico e multidisciplinare ed elaborati mediante tecniche geostatistiche e di analisi geospaziale in ambiente GIS (Ciotoli et al., 2017).

Research activity focuses on the formation processes of endogenous gases and their migration towards the surface, and on the interaction with the geosphere, biosphere, atmosphere and human activity. The role of tectonics (fault kinematics, activity) and lithology in the processes of fluid accumulation at depth and surface leakage is considered.

Researches are conducted in different fields of Geosciences:

- *Environmental/geological risks: quantification of non-volcanic emissions (CO₂, CH₄ and H₂S, Rn-geogenic and Rn-indoor) and their effects on human health^{1,2}; mapping of natural and anthropogenic sinkholes in urban areas*
- *Earthquake precursors and microzonation studies: migration of deep fluids for the identification and study of active faults in seismogenic areas³*
- *Global changes: bottom-up quantification of natural greenhouse gas emissions⁴*
- *Georesources: site selection and monitoring for CO₂ geological disposal, hydrocarbon and geothermal exploration⁵.*

Research activities (national and international projects) are performed in collaboration with other IGAG laboratories, universities, and Italian and international research institutes.

Field surveys include: i) soil gas survey; ii) sampling of dissolved gases in groundwaters; iii) sampling of gas from exposed or buried wells; iv) air sampling in confined environments (buildings, caves, etc.). The analyses of the soil gas concentrations and dissolved gases are carried both in situ by means of multi-sensor portable analyzers and in the laboratory by gas chromatography. The isotopic analysis ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$, $\delta^{13}\text{C-CH}_4$, $\delta^{18}\text{O}$ and δD) are carried out by mass spectrometry. Data are interpreted using a holistic and multidisciplinary approach and processed using geostatistical and geospatial analysis techniques in the GIS environment².

Bibliografia/References

- Ascione A, Ciotoli G, Bigi S, Buscher J, Mazzoli S, Ruggiero L, Sciarra A, Tartarello MC, Valente E (2018) - Assessing mantle versus crustal sources for non-volcanic degassing along fault zones in the actively extending southern Apennines mountain belt (Italy). *Geol. Soc. Am. Bull.*, 130, 1697-1722
- Ciotoli G, Voltaggio M, Tuccimei P, Soligo M, Pasculli A, Beaubien SE, Bigi S (2017) - Geographically weighted regression and geostatistical techniques to construct the

- geogenic radon potential map of the Lazio region. A methodological proposal for the European Atlas of Natural Radiation. *J. Env. Rad.*, 166, 355-375.
- Ciotoli G., Bigi S., Tartarello C., Sacco P., Lombardi S., Ascione A., Mazzoli S. (2014) - Soil gas distribution in the main coseismic surface rupture zone of the 1980, Ms = 6.9, Irpinia earthquake (southern Italy). *JGR Solid Earth*, 119, 2440-2461.
- Etiope G, Ciotoli G, Schwietzke S, Schoell M (2019) - Gridded maps of geological methane emissions and their isotopic signature. *Earth Syst. Sci. Data*, 11, 1-22.
- Procesi M, Ciotoli G, Mazzini A, Etiope G (2019) - Sediment-hosted geothermal systems: Review and first global mapping. *Earth-Science Reviews*, 192, 529-544.

**Metodologie integrate per lo studio dei processi magmatici e
la valorizzazione del patrimonio culturale e ambientale**
*Integrated methodologies for the study of magmatic processes and
the valorization of the cultural and environmental heritage*

Conte A.M.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (aidamaria.conte@igag.cnr.it)

Parole chiave: petrologia, geologia marina, beni culturali, ambiente

Key words: *petrology, marine geology, cultural heritage, environment*

Le ricerche svolte hanno affrontato un ampio spettro di tematiche petrologiche ed applicative inerenti i beni culturali ed ambientali, avvalendosi di tecniche analitiche convenzionali e di avanguardia quali microscopi petrografici, XRF, XRD, SEM-EDS, EMPA, LAM-ICP-MS, spettrometri di massa per analisi isotopiche e per datazioni assolute, spettroscopia Raman e Infrarosso, spettroscopia Moessbauer, e apparati sperimentali operanti a varie T e P (TZM, Piston Cylinder). Le ricerche condotte in ambito petrologico riguardano: 1) le correlazioni tra metasomatismo e fugacità d'ossigeno del mantello superiore nella Terra Vittoria settentrionale (Antartide); 2) i meccanismi di diffusione dello zirconio in fusi riolitici; 3) la geofisica, vulcanologia, geologia marina e micropaleontologia di aree sede di apparati vulcanici sottomarini (Isole Pontine, Tirreno Centrale, Isola di Pantelleria), con la definizione dei meccanismi eruttivi e delle correlazioni tra la geodinamica e la natura dei prodotti eruttati (e.g., Conte et al., 2014; Conte et al., 2016; Cuffaro et al., 2016); 4) le relazioni tra magmatismo ed idrotermalismo nell'area dell'Isola di Zannone (Pontine Occidentali) (e.g., Martorelli et al., 2016); 5) le indagini tefrostratigrafiche di successioni sedimentarie quaternarie dell'Appennino Centrale; 6) in Sardegna lo studio di plutoni anatectici per i quali sono state definite le sorgenti crostali e il loro legame con l'idrotermalismo che conduce a depositi a Sn-Mo-W di rilevanza metallogenica (Naitza et al., 2017; Conte et al., 2017a) e alla genesi di tormaline il cui studio ha aperto a nuove ipotesi sulla petrogenesi dei magmi da cui si originano (Bosi et al., 2018, 2019).

Per il settore dei beni culturali e ambientali: caratterizzazione e classificazione di materiali di interesse architettonico (materiali litoidi e malte da costruzione) (Conte et al., 2017, Scatigno et al., 2018) e archeologico (ceramiche, marmi bianchi e smeraldi archeologici) (Medeghini et al., 2016; Poretto et al., 2017; Aurisicchio et al., 2018) ai fini del restauro e della provenienza. Esperimenti di sintesi di fosfati (idrossiapatite) per l'intrappolamento di metalli tossici (De Angelis et al., 2017).

Per il futuro sono previste le ricerche da svolgere nell'ambito: 1) del progetto Ateneo Sapienza Studio di un nuovo sito di acqua bassa localizzato al largo dello Scoglio d'Africa (Arcipelago Toscano) caratterizzato da vulcani di fango con emissioni di fluidi ricchi in metano; 2) della Convenzione, tra l'Ente Parco Nazionale dell'Isola di Pantelleria e l'IGAG, per lo studio dell'alterazione dell'ambiente fisico e conservazione della biodiversità del Lago Specchio di Venere in riferimento alle variazioni recenti della linea di riva; 3) in caso di finanziamento, del Progetto Life 18, "Recycling of granite scraps" che prevede il recupero di feldspati di qualità per l'industria ceramica e cementizia dagli sfridi di granito prodotti nelle cave di Buddusò (Sardegna NO).

Gruppi di Lavoro

Petrologia del magmatico/Geologia marina:

- IGAG: E. Martorelli, M. Ingrassia, A. Bosman, M. Cuffaro, D. Casalbore, F. Falese, I. Mazzini, B. Giaccio, M., S. Conticelli.
- Associati IGAG/Uniroma1: G.B. Andreozzi, F. Bosi, C. Perinelli.
- CNR-IGG G. Di Vincenzo, C. Natali.
- Uniroma1: F. Castorina, L. Di Bella, S. Bigi, F.L. Chiocci:
- Uniss: G. Oggiano, F. Secchi, S. Cuccuru. UniCa S. Naitza. Unife: G. Bianchini

Beni culturali e ambientali

- IGAG: M. Brilli, F. Giustini.
- Associati IGAG/Uniroma1: C. De Vito, L. Medeghini, S. Mignardi.
- UniFe: C. Vaccaro

The research has addressed a broad spectrum of petrological and practical issues concerning cultural heritage and environment, using conventional analytical techniques and avant-garde such as petrographic microscopes, XRF, XRD, SEM-EDS, EMPA, LAM-ICP-MS spectrometers mass for isotopic analysis and for absolute dating, Raman and Infrared spectroscopy, Moessbauer spectroscopy, and experimental apparatuses operating at various T and P (TZM, Piston Cylinder). The geo-petrological researches mainly concern with: 1) correlations between metasomatism and oxygen fugacity of the upper mantle in the northern Victoria Land (Antarctica); 2) diffusion of zirconium in rhyolitic melts; 3) the geophysics, volcanology, marine geology and micropaleontology of areas housing submarine volcanic systems (Pontine Islands, Central Tyrrhenian Sea, Pantelleria Island), with the definition of the eruptive mechanisms and the correlations between geodynamics and the nature of the erupted products (e.g., Conte et al., 2014; Conte et al., 2016; Cuffaro et al., 2016); 4) relationships between magmatism and hydrothermalism in the area of the Island of Zannone (Western Pontine) (e.g., Martorelli et al., 2016); 5) tefrostratigraphic investigations of quaternary sedimentary successions of the Central Apennine; 6) in Sardinia the study of anatectic plutons, which led to the identification of the crustal sources and their link with hydrothermal processes associated to deposits of Sn-Mo-W of metallogenic relevance (Naitza et al., 2017; Conte et al., 2017a) and the genesis of tourmalines whose study has opened up new hypotheses on the petrogenesis of the magmas from which they originate (Bosi et al., 2018, 2019). For the cultural and environmental heritage sector: characterization and classification of materials of architectural (lithoid materials and building mortars) (Conte et al., 2017, Scatigno et al., 2018), and archaeological interest (ceramics, white marble and archaeological emeralds), for the purpose of restoration and provenance (Medeghini et al., 2016; Poretti et al., 2017; Aurisicchio et al., 2018). Experiments of synthesis of phosphates (hydroxyapatite) for the entrapment of toxic metals (De Angelis et al., 2017). Future activities include investigations concerning: 1) the Sapienza University project of a new shallow-water site located off the Scoglio d'Africa (Tuscan Archipelago) characterized by mud volcanoes with emissions of fluids rich in methane; 2) of the Convention, between the National Park Authority of the Island of Pantelleria and the IGAG, for the study of the alteration of the physical environment and conservation of the biodiversity of the Specchio di Venere Lake (Is. Di Pantelleria) with reference to the recent variations of the shore line; 3) in the case of a positive outcome, of the Life 18 Project, "Recycling of granite scraps" which involves the recovery of quality feldspar for the ceramic and cement industry from the granite scraps produced in the Buddusò quarries (NW Sardinia).

Bibliografia/References

- Aurisicchio C., Conte A.M., Medeghini L., Ottolini L., De Vito C. (2018) - Major and trace element geochemistry of emerald from several deposits: Implications for genetic models and classification schemes. *Ore Geology Reviews*, 94, 351-366.
- Bosi F., Naitza S., Skogby H., Secchi F., Conte A.M., Cuccuru S., Hälenius U., De La Rosa N., Kristiansson P., Nilsson E.J.C., Ros L., Andreozzi G.B. (2018) - Late magmatic controls on the origin of schorlitic and foititic tourmalines from late-Variscan peraluminous granites of the Arbus pluton (SW Sardinia, Italy): Crystal-chemical study and petrological constraints. *Lithos* 308-309, 395-411.
- Bosi F., Naitza S.; Secchi F.; Conte A.M.; Cuccuru S.; Andreozzi G.B.; Skogby H.; Halenius U. (2019) - Petrogenetic controls on the origin of tourmalinite veins from Mandrolisai igneous massif (central Sardinia, Italy): Insights from tourmaline crystal chemistry. *Lithos* 342-343, 333-344.
- Brilli M., Giustini F., Conte A.M., Lapuente Mercadal P., Quarta G., Royo Plumed H., Scardozi G., Belardi G. (2015) - Petrography, geochemistry, and cathodoluminescence of ancient white marble from quarries in the southern Phrygia and northern Caria regions of Turkey: Considerations on provenance discrimination. *J. Archaeol. Sci. Reports*, 4, 124-142.
- Conte A.M., Martorelli E., Calarco M., Sposato A., Perinelli C., Coltelli M., Chiocci F. L. (2014) - The 1891 submarine eruption offshore Pantelleria Island (Sicily Channel, Italy): Identification of the vent and characterization of products and eruptive style. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 15, 6, 2555-2574.
- Conte A. M., Perinelli C., Bianchini G., Natali C., Martorelli E., Chiocci F.L. (2016) - New insights on the petrology of submarine volcanics from the western Pontine Archipelago (Tyrrhenian Sea, Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 327, 223-239.
- Conte A.M., Cuccuru S., D'Antonio M., Naitza S., Oggiano G., Secchi F., Casini L., Cifelli F. (2017) - The post-collisional late Variscan ferroan granites of southern Sardinia (Italy): inferences for inhomogeneity of lower crust. *Lithos*, 294, 263-282.
- Conte A.M., Corda L., Esposito D., Giorgi E. (2017) - Characterization of mortars from the medieval Abbey of Cerrate (southern Italy). *J. Archaeol. Sci. – Reports*, 12, 463-479.
- Cuffaro M., Martorelli E., Bosman A., Conti A., Bigi S., Muccini F., Cocchi L., Ligi M., Bortoluzzi G., Scrocca D., Canese S., Chiocci F.L., Conte A.M., Doglioni C., Perinelli C. (2016) - The Ventotene Volcanic Ridge: a newly explored complex in the central Tyrrhenian Sea (Italy). *Bull. Volcanol.*, 78:86.
- De Angelis G, Medeghini L., Conte A.M., Mignardi S. (2017) - Recycling of eggshell waste into low-cost adsorbent for Ni removal from wastewater. *J. Cleaner Production*, 164, 1497-1506.
- Martorelli E., Italiano F., Ingrassia M., Macelloni L., Bosman A., Conte A.M., Beaubien S.E., Graziani S., Sposato A., Chiocci F.L. (2016) - Evidence of a shallow water submarine hydrothermal field off Zannone Island from morphological and geochemical characterization: implications for Tyrrhenian Sea Quaternary volcanism. *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 121, 12, 8396-8414.
- Medeghini L., Mignardi S., De Vito C., Conte A.M. (2016) - Evaluation of a FTIR data pretreatment method for Principal Component Analysis applied to archaeological ceramics. *Microchemical Journal*, 125, 224-229.
- Naitza S., Conte A.M., Cuccuru S., Oggiano G., Secchi F., Tecce F. (2017) - A Late Variscan tin province associated to the ilmenite-series granites of the Sardinian Batholith (Italy): the Sn and Mo mineralisation around the Monte Linas ferroan granite. *Ore Geology Reviews*, 80, 1259–1278.
- Poretti G., Brilli M., De Vito C., Conte A.M., Borghi A., Günther D., Zanetti A. (2017) - New considerations on trace elements for quarry provenance investigation of ancient white marbles. *J. Cultural Heritage* 28, 16-26.
- Scatigno C., Prieto-Taboada N., Preite Martinez M., Conte A.M., Madariaga J. M. (2018) - A non-invasive spectroscopic study to evaluate both technological features and conservation state of two types of ancient coloured bricks. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 204, 55-63.

Dinamica della litosfera e deformazione crostale nel settore della geofisica della Terra solida *Lithosphere dynamics and crustal deformation in the field of solid Earth geophysics*

Cuffaro M.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (marco.cuffaro@igag.cnr.it)

Parole chiave: geodinamica computazionale, tettonica delle placche, faglie trasformi oceaniche, zone di subduzione

Key words: *computational geodynamics, plate tectonics, oceanic transform faults, subduction zones*

La geodinamica computazionale contribuisce alla conoscenza della dinamica della litosfera e dell'evoluzione del sistema Terra. La modellazione quantitativa dei processi geologici, attraverso l'utilizzo di esperimenti teorici basati su dati osservati e derivati, fornisce informazioni sui cambiamenti profondi e superficiali della Terra. I moti delle placche sono la prima evidenza dei processi geodinamici e rappresentano le condizioni al contorno per le simulazioni numeriche. I modelli cinematici che descrivono gli spostamenti relativi e assoluti delle placche forniscono restrizioni sulla geodinamica regionale e globale per i cambiamenti presenti e del passato. Pertanto, le velocità delle placche possono essere usate per vincolare indagini di slab litosferici che sprofondano nel mantello alle zone di subduzione, oppure meccanismi di risalita passiva del mantello sotto i sistemi oceanici di dorsale-trasforme-dorsale. Il mantello e litosfera possono essere simulati come fluidi viscosi, usando modelli termo-meccanici con differenti reologie, dove le equazioni di Stokes sono accoppiate con gli effetti termici. Inoltre, i cambiamenti geodinamici producono deformazioni nella crosta, che possono essere studiate e modellate con l'acquisizione e l'elaborazione di dati geofisici, come per esempio derivanti dalla sismologia, dalla gravimetria, dalla magnetometria, dalla sismica a riflessione multicanale, dalla morfologia oppure dalla geodesia spaziale. L'analisi e l'integrazione di questi dati contribuisce allo sviluppo di modelli tettonici e geologici in aree oceaniche e continentali. Recenti attività di ricerca in questi settori della geofisica della Terra solida sono: (1) l'evoluzione cinematica lungo gli orogeni dalle Alpi all'Himalaya; (2) lo sviluppo della subduzione al margine di placca Nazca - Sud America; (3) le esplorazioni alle trasformi oceaniche di Emerald (Oceano Antartico), di Romanche e Doldrums (Oceano Atlantico centrale); (4) indagini sulla tettonica attiva nel Mar Tirreno centrale e meridionale e nel Mar Ionio. Alcuni dei prodotti della ricerca di queste attività corrispondono in larga parte con il primo punto della missione di IGAG e, in generale, si allineano con due aree strategiche del DSSTTA del Consiglio Nazionale delle Ricerche (i.e., Cambiamento Globale e Rischi Naturali).

Computational geodynamics contributes to the knowledge of the dynamics of the lithosphere and the Earth system evolution. Quantitative modelling of geological processes, by making use of theoretical experiments based on observed and predicted data, provide information on deep and superficial Earth development. Plate motions are the first evidence of geodynamic processes and represent the boundary conditions for numerical simulations. Kinematic models which describe relative or absolute plate displacements give restrictions on regional or global geodynamics for current and past changes. For this reason, plate velocities can be used to constraint investigations of lithospheric slabs sinking into the mantle at subduction zones, or passive mantle upwelling beneath oceanic ridge-transform-ridge systems. The mantle and the lithosphere can be simulated as viscous fluids, using thermo-mechanical models with different rheologies, where Stokes equations are coupled with thermal effects. Also, geodynamic changes produce deformation in the crust, that can be studied and modelled by the acquisition and processing of geophysical data, such as for examples seismology, gravity, magnetics, multichannel seismic reflection, morphology or by space geodesy data. The analysis and integration of those data provide tectonic and geological models in continental and oceanic areas. Recent research activities on these topics of the solid Earth geophysics are: (1) the kinematic evolution along the orogens from the Alps to the Himalaya; (2) the subduction development at the Nazca-South America plate boundary; (3) the explorations at the Emerald transform fault (Southern Ocean) and the Romanche and Doldrums transform faults (central Atlantic Ocean); (4) investigations of the active tectonics in the central and southern Tyrrhenian and Ionian Seas. Some research products of those activities mostly correspond to the first point of the IGAG mission and generally match with two of the DSSTTA strategic areas (i.e., Global Change and Natural Risks) of the Consiglio Nazionale delle Ricerche).

Dall'analisi delle trasformazioni territoriali in Geoarcheologia allo studio multiscala dei versanti in roccia interessati da processi di origine gravitativa

From landscape analysis in Geoarchaeology to the multiscale study of rock slopes affected by gravity-driven processes

Di Luzio E.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (emiliano.diluzio@igag.cnr.it)

Parole chiave: geoarcheologia, geomorfologia, slope tectonics, dgpv, rock avalanches

Key words: geoarcheology, geomorphology, slope tectonics, dsgsd, rock avalanches

Le attività scientifiche presentate durante gli incontri per gli IGAG-days rispecchiano una ricerca di tipo multidisciplinare e interdisciplinare che trae origine dalla frequentazione, negli anni, di due istituti CNR: l'IGAG, dove ho prestato servizio dal 1999 al 2009 - e dove lavoro attualmente - e l'ITABC-Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali dove ho svolto attività di ricerca dal 2009 al termine del 2018.

In Geoarcheologia per studio del territorio s'intende l'analisi dell'insieme sinergico di caratteristiche fisiche e culturali che conferiscono carattere e varietà al paesaggio, dando forma a un ambiente vissuto e percepito. Compito della ricerca geologica é la comprensione, attraverso l'applicazione di studi che spaziano dalla geomorfologia all'archeometria, dall'analisi di provenienza delle materie prime fino alle valutazioni del rischio geologico, delle reciproche interazioni tra ambiente naturale e attività antropiche.

In tale contesto negli anni ho partecipato ad alcuni progetti nazionali e internazionali quali il Progetto FIRB Appia Antica (Coordinatore Scientifico Nazionale per ITABC) (e.g. Di Luzio & Carfora 2018; Di Luzio et al., 2018; Di Luzio & Carfora 2019; Di Luzio et al., 2020), il Progetto "The Land of Niniveh, Iraq" (Di Luzio et al., 2019), il Progetto Urbisit-Palatino (Di Luzio et al., 2013) etc., collaborando con Università ed Enti di ricerca italiani ed esteri. Il tema della ricerca geoarcheologica, e in particolare dell'analisi delle trasformazioni territoriali lungo le antiche vie di comunicazione, viene attualmente finanziato da due progetti POR-FESR della Regione Lazio.

Altro tema d'interesse riguarda lo studio dei versanti in roccia. Questo tipo di attività non si limita tuttavia a casi sito-specifici (come accade per le aree archeologiche interessate da geohazards), ma segue la traccia di alcuni studi sul tema della "Slope Tectonics" condotti tra gli anni '00 e '10, riguardanti in particolar modo le deformazioni gravitative profonde di versante e le grandi frane in roccia (Di Luzio et al., 2004a,b; Scarascia-Mugnozza et al., 2006; Bianchi-Fasani et al., 2011; 2014; Esposito et al 2014). Questi studi, condotti nel contesto più generale della geologia dell'Appennino centrale (e.g. Patacca et al., 2008) sono dedicati attualmente a i): il riconoscimento alla mesoscala di elementi deformativi in rocce carbonatiche di origine puramente gravitativa; ii) la comprensione tra l'evoluzione morfo-tettonica dei versanti e l'andamento delle deformazioni gravitative in diversi contesti strutturali (margini di bacino; strutture a pieghe e a thrust, faglie normali; iii) la caratterizzazione sedimentaria, morfologica e morfometrica di depositi di grandi frane in roccia in Appennino Centrale recentemente scoperti.

The scientific activities presented during the meetings for the IGAG-days reflect a multidisciplinary and interdisciplinary research that originates from the attendance, over the years, of two CNR institutes: the IGAG, where I served from 1999 to 2009 - and where I work currently - and the ITABC-Institute for Technologies Applied to Cultural Heritage, where I carried out research from 2009 to the end of 2018.

In Geoarchaeology, the study of the territory means the analysis of the synergistic combination of physical and cultural characteristics that give character and variety to the landscape, giving shape to a lived and perceived environment. The task of geological research is to understand, through the application of studies ranging from geomorphology to archaeometry, from the analysis of the origin of raw materials to the assessments of geological risk, of the mutual interactions between the natural environment and anthropic activities.

In this context, over the years I have participated in some national and international projects such as the FIRB Appia Antica Project (National Scientific Coordinator for ITABC) (eg Di Luzio & Carfora 2018; Di Luzio et al., 2018; Di Luzio & Carfora 2019; Di Luzio et al., 2020), the Project "The Land of Niniveh, Iraq" (Di Luzio et al., 2019), the Urbisit-Palatino Project (Di Luzio et al., 2013) etc., collaborating with Italians and foreigners Universities and research Institutes. The theme of geoarchaeological research, and in particular of the analysis of territorial transformations along the ancient communication routes, is currently financed by two POR-FESR projects of the Lazio Region.

Another topic of interest concerns the study of rock slopes. However, this type of activity is not limited to site-specific cases (as happens

for the archaeological areas affected by geohazards), but follows the trace of some studies on the topic of "Slope Tectonics" conducted between the '00s and '10s, concerning active processes of deep gravitational slope deformation and large rock slope failures (Di Luzio et al., 2004a,b; Scarascia-Mugnozza et al., 2006; Bianchi-Fasani et al., 2011; 2014; Esposito et al 2014) . These studies, conducted in the more general context of the geology of the central Apennines (e.g. Patacca et al., 2008) are currently dedicated to i): the recognition of deformation elements in carbonate rocks at the mesoscale of purely gravitational origin; ii) the understanding of the relationship between the morpho-tectonic evolution of the slopes and the trend of gravitational deformations in different structural contexts (basin margins; folded and thrust structures, normal faults); iii) the sedimentary, morphological and morphometric characterization of recently discovered rock avalanche deposits in the Central Apennines.

Bibliografia/References

- Bianchi Fasani G., Di Luzio E., Esposito C., Martino S. & Scarascia Mugnozza G. (2011) - Numerical modelling of Plio-Quaternary slope evolution based on geological constraints: a case study from the Caramanico Valley (Central Apennines, Italy), *Geological Society, London, Special Publications*, v. 351; 201-214. doi: 10.1144/SP351.11
- Bianchi Fasani G., Di Luzio E., Esposito C., Evans S.G. & Scarascia Mugnozza G. (2014) - Quaternary, catastrophic rock Avalanches in the central Apennines (Italy): relationships with inherited tectonic features, gravity-driven deformations and the geodynamic frame. *Geomorphology*, 21(15), 22–42. doi:10.1016/j.geomorph.2013.12.027.
- Di Luzio E., Bianchi-Fasani G., Saroli M., Esposito C., Cavinato G.P. & Scarascia-Mugnozza G. (2004a) - Massive rock slope failure in the central Apennines (Italy): the case of the Campo di Giove rock avalanche. *Bullettin of Engineering Geology and the Environment*, 63, 1-12. doi: 10.1007/s10064-003-0212-7
- Di Luzio E., Saroli M., Esposito C., Bianchi-Fasani G., Cavinato G.P. & Scarascia-Mugnozza G. (2004b) - The influence of inherited structural framework on deep-seated gravity deformation phenomena: the fault-bounded Majella anticline (central Apennines, Italy). *Geomorphology*, 60, 417-432. doi: 10.1016/j.geomorph.2003.10.004.
- Di Luzio E., Bianchi Fasani G. & Bretschneider A. (2013) - Potential rockfalls and analysis of slope dynamics in the Palatine archaeological area. *Geologica Acta*, 11(2), 245-264. doi:10.1344/105.000001834.
- Di Luzio E. & Carfora P. (2018) - Geomorphological records of diachronous quarrying activities along the ancient Appia route at the Aurunci Mountain Pass (Central Italy). *Geomorphology*, 306, 210-223. doi:10.1016/j.geomorph.2018.01.016.
- Di Luzio E., Arienzo I., Boccuti S., De Meo A. & Sottili G. (2018) - Chemical-petrographic and isotopic characterization of the volcanic pavement along the ancient Appia route at the Aurunci Mountain Pass, Italy: Insights on possible provenance. *Geoarchaeology*, 1-18. doi: 10.1002/gea.21718.
- Di Luzio E. & Carfora, P. (2019) - *Approcci multidisciplinari per la ricostruzione del paesaggio di una grande strada romana. La via Appia al valico degli Aurunci*. Claudio Grenzi Editore, Foggia, pp. 110. ISBN 978-88-8431-726-1.
- Di Luzio E., Colosi F., Fidenzi E., Malinverni E.S., Gaudiosi I., Bozzi C.A. & Orazi R. (2019) - Slope analysis and rock fall assessment in the Khinis archaeological area (Kurdistan, northern Iraq), *Italian Journal of Engineering Geology and the Environment*, 19(2), 13-35. doi: 10.4408/IJEGE.2019-02.0-02.
- Di Luzio E., Mazzanti P., Blumetti A., Baleani M. (2020) - Assessment of tectonic-controlled rock fall processes threatening the ancient Appia route at the Aurunci pass (central Italy) through structural analyses, remote sensing and probabilistic modelling. *Natural Hazards*, in press.
- Esposito C., Di Luzio E., Scarascia Mugnozza G. & Bianchi Fasani G. (2014) - Mutual interactions between slope-scale gravitational processes and morpho-structural evolution of central Apennines (Italy): review of some selected case histories. *Rendiconti Lincei. Scienze fisiche e naturali*, 25(2), 161-155. doi: 10.1007/s12210-014-0348-3.
- Patacca E., Scandone P., Di Luzio E., Cavinato G.P. & Parotto, M. (2008) - Structural architecture of the central Apennines: Interpretation of the CROP 11 seismic profile from the Adriatic coast to the orographic divide. *Tectonics*, 27, TC3006, doi: 10.1029/2005TC001917.
- Scarascia-Mugnozza G., Bianchi-Fasani G., Esposito C., Martino S., Saroli M., Di Luzio E. & Evans S.G. (2006) - Rock avalanche and mountain slope deformation in a convex, dip-slope: the case of the Majella Massif (central Italy). In: Evans S.G., Scarascia-Mugnozza G., Ermanns R., Strom A. (eds.), *Massive rock slope failure*, Nato Science Series Book, Kluiver Academic Publisher, 357-376.

Il ruolo dell'idrogeologia nell'IGAG: preservazione della risorsa e strategie di mitigazione dei rischi naturali *The role of hydrogeology in IGAG: resource conservation and natural risk mitigation strategies*

Di Salvo C.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (cristina.disalvo@igag.cnr.it)

Parole chiave: gestione della risorsa idrica, rischio allagamento, modellazione idrogeologica

Key words: water resource management, flooding risk, hydrogeological modelling

L'idrogeologia è una disciplina trasversale a molte aree progettuali definite dal Dipartimento Terra e Ambiente del CNR, nello specifico: AP1, AP2 e AP3. L'IGAG possiede competenze nel campo dell'idrogeologia, e in particolare nell'ambito del rilevamento, della gestione dei dati, dell'elaborazione di cartografia, della costruzione di modelli concettuali e implementazione di modelli numerici. Tali competenze sono state sviluppate in progetti finalizzati allo studio di metodologie per la mitigazione dei rischi naturali, finanziati dal Dipartimento di Protezione Civile, dalla Regione Lazio e dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali.

Dal 2015 le attività di ricerca sono state estese ai processi che regolano il ruscellamento superficiale in funzione della morfologia del terreno, in relazione al meccanismo di allagamento da nubifragio in ambito urbano. Successivamente, grazie all'attivazione di collaborazioni interne ed esterne al CNR, è stato possibile includere tra le attività la geochimica delle acque sotterranee, fondamentale per lo studio dei meccanismi di ricarica e deflusso ai fini gestionali. Di seguito si elencano brevemente metodologie di analisi, prodotti e prospettive di ricerca a breve e lungo termine.

Metodologie

- Monitoraggio livelli piezometrici, parametri chimico-fisici e geochimici;
- archiviazione dei dati mediante software GIS;
- elaborazioni dati spaziali con tecniche geostatistiche;
- elaborazione delle serie di dati (detraining, filtraggio e correlazioni).

Prodotti

- Modelli 3D geologici;
- modelli concettuali e modelli numerici idrogeologici di flusso;
- modelli idraulici semplificati con HEC-RAS, HEC-HMS;
- cartografia idrogeologica;
- altra cartografia tematica (i.e., pericolosità e rischio allagamento).

Prospettive a breve termine

- Studio della connettività idraulica di facies nell'area del centro storico di Roma;
- studio dei meccanismi di ricarica e deflusso degli acquiferi romani e della Media Valle del Tevere mediante analisi isotopiche;
- integrazione di modelli idraulici a scala regionale, dati di sottosuolo e immagini satellitari finalizzata allo sviluppo di metodologie per la comprensione dei meccanismi di allagamento.

Prospettive a lungo termine (da supportare con finanziamenti e progetti)

- Implementazione di una rete di monitoraggio idrogeologico e idraulico in ambito urbano per la valutazione dello stato della risorsa e per la comprensione dei meccanismi di allagamento;
- rilancio della modellazione numerica idrogeologica a scala di bacino;
- rilancio della cartografia idrogeologica;
- proposte per la corretta gestione degli acquiferi a livello comunale e regionale.

Ad oggi, le collaborazioni sono in larga parte nazionali e interne al CNR, ma devono necessariamente essere estese ad un ambito internazionale. Inoltre, poiché la tematica coinvolge un cospicuo gruppo di ricercatori, si propone di formalizzarne la composizione, per risultare competitivi nella partecipazione a bandi di ricerca e drenare fondi e progetti.

Hydrogeology is a subject transversal to many Project Areas defined by the CNR Earth and Environment Department, such as: AP1, AP2 and AP3. IGAG owns skills in the field of hydrogeology, and in particular in field surveys, data management, cartographic processing, conceptual models building and numerical models implementation. These skills were developed in the framework of projects aimed at the study of methodologies for the mitigation of natural risks, funded by the Civil Protection Department, by Latium Region and by the Ministry of Cultural Heritages.

Starting from 2015, research activities were extended to the study of processes regulating the surface runoff as a function of terrain morphology, related to the mechanism of pluvial flood. Later, thanks to the activation of collaborations both internal and external to CNR, it was possible to include in the research activities the geochemistry of groundwater, which are fundamental for the study of recharge and flow of aquifers and, thus, for their correct management.

Here follows a brief list of the methodologies of analysis, the products and research perspectives in the short term and in the long term.

Methods

- Monitoring of piezometric levels, chemical-physical and geochemical parameters;
- Data storing by means of GIS software;
- Elaboration of spatial data by means of geostatistical tools;
- Data series elaboration (detrending, filtering and correlations)

Products

- 3D geological models;
- Conceptual models and numerical groundwater models;
- Simplified hydraulic models with HEC-RAS, HEC-HMS;
- Hydrogeological mapping;
- Other thematic mapping (i.e., pluvial flood hazard and risk).

Short term perspectives

- Study of hydraulic facies connectivity in the Central Archaeological area of Rome;
- Study of recharge and flow mechanism in the aquifers of Rome and in the Middle Tiber Valley;
- Integration of hydraulic models at regional scale, data of subsoil and satellite images aimed at the development of methodologies for the comprehension of pluvial flooding mechanism.

Long term perspectives (to be supported with fundings and projects)

- Implementation of a network for the monitoring of surface waters and groundwater in urban areas aimed at both the evaluation of the quantitative status of the water resource and the comprehension of the pluvial flooding mechanism;
- Relaunch of basin-scale groundwater numerical modelling;
- Relaunch of groundwater mapping;
- Proposals of strategies for a proper aquifers management at both municipal and regional level.

Nowadays, active collaborations are largely national and internal to CNR, while they must be extended to an international context. Moreover, since the subject involves a conspicuous group of researchers, we propose to formalize its composition, in order to increment our competitiveness when applying to research grants in order to drain fundings and projects.

Impatto della geologia sul settore manifatturiero: i geomateriali primari e secondari e le loro trasformazioni nei processi industriali
Impact of geology on the manufacturing sector: primary and secondary geomaterials and their transformations in industrial processes

Diella V.¹, Marinoni N.² & Pavese A.³

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (valeria.diella@cnr.it)

²Dipartimento Scienze della Terra, Università di Milano

³Dipartimento Scienze della Terra, Università di Torino

Parole chiave: geomateriali; materiali ceramici e per edilizia; approccio multi-metodologico

Key words: *geomaterials; sanitary ware and building materials; multi-methodological approach*

I geomateriali sono comunemente associati a sistemi naturali di uno o più minerali, e sono ampiamente impiegati come componenti fondamentali di molteplici processi industriali (“primary raw materials”: PRM; parte quindi delle “georisorse allo stato solido”), assimilabili per complessità e natura a quelli geologici, cui siano state interrotte le cinetiche di trasformazione. Da ciò l’importanza dello studio delle proprietà, reazioni e trasformazioni a livello macro e microscopico dei geomateriali, con conseguente loro valorizzazione (caratteristiche specifiche, reperimento e modalità d’impiego) in cicli produttivi quali quelli del segmento ceramico e dei materiali da costruzione. Oggi, le competenze sviluppate in seno ai PRM si estendono ai “secondary raw materials” (SRM), frutto questi ultimi degli scarti, o residui, della produzione industriale (spesso PRM trasformati) o dei trattamenti di gestione di rifiuti solidi o acque reflue. L’accezione di “raw materials” (RM) tende pertanto ad includere sia PRM sia SRM, anche alla luce di un progressivo sforzo di sostituzione dei primi, almeno in parte, con i secondi.

Lo sviluppo di metodologie analitiche e di modelli per interpretare e/o predire comportamenti di RM, è stato la base per la collaborazione con aziende del settore ceramico e cementizio (Ideal Stadar, Italcementi e Minerali Industriali). Sono stati considerati diversi tipi di sistemi multifase, in funzione della composizione, microstruttura, cinetico di trasformazione e stati di meta-stabilità. Le tecniche utilizzate comprendono l’analisi chimica (microsonda elettronica), l’analisi di immagine (microscopio elettronico), l’analisi diffrattometrica a raggi-X su polveri (anche ad alta temperatura in situ) e su cristallo singolo, la micro-tomografia computerizzata a raggi X, in 3D (volume) e 4D (volume e temperatura), via luce di sincrotrone.

In particolare, negli ultimi anni, la ricerca si è concentrata su:

- ruolo vetro di riciclo in sistemi argilla-caolinite-quarzo-feldspato (PRM+SRM), in relazione a modelli di cinetica di reazione e caratteristiche del prodotto ceramico finito;
 - influenza della granulometria e cristallinità dei materiali di partenza, della temperatura e del tempo sull’evoluzione delle fasi, sulla microstruttura, sulle proprietà macroscopiche e sull’energia di formazione di Gibbs in relazione a sistemi modello per sanitary ware feldspato-caolinite (PRM);
 - introduzione di corindone sintetico in sostituzione parziale dei materiali di partenza nella ri-formulazione delle miscele per sanitary ware (PRM modificati), e i suoi effetti sulla composizione delle fasi, sull’energia di formazione di Gibbs, sulle microstrutture e proprietà tecnologiche (Diella et al., 2020);
 - influenza di differenti componenti plastiche di partenza (argille) sulla microstruttura del prodotto finale focalizzando l’attenzione sulla macro e micro porosità (PRM).
 - sintesi e la caratterizzazione di clinker per cemento di tipo Portland con l’utilizzo di nuove materie prime naturali e/o di scarto (basalto, vetro di bottiglia da riciclo) con granulometrie grossolane che permettono un risparmio energetico sia nella macinazione sia nel trattamento termico e la riduzione dei volumi di materiale di scarto (PRM+SRM).
- Inoltre, l’approccio multi-metodologico è stato esteso anche a materiale gemmologico, che pur non implicato in trasformazioni alla scala industriale, è comunque una georisorsa allo stato solido con rilevante impatto commerciale (Diella et al., 2019).

Per brevità, si riportano solo le due ultime pubblicazioni.

Geomaterials are commonly associated with natural systems of one or more minerals, and are widely used as fundamental components of multiple industrial processes (“primary raw materials”: PRM; therefore part of the “solid state georesources”), which can

be assimilated in terms of complexity and nature to the geological ones, whose transformation kinetics have been interrupted. Hence the importance of studying the properties, reactions and transformations at the macro and microscopic level of geomaterials, with consequent enhancement (specific characteristics, retrieval and use) in production cycles such as those of the ceramics and of construction sector. Today, the analytical expertise developed within the PRM extends also to "secondary raw materials" (SRM), those are the resulting waste or residues, of industrial production (often transformed PRM) or of treatments for the management of solid- or water-waste. The meaning of "raw materials" (RM) therefore tends to include both PRM and SRM, also because of a progressive effort to at least partially replace the former, with the latter.

The development of analytical methodologies and models to interpret and / or predict RM behaviors was the basis for collaboration with ceramic and cement companies (Ideal Standard, Italcementi and Minerali Industriali). Different types of multiphase systems were considered, depending on the composition, microstructure, transformation kinetics and states of meta-stability. The techniques used include chemical analysis (electronic microprobe), image analysis (electron microscope), X-ray diffractometric analysis on both powders (also at high in situ temperature) and on single crystal, computerized micro-tomography X-ray, in 3D (volume) and 4D (volume and temperature), via synchrotron light.

In particular, in recent years, research has focused on:

- role of recycled glass in clay-kaolinite-quartz-feldspar systems (PRM + SRM), in relation to reaction kinetics models and characteristics of the finished ceramic product;
- influence of granulometry and crystallinity of the starting materials, as well as of temperature and of time, on the evolution of the phases, on the microstructure, on the macroscopic properties and on the Gibbs energy of formation in relation to model systems for sanitary ware feldspar-kaolinite (PRM);
- introduction of synthetic corundum in partial replacement of the starting materials in the re-formulation of mixtures for sanitary ware (modified PRM), and its effects on the composition of the phases, on the Gibbs energy of formation, on the microstructures and technological properties (Diella et al., 2020);
- influence of different starting plastic components (clays) on the microstructure of the final product by focusing on macro and micro porosity (PRM).
- synthesis and characterization of clinker for Portland type cement with the use of new natural and / or waste raw materials (basalt, recycled bottle glass) with coarse grain sizes that allow energy savings both in grinding and in heat treatment and the reduction of volumes of waste material (PRM + SRM).

In addition, the multi-methodological approach has also been extended to gemmological material, which although not involved in transformations on the industrial scale, is still a solid-state geo-resource with significant commercial impact (Diella et al., 2019).

For concision, only the most recent publications are reported.

Bibliografia/References

- Diella V., Marinoni N., Costa E., Biraghi P.G., Francescon F., Lanzafame G., Dapiaggi M., Pavese A. (2020) - Effects of alumina-excess on reactivity, microstructure and macroscopic properties of sanitary-ware ceramics. *Ceramics in Modern Technologies (formerly Industrial Ceramics)*, 1 (in press). doi:10.29272/cmt.2019.0011.
- Diella V., Bocchio R., Marinoni N., Caucia F., Spalla M.I., Adamo I., Langone A., Mancini L. (2019) - Garnets from Val d'Ala Rodingites, Piedmont, Italy: An Investigation of Their Gemological, Spectroscopic and Crystal Chemical Properties. *Minerals*, 9, 728. doi:10.3390/min9120728.

Applicazioni dell'ingegneria geotecnica sismica *Application of earthquake geotechnical engineering*

Fabozzi S., Falcone G. & Razzano R.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (stefania.fabozzi@igag.cnr.it)

Parole chiave: rischio sismico, geotecnica sismica, opere geotecniche, modellazione numerica 1D-2D-3D, approcci multi-scala.

Key words: seismic risk, earthquake geotechnical engineering, geotechnical works, 1D-2D-3D numerical modeling, multi-scale approaches

Le attività di ricerca del gruppo di lavoro si collocano nell'ambito dell'ingegneria geotecnica con particolare focus sugli aspetti sismici. Con riferimento alle aree strategiche di competenza del DSSTTA, il gruppo di lavoro tratta il rischio sismico per alcuni suoi aspetti e secondo approcci differenziati in funzione della scala del problema. I principali contenuti tecnico-scientifici dell'attività svolta dal gruppo di lavoro sono: i) studio del comportamento dinamico delle terre; ii) studio di fenomeni di amplificazione sismica locale in condizioni 1D e in situazioni di sottosuolo complesse, 2D e 3D; iii) valutazione della pericolosità sismica totale (pericolosità di base ed effetti locali) a scala nazionale e alla scala di sito; iv) valutazione degli effetti di instabilità sismo-indotte quali ad esempio liquefazioni, instabilità di versante e densificazioni.

Data la multidisciplinarietà di alcuni progetti che vedono coinvolto il gruppo di lavoro (i.e. PON Governance e URBISIT), esiste un'intensa collaborazione con altri gruppi di lavoro dell'istituto che trattano lo stesso problema dal punto di vista geologico e geofisico, compresi gli effetti sulle strutture/infrastrutture.

Il gruppo di lavoro segue anche altre linee di ricerca attraverso la collaborazione con alcune Università italiane e straniere: i) studio dell'instabilità di versante indotta da eventi climatici (Politecnico di Bari, Università di Newcastle, IRPI-Bari); ii) studio degli effetti, sulla risposta sismica locale in condizioni 2D e 3D, della morfologia superficiale e profonda in condizioni di sottosuolo complesse dei depositi di terreno e sulle dighe in terra (Università la Sapienza, Università Tecnica Nazionale di Atene); iii) studio dell'interazione dinamica terreno-struttura con particolare riguardo alle gallerie, studio di modelli di vulnerabilità sismica del sistema galleria-terreno e sistemi passivi di mitigazione del rischio, quali ad esempio sistemi di early warning sismici (Università di Napoli Federico II; Tongji University di Shanghai; Università di Leeds); iv) studio di approcci BIM (building information modelling) per l'ingegneria geotecnica (Università di Napoli Federico II; Politecnico di Milano; FED spinoff).

Le attività svolte dal gruppo di lavoro si differenziano in formazione, attraverso attività didattica svolta principalmente presso Università italiane (corsi universitari e master universitari di II livello); ricerca, articoli su rivista internazionale, contributi e presentazioni a convegni nazionali ed internazionali, attività editoriali per riviste di settore (es. Rivista di Gallerie e Grandi Opere Sotterranee); terza missione, attività di supporto alle regioni della convergenza nell'ambito del progetto PON Governance in collaborazione con il DPC; partecipazione alle attività di associazioni di settore (es. Associazione Geotecnica Italiana, Società Italiana Gallerie; ISSMGE, EGU); partecipazione a commissioni tecniche UNI (es. UNI/CT033/SC05/GL03).

The working group research activities move in the field of geotechnical engineering with particular reference to the seismic aspects. Within the DSSTTA's strategic areas of competence, the working group deals with seismic risk in some aspects with differentiated approaches according to the scale of the problem. The main technical-scientific contents of the work carried out by the working group are: i) study of the dynamic behavior of the soil; ii) study of local seismic amplification in 1D conditions and in complex subsurface situations, in 2D and 3D conditions; iii) assessment of the total seismic hazard (base hazard and local effects) at national and site scale; iv) evaluation of the effects of seismic-induced instabilities such as liquefaction, slope instability and densification.

Given the multi-disciplinarity of some projects involving the working group (i.e. PON Governance and URBISIT), there is an intense collaboration with other working groups of the institute that deal with the same problem from a geological and geophysical point of view, including the seismic effects on structures/infrastructures.

The working group follows other lines of research also, through the collaboration with some Italian and foreign universities: i) study of slope instability induced by climatic events (Polytechnic of Bari, University of Newcastle, IRPI-Bari); ii) study of the effects, on the local seismic response in 2D and 3D conditions, of the surface and deep morphology in complex subsoil conditions of the soil deposits and on the earth dams (Sapienza University, National Technical University of Athens); iii) study of the dynamic soil-structure interaction with particular regard to the tunnels, study of seismic vulnerability models of the tunnel-soil system and passive risk mitigation systems, as for example seismic early warning systems (University of Naples Federico II; Tongji University of Shanghai; University of Leeds); iv) study of BIM (building information modeling) approaches for geotechnical engineering (University of Naples Federico II; Polytechnic of Milan;

FED spinoff).

The working group activities differ into three main fields: training, teaching activities in some Italian universities (university courses and II level university masters); research, publications in international journals, contributions and presentations at national and international conferences, editorial activities for sector journal (e.g. Gallerie e Grandi Opere Sotterranee); third mission, support activities for the convergence regions of the south of Italy as part of the PON Governance project in collaboration with the DPC; participation in the activities of sector associations (e.g. Italian Geotechnical Association, Italian Tunnel Society; ISSMGE, EGU); participation in UNI technical commissions (eg UNI/CT033/SC05/GL03).

L'applicazione della giacimentologia alle problematiche sia tradizionali sia sanitario-ambientali *The application of Economic Geology techniques to geo-environmental and sanitary problems*

Fadda S.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Cagliari (sfadda@unica.it)

Parole chiave: giacimentologia, metallogenesi, minerali strategici, discariche minerarie, tutela ambientale

Key words: *economic geology, metallogenesis, critical raw materials, mine wastes, environmental protection*

La ricerca di georisorse riveste un ruolo di prioritario interesse nell'ambito dell'economia. La Sardegna vanta una tradizione ed un patrimonio di conoscenze di oltre cinquant'anni che deve costituire la base per una ricerca che consideri anche gli aspetti ambientali e le ripercussioni sulla salute. Per quanto riguarda i minerali strategici si studiano le più significative mineralizzazioni a molibdeno associate ai granitoidi del batolite sardo, in particolare le mineralizzazioni polimetalliche (Mo, W, Sn) associate ai leucograniti del magmatismo ercinico nella parte sud-occidentale della Sardegna nel settore del Monte Linas, graniti a ilmenite. Nel distretto dell'Arburese/Fluminese (Montevecchio) si approfondiscono gli studi sulla natura dei fluidi mineralizzanti e le analogie con sistemi simili in Europa affinando gli studi petrografici sulle paragenesi metalliche.

Nuove ricerche petrografiche sulle tourmaline, indicatore petrogenetico, hanno consentito approfondimenti sulla evoluzione dei magmi granodioritici nel batolite sardo. Si studiano i legami tra magmatismo tardo- e post-Ercinico nelle principali mineralizzazioni ad Au-As-Sb-W del distretto del Gerrei (Sardegna Sud-orientale). Gli studi delle mineralizzazioni terziarie epitermali "high sulfidation" (Au-Cu-As-Te) e "low sulfidation" (Au-Ag-Sb) in Sardegna, in particolare sul sistema aurifero di Osilo hanno portato alla delineaazione del modello metallogenico e a una più precisa valutazione economica del deposito che soltanto problemi ambientali ne impediscono attualmente la coltivazione.

Gli studi sulle mineralizzazioni di tipo "stratabound" individuati nella Sardegna nord-occidentale nei sedimenti del Miocene basale del Logudoro si focalizzano sugli aspetti mineralogico-petrografici delle concrezioni cuprifere ad azurite/malachite e sembrano confermare l'ipotesi di una genesi primaria piuttosto che la ossidazione di solfuri. In Sardegna esistono numerosi depositi di argille. Nel distretto minerario di Serrenti/Furtei, nell'area di Monte Porceddu, sono in corso gli studi sugli scavi per l'estrazione del caolino sfruttati in passato ed ora abbandonati per la scarsa qualità del minerale.

Lo studio geomorfologico viene integrato con tecniche fotogrammetriche RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) per la valutazione dei volumi dei materiali. In questo sito si è iniziata una ricerca teorica e applicativa sulla possibilità di utilizzare questi "Raw Materials" di caolino come potenziali Geopolimeri. La sperimentazione è iniziata misurandone l'attività pozzolanica dopo calcinazione a diverse temperature con risultati incoraggianti per un possibile riutilizzo di questi materiali.

The island of Sardinia has been the most important mining region in Italy. Even if the old resources can be considered to be technically exhausted by decades, the potential of the districts for new resources, also those falling within the CRMs list, remains to be assessed. Some resources are linked to marginal deposits of little economic interest; other resources are materials deriving from old mining activities which constitute a major environmental problem. The themes and targets for mineral exploration, as well as new metallogenic studies and re-evaluation of the old districts include: Mo-W-Sn ores related to granites occurring in different areas of the Sardinia batholith, Ni-Co ores in hydrothermal veins in the Arburese district, a study of tourmaline, a well-known petrogenetic indicator, for the reconstruction of evolution of Variscan granodioritic magmas in the sardinian batholith, Au-As-Sb-W orogenic deposits of Gerrei district and Au, Ag ores in Tertiary volcanics in the Osilo district. In particular the Sn and Mo mineralisation around the Monte Linas ferroan granite in the late Variscan tin province associated to the ilmenite-series granites of the Sardinian Batholith is now under study. As regards the Arburese district, the Montevecchio vein system shows affinities with other Variscan European deposits. The nature of the mineralizing fluids at Montevecchio is analogous to low temperature, late to post-Variscan hydrothermal events across Europe. New activities have begun to evaluate the economic potential of high sulfidation (Au-Cu-As-Te) and low sulfidation (Au-Ag-Sb) mineralizations in Sardinia. The researches in the Osilo district have greatly improved the metallogenic model of the mineralization and allowed a more precise evaluation of this Au-Ag-(Sb) still not exploited deposit for environmental reasons. As regards the mineralized formations discovered in the bottom sediments of a Miocene transgression in the Logudoro region, microscopic examinations of textural features of azurite/malachite nodules give evidence of primary deposition rather than supergene oxidation in place of primary sulfides. Sardinia hosts many kaolin deposits largely exploited in the past and then abandoned because of low quality of the ores. A quarry survey was performed in the M.te Porceddu site (Serrenti/Furtei district), using RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) platform

for aerial photogrammetry to evaluate the stock pile and outcrops volumes of potential raw material. The study is concerned with the feasibility of using the raw kaolinitic material still in place for the production of geopolymers binders based on metakaolin. The assessment of pozzolanic activity of the materials under study observed after relatively low temperature calcination, encourages possible non-traditional and new applications for these materials.

Il ruolo della pianificazione urbana e territoriale per la mitigazione del rischio sismico *The role of urban and regional planning for seismic risk mitigation*

Fontana C., Carbone G., Chiappetta C., Cianci E., Fazio F., Gigliotti A. & Tomassoni V.
Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (cora.fontana@igag.cnr.it)

Parole chiave: mitigazione del rischio sismico, pianificazione urbana e territoriale, resilienza, prevenzione, gestione dell'emergenza,
Key words: seismic risk mitigation, urban and regional planning, prevention, resilience, emergency management

L'Italia dispone di un robusto patrimonio di conoscenze sulla pericolosità e vulnerabilità dei territori a rischio sismico. Nonostante sia posizione ormai consolidata presso la comunità scientifica che la prevenzione del rischio rappresenti una questione da affrontare in ottica multidisciplinare, le conoscenze specifiche che derivano dalla pianificazione sembrano avere ancora un ruolo meno centrale rispetto ad altre discipline. Com'è noto, d'altronde, le conoscenze specialistiche da sole non bastano a definire decisioni: la scelta di azioni prioritarie di mitigazione del rischio richiede la definizione di obiettivi specifici di prevenzione. Negli insediamenti urbani questi obiettivi non possono che essere definiti anche sulla base di considerazioni urbanistiche: la perdita di funzionalità urbana conseguente al sisma è maggiore della sommatoria dei danni edilizi e gli interventi di prevenzione possono avere effetti a diverse scale (comunale, urbana, di area vasta), traducendosi in indicazioni e strumenti programmatici o attuativi di varia natura.

L'attività del gruppo di lavoro – che opera presso l'IGAG nel campo della pianificazione del territorio – si colloca nell'ambito dell'Area Strategica Rischi naturali, impatti antropici e tecnologia per l'ambiente, con l'obiettivo specifico di migliorare le conoscenze dei contesti insediativi a supporto di politiche di gestione del rischio, e con uno sguardo rivolto sia alla gestione dell'emergenza sia al suo superamento in direzione della ripresa.

I campi d'azione del gruppo possono essere ricondotti a tre prospettive di ricerca d'interesse per l'Istituto:

1. Conoscenze specifiche, finalizzate alla lettura del comportamento dei sistemi insediativi in caso di sisma e della loro capacità di risposta successiva all'evento, analizzandone la complessità anche attraverso l'ottica della resilienza e approfondendo il tema delle condizioni limite dell'insediamento. Queste attività, oltre che tramite le conoscenze specifiche dell'urbanistica, sono condotte con l'ausilio dei sistemi informativi territoriali, metodi statistici e computazionali;
2. Attività di terza missione rivolte alla valorizzazione e all'impiego della conoscenza per contribuire al miglioramento della capacità istituzionale, attraverso indirizzi e linee guida per la prevenzione sismica e alla sua integrazione negli strumenti ordinari di governo del territorio;
3. Affiancamento agli enti pubblici locali e ai diversi attori coinvolti nei processi di mitigazione del rischio.

Le tre prospettive si traducono in filoni di ricerca applicata, distinti ma connessi: analisi e valutazione ex-ante delle capacità di risposta al sisma dei territori; pianificazione e valutazione del sistema di gestione dell'emergenza; strategie di ripresa post-sisma. L'obiettivo di fondo è la produzione di strumenti e conoscenze a supporto di strategie per valutare e migliorare la resilienza dei sistemi urbani, superando l'attenzione alla sola gestione dell'emergenza.

In Italy the scientific knowledge about vulnerability and hazard in seismic risk areas is nowadays quite consolidated. Although it is a well rooted position within the scientific community that risk prevention represents an issue to be addressed in a multidisciplinary perspective, the specific expertise and knowledge offered by spatial planning seems to play a lesser role compared to other disciplines. However, as well known, specific knowledge alone is not enough for decision making processes: the choice of priority actions, in fact, requires the definition of prevention strategic goals. Such goals, in the case of urban settlements, have to be defined on the basis of planning considerations: the loss of urban functionalities following a seismic event has to be considered something more than the simple sum of the structural buildings damages, and prevention policies or interventions may have direct effects on territorial governance decisions affecting different scale of intervention (from urban to large regional areas). These policies or interventions could be implemented through planning tools.

The activity of the research group, working at IGAG in the field of planning, is framed in the context of the strategic area Natural risks, anthropic impacts and environmental technologies, with the specific goal of improving the knowledge about urban contexts to support risk management policies, looking at both the emergency management and post disaster recovery processes and strategies. The research group follows mainly three research directions:

1. *Specific knowledge, with the purpose to gain a better understanding of the urban settlement behaviour during a seismic event and its response capacity following the event itself, analyzing the system complexity also through the perspective of resilience. These activities are conducted also by means of GIS tools, and through statistical and computational methods;*

2. *The so called “third mission” activities, that aims at contributing to the improvement of institutional capacity through the enhancement and use of knowledge and developing guidelines for seismic prevention and its integration into ordinary planning tools;*
3. *Support and training local public bodies and the different actors involved in risk mitigation.*

These three directions flow into distinct applied research trajectories: ex-ante analysis and evaluation of system response capacity to the shock; planning and evaluation of the emergency management system; post-earthquake recovery strategies. The goal is implementing tools and knowledge to support strategies for urban resilience assessment and improvement in order to go beyond the narrow approach centred on the emergency management phase only.

Il contributo degli effetti di sito alla stima della pericolosità sismica: best practices e prospettive future *Site effects contribution to the seismic hazard: best practices and future perspectives*

Gaudiosi I.¹, Cacioli M.C.¹, Fortunato C.¹, Giallini S.^{1,2}, Polpetta F.^{1,3}, Razzano R.^{1,4}, Sirianni P.¹, Simionato M.¹ & Tarquini E.^{1,5}

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (iolanda.gaudiosi@igag.cnr.it)

²Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi “G. d’Annunzio” di Chieti Pescara;

³Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università Sapienza di Roma;

⁴Dipartimento di Scienze della Terra, Università Sapienza di Roma;

⁵Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze

Parole chiave: effetti di sito, pericolosità sismica

Key words: : site effects, seismic hazard

Lo studio del moto sismico atteso al suolo richiede la conoscenza del modello di sottosuolo e delle proprietà meccaniche e dinamiche degli strati di terreno che operano da ‘filtro’ sul moto stesso. Grazie all’adozione di modelli numerici avanzati (1D, 2D e 3D) e al confronto con i dati sperimentali acquisiti o reperiti da database open-source, il Gruppo di Lavoro composto dagli autori della presente nota (di seguito, GdL) si è reso parte attiva nello sviluppo e nell’applicazione di una metodologia per la costruzione e validazione dei modelli di sottosuolo e nella definizione delle stime dello scuotimento atteso anche in contesti morfologici e stratigrafici complessi. Tra gli altri, esempi di casi studio esaminati sono quello di Amatrice, Arquata del Tronto ed Ischia.

La messa a punto di modelli del sottosuolo e la loro implementazione all’interno di appropriati codici di calcolo, ha importanti ricadute scientifiche e tecnologiche su due fronti: 1) grazie alla metodologia adottata che integra le competenze di geologia, geofisica, geotecnica e calcolo numerico, è possibile ridurre le incertezze ed ottenere risultati accurati ed affidabili, preziosi per la definizione delle strategie di intervento, per la pianificazione e la ricostruzione nei territori esaminati; 2) la metodologia è esportabile ai molti casi simili dal punto di vista geologico e geomorfologico particolarmente frequenti in ambito nazionale.

Inoltre, uno degli aspetti più innovativi che il GdL ha sviluppato riguarda il percorso verso l’implementazione del contributo degli effetti di sito nelle analisi costi-benefici per la mitigazione del rischio sismico (Mori et al., 2019).

Sono attualmente in corso collaborazioni con Istituti e Università della Georgia e dell’Albania, volte alla disseminazione delle best-practices maturate dal GdL e all’applicazione della metodologia di stima degli effetti di sito anche in contesti caratterizzati da pericolosità di base e complessità geologiche differenti.

Tra le attività della Terza Missione va annoverato lo Special Issue del Bulletin of Earthquake Engineering (Guest editors: Amoroso S., Gaudiosi I., Hailemikael S.). Intitolato “Seismic Microzonation in central Italy”, esso ha, tra gli altri, l’obiettivo di mostrare alla comunità scientifica internazionale l’opera straordinaria messa in campo, in collaborazione con gli altri Istituti di Ricerca e le Università afferenti al CentroMS, nella definizione della pericolosità di sito-specifica di 138 Comuni dell’Italia Centrale, severamente danneggiati dalla sequenza sismica del 2016-2017.

Tutte le attività e i risultati citati sono da inquadrarsi nell’ambito di numerosi Progetti dell’ultimo quinquennio tra i quali: EmerTer, 2017; MScentro-Italia; 2018; MSIschia, 2018; SISMI, 2019; Urbisit 5-6-7.

Evaluation of the expected ground motion requires the knowledge of the subsoil model and the mechanical and dynamic properties of the soil layers, which act as a “filter” on the motion itself. The working group composed by the Authors of this abstract (hereafter, WG) has developed and applied a methodology for the construction and validation of subsoil models and for the definition of the expected ground motion estimates also in complex morphological and stratigraphic settings. The methodology uses: advanced numerical models (1D, 2D and 3D) and comparisons among modelled and experimental data. Among others, examples of case studies examined are those of Amatrice, Arquata del Tronto and Ischia.

The development of subsoil models and their implementation within appropriate numerical codes has important scientific and technological insights on a twofold perspective. Firstly, the adopted methodology, integrates geology, geophysics, geotechnics and numerical calculation, making possible to reduce uncertainties in the quantitative evaluation of site effects also in complex settings and therefore to obtain accurate and reliable results, useful for the definition of possible interventions, planning and reconstruction strategies, in the examined territories. Secondly, the implemented methodology may be applied in many similar cases from a geological and geomorphological viewpoint, particularly common over the national territory.

Furthermore, one of the most innovative aspects that the WG has developed concerns the path towards the implementation of the contribution of site effects in costs-benefits analyses for the mitigation of seismic risk (Mori et al., 2019).

Collaborations are currently ongoing with foreign Institutes and Universities (i.e. of Georgia and Albania), aiming at disseminating the

best practices developed by the WG and applying the methodology for estimating the site effects also in settings characterized by different reference seismic hazard and geological complexities.

As part of the activities of Third Mission, the Special Issue of the Bulletin of Earthquake Engineering (Guest Editors: Amoroso S., Gaudiosi I., Hailemikael S.) entitled "Seismic microzonation in central Italy" aims at showing the ambitious project of Seismic Microzonation of 138 municipalities in Central Italy, severely damaged during the 2016-2017 seismic sequence. The Project involved the collaboration with other research Institutes and Universities belonging to the CentroMS.

All the activities and results mentioned are carried out under the umbrella of several Research projects over the past five years, including EmerTer, 2017; MScentro-Italia, 2018; MSIschia, 2018; SISMI, 2019; Urbisit 5-6-7.

Bibliografia/References

Mori F., Gaudiosi I., Tarquini E., Brammerini F., Castenetto S., Naso G. & Spina D. (2019) - HSM: a damage-constrained seismic hazard parameter. Bull. Earthq. Eng. DOI: 10.1007/s10518-019-00677-2.

Quando, con quale velocità, frequenza, durata? Il contributo della tefrocronologia del Mediterraneo allo studio della dinamica del sistema Terra nel Quaternario

When, with which rate, frequency, duration? The contribution of the Mediterranean tephrochronology to the study of the Earth System dynamic during Quaternary

Giaccio B., e molti altri colleghi e ex-colleghi IGAG e istituzioni esterne
Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (biagio.giaccio@cnr.it)

Parole chiave: tefrocronologia, Quaternario, dinamica del sistema Terra

Key words: tephrochronology, Quaternary, Earth system dynamics

La misura del tempo, la datazione e sincronizzazione di archivi sedimentari rappresentano prerequisiti essenziali per la ricostruzione e comprensione dell'evoluzione del sistema Terra. Ciò è particolarmente vero per il Quaternario (ultimi 2.6 Ma), il periodo più recente della storia del pianeta che pertanto offre un contesto di osservazione unico delle modalità di funzionamento dei processi dinamici (es., tettonica, vulcanismo, clima) che ne hanno guidato l'evoluzione recente e che in prospettiva guideranno la sua attuale e futura traiettoria. Tra i metodi di datazione più comuni, il radiocarbonio si è dimostrato essere un geocronometro formidabile, ma solo per l'ultimo 2% della storia del Quaternario, mentre il tuning astronomico, sebbene applicabile all'intero Quaternario, fornisce cronologie incerte e a bassa risoluzione. Ottenere un robusto controllo cronologico per gran parte del Quaternario resta quindi una sfida.

In questo contesto, la tefrocronologia si è recentemente affermata come un potente strumento cronologico-stratigrafico al servizio dello studio del Quaternario. Attraverso criteri diagnostici, geochemici, stratigrafici e cronologici, i livelli di cenere vulcanica (tefra), generati, dispersi e depositati su scala regionale e sub-continentale durante le eruzioni esplosive, possono essere riconosciuti e correlati a eruzioni di età nota, fornendo così un efficace strumento attraverso il quale i record associati possono essere datati e sincronizzati. Il contesto geodinamico quaternario del Mediterraneo, e in particolare il vulcanismo peri-tirrenico, rende questa regione particolarmente adatta allo sviluppo e applicazione della tefrocronologia. L'intensa e continua attività esplosiva, il peculiare chimismo ultra-potassico di quest'area vulcanica e la presenza di bacini tettonici quaternari costituiscono infatti una combinazione unica che permette di ottenere ricche serie tefrostratigrafiche da lunghi e continui archivi sedimentari associate a datazioni radioisotopiche $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, estremamente accurate e precise, e dettagliati record paleoclimatici. Attraverso note teleconnessioni atmosferiche, che legano le variazioni climatiche del Mediterraneo a quelle del Nord Atlantico, o eventi globali sincroni, come le inversioni di polarità geomagnetica e le variazioni della produzioni di elementi cosmogenici a queste connesse, è possibile infine trasferire la scala temporale tefrocronologica del Mediterraneo all'emisfero boreale o all'intero globo.

Questo metodo è stato sviluppato e applicato con successo a molteplici soggetti di studio delle Scienze del Quaternario che rientrano sia dell'area strategica "Cambiamento Globale" (es., cambiamenti climatico-ambientali) che "Rischi Naturali, Impatti Antropici e Tecnologie per l'Ambiente" (es., tempo e dinamica del vulcanismo esplosivo e tettonica quaternaria) mentre altri (es., evoluzione bio-culturale umana) sono al confine tra le aree di competenza del DSSTA e di altri Dipartimenti del CNR.

High-precision chronologies and reliable correlations of sedimentary records are fundamental requirements for reconstructing and understanding the Earth's system evolution. This is particularly true for the Quaternary (last 2.6 Ma), the most recent geological period, which, therefore, provides with us a privileged observatory for evaluating how the Earth's dynamic processes (e.g., tectonics, volcanism, climate) acted in the recent past, and thus how they can continue to act driving the present and future planet evolutionary trajectories. Among the most common dating methods, the radiocarbon has proven been one of the most valuable, but it is a very short-range geocronometer, covering only the last 2% of the Quaternary, while the astronomical tuning, though applicable throughout the Quaternary, provides uncertain and low resolution chronologies. Getting a robust chronology for the interval beyond 45 ka remains thus a challenge.

In this framework, tephrochronology is recently arising as an outstanding chronological-stratigraphic tool for addressing several issues of the Quaternary Science. Through diagnostic geochemical, stratigraphical and chronological features, the volcanic ash (tephra), sourced by the explosive eruptions and spread and deposited on regional to sub-continental scale, can be recognized and correlate to eruptions of known age, so providing with us an effective way through which the associated sedimentary archives can be reliably dated and correlated over wide regions. The geodynamic setting of the Mediterranean, and in particular the peri-Tyrrhenian volcanism, makes this region ideally suitable for the development and the application of the tephrochronology. The intense and continuous

explosive activity, feed by a peculiar ultrapotassic magma, and the presence of Quaternary tectonic basins, constitute a unique combination that allows getting very rich tephra series from long and continuous sedimentary successions associated to high-precision and accuracy radioisotopic, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, and detailed paleoclimatic records. Through the well-known atmospheric teleconnections, which link the Mediterranean climate variability to that of the North Atlantic, or globally synchronous events, such as the geomagnetic polarity reversals or the excursions of the cosmogenic nuclide production driven by the latter, the Mediterranean tephrochronological time scale can be propagated on a hemispheric to global scale.

This method has been successfully developed and applied to a wide range of Quaternary Science issues, belonging either the CNR's strategic area "Global Change (e.s., climate-environmental change, geomagnetic polarity reversals) or "Natural hazards, Anthropogenic Impact and Technologies for the Environment" (e.g., tempo and dynamic of the Quaternary explosive volcanism and tectonic). Other issues (e.g., human bio-cultural evolution) instead straddle the boundary of the DSSTTA's strategic areas and of other CNR's Departments.

Geologia di terreno finalizzata alla definizione di modelli concettuali e 3D per la geodinamica, geotermia e la pericolosità geologica

Field-based studies for geological modelling, geodynamics, analysis of geothermal resources and geological hazard assessment

Groppelli G.¹, Norini G.¹, Di Capua A.¹, Pellicoli C.^{1,2}, Giordano G.^{1,3} & Sulpizio R.^{1,4}

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (gianluca.groppelli@cnr.it)

²Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra, Milano

³Università degli Studi di Roma Tre, Dipartimento di Scienze, Sezione Geologia, Roma

⁴Università degli Studi di Bari "A. Moro", Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Bari

Parole chiave: geologia del vulcanico, vulcanotettonica, geotermia, sedimentologia del vulcanoclastico, valutazione della pericolosità geologica

Key words: volcano geology, volcano-tectonics, geothermal resources, volcanoclastic sedimentology, hazard assessment

Il gruppo di lavoro, composto da 2 ricercatori, 1 assegnista di ricerca, 1 dottoranda e 2 associati, si occupa di modelli concettuali geologici fortemente vincolati da dati di terreno in aree geodinamicamente attive, prevalentemente vulcaniche o costituite da depositi vulcanici rimobilizzati. Nel gruppo di lavoro sono disponibili competenze differenti che spaziano dalla geologia del vulcanico e la cartografia geologica alla vulcanotettonica, alla vulcanologia, alla petrologia del vulcanico, alla modellazione geologica 3D, al telerilevamento e alla sedimentologia dei depositi clastici con particolare attenzione agli apporti vulcanici. Il gruppo si avvale di collaborazioni con gruppi di ricerca nazionali e internazionali e all'interno dell'IGAG sezione di Milano soprattutto con il gruppo di geofisica.

Il gruppo si avvale prevalentemente di due piattaforme metodologico-sperimentali:

- la modellazione geologica analogica e numerica, che sfrutta il laboratorio di Vulcanotettonica sperimentale della Sezione di Milano dell'IGAG, oltre a modelli numerici per la ricostruzione geometrica e cinematica di strutture geologiche e la cartografia geomorfologica quantitativa sviluppati sia internamente che acquisiti da terzi parti;
- il laboratorio di geotecnica e sedimentologia applicata, che svolge principalmente attività conto terzi (Progetto Italgas).

Il lavoro del gruppo di ricerca è finalizzato

- alla realizzazione di carte geologiche, come documento di base per ulteriori e successivi approfondimenti, ricostruzione dell'evoluzione geologico-strutturale di aree vulcaniche,
- alla definizione delle relazioni tra strutture ed evoluzione delle aree vulcaniche anche con l'ausilio della modellizzazione analogica
- alla valutazione della risorsa geotermica tramite indagini di terreno e studi sulle strutture attive
- alla valutazione della pericolosità vulcanica, in particolare con un modello di simulazione delle colate laviche
- alla ricostruzione della stratigrafia, della provenienza e delle proprietà petrofisiche delle sequenze vulcanoclastiche subaeree e sottomarine antiche per la ricostruzione 3D delle architetture sedimentarie e per la loro caratterizzazione come potenziali analoghi di reservoirs.

Di seguito vengono presentati, a titolo esemplificativo, alcuni esempi di ricerche completate o tuttora in corso.

- Progetto Europeo H2020 GeMEX. Cooperazione tra Unione Europea e Messico finalizzata alla ricerca e allo sviluppo di sistemi SHGS e EGS. Il contributo della Sezione di Milano dell'IGAG al progetto ha consentito di identificare, caratterizzare e ricostruire geometricamente in 3D le principali strutture tettoniche e vulcanotettoniche che contribuiscono a determinare le caratteristiche del complesso calderico di Los Humeros (Messico) e a controllare la permeabilità secondaria nel sistema idrotermale associato. Per ottenere questo risultato, è stata realizzata una banca dati GIS 3D contenente tutte le informazioni di terreno, sottosuolo e geofisiche disponibili, che ha permesso di analizzare e ricostruire la struttura del campo geotermico oggetto di studio.
- Formazione della Val d'Aveto (32-29 Ma). Cartografia geologica dell'area della Val d'Aveto (Provincia di Piacenza) per il riconoscimento delle sequenze torbiditiche clastiche e vulcanoclastiche oligoceniche. Studio strutturale e stratigrafico per la ricostruzione tridimensionale dei depositi. Studio petrografico per il riconoscimento della provenienza dei detriti e dei meccanismi di messa in posto dei depositi vulcanoclastici. Studio di porosità e porosità aperta per la correlazione tra meccanismi di messa in posto delle sequenze e loro potenzialità come rocce reservoir.
- Progetto CEMIE-GEO in collaborazione con UNAM (Mexico). Cartografia geologica dell'area delle Tres Virgenes,

evoluzione vulcanologia dell'area, relazione tra strutture di apertura del Golfo di California e strutture vulcano-tettoniche legate al collasso calderico e alla successiva risorgenza, studio dei fluidi geotermici circolanti tramite indagine sul riempimento delle fratture, valutazione della porosità e permeabilità dei litotipi in zona di faglia e su roccia intatta ai fini della valutazione della circolazione della risorsa geotermica.

The working group, composed of 2 researchers, 1 post-doc fellowship, 1 PhD candidate and 2 associated researchers, deals with geological conceptual models strongly constrained by field data in geodynamically active areas, mainly volcanic or consisting of reworked volcanic deposits. Different skills are available in the working group, ranging from volcano geology and geological field survey to volcanotectonics, volcanology, volcanic petrology, 3D geological modelling, remote sensing and sedimentology of volcanoclastic deposits with particular attention to volcanic contributions. The group collaborates with national and international research groups and within the IGAG section of Milan, especially with the geophysics group.

The group mainly makes use of two methodological-experimental platforms:

a) analogical and numerical geological modelling, which exploits the experimental Vulcanotectonics laboratory of the Milan section of IGAG, as well as numerical models for the geometric and kinematic reconstruction of geological structures and quantitative geomorphological cartography developed both internally and acquired from third parties;

b) the laboratory of geotechnics and applied sedimentology, which mainly carries out activities on behalf of third parties (Italgas Project).

The work of the research group is aimed at

- *the creation of geological maps, as a basic document for further and subsequent in-depth studies, reconstruction of the geological-structural evolution of volcanic areas,*
- *the definition of the relationships between structures and evolution of volcanic areas also with the help of analogical modelling*
- *(3) the assessment of geothermal resources through field work and studies of active structures*
- *4. the assessment of volcanic hazard, in particular with a lava flow simulation model*
- *(5) the reconstruction of the stratigraphy, provenance and petrophysical properties of ancient subaerial and submarine volcanoclastic sequences for the 3D reconstruction of sedimentary architectures and for their characterisation as reservoir analogue potentials.*

Below are presented, by way of example, some case studies of research completed or still in progress.

- *European Project H2020 GeMEX. Cooperation between the European Union and Mexico aimed at the research and development of SHGS and EGS systems. The contribution of the Milan Section of IGAG to the project has allowed to identify, characterize and reconstruct geometrically in 3D the main tectonic and volcanotectonic structures that contribute to determine the characteristics of the calderic complex of Los Humeros (Mexico) and to control the secondary permeability in the associated hydrothermal system. In order to obtain this result, a 3D GIS database containing all available soil, subsoil and geophysical information was created, which made it possible to analyze and reconstruct the structure of the geothermal field under study.*
- *Aveto Valley Formation (32-29 Ma). Geological field survey of the Val d'Aveto area (Province of Piacenza) for the recognition of clastic and oligocene volcanoclastic turbid sequences. Structural and stratigraphic study for the three-dimensional reconstruction of deposits. Petrographic study for the recognition of the origin of the debris and of the mechanisms for the placement of the volcanoclastic deposits. Study of porosity and open porosity for the correlation between mechanisms of placing sequences and their potential as reservoir rocks.*
- *CEMIE-GEO project in collaboration with UNAM (Mexico). Geological field survey of the Tres Virgenes area, volcanological evolution of the area, relationship between opening structures of the Gulf of California and volcano-tectonic structures linked to the calderic collapse and subsequent resurgence, study of circulating geothermal fluids through investigation of fracture filling, evaluation of porosity and permeability of rocks in fault zone and on intact rock in order to evaluate the circulation of the geothermal resource.*

L'Osservazione della Terra per lo studio del rischio incendio e la gestione ottimizzata delle risorse minerarie *Earth Observation for fire risk study and optimised mining resource management*

Guglietta D.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (daniela.guglietta@igag.cnr.it)

Parole chiave: telerilevamento; fuoco; residui minerari; materie prime critiche; multidisciplinarietà

Key words: remote sensing; fire; mining residues; critical raw materials; multidisciplinary

Le tecnologie di Osservazione della Terra (OT) rappresentano uno strumento utile per lo sviluppo e l'integrazione di metodologie innovative finalizzate allo studio di fenomeni e processi connessi ai rischi naturali e antropici e alla gestione delle risorse minerarie.

Uno degli aspetti più importanti che fanno dell'OT uno strumento utile per il monitoraggio dell'ambiente e del territorio è la possibilità di acquisire dati con diverse risoluzioni spaziali, differenti caratteristiche spettrali e in momenti diversi.

Combinando insieme i dati telerilevati ed integrandoli con dati socioeconomici, fisiografici, di copertura del suolo e caratteristiche chimiche e mineralogiche, è possibile realizzare uno studio dell'ambiente e del territorio in grado di cogliere la sua complessità.

Nel rischio incendio i dati forniti dalle elaborazioni delle immagini da satellite (Sentinel, QuickBird, MODIS, Landsat) sono analizzati con un approccio multivariato per identificare e rappresentare spazialmente la probabilità di innesco in un paesaggio eterogeneo e complesso come la Regione Mediterranea. Il metodo consiste nel calcolo della selettività al fuoco di diverse caratteristiche di paesaggio generalmente correlate all'innesco degli incendi con l'obiettivo di realizzare delle mappe di rischio incendio utili per ottimizzare le strategie di prevenzione e per allocare efficientemente le risorse impegnate nella lotta agli incendi.

Nella gestione delle risorse minerarie i dati forniti dalle immagini Sentinel-2 sono utilizzati per sviluppare una metodologia multidisciplinare che ha lo scopo di ottimizzare e valorizzare i residui minerari, soprattutto quelli che contengono materie prime critiche. Infatti, considerando la grande quantità di rifiuti minerari prodotti nel mondo negli anni, è necessario conoscere informazioni accurate sui rifiuti (esatta posizione nel sito minerario così come i minerali che possono essere ancora sfruttati). L'ostacolo maggiore è rappresentato dalla difficoltà di avere disponibile, allo stesso tempo, dati in situ, immagini satellitari e dati mineralogici e geochimici riguardanti i residui. L'approccio multidisciplinare sviluppato consente di raccogliere dati utili (caratteristiche chimiche, fisiche e spettrali, posizione dei rifiuti nella miniera) e renderli dati intelligenti (identificazione dei minerali ancora da sfruttare, mappatura dei minerali, pianificazione dei nuovi residui) mediante analisi specifiche (XRF, XRD, spettrometro iperspettrale, elaborazione immagini Sentinel). Questa gestione ottimizzata valorizza i residui minerari considerandoli non rifiuti ma fonte di materie prime che le nuove tecnologie e i mercati possono sfruttare.

La Terza Missione viene realizzata con tradizionali attività di divulgazione e formazione di studenti nonché attività di public engagement: Progetto "Il Linguaggio della Ricerca", Alternanza Scuola- Lavoro, Notte della Ricerca, Festival della Scienza.

The Earth Observation (EO) techniques are an important instrument to develop and to integrate the innovative methodologies in order to study phenomena and processes related to natural and anthropogenic risks and resource management.

One of the most important aspects that make EO a useful tool for monitoring the environment and the territory is the ability to acquire data with different spatial, spectral and multitemporal resolution.

Combining remote sensing data and thus integrating them with socioeconomic data, land cover, physiography and mineralogical and chemical features it is possible to study the environment and the territory as well as to know its complexity.

In fire risk study, data from satellite image analysis (Sentinel-2, QuickBird, MODIS, Landsat) is processed by a multivariate method for identifying and spatially portraying fire ignition risk across a complex and heterogeneous landscape such as Mediterranean Region. The proposed approach consists in calculating the fire selectivity of several landscape features that are usually related to fire ignition in order to map fire risk that may constitute a valuable tool for optimizing fire prevention strategies and for efficiently allocating fire fighting resources.

In mining resource management, data from Sentinel-2 are used to develop a multidisciplinary approach in order to optimise and valorize mining residues rich in critical raw materials. Considering the large amount of mining waste produced worldwide in the over

years, it is necessary to know accurate information about wastes, i.e. exact positioning in the mining area as well as minerals to be exploited still. Generally, the major obstacle is represented by the difficulty to have available, at the same time, in situ data, satellite images, mineralogical and geochemical data concerning mining residues. IGAG colleagues and I developed an integrated multidisciplinary methodology that lets you collect useful data (chemical, physical and spectral characteristics, location of waste in the mining area) making them smart data (mapping, minerals to be exploited still, planning of fresh wastes) by means detailed analyses (XRF, XRD, hyperspectral signatures measurements, multispectral satellite Sentinel-2A image classification). As a result, this optimized management valorizes mining residues considering them as source of raw materials that the new technologies and markets can exploit. Outreach activities are carried out simultaneously with dissemination, training dedicated to young people and students, and public engagement activity: "Il Linguaggio della Ricerca" Project, school- work experience, European Researchers' Night, Science festival.

Caratterizzazione geomorfologica e biologica del fondale marino per l'individuazione di lineamenti morfobatimetrici associati a pericolosità sottomarina e per la mappatura di habitat bentonici

Geomorphological and biological characterization of the seafloor: detection of morphological features associated with submarine hazard and production of benthic habitat maps

Ingrassia M.¹, Di Bella L.², Bosman A.¹, Casalbore D.¹, Chiocci F.L.², Conte A.M.¹, Falese G.F.¹, Macelloni L.⁴, Martorelli E.¹, Pierdomenico M.³, Ridente D.¹ & Sposato A.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (michela.ingrassia@igag.cnr.it)

²DST, Sapienza Università di Roma.

³CNR-IAS, Università di Roma Tre, Roma.

⁴HSRC, Hydrographic Science Research Center, Mississippi, USA.

Parole chiave: pericolosità, habitat, monitoraggio, emissioni di fluidi, coralli

Key words: hazard, habitat, monitoring, fluid emissions, corals.

Le attività di ricerca portate avanti nel corso degli ultimi dodici anni sono state focalizzate allo studio e alla comprensione dei processi geo-sedimentari agenti a fondo mare e alla loro interazione con particolari comunità bentoniche. Sono state acquisite competenze per l'applicazione di tecniche di mappatura utili nell'individuazione di lineamenti morfologici associati a pericolosità sottomarina (strutture associate a risalita fluidi) e di habitat bentonici nonché il loro monitoraggio nel tempo.

Con un approccio multidisciplinare è stato possibile studiare e caratterizzare aree sottomarine interessate da processi di emissione di fluidi situati sulla scarpata continentale del Golfo del Messico (Macelloni et al., 2016) e sui fondali delle Isole Pontine (es., Ingrassia et al., 2015a) e di determinare la distribuzione, lungo le coste laziali, di habitat estremi (es. Ingrassia et al., 2015b), a coralli profondi (es. Ingrassia et al., 2016) e di coralligeno e maërl (Ingrassia et al., 2019b).

Le ricerche sono supportate da una consistente esperienza nell'acquisizione, con la partecipazione a campagne oceanografiche svolte nel Mar Tirreno e nel Golfo del Messico, elaborazione ed interpretazione di dati geofisici (multibeam, side scan sonar, profili sismici) e di dati ground-truth (campionamento e video).

Le attività hanno previsto la partecipazione a progetti di ricerca nazionali (es., MaGIC, Ritmare) ed internazionali (es., Marine Strategy). Attualmente le attività sono focalizzate allo studio di un sito di acqua bassa caratterizzato da emissioni di fluidi ricchi in metano (Scoglio d'Africa, Arcipelago Toscano) e allo studio della biodiversità associata al Lago Specchio di Venere (Isola di Pantelleria).

During the last twelve years my research activities were mainly focused in studying geo-sedimentary processes acting on the seafloor, with the aim to understand their interaction with specific benthic communities. I gained strong expertise in mapping techniques for detection of morphological features associated with submarine hazard (fluid emission processes) and for benthic habitats, as well as their monitoring.

A multidisciplinary approach has permitted to study and characterize submarine areas with ongoing fluid emissions located off the Gulf of Mexico (Macelloni et al., 2016) and the Pontine Island (e.g. Ingrassia et al., 2015a). In addition, distribution of different benthic habitats along the Italian coasts, such as extreme habitats (es. Ingrassia et al., 2015b), deep-sea corals (e.g. Ingrassia et al., 2016), coralligenous and maërl beds (Ingrassia et al., 2019b), was determined.

I gained strong expertise in acquisition, processing, and interpretation of geophysical (multibeam, side scan sonar, and seismic profiles) and ground-truth (seafloor samples and video) data, through my participation in several research cruises carried out in the Gulf of Mexico and in the Tyrrhenian Sea.

The research activities include participation in both national and international research projects (e.g., MaGIC, Ritmare, and Marine Strategy). Current research activities are focused on studying a shallow-water site characterized by CH₄ rich emissions (Scoglio d'Africa, Tuscan Archipelago) and on biodiversity of the Specchio di Venere Lake (Pantelleria Island).

Bibliografia/References

- Ingrassia M., Martorelli E., Bosman A., Macelloni L., Sposato A., Chiocci F.L. (2015a) - The Zannone Giant Pockmark: first evidence of a giant complex seeping structure in shallow-water, central Mediterranean Sea, Italy. *Mar. Geol.*, 363, 28-51.
- Ingrassia M., Di Bella L., Chiocci F.L., Martorelli E., (2015b) - Influence of fluid emissions on shallow-water benthic habitats of the Pontine Archipelago (Tyrrhenian Sea, Italy). *AMQ*, 28(2), 99-110.
- Ingrassia M., Macelloni L., Bosman A., Chiocci F.L., Cerrano C., Martorelli E. (2016) - Black coral (Anthozoa, Antipatharia) forest near the Western Pontine Islands (Tyrrhenian Sea). *Mar. Biod.*, 46, 285-290.
- Ingrassia M., Martorelli E., Sané Schepisi E., Falese G.F., Bosman A., Bonifazi A., Argenti L., Chiocci F.L. (2019b) - Coralline algae on hard and soft substrata of a temperate

mixed siliciclastic-carbonatic platform: sensitive assemblages in the western Pontine Archipelago (Tyrrhenian Sea). Mar. Environ. Res. 147, 1-12.
Macelloni L., Lutken C.B., Ingrassia M., D'Emidio M., Pizzi M. (2016) - Mesoscale biogeophysical characterization of Woolsey Mound (northern Gulf of Mexico), a new attribute of natural marine hydrocarbon seeps architecture. *Mar. Geol.*, 1-15.

Caratterizzazione geologica dei terreni di copertura per la valutazione dei geohazard *Geological characterization of cover rocks and soils for geohazards' assessment*

Mancini M.¹, Stigliano F.¹, Moscatelli M.¹, Cacioli M.C.¹, Fortunato C.¹, Giallini S.^{1,2}, Pennica F.¹ & Sirianni P.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (marco.mancini@igag.cnr.it)

²Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara

Parole chiave: geologia del quaternario, geohazard, GIS, stratigrafia fisica

Key words: *quaternary geology, geohazard, GIS, physical stratigraphy*

I terreni di copertura rappresentano un'importante porzione superficiale della litosfera, soprattutto in aree caratterizzate da evoluzione geologica neogenico-quaternaria, come il bacino mediterraneo.

Tali terreni sono localizzati prevalentemente ai margini di bedrock affioranti, ossia in conche intramontane, fasce pedemontane, piane alluvionali e costiere, aree deltizie. Data la loro origine, sono costituiti da sedimenti sciolti o poco consolidati e da rocce tenere, che spesso fungono da terreni di fondazione per l'edilizia residenziale e industriale. Per loro natura e distribuzione, sono particolarmente soggetti ad hazard naturali, quali frane, inondazioni e allagamenti, amplificazioni sismiche, cedimenti, liquefazioni. Il loro studio riveste quindi notevole importanza per la mitigazione dei rischi naturali.

Da anni l'IGAG investiga queste tipologie di terreni (ad esempio, con i Progetti Urbisit), soprattutto per studi di Microzonazione Sismica (MS), con approcci integrati di tipo geologico, geofisico e geotecnico per la definizione dei modelli di sottosuolo.

L'approccio geologico è importante non solo per definire la geometria esterna dei depositi in relazione al bedrock, ma anche per ricostruire la struttura interna dei terreni investigati in termini di organizzazione stratigrafica dei litotipi affioranti e sepolti.

I metodi utilizzati sono quelli della stratigrafia fisica, in particolare l'analisi di facies e la stratigrafia sequenziale per particolari contesti fluvio-costieri. Tali metodi permettono di definire l'architettura stratigrafica e la dinamica paleo-ambientale delle aree investigate, tramite l'identificazione delle litofacies e delle loro associazioni, l'individuazione e la gerarchizzazione di superfici limite, l'interpretazione di meccanismi e ambienti deposizionali (Miall, 2016). A tali fini, dati di affioramento, cartografici e di perforazione sono correlati tra loro e integrati con dati di letteratura, per investigare aree estese generalmente alcune decine di km² e per profondità fino a 100 m.

I prodotti derivati, elaborati nel Laboratorio GIS dell'IGAG Montelibretti, costituiscono carte geologiche e sezioni a grande scala ($\geq 1:10.000$), pannelli di correlazione e schemi di dettaglio dei rapporti stratigrafici. Essi sono alla base di tutte le elaborazioni successive per lo studio dei geohazard, ad esempio per la produzione di carte geo-tematiche (Carte MOPS, Carte MS), per la parametrizzazione geotecnica e idrogeologica del sottosuolo tramite correlazione litofacies-unità geotecniche (Mancini et al., 2014), per il supporto alla modellazione degli effetti di sito, per la pianificazione di campagne di indagine geofisica, geotecnica e idrogeologica.

Aree test di applicazione di questo approccio sono il bacino romano e aree recentemente soggette a sismi (L'Aquila, Amatrice, Ischia), con prospettiva di applicazione ad aree urbane di Georgia e Albania (Accordi Bilaterali CNR).

Cover rocks and soils are important portions of the outer lithosphere, mostly in actively transformed areas during the Neogene-Quaternary, such as the Mediterranean basin. These deposits are mainly located close to the exposed bedrock, in such environments as intermountain basins, piedmont belts, alluvial and coastal plains and deltas. Given their origin, they are composed of loose and poorly consolidated sediments and soft rocks, which commonly represent foundation soils for residential and industrial buildings. Since their origin and distribution, they are prone to natural hazards, such as slope instabilities, floodings, seismic amplification, settlements, liquefaction. Investigating them is thus highly relevant for the mitigation of natural risks.

The CNR IGAG has been studying these deposits for several years (Urbisit Projects, for instance) mostly for Seismic Microzonation (SM) by means of integrated geological, geophysical and geotechnical approaches to define subsoil models.

The geological approach is important not only to reconstruct the external geometry of covers with respect to the bedrock, but also to characterize their internal stratigraphic structure both on outcrop and in subsoil.

Used methods are those of physical stratigraphy, i.e. facies analysis and sequence stratigraphy for particular fluvio-deltaic settings. These methods allow to define the stratigraphic architecture and the related paleo-environmental dynamics of studied areas, through the description of lithofacies and facies assemblages, the ranking of stratigraphic boundaries, the interpretation of depositional processes and environments (Miall, 2016). Outcrop, cartographic and core data are correlated among them, with the integration of

literature data, in order to study areas and volumes generally tens of km² wide and up to 100 m deep.

Large scale geological maps and sections ($\geq 1:10.000$), correlation panels and detailed stratigraphic schemes are produced from the GIS Laboratory of IGAG (Montelibretti), which are basic for the following activities: production of geo-thematic maps (MOPS and SM maps); geotechnical and hydrogeological characterization of the subsoil through correlation of lithofacies with geotechnical units (Mancini et al., 2014); site effects modeling; planning for future geophysical, geotechnical and hydrogeological investigations; detection of liquefaction-prone horizons.

Test areas for this stratigraphic approach are the Rome Basin and the recently seismically damaged areas of Italy (L'Aquila, Amatrice, Ischia), with proposal for urban areas of Georgia and Albania (CNR Bilateral Agreements).

Bibliografia/References

- Mancini M., Marini M., Moscatelli M., Pagliaroli A., Stigliano F., Di Salvo C., Simionato M., Cavinato G.P. & Corazza A. (2014) - A physical stratigraphy model for seismic microzonation of the Central Archaeological Area of Rome (Italy). *Bull. of Earthquake Eng.*, 12, 1339-1363.
- Miall A.D. (2016) – *Stratigraphy. A Modern Synthesis*. Springer, Heidelberg, 454 pp.

Mappatura dei fondali ed evoluzione stratigrafica dei margini continentali durante l'ultimo ciclo glacio-eustatico

Studies on seabed mapping and stratigraphic evolution of continental margins during the last glacio-eustatic cycle

Martorelli E.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (eleonora.martorelli@cnr.it)

Parole chiave: stratigrafia sismica, mappatura dei fondali, approccio multidisciplinare, processi sedimentari della piattaforma e scarpata continentale, conturiti

Key words: *Seismic stratigraphy, seafloor mapping, multidisciplinary approach, continental shelf and slope sedimentary processes, contourites*

La mappatura dei fondali e la ricostruzione dell'evoluzione stratigrafica dei margini continentali riguarda principalmente il bacino mediterraneo (Mar Tirreno e Ionio, Canale di Sicilia) ed è focalizzata sul tardo quaternario. La ricerca è di tipo multidisciplinare, si basa su metodologie geofisiche, sedimentologiche e stratigrafiche e si inquadra in parte nell'ambito delle aree strategiche Cambiamenti Globali e Risorse Naturali ed Ecosistemi. I dati geofisici e di ground-truth vengono acquisiti mediante imbarcazioni di media e piccola dimensione. I metodi geofisici comprendono: side scan sonar e batimetria multibeam per la caratterizzazione qualitativa e quantitativa del fondo marino; stratigrafia sismica ad alta risoluzione per la caratterizzazione dei depositi recenti. I metodi di ground-truth comprendono: analisi di campioni del fondo, di video ROV e analisi di carote di sedimento.

La ricerca viene sviluppata integrando dataset di varia natura (es. dati geofisici e sedimentologici). Inoltre, viene utilizzata l'interpretazione stratigrafico-sequenziale per la definizione di vincoli crono-stratigrafici. I dati sedimentologici vengono integrati con analisi minero-petrografiche (es. SEM e microsonda, IGAG-DST) e micropaleontologiche (DST-Sapienza). L'integrazione di dati bio-geo-oceanografici viene utilizzata per scopi specifici (habitat mapping). Attualmente i principali temi di ricerca includono:

- Analisi di depositi conturiti: archivi paleoceanografici e paleoclimatici (e.g., Martorelli et al., 2016a) e controllo morfologico.
- Ricostruzione della stratigrafia e dei processi sedimentari recenti in piattaforma e scarpata continentale, e interazioni tra processi alongslope (correnti di fondo) e downslope (Martorelli et al., 2016a) e influenza esercitata da onde interne (Droghei et al., 2016).
- Caratterizzazione geologica di aree interessate da emissioni idrotermali (Martorelli et al., 2016b) e vulcani di fango (Cuffaro et al., 2019).
- Habitat mapping: biocenosi di piattaforma (Ingrassia et al., 2019) e comunità di canyon (Pierdomenico et al., 2016).
- Caratterizzazione di complessi vulcanici sottomarini (Conte et al., 2016; Cuffaro et al., 2016) ed eruzioni a lava balloon (Conte et al., 2014).

Le ricerche sono state sviluppate in collaborazione con ricercatori IGAG, di altri istituti CNR (ISMAR) e dell'Università (Sapienza, Chieti). Attualmente è attiva una collaborazione con ICM-CSIC per ricerche nell'ambito del Progetto ESCODE e per l'analisi geochemica di carote prelevate su depositi conturiti; l'analisi geochemica su carote verrà sperimentata al CNR IGAG mediante XRF. Le ricerche sono state condotte nell'ambito di progetti nazionali (es. Ritmare) ed internazionali ed attualmente è in corso uno studio per un progetto di posa di cavi sottomarini nel Mediterraneo. Esiste una fortissima criticità nell'acquisizione di nuovi dati per la mancanza di navi da ricerca CNR.

Studies on seabed mapping and stratigraphic evolution of continental margins concern Mediterranean areas (mostly Tyrrhenian Sea, Sicily Channel, Ionian Sea), focusing on the last glacio-eustatic cycle. The research is based on geophysical, sedimentological and stratigraphic methods used with a multidisciplinary emphasis. It partially matches with the Global Change strategic area but fits also with the Natural Resource and Ecosystems area.

Geophysical and ground truth data are collected using mid/small-sized vessels. Geophysical methods include side scan sonar and multibeam bathymetry for the quantitative and qualitative characterization of the seafloor and very high resolution seismic stratigraphy for the shallow subsurface. Ground-truth methods include analysis of seafloor samples and ROV videos, and analysis of sediment cores for the shallow subsurface.

The research is conducted integrating different datasets (e.g., geophysical and sedimentological data). In addition, sequence

stratigraphic interpretation is conducted for chrono-stratigraphic constraints. Sedimentological data are usually integrated by mineralogical analyses (SEM and microprobe at IGAG-DST) as well as by micropaleontological analysis performed at DST-Sapienza). Integration of bio-geo-oceanographic datasets is used for specific purposes (e.g., habitat mapping).

At present, main research themes include:

The analysis of contourite depositional systems: their paleoceanographic and paleoclimatic information (e.g., Martorelli et al., 2016a) and morphological control.

Reconstruction of shelf stratigraphy, slope stratigraphy and sedimentary processes, including interaction of along-slope (bottom currents) and down-slope processes (Martorelli et al., 2016a) and influence by internal solitary waves (Droghei et al., 2016)

Geological characterization of submarine hydrothermal fields (Martorelli et al., 2016b) and mud volcanoes (Cuffaro et al., 2019)

Habitat mapping: shelf biocenoses (Ingrassia et al., 2019) and canyon communities (Pierdomenico et al., 2016)

Characterization of submarine volcanic complexes (Cuffaro et al., 2016) and lava balloon eruptions (Conte et al., 2014)

These researches have been developed in collaboration with several researcher of the IGAG community, as well as of other CNR institutes (ISMAR) and across the University (e.g., Sapienza, Chieti DSTs). A collaboration with spanish colleagues (ICM-CSIC) is ongoing for geochemical analysis of contourite cores and participation to the ESCODE Project. The geochemical analysis of sediment cores will be attempted with the CNR IGAG XRF. The research has been conducted within national (Ritmare) and international research projects. At present a study for a submarine cable route project in the Mediterranean Sea is in progress.

Currently a very critical issue is the lack of CNR research vessels to operate oceanographic surveys.

Bibliografia/References

- Conte A.M., E. Martorelli, M. Calarco, A. Sposato, C. Perinelli, M. Coltelli, F.L. Chiocci (2014) - The 1891 submarine eruption offshore Pantelleria Island (Sicily Channel, Italy): Identification of the vent and characterization of products and eruptive style. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*.
- Cuffaro M., Martorelli E., Bosman A., Conti A., Bigi S., Muccini F., Cocchi L., Ligi M., Bortoluzzi G., Scrocca D., Canese S. P., Chiocci F. L., Conte A. M., Doglioni C., Perinelli C. (2016) - The Ventotene Volcanic Ridge: a newly explored complex in the central Tyrrhenian Sea (Italy). *Bull. Volcanology*, 78, 12.
- Cuffaro, M., Billi A, Bigi S, Bosman A, Caruso CG, Conti A, Corbo A, Costanza A, d'anna G., doglioni C., Martorelli E., Petracchini L., Petricca P., Polonia A., Sgroi T. (2019) - The Bortoluzzi Mud Volcano (Ionian Sea, Italy) and its potential for tracking the seismic cycle of active faults. *Solid Earth* 10 (3), 741-763.
- Droghei R., Falcini F., Casalbore D., Martorelli E., Masetti R., Sannino G., Santoleri R., Chiocci F.L. (2016) - The role of Internal Solitary Waves on deep-water sedimentary processes: the case of up-slope migrating sediment waves off the Messina Strait. *Scientific reports*. 6, 36376. 10.1038/srep36376
- Ingrassia M., Martorelli E, Sañé E, Falese FG, Bosman A, Bonifazi A, ... (2019) - Coralline algae on hard and soft substrata of a temperate mixed siliciclastic-carbonatic platform: Sensitive assemblages in the Zannone area (western Pontine Archipelago). *Marine environmental research* 147, 1-12.
- Martorelli E, Bosman A, Casalbore D, Falcini F. (2016a) - Interaction of down-slope and along-slope processes off Capo Vaticano (southern Tyrrhenian Sea, Italy), with particular reference to contourite-related landslides *Marine Geology*. 378, 43-55.
- Martorelli, E. Italiano F., Ingrassia, M., Macelloni L. Bosman A., Conte A.M, Beaubien S.E., Graziani S., Sposato A., Chiocci F.L. (2016b) - Evidence of a shallow water submarine hydrothermal field off Zannone Island from morphological and geochemical characterization: implications for Tyrrhenian Sea Quaternary volcanism. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 121.
- Pierdomenico M., Martorelli E., Dominguez-Carrió C., Gili J.M., Chiocci F.L. (2016) - Seafloor characterization and benthic megafaunal distribution of an active submarine canyon and surrounding sectors: The case of Gioia Canyon (Southern Tyrrhenian Sea). *Journal of Marine Systems*. 157, 101-117.

Ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche nel Quaternario: strumenti per capire il ruolo degli ambienti acquatici nel cambiamento globale e nell'Antropocene

Quaternary palaeoenvironmental and paleoclimatic reconstructions: tools to understand the role of aquatic environments in global change and in the Anthropocene

Mazzini I.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (ilaria.mazzini@igag.cnr.it)

Parole chiave: micropaleontologia, ostracodi, stratigrafia, geoarcheologia, porti antichi

Key words: micropaleontology, ostracods, stratigraphy, geoarcheology, ancient harbours

I modelli di distribuzione della meiofauna e i relativi fattori determinanti in ambienti acquatici come laghi, stagni, torrenti, lagune, paludi, aree costiere e bacini marini sono fondamentali per comprenderne l'evoluzione. L'analisi di analoghi moderni è necessaria per ricostruzioni di paleoambienti quaternari accurate e robuste (Mazzini et al., 2017).

Nei sistemi continentali-alluvionali-costieri, l'analisi e la correlazione di sondaggi permette il riconoscimento dell'architettura del sottosuolo, di modelli di facies e delle principali superfici stratigrafiche ottenendo una stratigrafia ad alta risoluzione. In questi sistemi, l'identificazione di specie e associazioni chiave consente di ricostruirne l'evoluzione paleoambientale durante il Quaternario, collegando le dinamiche deposizionali a scala millenaria/sub-millenaria e la variabilità climatica, o le variazioni relative del livello del mare, in una prospettiva di cambiamento globale (Regattieri et al., 2017; Pleuger et al., 2019).

Gli ecosistemi acquatici sono sottoposti a crescenti pressioni e l'attività umana vi ha indotto cambiamenti significativi come inquinamento delle acque e eutrofizzazione, perdita di diversità biologica, deterioramento del paesaggio ed erosione costiera. In particolare, lo studio dei cambiamenti ambientali che segnano la transizione tra il periodo pre-tecnologico tardo Quaternario e l'inizio dell'Antropocene, caratterizzato da intense e rapide variazioni dovute alle attività umane, può utilizzare una vasta gamma di dati paleoecologici, tra cui indicatori biotici e abiotici. La geoarcheologia e lo studio della stratigrafia dei porti antichi consentono la ricostruzione dei paesaggi del passato di aree occupate dall'uomo e possono evidenziare le relazioni tra società antiche e ambienti naturali (Salomon et al., 2019).

Meiofauna distribution patterns and relative driving factors in aquatic settings such as lakes, ponds, streams, lagoons, marshes, coastal areas and marine basins are fundamental to understand their evolution. The analysis of modern analogues is instrumental for accurate and robust palaeoenvironmental reconstructions during the Quaternary (Mazzini et al., 2017).

In continental-alluvial-coastal systems, the reconstruction of subsurface architecture, facies patterns and key stratigraphic surfaces by means of core analysis and correlation leads to high-resolution stratigraphy. The identification of key species and assemblages allows to reconstruct their palaeoenvironmental evolution during the Quaternary, linking millennial/sub-millennial depositional dynamics and climate/relative sea-level trends variability, within a global change perspective (Regattieri et al., 2017; Pleuger et al., 2019).

Aquatic ecosystems are under increasing pressure and centuries of human activity have produced significant changes such as water pollution and eutrophication, loss of biological diversity, deterioration of the landscape and coastal erosion. In particular, the study of environmental changes marking the transition between the Late Quaternary pre-technological period and the beginning of the Anthropocene, characterized by intense and rapid variations due to human activities, may use a wide range of paleoecological sources, including biotic and abiotic indicators. Geoarchaeology and ancient harbor stratigraphy allow to reconstruct past landscapes of human-occupied areas and could unveil the relationships between ancient societies and environments (Salomon et al., 2019).

Bibliografia/References

- Mazzini I., Marrone F., Arculeo M., Rossetti G. (2017) - Revision of Recent and fossil *Mixtacandona Klie 1938 (Ostracoda, Candonidae)* from Italy, with description of a new species *Zootaxa*, 4221 (3), 323-340.
- Pleuger E., Goiran J.P., Mazzini I., Delile H., Abichou A., Gadhoun A., Djerbi H., Piotrowska N., Wilson A., Fentress E., Ben Jerbania I., Fagel N. (2019) - Palaeogeographical and palaeoenvironmental reconstruction of the Medjerda delta (Tunisia) during the Holocene *Quat. Sci. Rev.*, 220, 263-278.
- Regattieri E., Giaccio B., Nomade S., Francke A., Vogel H., Drysdale R.N., Perchiazzi N., Wagner B., Gemelli M., Mazzini I., Boschi C., Galli P., Peronace E. (2017) - A Last Interglacial record of environmental changes from the Sulmona Basin (central Italy) *Pal. Pal.*, 472, 51-66.
- Salomon F., Goiran J.P., Noiro B., Pleuger E., Bukowiecki E., Mazzini I., Carbonel P., Gadhoun A., Arnaud P., Keay S., Zampini S., Kay S., Raddi M., Ghelli A., Pellegrino A., Morelli C., Germoni P. (2018) - Geoarchaeology of the Roman port-city of Ostia: Fluvio-coastal mobility, urban development and resilience. *Earth-Science Rev.*, 177, 265-283.

Risanamento ambientale, valorizzazione degli scarti e recupero di risorse *Environmental remediation, waste valorization and resource recovery*

Milia S.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Cagliari (stefano.milia@cnr.it)

Parole chiave: acque, bonifica, economia circolare, rifiuti, sistemi ingegnerizzati avanzati

Key words: *advanced engineered systems, circular economy, remediation, wastes, water*

Tematiche di ricerca

Svolge attività di ricerca di base nel settore dell'Ingegneria Ambientale, sulle seguenti tematiche inquadrabili nelle aree strategiche "Rischi naturali, impatti antropici e tecnologie per l'ambiente" e "Risorse naturali ed ecosistemi": (i) risanamento di acque di falda, suoli e sedimenti contaminati da composti organici e inorganici; (ii) valorizzazione di scarti liquidi e solidi attraverso il recupero di risorse; (iii) depurazione di reflui (agro-)industriali.

Competenze e metodi

Tra le principali competenze: processi biologici e bioelettrochimici per la depurazione delle acque, la bonifica dei siti contaminati, la valorizzazione degli scarti.

Tra i principali metodi: conduzione di processi in sistemi ingegnerizzati (bioreattori e celle bioelettrochimiche) per la depurazione/risanamento/recupero di risorse; analisi di tossicità pre/post trattamento con sensore titrimetrico; analisi delle prestazioni di processo; caratterizzazione di matrici solide e liquide.

Si avvale dei laboratori/strumenti/attrezzature IGAG, e di quelli in condivisione con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) dell'Università di Cagliari: bioreattori e celle bioelettrochimiche (IGAG), potenziato multicanale (IGAG), sistema di monitoraggio delle emissioni di gas serra (N₂O) (IGAG), cromatografo liquido (IC, HPLC) e GC-MS (DICAAR), ICP-OES (IGAG, DICAAR) e ICP-MS (DICAAR), diffrattometria a raggi X (IGAG), spettrofotometro UV/Vis (DICAAR), biosensore titrimetrico (DICAAR).

Gruppo di lavoro

Collabora con i colleghi ricercatori e con il personale tecnico in IGAG-Cagliari.

Collabora con il gruppo di Ingegneria Sanitaria Ambientale del DICAAR e con il Dipartimento di Scienze Biomediche (DiSB) dell'Università di Cagliari.

Collabora con i colleghi ricercatori/tecnologi e con il personale tecnico in IGAG-Roma sullo sviluppo di strategie integrate per la mappatura, caratterizzazione e valorizzazione di residui minerali.

Collabora con ricercatori delle Università di Brisbane (Australia), Girona e Santiago de Compostela (Spagna), Cuyo (Argentina).

Progetti in corso e principali prodotti della ricerca

Responsabile di Unità di ricerca per il progetto "SARdNAF – Sistemi avanzati per la rimozione dei nitrati dalle acque di falda", finanziato per il triennio 2019-2021 dal Fondo di Sviluppo e Coesione, Legge Regionale 7 agosto 2007, n.7.

Autore di pubblicazioni su riviste internazionali (16) e nazionali (2), atti di convegni internazionali (25), contributi in volume di rilevanza internazionale (4) e nazionale (5).

Prospettive future

Partecipazione a bandi competitivi di rilevanza nazionale e internazionale; conversione dei prodotti della ricerca di base in strumenti direttamente applicabili sul territorio.

Research topics

He carries out his research in the Environmental Engineering field, and his main research topics are: (i) remediation of groundwater, soils and sediments contaminated by organic and inorganic substances; (ii) resource recovery from liquid and solid residues; (iii) (agro-)industrial wastewater treatment.

Expertise and methods

Among main expertise: biological and bio-electrochemical processes for wastewater treatment, contaminated sites/sediments remediation, waste valorization.

Among the applied methods: development of engineered systems (bioreactors and bioelectrochemical cells) for wastewater treatment/site remediation/resource recovery; before/after treatment toxicity assessment of liquid wastes through titrimetric biosensor; monitoring of process performance; characterization of solid and liquid matrices.

He can rely on laboratories, hardware and instruments from IGAG-Cagliari, as well as on those shared with the Department of Civil-Environmental Engineering and Architecture (DICAAR) of the University of Cagliari: bioreactors and bio-electrochemical cells (IGAG), multichannel potentiostat (IGAG), greenhouse gas (N₂O) monitoring system (IGAG), liquid chromatograph (IC, HPLC) and GC-MS (DICAAR), ICP-OES (IGAG, DICAAR) and ICP-MS (DICAAR), X-ray diffractometry (IGAG), UV/Vis spectrophotometer (DICAAR), titrimetric biosensor (DICAAR).

Working group

He cooperates with his colleagues in IGAG-Cagliari, with the Environmental Sanitary Engineering group of DICAAR, and with the Department of Biomedical Sciences (DiSB) of the University of Cagliari.

He cooperates with his colleagues in IGAG-Rome on mining waste mapping, characterization and valorization.

He cooperates with researchers from the Universities of Brisbane (Australia), Girona and Santiago de Compostela (Spain), Cuyo (Argentina).

Ongoing research projects and main research outcomes

Unit Research leader for the “SARdNAF – Advanced systems for the removal of nitrate from groundwater” project, funded by the Autonomous Region of Sardinia in the framework of Regional Law n.7/2007.

His research outcomes comprehends publications in international (16) and national (2) journals, international conference proceedings (25), contributions in international (4) and national (5) books.

Future perspectives

Application to national and international calls for research proposals in his areas of interest; technology transfer from laboratory- to full-scale.

Individuazione e caratterizzazione di faglie attive e capaci *Detection and characterization of active and capable faults*

Peronace E.¹, Galderisi A.^{1,2}, Galli P.^{1,3}, Giaccio B.¹, Messina P.¹, Polpetta F.¹ & Romagnoli G.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (edoardo.peronace@igag.cnr.it)

²Università Chieti-Pescara;

³Dipartimento Protezione Civile, Roma

Parole chiave: tettonica attiva, paleosismologia, morfotettonica, faglie attive e capaci, sismotettonica

Key words: *active tectonics, paleoseismology, morphotectonic, active and capable faults, seismotectonic*

L'attività del gruppo di lavoro si inquadra nell'ambito degli studi dei processi e dei fenomeni geologici funzionali alla valutazione della pericolosità sismica, nel caso specifico focalizzata al miglioramento delle conoscenze dei processi e dei fattori responsabili dei terremoti, la ricostruzione della loro evoluzione e distribuzione nello spazio e nel tempo e la loro interazione con l'antropico. L'individuazione e la caratterizzazione di faglie potenzialmente sismogenetiche è una delle attività declamate nel Piano Triennale di Attività 2018-2020 del CNR tra gli obiettivi scientifici dell'Area Strategica "Rischi naturali e impatti antropici e tecnologie per l'ambiente".

La ricerca è sviluppata da "geologi del terremoto" con diverse specializzazioni e competenze che afferiscono alle differenti discipline integrate nell'approccio di studio utilizzato.

La sismologia storica, grazie alla raccolta delle osservazioni sugli effetti e quindi alla stima delle intensità con cui i terremoti storici si sono risentiti in un'area, consente di parametrizzare i terremoti passati in termini di localizzazione epicentrale e magnitudo.

La morfotettonica che, attraverso lo studio dei markers geomorfologici e l'utilizzo delle analisi geomorfometriche, consente di estrarre i segnali che la tettonica di breve e lungo termine ha lasciato sugli elementi geomorfologici del paesaggio.

Le geologia strutturale che consente di ricostruire la geometria ed il cinematiso di ogni singolo segmento della faglia investigata.

La "stratigrafia integrata", che utilizza dati derivanti da molteplici ambiti disciplinari (sedimentologia, vulcanologia, paleontologia, geocronologia, archeologia, ecc.), attraverso la quale vengono ricostruiti, nello spazio e nel tempo, l'insieme degli eventi tettonico-sedimentari-erosivi responsabili dell'evoluzione geologica dell'area di studio nel suo complesso.

La tettonica attiva e la paleosismologia che, attraverso l'esame stratigrafico-strutturale di dettaglio delle successioni sedimentarie interessate da deformazione tettonica, forniscono i dati relativi agli ultimi millenni di attività delle grandi faglie sismogenetiche.

Questo approccio di studio integrato consente di conoscere la distribuzione, la grandezza e la frequenza dei forti terremoti studiando le tracce che questi hanno lasciato sulle rocce e sui terreni interessati dalla deformazione cosismica. Grazie agli studi eseguiti dal gruppo in diversi contesti geologici italiani, dall'Appennino settentrionale sino in Calabria meridionale, sappiamo che gli intervalli tra i grandi terremoti rilasciati dalle faglie (da alcuni secoli negli ultimi millenni a 1-3 ka in tutto l'Olocene) sono spesso più lunghi della completezza dei cataloghi sismici. Ne risulta che il contributo di questo approccio di studio nell'identificazione e parametrizzazione dei terremoti distruttivi sulle faglie investigate è determinante per una corretta valutazione della pericolosità sismica regionale e nazionale.

The working group activities are part of the study of geological event functional to the assessment of seismic hazards, in this case focused on improving knowledge of the processes and factors responsible for earthquakes, the reconstruction of their evolution and distribution in space and time and their interaction with the anthropic. The detection and characterization of potentially seismogenic faults is one of the actions proclaimed in the CNR 2018-2020 Activity Plan among the scientific objectives of the Strategic Area "Natural Risks and Anthropogenic Impacts and Environmental Technologies".

The research is developed by "earthquake geologists" with different specializations and skills belonging to the different disciplines integrated in the study approach used.

The Historical Seismology, thanks to collection of the effects and therefore the estimation of the macroseismic intensity associated by historical earthquakes of an area, allows to parameterize past earthquakes in terms of epicentral localization and magnitude.

The Tectonic Geomorphology that extracts short and long-term tectonics signals on the geomorphological elements of the landscape,

through the study of geomorphological markers and geomorphometric analyses.

The Structural Geology that allows to reconstruct the geometry and kinematic of each individual segment of the investigated fault.

The "Integrated Stratigraphy", which uses data from multiple disciplines (sedimentology, volcanology, paleontology, geochronology, archaeology, etc.), through which are reconstructed the tectonic-sedimentary-erosive events that have contributed to geological evolution of the study area in space and time.

The Active Tectonics and Paleoseismology which provide data on the last millennia of activity of large seismogenic faults through the detailed stratigraphic-structural analysis of the sedimentary successions affected by tectonic deformation.

This integrated approach allows to know the distribution, magnitude and frequency of strong earthquakes studying the traces left on the rocks and soils affected by seismic deformation. Thanks to the studies carried out by the working group in different Italian geological contexts, ranging from the northern Apennine to southern Calabria, we know that the intervals between large earthquakes released by the faults (from some centuries in the last millennia to 1-3ka throughout the Holocene) are often longer than the seismic catalogs completeness. As a result, the contribution of this scientific approach to the identification and parameterization of destructive earthquakes on investigated faults is crucial for a correct assessment of seismic hazard at regional and national scale.

Approccio multiscala e multidisciplinare per definire la geometria e la cinematica di faglie attive
*Towards a multiscale and a multidisciplinary approach
to define the geometry and the kinematics of active faults*

Petracchini L.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (lorenzo.petracchini@igag.cnr.it)

Parole chiave: tettonica attiva, interpretazione profili sismici, modellazione geologica 3D, rilevamento geologico multiscala, approccio multidisciplinare

Key words: *active tectonics, seismic interpretation, 3D geological modelling, structural field work, multidisciplinary approach*

Conoscere e valutare i meccanismi dei processi attivi del sistema terra permette di comprendere meglio la loro evoluzione temporale e spaziale prevedendo così gli effetti sia sull'ambiente che sulla comunità. Di conseguenza, la comprensione e lo studio di processi geologici attivi permette di valutarne il rischio e quindi una loro prevenzione e previsione.

A questo scopo, sono stati svolti numerosi studi utilizzando un approccio multidisciplinare e a diverse scale di osservazione volti sia a caratterizzare l'assetto geologico-strutturale del sottosuolo e i parametri meccanici che lo definiscono, sia a definire i processi che caratterizzano l'enucleazione e lo sviluppo di faglie attive e potenzialmente sismogenetiche.

Sono state caratterizzate dal punto di vista geologico, tettonico e meccanico l'area della Pianura Padana e dell'Alto Adriatico, aree sismicamente attive e con un tessuto socio-economico rilevante. Questi studi, eseguiti attraverso l'integrazione di numerosi dati di sottosuolo e di superficie, hanno permesso di definire l'assetto geologico-strutturale in 3D delle unità geologiche sepolte. Inoltre, attraverso importanti collaborazioni esterne ed interne (e.g., Univ. Sapienza, Politecnico di Torino e INGV; progetti di riferimento: SeaSafe e Clypea), è stato possibile caratterizzare i parametri meccanici del sottosuolo, attraverso dati di pozzo, e le deformazioni attive, attraverso l'analisi delle serie storiche delle stazioni CGPS.

Sono stati eseguiti studi di terreno su faglie attive e potenzialmente sismogenetiche (e.g., la faglia del Morrone) attraverso indagini geologico-strutturali multiscala volti a definire la geometria, la cinematica e i meccanismi di nucleazione ed evoluzione di queste strutture. Si è posta poi particolare attenzione allo studio di vene associate a faglie, analizzandone i parametri geochimici e geocronologici per comprendere l'evoluzione spazio-temporale della paleocircolazione e il loro eventuale contributo nel ciclo sismico.

Questi studi hanno permesso di comprendere meglio strutture tettonicamente attive evidenziando ad esempio l'importanza della circolazione di paleofluidi nel sottosuolo, l'effetto della presenza di strutture ereditate e a ridefinire la geometria di sistemi di faglie molto complessi con un impatto importante anche sulle stime della loro pericolosità sismica. Si vuole concentrare quindi l'attività della ricerca futura sulla comprensione dei processi e dei parametri che influenzano la geometria, la cinematica e la dinamica di strutture attive anche attraverso l'apprendimento e lo sviluppo di nuove tecniche di processamento di dati e nuove metodologie di studio.

Evaluating the temporal and spatial evolution of the processes acting in the Earth's system will give significant contribution to the understanding of their environmental and social effects. A better comprehension of the active geological processes will offer an accurate risk analysis useful for their prevention and forecast.

Several multidisciplinary and multiscale studies have been carried out in tectonically active sectors of the Italian peninsula to define the geological and structural frameworks of the study areas, the mechanical parameters characterizing the buried geological units, and to better constrain the processes and parameters affecting the nucleation and evolution of seismogenic faults.

The Po Plain area and the northern sector of the Adriatic Sea, an area characterized by relevant social and economic infrastructures, have been analyzed by defining their geological, tectonic and mechanical aspects. For the Po Plain area, it has been possible to define in 3D environment its structural setting and to extrapolate the mechanical parameters of the buried units by integrating subsurface and superficial data (geological profiles and well log analyses). For the northern Adriatic Sea, a 3D geological model, defined through the interpretation of seismic profiles available in the area, has been coupled with the present-day kinematics of the area extrapolated by GPS geodetic data located in the offshore hydrocarbon platforms. The geometry and active kinematics of thrust faults in this offshore region has been defined and constrained. These studies have been carried out with the partnerships of Sapienza University of Rome, INGV, and Politecnico di Torino in the framework of SeaSafe and Clypea projects.

Structural field works have been carried out on active and potential seismogenic faults in the central Apennines (e.g., Morrone fault

systems) integrating data from field geology with geochemical and geochronological constraints. This work is oriented to define the geometry and evolution of the fault systems and to understand the spatio-temporal evolution of the paleofluid circulation and its contribution to the seismic cycle. This project provided insights into the hydraulic and mechanical behavior of the seismogenic crust. Further studies will be carried out in order to better define the processes and the features affecting the geometry, the kinematics and the dynamics of active faults by means of new analysis methods.

Il contributo della cartografia geologica come strumento di base alle Scienze della Terra e sue applicazioni *The contribution of geological cartography as a basic tool in Earth Sciences and its applications*

Putignano M.L.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (marialuisa.putignano@igag.cnr.it)

Parole chiave: rilevamento geologico, cartografia geologica terra/mare, scala 1:10.000, tettonica quaternaria

Key words: *geological survey, land-sea geological cartography, 1:10.000 scale, quaternary tectonics*

La carta geologica rappresenta lo strumento fondamentale per l'acquisizione di una adeguata conoscenza del territorio (geologia di base) che, tramite criteri e procedure omogenee, permette la definizione delle principali risorse ambientali per una corretta pianificazione del territorio.

Per un valido supporto alle esigenze del territorio e ai diversi tematismi la cartografia geologica di base deve avere una adeguata scala di rappresentazione; la scala intermedia 1:10.000 può disporre delle informazioni di base finalizzate anche alla individuazione e previsione dei rischi naturali ed antropici. Su questa base la cartografia geologica si sviluppa trasversalmente alle differenti esigenze del territorio in rapporto ai rischi e alle risorse sia naturali che antropiche.

La realizzazione della cartografia dell'interfaccia terra/mare dei fogli geologici costieri della Campania è un valido esempio a tal fine. Il sistema costiero presenta notevoli fragilità e risorse e solo una lettura comparata dei settori costieri (fascia costiera emersa, sommersa e marina) evidenzia efficacemente gli stadi più recenti relativi alle fasi di sollevamento/abbassamento del livello del mare legati non solo alle variazioni climatiche ma anche alla tettonica quaternaria. Questi tematismi di ricerca sono di notevole interesse per la comunità scientifica, soprattutto nei settori costieri dove è attualmente molto forte la pressione antropica sul territorio.

I classici criteri di rilevamento geologico di superficie, riconosciuti e standardizzati per le aree emerse e marine, sono stati implementati dalle nuove tecniche di rilevamento geologico subacqueo proposte, tra gli altri, dalla sottoscritta che hanno costituito l'elemento di congiunzione e omogeneizzazione dei diversi metodi di approccio al rilevamento, di tipo diretto o indiretto. Le ricerche eseguite in tal senso hanno richiesto, quindi, un approccio multidisciplinare e la collaborazione tra differenti discipline e specifiche competenze che si sono confrontate all'interfaccia Terra/Mare. L'attività di rilevamento ha dunque portato alla produzione di cartografie geologiche aggiornate da utilizzare come strumento di base per i diversi tematismi a partire dalla pianificazione territoriale o per qualsiasi tipologia di ricerca nell'ambito delle Scienze della Terra.

The geological map is a fundamental tool for the acquisition of the best knowledge of geological landscape through homogeneous criterias and procedures that allow the researchers to define the main environmental resources for a correct planning of the natural lansdscape.

In order to support the needs of the territory and the different thematics, the basic geological cartography must have an adequate scale of representation of the territory an intermediate scale (1:10.000) provides the basic geological data for both the detection and prediction of natural and anthropogenic risks. On this basis, geological cartography develops transversally to the different needs of the territory in relation to both natural and anthropogenic risks and resources.

The maps production in the Land/Sea bound environments of the Campania Region is a good example of this tool. The coastal system is characterized by many resources and only a comparative reading of the coastal sectors effectively shows the more recent stages of oscillations of the sea level induced by Quaternary climate and tectonics. These latter topics are very interesting in the research scientific community as a consequence of the strong impact produced in the coastal sectors by the human activities.

The classical methods of geological surveys in emerged and marine environments have been implemented by means of new technics of underwater geological surveys representing the link among the different survey approaches, realized with the use of direct or undirect methods. These reseaches need for a multidisciplinary approach joining different expertizes that works in the Land/Sea interface environment. The new geological survey methodology provided original and updated geological maps which represent the base mapping in further thematic maps such as territorial planning or more detailed research activities in the earth sciences.

La dinamica dell'ambiente alle diverse scale del Quaternario e dell'Antropocene tra gli effetti territoriali dell'impatto umano e il global change

*Quaternary and Anthropocene environmental dynamics at variable time scales
and regional forcing by human impact under the effects of global change*

Ravazzi C.¹, Pini R.¹, Badino F.^{1,2} & Furlanetto G.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (cesare.ravazzi@igag.cnr.it)

Lab. di Palinologia e Paleoeologia e Lab. di Stratigrafia

²Università di Bologna, Dip. di Beni Culturali, Ravenna - associato CNR-IGAG

Parole chiave: proxies biologici, stratigrafia integrata, paleoclima, archeobotanica, ecosistemi vegetali

Key words: biological proxies, integrated stratigraphy, paleoclimate, archeobotany, plant ecosystems

Lo studio interdisciplinare delle relazioni tra i comparti del sistema climatico, in breve la dinamica dei processi ambientali, cerca una nuova casa al CNR dopo la soppressione di IDPA. Muovendo dai processi fisici e biologici dell'ambiente, la storia ecologica ricostruisce l'impatto dei cofattori climatici, antropici e geodinamici che forzano i cambiamenti del Pianeta. I processi in atto nel territorio sono primariamente il risultato della successione di queste azioni, piuttosto che di un singolo processo. Che dire dell'interpretazione monofattoriale del fenomeno dell'acqua alta a Venezia enunciata dalla Presidente EU? L'innalzamento marino eustatico incide sì in misura significativa, ma non predominante; si vedano le valutazioni geodinamiche, archeologiche, paleoecologiche e meteorologiche dal Medioevo centrale a oggi.

Presso i Lab. di Palinologia e Paleoeologia e di Stratigrafia di Milano ricostruiamo dunque la storia dei paleoambienti terrestri, soprattutto dal Pleistocene Superiore all'Antropocene. Per servire alla mitigazione del cambiamento climatico in atto, le ricerche dovrebbero concentrarsi sugli ultimi 1000 anni e sulle aree più urbanizzate del territorio. Le ricerche si inquadrano a cavallo tra le Aree progettuali "Cambiamenti Globali" e "Gestione sostenibile". Gli archivi naturali indagati consistono in stratigrafie lacustri, palustri e alluvionali e da contesti archeologici in Eurasia e Atlantico. Le ricerche utilizzano proxies biologici e sedimentari, soprattutto per la microstratigrafia - polline, alghe, funghi, geochimica - metodi geocronologici e di correlazione stratigrafica con eventi globali. Sono presenti competenze per lo sviluppo di modelli di trasferimento paleoclimatico per ricostruire temperature e precipitazioni del passato.

Il personale comprende 2 ricercatori CNR, 1 borsista, 1 assegnista post-doc associata, alcuni tesisti e collaboratori. Mancano tecnici. Il mantenimento dei laboratori e l'acquisto di strumentazione utilizzano overheads di attività in conto terzi svolta dai Lab.

I Lab. partecipano a ricerche su:

- Progetto ERC SUCCESS "The earliest migration of Homo sapiens in southern Europe: understanding the bio-cultural processes that define our uniqueness" (Peresani et al., 2018; Badino et al., in stampa)
- Ultima glaciazione: estensione e forcing climatico (Monegato and Ravazzi, 2018)
- Storia ambientale e ricostruzioni climatiche in alta montagna (Pini et al., 2017; Badino et al., 2018; Furlanetto et al., 2018, 2019)
- Nascita dei centri protourbani e preistoria delle culture palafitticole: analisi multiproxy (Pini et al., 2016; Ravazzi et al. 2019)
- Impatto antropico dalla preistoria nelle Isole Canarie (De Nascimento et al., 2016).

Cesare Ravazzi è capofila italiano del progetto ICDP DOVE.

I Laboratori collaborano con Università italiane ed estere, istituti CNR, Soprintendenze Archeologiche e altri uffici ministeriali. Il personale svolge attività didattica e alta formazione presso UNIMI, UNIMIB e UNIFE.

The interdisciplinary analysis of the relationships between climate system divisions, in brief the dynamics of environmental processes, is looking for a new home at CNR after the IDPA suppression. Moving from physical and biological environmental processes, ecological history reconstructs the impact of climatic, anthropic and geodynamic factors in forcing changes on our Planet. Processes currently going on at regional scale are primarily the result of a series of factors, rather than of one single process. What about the monofactorial interpretation of sea-level rise in Venice given by the EU President? Eustatism does not play a predominant role, as shown by geodynamic, archeological, paleoecological and meteorological assessments since the Middle Ages.

At the Milano Labs of Palynology and Paleoeologia and Stratigraphy we reconstruct the history of terrestrial environments, especially from the Late Pleistocene to the Anthropocene. For the mitigation of current climate change, researches should focus on the last 1000

years and on highly urbanized regions. Researches cross the Strategic Areas "Global Changes" and "Sustainable Management". Natural archives considered in our research include lake, mire and alluvial stratigraphies, as well as archeological sequences, in Eurasia and in the Atlantic Area. We use microstratigraphic biological and sedimentary proxies - pollen, algae, fungi, geochemistry - geochronological methods and correlations with global events. We developed skills in paleoclimate transfer models to reconstruct past temperatures and precipitation.

The staff includes 2 researchers, 1 scholarship holder, 1 associated post-doc, master students and collaborators. The Labs have no technicians yet. Overheads from external contracts are used for labs maintenance and purchase of new instruments.

The Labs take part in researches on:

- Project ERC SUCCESS "The earliest migration of Homo sapiens in southern Europe: understanding the bio-cultural processes that define our uniqueness" (Peresani et al., 2018; Badino et al., in press)
- Glacier extent and climate forcing during the Last Glacial (Monegato and Ravazzi, 2018)
- Environmental history and climate reconstructions in high-alpine areas (Pini et al., 2017; Badino et al., 2018; Furlanetto et al., 2018, 2019)
- Foundation of urban cities and prehistory of pile-dwelling cultures: multiproxy analysis (Pini et al., 2016; Ravazzi et al. 2019)
- Environmental history since prehistoric times in the Canary Islands (De Nascimento et al., 2016).

Cesare Ravazzi is the Italian leader of the ICDP DOVE Project, a deep amphibious drilling in the Adriatic foredeep dealing with paleoclimatic and biodiversity issues.

The Labs actively collaborates with several Italian and foreign Universities, CNR Institutes, the Cultural Heritage State Service and other ministerial offices. The staff is in charge for teaching activities and advanced training at UNIMI, UNIMIB and UNIFE.

Bibliografia/References

- Badino F., Pini R., Ravazzi C., Margaritora D., Arrighi S., Bortolini E., Figus C., Giaccio B., Lugli F., Marciani G., Monegato G., Moroni A., Negrino F., Oxilia G., Peresani M., Romandini M., Ronchitelli A., Spinapoliche E.E., Zerboni A., Benazzi S. (in stampa) - An overview of Alpine and Mediterranean palaeogeography, terrestrial ecosystems and climate history during MIS 3 with focus on the Middle to Upper Paleolithic transition. *Quaternary International*.
- Badino F., Ravazzi C., Valle' F., Pini R., Aceti A., Brunetti M., Champvillair E., Maggi V., Maspero F., Perego R., Orombelli G. (2018) - 8800 years of high-altitude vegetation and climate history at the Rutor Glacier foreland, Italian Alps. Evidence of Middle Holocene timberline rise and glacier contraction. *Quaternary Science Reviews* 185, 41-68.
- De Nascimento L., Nogue S., Criado C., Ravazzi C., Whittaker R.J., Willis K.J., Fernandez-Palacios J.M. (2016) - Reconstructing Holocene vegetation on the island of Gran Canaria before and after human colonization. *The Holocene* 26(1), 113 -125.
- Furlanetto G., Ravazzi C., Pini R., Vallè F., Brunetti M., Comolli R., Novellino M.D., Garozzo L., Maggi V. (2018) - Holocene vegetation history and quantitative climate reconstructions in a high-altitude oceanic district of the Italian Alps. Evidence for a middle to late Holocene precipitation increase. *Quaternary Science Reviews*, 200, 210-236.
- Furlanetto G., Ravazzi C., Badino F., Brunetti M., Champvillair E., Maggi V. (2019) - Elevational transects of modern pollen samples: Site-specific temperatures as a tool for palaeoclimate reconstructions in the Alps. *The Holocene* 29 (2), 271-286.
- Monegato G., Ravazzi C. (2018) - The Late Pleistocene multifold glaciation in the Alps: updates and open questions. *Alpine Mediterranean Quaternary* 31, 225-229.
- Peresani M., Ravazzi C., Pini R., Margaritora D., Cocilova A., Delpiano D., Bertola S., Castellano L., Fogliazza F., Martino G., Nicosia C., Simon P. (2018) - Human frequentation and vegetation-climate relationships in the Greenland Stadial 5 at Piovesello site on the northern Apennine watershed. *Quaternary Research* 90, 503-528.
- Pini R., Castellano L., Perego R., Ravazzi C., Chiesa S., De Amicis M. (2016) - Nuovi dati sulla storia ambientale del centro abitato di Bergamo Alta tra la fase arcaica dell'Età del Bronzo e il Medioevo. *Stratigrafia, paleoecologia e archeobotanica dei depositi del Palazzo del Podestà (Piazza Vecchia)*. Atti dell'Ateneo di Scienze Lettere e Arti di Bergamo, volume LXXIX, a cura di Maria Mencaroni Zoppetti. Sestante Edizioni, pp. 349-371.
- Pini R., Ravazzi C., Raiteri L., Guerreschi A., Castellano L., Comolli R. (2017) - From pristine forests to high-altitude pastures: an ecological approach to prehistoric human impact on vegetation and landscapes in the western Italian Alps. *Journal of Ecology*, 105, 1580-1597.
- Ravazzi C., Badino F., Castellano L., De Nisi D., Furlanetto G., Perego R., Zanon M., Dal Corso M., De Amicis M., Monegato G., Pini R., Vallè F. (2019) - Introduzione allo studio stratigrafico e paleoecologico dei laghi intramorenici del Garda. In (a cura di M. Baioni, C. Mangani, M.G. Ruggiero) *Le Palafitte. Ricerca, Conservazione, Valorizzazione*. Collana Palafitte/Palafittes/Pfahlbauten/Pile Dwellings/Palafitte. SAP - Società Archeologica. ISBN: 978-88-99547-29-5. pp. 167-183.

Sismo-stratigrafia ad alta risoluzione e morfo-stratigrafia dei margini continentali

High-resolution seismic- and morpo-stratigraphy of continental margins

Ridente D.¹, Martorelli E.¹, Casalbore D.¹, Falese F.¹, Bosman A.¹, Ingrassia M.¹, Chiocci F.L.² & Pierdomenico M.³

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (domenico.ridente@cnr.it)

²Sapienza Università di Roma, Roma

³CNR-IAS c/o Università Roma Tre, Roma

Parole chiave: Stratigrafia sequenziale, cicli Quaternari, sistemi deposizionali, georischi marini

Key words: *Sequence stratigraphy; Quaternary cycles; depositional systems; marine geohazards*

I margini continentali sono archivi stratigrafici della storia della Terra in grado di registrare record estesi di cambiamenti geologici e ambientali a diverse scale temporali e spaziali. Nelle aree marine, tali record si presentano spesso meglio preservati e maggiormente continui rispetto alle attigue aree continentali. Gli svantaggi inerenti ai metodi indiretti di investigazione delle aree marine si sono considerevolmente ridotti nel tempo, grazie ai notevoli sviluppi, soprattutto nell'ultimo trentennio, di sistemi di acquisizione di dati geofisici ad alta risoluzione e di campionamento dei fondali e del sottofondo in aree a profondità variabile da quella costiera a quelle abissali. Parallelamente, il focus dei programmi di ricerca si è ampliato, estendendosi da quello prettamente morfo-strutturale e geodinamico della geologia marina pionieristica, all'analisi dettagliata (sub-metrica) di architetture e geometrie stratigrafiche riconducibili a processi erosivo-deposizionali e morfogenetici relativamente rapidi e di breve durata. Ciò ha permesso di collocare in un quadro geologico-ambientale unitario l'evoluzione stratigrafica a medio-lungo termine e i processi oggi operanti nelle aree di piattaforma, scarpata e bacino profondo.

I margini continentali mediterranei, e quelli italiani in particolare, forniscono una vasta casistica a sostegno del fatto che l'indagine dei fenomeni geologici del passato (quaternari o anche più antichi), e il loro confronto con le dinamiche morfo-sedimentarie e oceanografiche attuali, siano la chiave per comprendere e affrontare temi ambientali sempre più pressanti e di grande attualità, che vanno dai rischi per le infrastrutture antropiche alla tutela delle risorse marine. In quest'ottica, la sismo-stratigrafia e la morfo-stratigrafia sono alla base dello studio e della comprensione di processi che vanno dalla dinamica sedimentaria e geomorfologia alla neotettonica, paleo-sismologia e valutazione dei fattori di rischio per l'uomo e per l'ambiente.

Continental margins are multi-scale stratigraphic archives of the history of the Earth where a record of geological and environmental changes can be unveiled. Marine geological records are typically well preserved and more continuous (both laterally and temporally) compared to their continental counterparts. The limitations deriving from indirect investigation methods, the only available in marine settings, have been significantly attenuated in recent times, particularly because of the relevant development, in the last three decades, of high-resolution acquisition methods and seafloor/subsurface sampling techniques in shallow and deep water settings. Accordingly, research issues have broadened considerably, ranging from those essentially focusing on structural geology and geodynamics, in the early times of marine geology, to the detailed analysis of small scale (sub-meter) stratigraphies resulting from rapid and short-lived depositional and morphogenetic processes. On this basis, a unitary methodological and conceptual frame started to develop, linking ancient/longer-term geological processes with modern environmental dynamics.

The Mediterranean margins, and mostly those around Italy, provide a number of case studies where the understanding of processes at the geological scale, and their comparison with present-day morpo-sedimentary and oceanographic dynamics, are key to the building of conceptual tools by which emerging environmental and planetary crisis can be adequately faced. In this view, seismic- and morpo-stratigraphic analyses are basic for defining processes ranging from depositional dynamics and geomorphic shaping to active tectonics and paleo-seismology, which are all relevant for assessing natural hazard and anthropic amplification of both geohazards and environmental impact.

Definizione e ricostruzione del modello geologico di sottosuolo

Definition and reconstruction of the subsoil geological model

Romagnoli G., Cesarano M., Mendicelli A., Moscatelli M., Nocentini M., Peronace E. & Porchia A.
 Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (gino.romagnoli@igag.cnr.it)

Parole chiave: rilevamento geologico, cartografia, microzonazione sismica, analisi multirischio, geomatica

Key words: *geological survey, cartography, seismic microzonation, multi-hazard analysis, geomatics*

La conformazione geologica del sottosuolo e la sua geometria interna sono il risultato dell'azione combinata tra i processi tettono-sedimentari e geomorfologici che hanno caratterizzato l'evoluzione di un territorio. La ricostruzione di un affidabile modello geologico di sottosuolo deve necessariamente prevedere la definizione di corretti vincoli stratigrafici e geometrici, determinabili attraverso l'integrazione di un accurato rilievo geologico di superficie e di un significativo numero di dati di sottosuolo, in relazione al dettaglio da ottenere. Tale obiettivo richiede specifiche competenze tecnico-scientifiche di carattere stratigrafico, geologico-strutturale e geomorfologico necessarie per la comprensione dell'evoluzione a medio e lungo termine dell'area investigata, fondamentali per operare un'adeguata contestualizzazione regionale del modello e la verifica della sua attendibilità.

La definizione del modello geologico di sottosuolo rappresenta un elemento indispensabile in molti campi di applicazione delle Scienze della Terra ricadenti all'interno delle Aree Strategiche del PTA (2018-2020) del CNR quali "Rischi Naturali e impatti antropici e tecnologie per l'ambiente", "Cambiamento globale" e "Risorse naturali ed ecosistemi".

Il gruppo di lavoro, attualmente impegnato su tematiche di mitigazione del rischio sismico, è composto da ricercatori accomunati da una documentata esperienza nel rilevamento geologico e con specifiche competenze in geologia stratigrafica, geologia strutturale, geologia del Quaternario, geologia applicata, geomorfologia, morfotettonica e geomatica. Competenze necessarie per l'acquisizione ed interpretazione dei dati utili per la ricostruzione di modelli geologici e alla loro elaborazione statistica per la realizzazione di carte tematiche a diversa scala.

La multidisciplinarietà e le competenze acquisite dai diversi componenti del gruppo è testimoniata oltre che da una cospicua produzione scientifica, anche dalle attività di formazione presso diversi Atenei ed Enti pubblici e privati, e dalle attività di Terza Missione svolte in particolare nell'ambito del Progetto "PON Governance 2014-2020 Riduzione del rischio sismico, vulcanico e idrogeologico ai fini di protezione civile", che ha come obiettivo principale il rafforzare la capacità istituzionale e rendere efficiente l'azione delle Regioni, in particolare le "Regioni Obiettivo Convergenza", attraverso il raggiungimento di standard minimi e la definizione di un percorso di programmazione degli interventi per la riduzione dei rischi e la resilienza socio-economica.

L'insieme di tutte le attività condotte hanno permesso di collezionare dati di grande valore e di stringere collaborazioni esterne con università ed enti di ricerca. L'enorme mole di dati raccolta rappresenta una solida base messa a disposizione per ulteriori future collaborazioni e applicazioni in altri campi della ricerca.

The geological setting and subsoil geometry of a territory result from the combination of tectono-sedimentary and geomorphological processes that have characterized the evolution of that territory.

The reconstruction of a reliable subsoil geological model must necessarily count on the definition of correct stratigraphic and geometric constraints, which are determinable by integrating accurate geological survey and a significant number of subsoil data that depends on the required level of detail. This objective requires specific technical-scientific, stratigraphic, geological-structural and geomorphological skills that are necessary for the understanding of the medium and long-term evolution of the investigated area, essential to operate an adequate regional contextualization of the model and to check its reliability. Definition of the subsoil geological model represents an essential element in many application fields of the Earth Sciences that fall within the Strategic Areas of the PTA (2018-2020) of the CNR, such as "Natural Risks and anthropogenic impacts and technologies for the environment", "Global change" and "Natural resources and ecosystems". The working group, presently engaged on themes of seismic risk mitigation, consists of researchers who share a documented experience in geological survey, with specific skills in stratigraphic geology, structural geology, Quaternary geology, applied geology, geomorphology, morphotectonics and geomatics. These skills are necessary for the correct acquisition and interpretation of data that are fundamental for the reconstruction of geological models, their statistical processing and the creation of thematic maps at different scales. The interdisciplinarity and the skills acquired by members of the group are testified not only by a considerable scientific production, but also by the training activities carried out in different universities and public and private institutions, as well as the Third Mission activities developed within the "PON Governance 2014-2020 Project on the reduction of seismic, volcanic and hydrogeological risk for civil protection purposes", whose main objective is to strengthen the institutional capacity and make efficient the action of the

Regions, in particular the “Convergence Objective Regions”, through the achievement of minimum standards and the definition of a program of interventions aimed at risk reduction and socio-economic resilience. All these activities allowed to collect highly valuable data and to establish external collaborations with universities and research institutions. The huge amount of collected data represents a solid basis available for further future collaborations and applications in other fields of research.

Lo studio degli ambienti carsici e le sue implicazioni nei settori della geologia ambientale e geingegneria *Karst study and its implications in the fields of environmental geology and geoenvironmental engineering*

Sanna L.

Istituto di Geologia Ambientale e Geingegneria – Cagliari (laura.sanna@igag.cnr.it)

Parole chiave: geomorfologia, minerogenesi, idrogeologia, paleoclima, cambiamento globale

Key words: *geomorphology, minerogenesis, hydrogeology, paleoclimate, global change*

Le zone carsiche sono attualmente aree strategiche per ricerche legate ai cambiamenti globali in quanto registrano al loro interno modificazioni in risposta a perturbazioni ambientali, filtrandone le oscillazioni ad alta frequenza. Molti campi delle scienze impiegano informazioni acquisite in questi ambienti per la comprensione del Sistema Terra e ne riconoscono l'importanza da una prospettiva multidisciplinare. Nell'ambito della geologia ambientale e geingegneria, lo studio dei fenomeni carsici superficiali e sotterranei, sia in contesti continentali che marini, ha particolare rilevanza nella risoluzione di problemi connessi ai fattori di pressione e modificazione antropica e alla modellazione delle interazioni tra geosfera, idrosfera e atmosfera.

Tra gli studi di maggior interesse si collocano quelli sull'evoluzione del paesaggio e sulla speleogenesi che forniscono per esempio la descrizione di morfologie carsiche superficiali e ipogee, l'analisi delle modificazioni geomorfologiche indotte da eventi estremi, la dinamica delle coste e la quantificazione dei processi di erosione-deposizione, contribuendo alla conoscenza di vari processi geologici. In particolare le grotte sono trappole di sedimenti chimici (speleotemi) e clastici che rappresentano degli ottimi archivi climatici. Grazie all'applicazione di tecniche sedimentologiche, geochimiche e isotopiche infatti è possibile decifrare questi proxies e realizzare delle ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali.

Nelle aree carsiche mineralizzate, come il distretto dell'Iglesiente (Sardegna), le ricerche geochimico-petrografiche sulle cosiddette "grotte di miniera" permettono di indagare l'interazione acqua-roccia e i particolari ambienti minerogenetici legati ad antichi episodi di dissoluzione spinta ad opera di fluidi idrotermali profondi. La loro circolazione ha fortemente influenzato le proprietà di reservoir di questi corpi rocciosi, creando paleokarst la cui modellazione consente di affrontare e risolvere problematiche di stabilità (sinkhole) legate ai vuoti creati da questa porosità secondaria estrema.

Gli acquiferi carbonatici risultano inoltre i serbatoi più produttivi per lo sfruttamento della risorsa idrica a uso idropotabile e il loro studio è cruciale per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici. In Sardegna, uno degli hot spot del Mediterraneo a rischio di desertificazione, è stato applicato un approccio speleologico-geochimico che, con tracciamenti e monitoraggi geochimici, ha permesso di delineare la geometria, le linee di deflusso sotterraneo e i caratteri idrogeologici del principale acquifero carsico dell'Isola.

La valenza ambientale degli ecosistemi carsici ha quindi delle implicazioni socio-economiche che estendono gli studi di base verso lo sfruttamento e valorizzazione di questi siti con una gestione sostenibile che ne garantisca la salvaguardia. Questo implica la valutazione degli impatti connessi alle attività antropiche e il monitoraggio della qualità dell'ambiente, insieme con un aumento della consapevolezza sociale. In quest'ambito si inserisce il trasferimento delle competenze attraverso corsi di formazione per gestori e guide delle grotte turistiche associate all'AGTI (Associazione Grotte Turistiche Italiane).

Per lo studio degli ambienti carsici vengono impiegate esperienze e competenze nelle attività di campo come organizzazione e pianificazione di spedizioni scientifiche in aree remote, il rilievo geologico, geomorfologico e la prospezione mineraria insieme con le analisi mineralogiche, geochimiche, petrografiche e geocronologiche in laboratorio; sviluppo e allestimento di sistemi di monitoraggio per l'acquisizione di dati idrogeologici e ambientali; applicazione di tecniche geofisiche per la caratterizzazione delle proprietà dell'atmosfera sotterranea.

Questa linea di ricerca si avvale della collaborazione, oltre dei colleghi IGAG, dell'Università di Bologna (speleogenesi), Politecnico di Torino (idrogeologia), Università di Sassari (sedimentologia e geologia marina), Università di Torino (impatti ambientali), Università di Melbourne (geocronologia).

I progetti a venire comprendono studi paleoclimatici approfonditi nelle aree costiere per contribuire alla stesura di scenari futuri del sollevamento del livello del mare come strumento per la preparazione della pianificazione e gestione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici. Questo potrebbe offrire la possibilità di specifici canali di finanziamento dedicati a questa tematica. Nell'ambito della geingegneria, si prevede di estendere gli studi ai siti minerari dismessi per la

valorizzazione e monitoraggio dei vuoti sotterranei, mentre nel campo della geologia ambientale ci si focalizzerà nello sviluppo di sistemi di monitoraggio per la quantificazione degli impatti ambientali nelle grotte turistiche e l'individuazione di strategie di mitigazione.

Karst areas are currently strategic areas for researches related to global change as modifications due to environmental perturbation are recorded within underground systems, filtered by high frequency oscillations. Many fields of science use information acquired in these ecosystems to understand the Earth processes and recognize the importance of karst science from a multidisciplinary perspective. In the framework of environmental geology and geoenvironmental investigations, the study of surface and underground karst phenomena, both in continental and marine environments, has particular relevance in facing problems related to anthropic pressures and modifications, and to the modelling of the geosphere, hydrosphere and atmosphere interactions.

Among the most interesting studies are those on the evolution of the landscape and on speleogenesis which, for example provide descriptions of surface and underground karst morphologies, the analysis of geomorphological changes driven by extreme events, the dynamics of the coastal areas and the quantification of erosion-deposition processes. All of these contribute to the knowledge of various geological phenomena. In particular, caves are natural traps of chemical (speleothems) and clastic sediments that represent excellent climatic archives. In fact, thanks to the application of sedimentological, geochemical and isotopic techniques, it is possible to decipher these proxies and perform paleoclimate and paleoenvironmental reconstructions.

In mineralized karst areas, such as the district of Iglesiente (Sardinia), geochemical-petrographic researches on the so-called "mine caves" allows to investigate different water-rock interactions and the particular minerogenic environments linked to ancient episodes of hydrothermal deep fluids-driven dissolution. Their circulation has strongly influenced the reservoir properties of these host rocks, carving paleokarst whose modelling allows to address and solve stability issue (sinkhole) related to voids formed by this extreme secondary porosity.

Carbonate aquifers are also the most productive groundwater source for drinking purpose and their study is crucial to mitigate the effects of climate change. In Sardinia, one of the Mediterranean desertification hot spots, dye-tests and monitoring were applied with a speleological-geochemical approach that allowed to identify the geometry, the underground drainage system and the hydrogeological features of the main karst aquifer of the Island.

The environmental value of the karst ecosystems therefore has socio-economic implications that extend the basic studies towards the exploitation and economic development of these sites with sustainable management that guarantees their safeguard. This implies the assessment of the impacts associated with anthropic activities and the monitoring of the environment quality, together with an increase in social awareness. This includes the transfer of knowledge through training courses for managers and guides of the show caves associated to AGTI (Italian Show Caves Association).

Karst environment studies are performed thanks to experiences and skills in field activities such as organization and planning of scientific expeditions in remote areas; geological and geomorphological survey; mineral exploration and mineralogical, geochemical, petrographic and geochronological analyses in lab; development and preparation of monitoring systems for the acquisition of hydrogeological and environmental data; application of geophysical techniques for the characterization of the underground atmosphere properties.

This research benefits of scientific collaborations from the University of Bologna (speleogenesis), Polytechnic of Turin (hydrogeology), University of Sassari (sedimentology and marine geology), University of Turin (environmental impacts), University of Melbourne (geochronology) in addition to IGAG colleagues.

Future projects include in-depth paleoclimate studies in coastal areas with the aim to help the improvement of future sea-level rise scenarios as a tool for planning and managing the risks associated with climate change. This could offer the opportunity to apply for specific EU financial support addressed to this issue. From a geoenvironmental perspective, the main upcoming focus is to extend karst studies to abandoned mining sites for the characterization of underground voids. From the environmental geology side, a special effort is dedicated to the development of monitoring systems for environmental impact assessment in show caves and its mitigation strategies.

Stabilità dei versanti e pericolosità da frana: il contributo della modellazione fisicamente basata *Slope stability and landslide hazard: the contribution of physically-based modeling*

Schilirò L.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (luca.schiliro@igag.cnr.it)

Parole chiave: frana, stabilità dei versanti, modelli fisici, analisi multiscala

Key words: landslide, slope stability, physical models, multiscale analysis

La modellazione fisicamente basata applicata agli studi di stabilità dei versanti consente di descrivere e riprodurre, sia alla scala di laboratorio che di sito, i processi fisici connessi alle fasi di innesco, propagazione ed accumulo dei movimenti franosi. Negli ultimi anni, grazie anche allo sviluppo di tecnologie di monitoraggio e simulazione numerica, questa tipologia di modelli viene utilizzata in maniera sempre più diffusa nell'ambito di studi sul dissesto geo-idrologico. Nel presente lavoro vengono quindi mostrati alcuni esempi di applicazione a casi di studio reali, per i quali sono stati utilizzati sia modelli numerici convenzionali che operano alla scala di versante, come FLAC (Itasca Consulting Group, 2000) e TRIGRS (Baum et al., 2008), sia sperimentazioni di laboratorio effettuate su modelli di pendio in scala (Montrasio et al., 2016; Schilirò et al., 2019). L'obiettivo è quello di delineare potenziali attività di ricerca future connesse a questa tematica, che rientra nell'ambito dell'area strategica "Rischi naturali, impatti antropici e tecnologie per l'ambiente".

Physically-based modeling applied to slope stability analyses allows to describe and reproduce, both at laboratory and field scale, physical processes related to the triggering, propagation and deposition stage of landslide movements. In the last years, following the improvements of monitoring and simulation technologies, this type of models has been increasingly used for studies concerning geo-hydrological risk. In this work, we present several examples of application to real case studies, for which we used both conventional numerical models operating at the slope scale, such as FLAC (Itasca Consulting Group, 2000) and TRIGRS (Baum et al., 2008), and laboratory experiments with scaled slope models (Montrasio et al., 2016; Schilirò et al., 2019). The aim is to outline potential future research activities related to this topic, which falls within the scope of the strategic area "Natural risks, human impacts and environmental technologies"

Bibliografia/References

- Baum R.L., Savage W.Z., Godt J.W. (2008) - TRIGRS - A Fortran program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis, version 2.0. US Geological Survey, Open-File Report 2008-1159, 75 pp.
- Itasca Consulting Group (2000) - FLAC - Fast Lagrangian Analysis of Continua. Itasca Consulting Group, Minneapolis, Minnesota.
- Montrasio L., Schilirò L., Terrone A. (2016) - Physical and numerical modelling of shallow landslides. *Landslides*, 13, 873-883 doi: 10.1007/s10346-015-0642-x
- Schilirò L., Poueme Djueyep G., Esposito C., Scarascia Mugnozza G. (2019) - The Role of Initial Soil Conditions in Shallow Landslide Triggering: Insights from Physically Based Approaches. *Geofluids*, 2019, Article ID 2453786, 14 pp. doi: 10.1155/2019/2453786

L'interpretazione integrata di dati geologici e geofisici e la modellazione 3D per la definizione della pericolosità geologica e la valorizzazione delle georisorse

Integrated interpretation of geological and geophysical data and 3D modelling for geologic hazard assessment and georesources management

Scrocca D., Cavinato G.P., Petracchini L. & Livani M.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (davide.scrocca@igag.cnr.it)

Parole chiave: modellazione 3D, pericolosità geologica, sismotettonica, georisorse, geotermia

Key words: 3D modeling, geologic hazard, seismotectonic, georesources, geothermal energy

L'elaborazione di modelli geologici 3D, basati sull'interpretazione integrata di dati geologici e geofisici, rappresenta uno strumento ormai imprescindibile per la gestione e valorizzazione di georisorse, per una corretta definizione della pericolosità geologica in relazione a fenomeni naturali ed antropici e, più in generale, per la descrizione e la comprensione dei processi geologici.

Lo sviluppo di nuovi approcci metodologici finalizzati all'elaborazione di modelli geologici 3D multiscala, realizzati integrando con un approccio multidisciplinare diverse possibili fonti di dati (tra cui, ad esempio, informazioni geologiche di superficie, log di pozzo e dati geofisici di diversa natura), viene effettuato con il fondamentale supporto del "Laboratorio di modellazione geologica di sottosuolo" (GeoS Lab, Sede Secondaria di Roma Sapienza) e, in diversi casi, in sinergia con infrastrutture di ricerca presenti presso altre sedi dell'IGAG. Le ricerche sono svolte in collaborazione con una vasta rete di organizzazioni che comprende i principali istituti che afferiscono al Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente del CNR, diverse università (e.g., Sapienza, Roma 3 e Bologna), enti di ricerca (e.g., INGV, ISPRA), organismi istituzionali (e.g., Dipartimento Protezione Civile, Ministero dello Sviluppo Economico) ed anche società attive nel settore energetico ed ambientale.

Le attività di ricerca includono studi di base sulla struttura crostale e sull'evoluzione tettonica della penisola italiana e dell'area Mediterranea, quali ad esempio quelli sviluppati sulla base dei dati sismici a riflessione acquisiti con il progetto CROP, la campagna oceanografica TIR10 o altri dati disponibili nel dominio pubblico (e.g., Doglioni et al., 2012; Conti et al., 2017; Livani et al., 2018).

Le conoscenze e le competenze acquisite con studi di base alimentano poi lo sviluppo di progetti riguardanti ambiti specifici ed aspetti applicativi. Tra questi ultimi rientrano, ad esempio, la valutazione della pericolosità sismica con progetti inerenti la caratterizzazione sismotettonica di faglie attive (e.g., progetti RETRACE-3D e FIRB Abruzzo; Scrocca et al., 2018; Trippetta et al., 2019) o contributi innovativi con un approccio 3D agli studi di micro-zonazione sismica (progetto AMATRIX). Altre attività hanno interessato invece la caratterizzazione di serbatoi carbonatici fratturati e la valorizzazione di risorse geotermiche, convenzionali e non convenzionali, in alcuni dei principali progetti in campo geotermico sviluppati negli ultimi anni in Italia (e.g., progetti VIGOR ed Atlante Geotermico; Petracchini et al., 2012; Petracchini et al., 2015; Santilano et al., 2109) ed in Europa (e.g., progetti FP7 IMAGE e H2020 GEOENVI; Gola et al., 2017; Manzella et al., 2018; de Franco et al., 2019) o lo stoccaggio geologico di CH₄ e CO₂ (e.g., Cantucci et al., 2014). Infine, vengono anche sviluppate attività di terza missione con la valorizzazione e il trasferimento delle conoscenze maturate.

The development of 3D geological models, based on the integrated interpretation of geological and geophysical data, represents an indispensable tool for the management of georesources, for a correct definition of geologic hazard in relation to natural and anthropic phenomena and, more in general, for the description and understanding of geological processes.

The development of new methodological approaches aimed at the elaboration of multiscale 3D geological models, realized by integrating with a multidisciplinary approach several different data sources (e.g., surface geological information, well logs and geophysical data of different nature), is carried out with the fundamental support of the "Subsurface geological modelling laboratory" (GeoS Lab, Roma Sapienza branch) and, in several instances, in synergy with research infrastructures of the other IGAG branches.

The research activity is developed in collaboration with a vast network of organizations that includes the main institutes belonging to the CNR Department of Earth System Sciences and Technologies for the Environment, various universities (eg, Sapienza, Rome 3 and Bologna), research institutes (eg, INGV, ISPRA), institutional bodies (eg, Civil Protection Department, Ministry of Economic Development) and also companies active in the energy and environmental sector.

Activities concern basic research on the crustal structure and on the tectonic evolution of the Italian peninsula and the Mediterranean area, such as those developed based on the seismic reflection data acquired with the CROP project, the TIR10 oceanographic campaign,

or other available dataset (e.g., Doglioni et al., 2012; Conti et al., 2017; Livani et al., 2018).

The knowledge and skills acquired with similar basic researches then feed the development of projects concerning specific themes and applications. These include, for example, seismic hazard assessment with the seismotectonic characterization of active faults (e.g., RETRACE-3D and FIRB Abruzzo projects; Scrocca et al., 2018; Trippetta et al., 2019) or innovative contributions with a 3D approach to seismic microzonation studies (AMATRIX project). Other activities focused on the characterization of fractured carbonate reservoirs and development of conventional and unconventional geothermal resources within the framework of some of the main geothermal projects developed in recent years in Italy (eg, VIGOR and Geothermal Atlas projects; Petracchini et al., 2012; Petracchini et al., 2015; Santilano et al., 2019) and in Europe (eg, FP7 IMAGE and H2020 GEOENVI projects; Gola et al., 2017; Manzella et al., 2018; De Franco et al., 2019,) or the geological storage of CH₄ and CO₂ (Cantucci et al., 2015). In addition, third mission activities are also developed.

Bibliografia/References

- Cantucci B., Montegrossi G., Buttinelli M., Vaselli O., Scrocca D., Quattrocchi F. (2014) - Geochemical barriers in CO₂ capture and storage. Feasibility Studies. *Transport in Porous Media*, 106, 107–143, doi: 10.1007/s11242-014-0392-6.
- Conti A., Bigi S., Cuffaro M., Doglioni C., Scrocca D., Muccini F., Cocchi L., Ligi M., Bortoluzzi G. (2017) - Transfer zones in an oblique back-arc basin setting: Insights from the Latium-Campania segmented margin (Tyrrhenian Sea), *Tectonics*, 36, doi:10.1002/2016TC004198.
- de Franco R., Petracchini L., Scrocca D., Caielli G., Montegrossi G., Santilano A., Manzella A. (2019) - Synthetic Seismic Reflection Modelling in a Supercritical Geothermal System: An Image of the K-Horizon in the Larderello Field (Italy). *Geofluids* 2019, Article ID 8492453, <http://dx.doi.org/10.1155/2019/8492453>
- Doglioni C., Ligi M., Scrocca D., Bigi S., Bortoluzzi G., Carminati E., Cuffaro M., D'Oriano F., Forleo V., Muccini F., Riguzzi F. (2012) - The tectonic puzzle of the Messina area (Southern Italy): Insights from new seismic reflection data. *Scientific Reports*, 2, Article Number 970, doi: 10.1038/srep00970.
- Gola G., Bertini G., Bonini M., Botteghi S., Brogi A., De Franco R., Dini A., Donato A., Gianelli G., Liotta D., Manzella A., Montanari D., Montegrossi G., Petracchini L., Ruggieri G., Santilano A., Scrocca D., Trumphy E. (2017) - Data integration and conceptual modelling of the Larderello geothermal area, Italy. *Energy Procedia*, 125, 300-309.
- Livani M., Scrocca D., Arecco P., & Doglioni C. (2018) - Structural and stratigraphic control on salient and recess development along a thrust belt front: the Northern Apennines (Po Plain, Italy). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(5), 4360-4387.
- Manzella A., Bonciani R., Allansdottir A., Botteghi S., Donato A., Giamberini S., Lenzi A.P.M., Pellizzone A., Scrocca D. (2018) - Environmental and social aspects of geothermal energy in Italy. *Geothermics* 72, 232–248. doi: 10.1016/j.geothermics.2017.11.015.
- Petracchini L., Antonellini M., Billi A., Scrocca D. (2012) - Fault development through fractured pelagic carbonates of the Cingoli anticline, Italy: Possible analog for subsurface fluid-conductive fractures. *Journal of Structural Geology*, 45, 21–37, doi:10.1016/j.jsg.2012.05.007.
- Petracchini L., Antonellini M., Billi A., Scrocca D., Trippetta F., Mollo S. (2015). Pressure solution inhibition in a limestone–chert composite multilayer: Implications for the seismic cycle and fluid flow. *Tectonophysics* <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2015.02.005>.
- Santilano A., Trumphy E., Gola G., Donato A., Scrocca D., Ferrarini D., Brozzetti F., De Nardis R., Lavecchia G., Manzella A. (2019), A methodology for assessing the favourability of geopressured-geothermal systems in sedimentary basin plays: a case study in Abruzzo (Italy). *Geofluids*, 2019, Article ID 4503943, doi:10.1155/2019/4503943.
- Scrocca D., Basili R., Bigi S., Bonini L., Bonomo R., Buttinelli M., Capotorti F., Castenetto S., Cavinato G.P., Chiappini M., D'Ambrogi C., Di Bucci D., Di Filippo M., Di Nezza M., Ferri F., Giuliani R., Maesano F.E., Marino M., Mariucci M.T., Minelli L., Montone P., Petracchini L., Tiberti M., Villani F. (2018) - RETRACE-3D Project, a multidisciplinary approach for the construction of a 3D crustal model: first results and seismotectonic implications. *Proceedings 37^o Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida*, Bologna, Italy, November 19-21, 2018, 146-148.
- Trippetta F., Petricca P., Billi A., Collettini C., Cuffaro M., Lombardi A. M., Scrocca D., Ventura G., Morgante A., Doglioni C. (2019) - From mapped faults to fault-length earthquake magnitude (FLEM): a test on Italy with methodological implications. *Solid Earth*, 10(5), 1555-1579.

Nuove frontiere nella modellazione della circolazione di fluidi durante i terremoti *New frontiers in modeling seismic-related fluid circulation*

Smeraglia L.¹, Bernasconi S.², Billi A.¹, Boschi C.³, Caracausi A.⁴, Carminati E.⁵, Curzi M.⁵ & Franchini S.⁵

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (luca.smeraglia@cnr.it)

²Geological Institute, ETH Zürich, Switzerland

³Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa, Italy

⁴Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Palermo, Italy

⁵Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma, Italy

Parole chiave: faglie sismogenetiche, interazione fluido-faglia, geochemica, geocronologia

Key words: *seismogenic faults, fault-fluid interaction, geochemistry, geochronology*

I recenti avanzamenti delle metodologie geochemiche (isotopi clumped) e geocronologiche (datazioni U-Th/UPb su calciti) hanno aperto nuove opportunità riguardo la definizione della pericolosità di faglie sismogenetiche nella crosta superiore. In particolare, questi nuovi metodi hanno notevoli implicazioni nello svelare la (paleo)geochemica dei fluidi che circolavano all'interno di faglie sismogenetiche esumate, che può essere confrontata con i cambiamenti idrochimici, nelle sorgenti e nei pozzi, registrati, ad esempio, durante i recenti terremoti di Amatrice-Norcia (2016-2017) nell'Appennino centrale.

Per questi motivi, negli ultimi 5 anni, abbiamo applicato un approccio multidisciplinare, collaborando con Università e Centri di Ricerca nazionali (CNR-IGAG, CNR-IGG, INGV, CERTEMA, Università degli Studi di Milano e Sapienza di Roma) e internazionali (ETH, Università di Francoforte e Queensland University), per svelare e definire la circolazione dei paleofluidi lungo faglie esumate sismogenetiche (Tre Monti, Val Roveto e Venere) e potenzialmente sismogenetiche (Monte Massico, Monte Tancia e Monte Maggio).

In particolare, abbiamo combinato il rilevamento geologico di terreno e le analisi strutturali con la caratterizzazione microstrutturale (catodoluminescenza, microscopia ottica ed elettronica) e geochemica (isotopi stabili e clumped, elementi in traccia e datazione U-Th/U-Pb) delle mineralizzazioni associate alle faglie (vene di calcite) per comprendere l'evoluzione temporale e la (paleo)geochemica dei fluidi circolanti durante i terremoti.

I risultati hanno mostrato che la circolazione dei fluidi legata ai terremoti è diversa tra faglie normali e inverse. In particolare, le faglie normali consentono la redistribuzione dei fluidi all'interno dell'intera crosta in un sistema aperto, con l'afflusso di fluidi meteorici e/o mantellici. Al contrario, le faglie inverse mostrano un sistema chiuso, con fluidi provenienti dall'acqua di poro trattenuta nei sedimenti ed espulsa durante i terremoti all'interno delle zone di faglia, senza un notevole apporto di fluidi esterni (meteorici e/o mantellici).

Il progetto di ricerca in corso comprende un potenziale rilevamento geologico e analisi geochemiche sulle vene di quarzo lungo la faglia di Húsavík (Islanda) per confrontare la (paleo)geochemica dei fluidi, da cui le vene di quarzo sono precipitate, con le anomalie idrochimiche misurate prima dei terremoti, generati dalla faglia stessa, tra il 2002 e il 2013. Questo progetto includerà la rivitalizzazione del laboratorio di inclusioni di fluidi presso il CNR-IGAG al fine di definire la (paleo)geochemica delle vene di quarzo lungo la faglia di Húsavík. I fondi futuri saranno attratti dalla partecipazione a bandi nazionali (PRIN e MISE) e internazionali (ERC Europa, ANR Francia) e dalla partnership con università internazionali (Kansas State University, Besançon University) e industrie (Oil & Gas e geotermia).

Recent advancing in geochemical (clumped isotopes) and geochronological (U-Th/U-Pb dating of calcite) techniques has opened new opportunities concerning the hazard assessment of seismogenic faults in the brittle upper crust. In particular, these new methods have outstanding implications on unravelling the (paleo)geochemistry of fluids that circulated within exhumed seismogenic faults, which can be compared with the hydrochemical changes of springs and wells recorded, for instances, during the 2016-2017 Amatrice-Norcia earthquakes in the central Apennines.

For these reasons, during the past 5 years, we have applied a multidisciplinary approach, collaborating with national (CNR-IGAG, CNR-IGG, INGV, CERTEMA, University of Milan and Sapienza University of Rome) and international (ETH, University of Frankfurt, and Queensland University) Research Centers and Universities, to unravel and define the paleofluid circulation within exhumed seismogenic (Tre Monti, Val Roveto, and Venere faults) and potentially-seismogenic (Monte Massico, Mt. Tancia, and Mt. Maggio faults) faults. In particular, we combined geological field mapping and structural analyses with microstructural (cathodoluminescence, optical and electronic microscopy) and geochemical (stable and clumped isotopes, trace elements, and U-Th/U-Pb dating) characterization of fault-related mineralizations (calcite veins) to understand the timing and the (paleo)geochemistry of fluids circulating during earthquakes.

Results showed that earthquake-related fluid circulation is different between normal and reverse faults. In particular, normal faults allow fluid redistribution within the entire crust in an open system, with the influx of both meteoric- and mantle-derived fluids. On the contrary, reverse faults show a close system, with fluids coming from retained pore water in sediments expelled during earthquake and circulating within fault zones, without a remarkably input of externally-derived fluids (meteoric- and/or mantle-derived).

Ongoing research project include potential fieldwork and geochemical analysis on quartz veins along the Húsavík Fault (Iceland) to compare the (paleo)geochemistry of the fluids, from which the quartz veins precipitated, with the hydrochemical anomalies measured before earthquakes generated by the same fault between 2002 and 2013. This project will include the revitalization of the fluid inclusions laboratory at CNR-IGAG in order to define the (paleo)geochemistry of quartz veins along the Húsavík Fault. Future funds will be attracted through the participation in national (PRIN and MISE) and international (ERC Europe, ANR France) calls and from partnership with international universities (Kansas State University, Besançon University) and industries (Oil & Gas and geothermal).

Sistemi informativi modulari di supporto alle decisioni per i pianificatori e i gestori dell'emergenza *Modular decision support information systems for emergency planners and managers*

Sterlacchini S., Voltolina D. & Zazzeri M.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (simone.sterlacchini@igag.cnr.it)

Parole chiave: Sistema di Supporto alle Decisioni; valutazione del rischio; gestione del rischio; rischio idraulico; modellazione degli incendi

Key words: *Decision Support Systems; risk assessment; risk management; hydraulic hazard; wildfire modelling*

Il Senday Framework for Disaster Risk Reduction (UNISDR, 2015-2030)* promuove "un accesso in tempo reale a dati affidabili, l'utilizzo di informazioni sito-specifiche e distribuite nello spazio, includendo l'uso di Sistemi Informativi Geografici e il ricorso all'innovazione presente nelle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione per migliorare gli strumenti di misurazione e di raccolta, analisi e diffusione dei dati".

Il Laboratorio LARGE (Laboratorio di Analisi dei Rischi e di Gestione delle Emergenze) è un "ambiente aperto" in cui ricercatori di diverse discipline (dalle Scienze Naturali alle Scienze della Terra, dall'Economia alle Scienze Sociali, dall'Informatica all'Ingegneria) lavorano insieme, discutono, progettano e implementare modelli concettuali applicando nuove tecnologie (Sistemi di Supporto alle Decisioni, GIS, Web & Mobile App) e strategie innovative nel campo della valutazione (prevenzione e monitoraggio) e della gestione (preparazione, risposta e recupero) del rischio. Inoltre, l'educazione e il trasferimento delle conoscenze sono attività strategiche al fine di aumentare la consapevolezza del rischio delle comunità e la loro partecipazione ai processi decisionali. LARGE è Centro di Competenza per la pianificazione dell'emergenza e il supporto alle decisioni della Croce Rossa Italiana.

In termini di attività di ricerca, il team LARGE ha capacità ed esperienza nella modellizzazione della pericolosità/rischio legata a incendi (modellizzazione della propagazione e analisi della suscettibilità/ pericolosità) e a eventi di natura idraulica/idrogeologica (modellizzazione di scenari di rischio e di impatto, analisi dell'esposizione degli elementi vulnerabili e valutazione del danno atteso). È stato inoltre progettato e implementato uno strumento GIS open-source per la stima delle perdite economiche dovute a eventi alluvionali (BLINKS).

I risultati della ricerca sono tra i principali input di SIRENE (Sistema Informativo per la Risposta alle Emergenze), un sistema modulare, progettato e implementato per supportare il processo decisionale di pianificatori e gestori dell'emergenza per anticipare, gestire e minimizzare gli impatti dovuti a eventi naturali e/o indotti dall'uomo. Il sistema è composto da: (i) un modulo GIS per gestire i dati istituzionali e basati sulla ricerca, nonché le informazioni aggiornate (raccolte sul campo tramite Web & Mobile App); (ii) un Sistema di Supporto alle Decisioni per "suggerire" il flusso di azioni da eseguire, le istruzioni di esecuzione, i responsabili di ciascuna azione, i documenti da emettere, le risorse disponibili per la gestione delle emergenze; (iii) un sistema di tracciamento per controllare il dispiegamento di squadre e risorse sul campo; e (iv) una Web App per la raccolta e la condivisione dei dati sul campo in tempo reale.

Una versione beta di SIRENE è in uso in alcuni comuni della regione Umbria, Emilia Romagna e Lombardia (tra cui il comune di Milano). Una versione specifica di SIRENE è stata rilasciata alla Croce Rossa Italiana. BLINKS sarà rilasciato all'Autorità del Distretto del Fiume Po.

*UNISDR. n 2015-2030. <http://www.unisdr.org/we/coordinate/sendai-framework>.

The Senday Framework for Disaster Risk Reduction (UNISDR, 2015-2030) promotes "a real-time access to reliable data, the use of space and in-situ information, including Geographic Information Systems and the use of information and communications technology innovations to enhance measurement tools and the collection, analysis and dissemination of data"*

The LARGE Lab (Laboratorio di Analisi dei Rischi e di Gestione delle Emergenze) is an "open environment" where researchers from different disciplines (from Natural to Earth Sciences, from Economics to Social Sciences, from Informatics to Engineering) work together, discuss, design and implement conceptual models by applying new technologies (Decision Support Systems, GIS, Web & Mobile App) and innovative strategies in the field of risk assessment (prevention & monitoring) and management (emergency preparedness, response & recovery). Moreover, education and transfer of knowledge are strategic activities carried out by the Lab in order to increase communities risk awareness and public participation in decision making process. LARGE is Competence Centre for Emergency Planning and Decision Support of the Italian Red Cross.

In terms of research activities, the LARGE team has skills and expertise in modelling wildfire and hydro-geological/hydraulic hazard and

risk. Concerning the former, research is focused on wildfire propagation modelling as well as on susceptibility and hazard analysis. Concerning the latter, research is focused on hydraulic hazard and impact scenarios modelling, vulnerable elements exposure analysis and expected damage assessment. An Open source GIS-based tool for economic loss estimation due to flood events has been designed and implemented (BLINKS).

The Lab's research findings are among the main input of SIRENE (Sistema Informativo per la Risposta alle EmergeNze), a modular ICT-based system, designed and implemented by the Lab's team to support the decision making process of Emergency Planners and Managers to anticipate, manage and minimize the impacts due to natural and/or human-induced events. The system is composed by: (i) a GIS module to manage institutional and research-based data as well as updated information (directly collected in the field by Web & Mobile App); (ii) a Decision Support System to "suggest" the flow of actions to be performed, the instructions of execution, the people in charge of each action, the documents to be issued, the resources available for the emergency management; (iii) a tracking system to control the deployment of teams and resources in the field; and (iv) a Web App for real-time field data collection and sharing.

A beta version of SIRENE is in use in some municipalities in Umbria, Emilia Romagna and Lombardy (among them, the municipality of Milan) region. A specific version of SIRENE is being released to the Italian Red Cross. BLINKS is going to be released to Po River District Authority.

L'attività di ricerca del gruppo geotecnico dell'IGAG *Research activity of the geotechnical group at IGAG*

Tommasi P.¹, Lanzo G.², Rotonda T.², Verrucci L.² & di Giulio A.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (paolo.tommasi@cnr.it)

²Sapienza Università di Roma - Dip. Ing. Strutt. e Geotecnica

Parole chiave: stabilità dei pendii, meccanica delle rocce, monitoraggio geotecnico, ingegneria geotecnica sismica, discariche di RSU
Key words: *slope stability, rock mechanics, geotechnical monitoring, geotechnical earthquake engineering, landfills*

Le attività dell'IGAG in campo geotecnica riguardano i seguenti settori:

- stabilità di pendii naturali e scavi in roccia in campo statico e dinamico;
- comportamento meccanico di rocce e terre finalizzato alle opere di ingegneria e rischi geologici;
- stabilità dei fondali sottomarini;
- analisi di strutture in terra per arginatura di discariche RSU.

L'attività è svolta nell'ambito di progetti finanziati da istituzioni di ricerca ed enti governativi, studi per enti locali e privati e progetti di ricerca indipendenti nell'ambito IGAG e DISG-Sapienza. L'IGAG gestisce le ricerche o partecipa a progetti esterni con proprie U.O. o in regime di leverage.

Il gruppo collabora con istituzioni di ricerca italiane e straniere (USA).

Nel corso degli ultimi tre anni, relativamente al tema 1) sono state portate avanti due ricerche principali riguardanti: analisi dei meccanismi di instabilità delle frane in roccia causate dagli eventi della sequenza sismica 2016-17 (Tommasi et al., 2019b) e la risposta sismica locale dei rilievi tufacei su argille (Tuscia meridionale - Civita di Bagnoregio), basate su attività per la DPCI e progetti di Ateneo Sapienza.

Per il tema 2) è tuttora in corso una ricerca teorico-sperimentale sulle relazioni tra tessitura e comportamento meccanico delle rocce ignee porose. Si è invece conclusa una ricerca sull'alterazione delle piroclastiti dell'edificio della Fossa di Vulcano (Madonia et al., 2019). Queste ricerche si basano su dati di studi per DPCI.

Sul tema 3) è in fase di completamento una ricerca iniziata con il progetto RITMARE sull'innescò delle frane planari nell'offshore del Cilento (sabbie limoso-argillose con orizzonti vulcanoclastici), che ha già prodotto una metodologia per la valutazione quantitativa della qualità di diversi tipi di campionamento indisturbato (Tommasi et al. 2019a). Parallelamente sono in atto studi per conto del DPCI sugli scenari di instabilità nei pendii sottomarini vulcanoclastici dell'Isola di Stromboli (Verrucci et al. 2019).

Infine, nell'ambito del tema 4) da diversi anni sono in corso studi sulle prestazioni di argini di discariche di RSU su pendii (convenzioni di studio con municipalizzate e uffici regionali dell'Umbria), basate su analisi di misure di monitoraggio geotecnico e topografico e su analisi geotecniche delle deformazioni indotte dal corpo discarica sull'argine e sul pendio, dei cui risultati è stata da poco consentita la pubblicazione.

Geotechnical activity of IGAG focuses on the following themes:

- *static and dynamic stability of natural and cut slopes in rock;*
- *mechanical behaviour of rocks and soils finalized to engineering projects and geological risks;*
- *stability of submarine slopes;*
- *analysis of embankment for landfill containment.*

Activities are conducted within: projects funded by research institutions and state agencies, studies commissioned by local agencies and private companies, IGAG and Sapienza independent research projects. IGAG directly manages researches or participates in external projects with own O.U.s. or in a leverage regime.

The geotechnical group collaborates with research institution from Italy and abroad (USA).

With reference to theme 1), during the last two years, two main researches have been conducted: analysis of failure mechanisms of rock slides triggered by 2016 Central Italy earthquakes (Tommasi et al., 2019b) and seismic response at volcanic rock buttes overlying clay formations (Central Italy - Civita di Bagnoregio), based on activities for DPCI and projects funded by Sapienza.

Within theme 2), a theoretical-experimental research on relationship between mechanical behaviour and texture of porous effusive rocks is still ongoing, whilst a research on alteration of pyroclastites at La Fossa di Vulcano cone has been recently completed (Madonia et al., 2019). These studies are based on data acquired during DPCI-funded projects.

Regarding theme 3), a research started few years ago during the RITMARE project is being completed. The research focuses on the triggering mechanisms of submarine planar slides in silty-clayey sands with volcanoclastic horizons off the Cilento coast. Within the

research a methodology for the quantitative comparison of conventional and novel offshore sampling techniques (Tommasi et al. 2019a). A study for DPCI is also being conducted with IGAG and Sapienza marine geologists about instability scenarios of volcanoclastic submarine slopes of Stromboli Islands (Verrucci et al. 2019).

Finally, within theme 4) long term studies on performance of retaining embankments of landfills in Central Italy have been conducted for the last ten years. Studies are based on geotechnical investigations, extensive geotechnical monitoring and numerical models. Regional agencies and public shareholders that commissioned these studies have only recently authorized publication of results.

Bibliografia/References

- Cercato M., De Donno G., Di Giulio A., Lanzo G., Tommasi P. (2019) - Seismic characterization of the hill of Civita di Bagnoregio (Viterbo, Central Italy). *Engineering Geology*. doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105463.
- Madonia P., Cangemi M., Olivares L., Oliveri Y., Speziale S., Tommasi P. (2019) - Shallow landslide generation at La Fossa cone, Vulcano island (Italy): a multidisciplinary perspective, *Landslides*, 16:921–935.
- Tommasi P., Avallè A., Budillon F., Romeo R., Caburlotto A., Conforti A., Di Martino G., Pagliaroli A., Magagnoli M., Urgeles R., Llopart J., Camerlenghi A. (2019a) - Evaluation of disturbance induced on soft offshore sediments by two types of gravity piston coring techniques, *Marine Geology*, Volume 41.
- Tommasi P., Di Giulio A., Santo A., Forte G., De Falco M., Verrucci L., Lanzo G., Rotonda T., Franke K. (2019b) - Effects of the Central Italy 2016 seismic sequence on slope stability: preliminary analysis of some major rock slides. ICEGE 2019.
- Verrucci L., Tommasi P., Boldini D., Graziani A., Rotonda T. (2019) - Modelling the instability phenomena on the NW flank of Stromboli Volcano (Italy) due to lateral dyke intrusion. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 371:245–262.

Trattamento di materie prime secondarie mediante processi innovativi *Treatment of secondary raw materials through innovative processes*

Ubal dini S.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Monterotondo (stefano.ubaldini@cnr.it)

Parole chiave: materie prime critiche, metalli preziosi, economia circolare, bio-idrometallurgia, elettrochimica

Key words: *critical raw materials, precious metals, circular economy, bio-hydrometallurgy, electrochemistry*

Le criticità intrinseche nei processi convenzionali, quali gli elevati costi energetici e l'impatto ambientale, aprono la strada ai processi integrati bio-idrometallurgici nell'ambito del trattamento delle Materie Prime (MP) secondarie.

Tali processi costituiscono tecnologie ambientali avanzate, di tipo innovativo. Comportano l'abbattimento delle emissioni solide, liquide e gassose e sono applicabili per la valorizzazione sostenibile di risorse naturali, quali le georisorse a basso tenore (altrimenti non sfruttabili economicamente), nonché per la rimozione di agenti inquinanti presenti nell'ambiente e/o generati dall'attività umana.

Consentono di prevenire il rischio di inquinamento ed ottenere il recupero di elementi tossici presenti in minerali, residui e reflui di varia tipologia (Rame, Manganese, Nichel, Zinco, Antimonio, Ferro, ecc.), di elementi metallici preziosi (oro e argento) e di Materie Prime Critiche (MPC) quali gli elementi delle terre rare (Neodimio, Europio, Ittrio ecc.), Antimonio, Gallio, Tellurio, Tantalio, Indio, Vanadio, Platinoidi ed altri.

L'applicazione di tali tecnologie ecocompatibili, trasferibili all'industria ed alle PMI, consente il recupero e la purificazione dei metalli tossici, nonché il loro riutilizzo quali metalli di valore, dopo raffinazione e purificazione, con recupero di metalli ad elevato grado di purezza (> 90%), contribuendo così all'implementazione di una economia di tipo circolare.

Gli studi dei suddetti processi innovativi vengono svolti presso IGAG, sede di Montelibretti, nei laboratori di Idrometallurgia, Elettrochimica e Metalli preziosi, con il supporto dei Laboratori di Diffrazione a Raggi X e Fluorescenza a Raggi X, Analisi Chimiche e Strumentali, Mineralurgia e Trattamenti Chimico-Fisici.

Oggetto degli studi è il trattamento di residui industriali e non (catalizzatori esauriti, scarti industriali, batterie esaurite, Rifiuti delle Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, ecc.), di minerali e grezzi, di residui provenienti anche da siti abbandonati, di acque reflue di miniera.

L'attività di ricerca si avvale di collaborazioni scientifiche, a livello Nazionale ed Internazionale, con Università ed Istituzioni di Ricerca Pubbliche e Private.

Le prospettive future sono rivolte verso le sfide europee, affrontando, in ambito Horizon 2020 e del prossimo FP9 (Horizon Europe), tematiche strategiche per l'Europa, quali quelle sulle MP e le MPC; infatti, la loro disponibilità è fondamentale per l'economia dei Paesi Europei ed essenziale per mantenere e migliorare il tenore di vita dei cittadini. Garantire l'accesso a tali risorse sta diventando una preoccupazione crescente nell'Unione Europea (UE) e nel mondo. Le MPC sono caratterizzate da un'elevata importanza economica per l'UE per l'elevato rischio associato all'approvvigionamento, essendo fondamentali per le attività industriali e per lo sviluppo delle moderne tecnologie.

The intrinsic critical issues in conventional processes, such as high energy costs and environmental impact, open the way for integrated bio-hydrometallurgical processes, in the context of the treatment of secondary Raw Materials (RMs).

These processes constitute advanced environmental technologies, of an innovative type. They involve the reduction of solid, liquid and gaseous emissions and are applicable for the sustainable enhancement of natural resources, such as low-content georesources (otherwise not economically exploitable), as well as for the removal of polluting agents present in the environment and/or generated from human activity.

They allow to prevent the risk of pollution and obtain the recovery of toxic elements present in minerals, residues and waste of various types (Copper, Manganese, Nickel, Zinc, Antimony, Iron, etc.), of precious metal elements (gold and silver) and Critical Raw Materials (CRMs) such as rare earth elements (Neodymium, Europium, Yttrium et.), Antimony, Gallium, Tellurium, Tantalum, Indium, Vanadium, Platinoids and others.

The application of these environmentally friendly technologies, transferable to industry and SMEs, allows the recovery and purification of toxic metals, as well as their reuse as valuable metals, after refining and purification, with recovery of metals with a high degree of purity (>90%), thus contributing to the implementation of a circular economy.

Studies of the aforementioned innovative processes are carried out at IGAG, Montelibretti, in the laboratories of Hydrometallurgy, Electrochemistry and Precious Metals, with the support of the Diffraction and Fluorescence RX Laboratories, Chemical and Instrumental Analysis, Mineralurgy and Chemical-Physical Treatments.

The object of the studies is the treatment of industrial and non-industrial residues (spent catalysts, industrial waste, exhausted batteries, Waste Electrical and Electronic Equipment, etc.), minerals and RMs, residues also from abandoned sites, mine waste water .

The research activity makes use of scientific collaborations, at National and International level, with Universities and Public and Private Research Institutions.

The future prospects are turned towards the European challenges, addressing, in the Horizon 2020 and next FP9 (Horizon Europe), strategic issues for Europe, such as those on RMs and CRMs; in fact, their availability is fundamental for the economy of European Countries and essential for maintaining and improving the living standards of citizens. Ensuring access to these resources is becoming a growing concern in the European Union (EU) and worldwide. CRMs are characterized by a high economic importance for the EU for the high risk associated with supplying, being fundamental for industrial activities and for the development of modern technologies.

Studi di mineralogia *Mineralogy*

Vignola P.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (pietro.vignola@igag.cnr.it)

Parole chiave: mineralogia, mineralogia sistematica, pegmatiti, petrologia, cristallografia, archeometria

Key words: *mineralogy, systematic mineralogy, pegmatites, petrology, crystal-chemistry, archaeometry*

La mineralogia è una disciplina scientifica molto flessibile i cui metodi analitici e di studio possono essere utilizzati e applicati in differenti campi di ricerca. Verranno di seguito illustrati brevemente le differenti linee di ricerca di cui mi occupo.

Cristallografia, mineralogia e petrologia minerali accessori nelle pegmatiti

Le pegmatiti granitiche sono sorgenti sia di elementi strategici (Li, Be, Ta, Nb, U) che di materiali industriali quali grezzi di uso gemmologico, quarzo industriale (per la produzione di fibra ottica per TLC), minerali utilizzati nell'industria ceramica etc. La ricostruzione delle dinamiche di cristallizzazione e delle caratteristiche paragenetiche dei minerali accessori a partire dall'inizio della cristallizzazione magmatica al completo raffreddamento della pegmatite aiutano a tracciarne la fertilità per quanto riguarda elementi strategici e materiali industriali.

Studi di mineralogia sistematica

Questa linea di ricerca si occupa della scoperta e successiva descrizione di nuove specie mineralogiche, dello studio e descrizione di singole località mineralogiche italiane o estere o del miglioramento della descrizione di singole specie mineralogiche.

Studi di archeometria

Le tecniche analitiche tipiche della mineralogia e della geochimica possono essere applicate in campo archeometrico per la caratterizzazione dei materiali e per studi di provenienza.

Le tecniche analitiche utilizzate

- analisi delle caratteristiche morfologiche e ottiche tramite microscopia ottica (steromicroscopio, microscopio polarizzatore).
- analisi chimica qualitativa e semiquantitativa per mezzo di microsonda EDS. Analisi chimica quantitativa tramite microsonda WDS.
- analisi cristallografiche in diffrazione di raggi X su cristallo singolo e su polveri cristalline.
- spettroscopia IR e Raman.
- analisi delle caratteristiche fisiche quali durezza e peso specifico/densità.

Risultati negli ultimi 5 anni (2015-2019):

	JCR	non JCR	monografie	specie nuove
Pegmatiti	7			
Sistematica	22	14		8
Archeometria	2		1	

Principali collaborazioni

Laboratoire de Minéralogie et de Cristallographie, Université de Liège, Belgique.

Maine Mineral and Gem Museum, Bethel, Maine, U.S.A.

Dipartimento di Scienze della Terra-Università di Milano.

Dipartimento di Chimica-Università di Milano.

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente-Università di Milano Bicocca.

Dipartimento di Scienze della Terra -Università di Pisa.

Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences, Bruxelles, Belgique.

Société Royale des Sciences de Liège, Liège, Belgique.

Incarichi editoriali

Associate Editor del Canadian Mineralogist.

Guest Editor di 3 volumi speciali del Canadian Mineralogist dedicati alle pegmatiti granitiche.

Riconoscimenti:

Premio Henry Buttgenbach dell'Accademia Reale del Belgio, classe di Scienze (dicembre 2014).

Mineralogy is a very flexible scientific discipline whose analytical and study methods can be used and applied in different fields of research. The different research lines I deal with will be briefly illustrated below.

- *Crystal chemistry, mineral-chemistry and petrology of accessory minerals in pegmatites: granitic pegmatites are sources of both strategic elements (Li, Be, Ta, Nb, U) and industrial materials such as rough gemstones, industrial quartz (for the production of optical fiber for TLC), minerals used in the ceramic industry etc. The reconstruction of the crystallization dynamics and the paragenetic characteristics of the accessory minerals starting from the beginning of the magmatic crystallization to the complete cooling of the pegmatite help to trace its fertility for strategic elements and industrial materials.*

- *Systematic mineralogy studies: this line of research deals with the discovery and subsequent description of new mineralogical species, the study and description of individual Italian or foreign mineralogical locations or the improvement of the description of individual mineralogical species.*

- *Archaeometry studies: the analytical techniques typical of mineralogy and geochemistry can be applied in the archaeometric field for the characterization of materials and for provenance studies.*

Analytic techniques:

- *optical and morphologic analysis using optical microscopy (normal and polarized light);*
- *qualitative and semi-quantitative chemical analysis via Energy Dispersive electronmicroprobe (EDS);*
- *Quantitative chemical analysis via Wavelength Dispersive electronmicroprobe (WDS)*
- *X-ray diffraction on powders and single crystal;*
- *IR and Raman spectroscopy;*
- *measurement of density and hardness (Mhos).*

Results in the last 5 years (2015-2019):

	JCR	non JCR	Research monograph	new species
Pegmatites	7			
Systematic	22	14		8
Archaeometry	2		1	

Main collaborations:

Laboratoire de Minéralogie et de Cristallographie, Université de Liège, Belgique

Maine Mineral and Gem Museum, Bethel, Maine, U.S.A.

Dipartimento di Scienze della Terra-Università di Milano

Dipartimento di Chimica-Università di Milano

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente-Università di Milano Bicocca

Dipartimento di Scienze della Terra -Università di Pisa

Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences, Bruxelles, Belgique

Société Royale des Sciences de Liège, Liège, Belgique

Cinque applicazioni della radioattività naturale a problemi geologici ed ambientali *Five applications of natural radioactivity to environmental and geological problems*

Voltaggio M.¹, Guglietta D.¹, Carloni S.¹, Tuccimei P.², Soligo M.², Briganti A.², Versino F.¹ & Spadoni M.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Roma (voltaggiomario@gmail.com)

²Università di Roma III

Parole chiave: isotopi del radio in acquiferi porosi, ²¹²Pb nella vegetazione urbana, mappatura della dose gamma outdoor, datazioni di mineralizzazioni ad uranio, datazioni di contaminazioni da NAPL nel suolo

Key words: radium isotopes, ²¹²Pb in urban vegetation, outdoor gamma dose mapping, U-mineralizations dating, NAPL pollution dating

Negli ultimi cinque anni, cinque applicazioni della radioattività naturale a problemi geologici ed ambientali sono state sviluppate nel laboratorio di Geochimica ambientale del CNR-IGAG (Roma).

La prima applicazione concerne la possibilità di stimare l'età di acque di falda in acquiferi porosi utilizzando gli isotopi del radio (Rajaomahefasoa et al., 2019). Un importante passo in avanti è stata la determinazione in laboratorio del fattore di ritardo e il fattore di rinculo alfa del radio utilizzando i NAPL (liquidi non acquosi, apolari). In questi fluidi apolari, gli isotopi del radio non vengono adsorbiti sui solidi e mostrano un comportamento conservativo che può essere sfruttato per determinare questi fattori necessari ma spesso incogniti. La seconda applicazione, sviluppata in collaborazione con l'Università di Roma III, è connessa alla precedente e riguarda la stima dell'età di contaminazione del suolo da parte di NAPL utilizzando i radionuclidi che si formano per rinculo alfa dal torio contenuto naturalmente nel suolo (Briganti et al., 2018). La terza applicazione è la valutazione del contributo della vegetazione al miglioramento della qualità dell'aria in Roma per mezzo del ²¹²Pb, radionuclide a vita breve, figlio del torio, che si deposita insieme alle polveri sottili sulla vegetazione urbana (Voltaggio et al., 2016). La quarta applicazione, una campagna di rilevamento della radiazione gamma outdoor nel centro storico di Roma, ha evidenziato un aumento della radioattività originale per azione antropica fino ad un livello di rischio per la salute comparabile a quello derivante dalle polveri sottili del traffico veicolare (Guglietta et al., 2019). Infine, l'ultima applicazione è lo studio delle mineralizzazioni ad uranio del bacino del torrente Veza (Monti Vulsini), connesse con il degassamento a CO₂ e H₂S lungo faglie. Le età ²³⁰Th di queste mineralizzazioni e di locali placche a travertino dà informazioni sulla variazione del tasso di incisione fluviale e di erosione di massa negli ultimi 150.000 anni per questo settore sud-orientale dell'apparato vulsino.

In the last five years, five applications of the natural radioactivity to environmental and geological problems have been developed at the laboratory of Environmental Geochemistry of CNR-IGAG (Rome). The first application concerns the possibility to estimate the age of groundwater in porous aquifer by means of isotopes of radium (Rajaomahefasoa et al., 2019). An important advance in this field is the determination in laboratory of the radium retardation factor and radium recoil ejection factor by using NAPLs (non aqueous phase liquids). In these apolar fluids, radium isotopes are not adsorbed on solids and display a conservative behavior that can be used to determine these required and often unknown factors. The second application, developed in collaboration with Roma 3 University, is connected to the previous one and regards the estimation of the age of soil contamination by NAPLs, using alpha recoiled radionuclides from natural thorium contained in soil (Briganti et al., 2018). The third application is the evaluation of the contribution of vegetation to the improvement of air quality in Rome by means of the short-life daughter of thoron, ²¹²Pb, which deposited with PM on urban vegetation (Voltaggio et al., 2016). The fourth application, a gamma survey of the outdoor gamma background radiation in the historic center of Rome, has evidenced an enhancement of the original radioactivity by anthropic action up to a level of health risk presently comparable to that one deriving by fine PM from the vehicle traffic (Guglietta et al., 2019). Finally, the last application is a study of the Veza river U-mineralizations (Vulsini Mts.) connected with CO₂-H₂S degassing along faults. The ²³⁰Th ages of these mineralizations and of local travertine plates give information on the variation of the river incision and mass erosion rate over the last 150 ka in this S-SE sector of the Vulsini apparatus.

Bibliografia/References

- Rajaomahefasoa RE, Voltaggio M, Rakotomandrindra PF, Ratsimbazafya JB, Spadoni M, Rakoto HA (2019) - Radium isotopes for groundwater age and sustainability in the highland of Antananarivo, Madagascar. *Journal of African Earth Sciences*, 156: 94-107.
- Briganti A, Voltaggio M, Soligo M, Tuccimei P. (2018) - Assessing the age of a NAPL-spill by Radium isotopes. In : *Book of the Abstracts. 7th international RaRn workshop 2nd - 6th July, Delmenhorst: Alfred Wegener Institute: 41.*
- Voltaggio M, Spadoni M, Carloni S, Guglietta D. (2016) - ²¹²Pb as tracer for PM deposition on urban vegetation. *Science of the Total Environment*; 569:9-15.
- Guglietta D., Carloni S., Voltaggio M., Di Lisa GA (2019) - Pre-anthropogenic and present outdoor gamma equivalent dose rate of the historic center of Rome (Italy). *Radiation Protection Dosimetry*.

Modellazione della propagazione di incendi boschivi di superficie *Wildland surface fire behaviour modelling*

Voltolina D.^{1,2}, Zazzeri M.¹ & Sterlacchini S.¹

¹Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (debora.voltolina@igag.cnr.it)

²Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio" – Università degli Studi di Milano

Parole chiave: modellazione della propagazione di incendi boschivi di superficie; suscettibilità e pericolosità da incendio boschivo; stima di parametri da telerilevamento

Key words: *wildland surface fire behaviour agent-based modelling; wildfire susceptibility/hazard; remote sensing-based parameters estimation*

Gli incendi boschivi hanno importanti ripercussioni sulla chimica dell'atmosfera, sui cicli biogeochimici, sulle proprietà geofisiche dei suoli, sulle dinamiche della vegetazione, nonché sulle attività antropiche nelle aree di interfaccia. La possibilità di far fronte all'aumento del rischio connesso a fenomeni di incendio boschivo, atteso sulla base delle proiezioni climatiche future, risiede nella capacità di prevedere le dinamiche evolutive degli incendi nello spazio e nel tempo e quindi di ottenere modelli che siano in grado di mitigarne l'impatto ambientale e socioeconomico. In linea con queste esigenze, le attività di ricerca nell'ambito del progetto di dottorato condotto presso il LARGE (Laboratorio di Analisi dei Rischi e Gestione delle Emergenze), in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio" dell'Università degli Studi di Milano, si concentrano sull'implementazione di modelli predittivi spazialmente distribuiti della suscettibilità e pericolosità derivante da incendi boschivi così come della propagazione di incendi di superficie.

L'obiettivo è di contribuire a migliorare e ottimizzare i processi decisionali che stanno alla base delle attività di gestione del rischio, fornendo strumenti utili a stabilire, quasi in tempo reale, gli interventi prioritari per un più efficace contrasto agli incendi boschivi e di interfaccia.

Le attività di ricerca si sviluppano attorno a: (i) analisi esplorative dei dati; (ii) analisi di importanza delle variabili con particolare riferimento al modello matematico semi-empirico di Rothermel, recentemente corretto e revisionato, che indaga i parametri predisponenti la propagazione dell'incendio, fra cui le proprietà geomorfometriche locali e le condizioni meteorologiche, ma anche le caratteristiche pirologiche e fenologiche delle comunità vegetali locali, al fine di ottenere una stima del tasso di propagazione dell'incendio boschivo a partire da una data combinazione parametrica; (iii) metodi di interpolazione spazio-temporale delle variabili attraverso algoritmi di machine learning; (iv) tecniche di processamento di dati telerilevati per la stima dei parametri predisponenti la propagazione e della loro variabilità spaziale e temporale (v) agent-based models (ABM) per la simulazione, su matrice esagonale, del tempo cumulato di propagazione.

I modelli sono stati applicati per la simulazione di alcuni grandi eventi di incendio in Regione Umbria e Regione Sardegna. Gli strumenti impiegati per l'implementazione dei modelli predittivi includono Google Earth Engine, l'ecosistema SciPy, GDAL e Mesa ABM.

Le attività future saranno indirizzate (i) alla definizione di tecniche per una valutazione dinamica della suscettibilità e della pericolosità, nonché (ii) alla valutazione in termini monetari dell'esposizione e del danno atteso in conseguenza di eventi di incendio boschivo e di interfaccia. I risultati della ricerca saranno integrati in SIRENE (Sistema Informativo per la Risposta alle Emergenze), un sistema modulare integrato, progettato e sviluppato dal team LARGE per supportare il processo decisionale di pianificatori e gestori dell'emergenza al fine di prevedere, gestire e mitigare gli impatti connessi a eventi naturali e/o indotti dall'uomo.

Wildland fires affect atmospheric chemistry, biogeochemical cycles, geophysical properties of soils, and vegetation dynamics, posing a severe threat to human lives and activities. Our ability to cope with wildfire risk, which is expected to increase under future climate projections, rests on the improvement of our capability to predict fires magnitude and geographic patterns and to mitigate their environmental and socio-economic impacts. In line with these requirements, the focus of the PhD research project carried out at the LARGE (Laboratorio di Analisi dei Rischi e Gestione delle Emergenze) laboratory, in collaboration with the Department of Earth Sciences "Ardito Desio" of the University of Milan, is the implementation of predictive spatially distributed models of wildfire susceptibility/hazard and of wildland surface fire behaviour. The objective is to contribute to wildfire risk management by both improving and optimizing decision-making processes and by providing decision makers with promising tools in prioritizing firefighting interventions in near-real time.

Research activities are developed around: (i) exploratory data analysis; (ii) feature importance analysis with a specific reference to the reviewed Rothermel's quasi-empirical mathematical model which investigates propagation-driving parameters, i.e. the local geomorphometrical and meteorological parameters along with fuel models summarizing the pyrological and phenological characteristics of the local plant communities, to estimate the rate of spread of the fire given a set of parameters; (iii) machine learning-based spatiotemporal interpolation of discrete variables datasets; (iv) remote sensing-based data processing techniques for the estimation of propagation-driving parameters and their spatiotemporal variability in the pre-fire environment; (v) hexagonal agent-based models (ABM) returning a map of the predicted wildfire pattern, which represents the cumulative time of propagation. Predictive models have been applied to simulate some major and fully documented wildfire events in Umbria Region and Sardinia Region. Software and tools used for their implementation include Google Earth Engine, the SciPy ecosystem, GDAL and Mesa ABM. Future activities will be addressed (i) to the definition of a valid methodology for dynamic wildfire susceptibility and hazard assessments as well as (ii) to the valuation in monetary terms of both exposure and expected damage connected with wildfire events. Research findings will be integrated in SIRENE (Sistema Informativo per la Risposta alle Emergenze), a modular ICT-based system, designed and developed by the LARGE's team to support the decision-making process of Emergency Planners and Managers to anticipate, manage and minimize the impacts due to natural and/or human-induced events.

Metodologia GIS per la valutazione delle perdite economiche connesse ad eventi alluvionali estremi *GIS-based methodology for economic loss estimation due to flood events*

Zazzeri M., Sterlacchini S. & Voltolina D.

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Milano (marco.zazzeri@igag.cnr.it)

Parole chiave: alluvioni, GIS, danno, esposizione

Key words: flooding, GIS, damage, exposure

Negli ultimi decenni le inondazioni sono state riconosciute come uno dei pericoli naturali più dannosi sia in termini monetari che per mortalità e in futuro dovrebbero diventare più frequenti e gravi per la crescente urbanizzazione e il cambiamento climatico. Nella valutazione del rischio da alluvione, la modellizzazione del danno è essenziale per i processi decisionali e per sviluppare politiche e strategie di pianificazione.

Questa ricerca mira a realizzare una metodologia GIS-based che possa migliorare la conoscenza dei decisori dei fenomeni alluvionali e uno strumento tecnologico per stimare le perdite economiche per le risorse esposte (ad es. residenziali, industriali, agricole).

Le analisi economiche inerenti il rischio inondazione, constano di tre fasi:

- Previsione dei parametri di hazard (ad es. area dell'evento, tirante idraulico, velocità di flusso), eseguita mediante modellistica idrologica e idraulica o mediante tecniche GIS utilizzando criteri geomorfologici.
- Analisi dell'esposizione, che consiste inizialmente nella valutazione della disponibilità di informazioni sociali e demografiche (ad es. sezioni censuarie, database topografici) e nella definizione di valori economici basati su database specializzati. Successivamente è possibile definire la numerosità degli elementi esposti e la loro esposizione economica.
- Informazioni sulla suscettibilità degli elementi a rischio rispetto alle caratteristiche dell'alluvione utilizzando le cosiddette curve di danno. Attualmente sono considerate l'approccio standard ma sono influenzate da grandi incertezze e fortemente condizionate dallo scenario sociale e geografico in cui sono state sviluppate.

In questo contesto scientifico è stato sviluppato **BLINKS (Building Loss estimation in risk analysis)**: un plug-in open source GIS-based per la stima delle perdite economiche dovute a fenomeni alluvionali; il tool esegue un calcolo automatizzato dell'esposizione e del danno atteso per eventi di diversa intensità dove l'utente definisce: un'area di interesse; l'unità elementare di calcolo (sezione censuaria o singolo edificio) e la mappa di pericolosità (mappe istituzionali della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE o mappe frutto della ricerca). BLINKS calcola, per ciascun tipo di edificio nell'area di interesse, l'esposizione e il danno atteso per tre diversi valori dell'altezza dell'acqua (<0,5 m; 0,5-1,0 m; >1,0 m). Così strutturato può essere usato in analisi costi/benefici durante la fase di progettazione di un intervento idraulico.

Il modello concettuale di BLINKS può essere utilizzato per altri rischi naturali come incendi, terremoti; infatti ha una struttura di programmazione molto flessibile, facilmente implementabile, per favorire l'applicazione in altri contesti di rischio naturale.

Oggi BLINKS è utilizzato, in un processo di calibrazione e validazione, all'interno del Protocollo d'Intesa tra ADBPO (Autorità Distrettuale del Bacino del Po) e Università e Centri di Ricerca.

In the last decades floods are recognized as one of the most damaging natural hazard both in monetary terms and for fatalities; in the future they are expected to become more frequent and severe for the growing urbanization and climate change. In the field of flood risk assessment the damage modelling is essential for decision making processes, to develop flood control policies and strategies.

This research seeks to realize a GIS-based methodology to improve decision makers knowledge of floods events and a technological tool for estimating economic losses to exposed assets (e.g. residential, industry, agriculture).

Three steps are required for economic analyses in flood risk assessments:

- *Prediction of hazard parameters (e.g. inundation area, water depth, flow velocity), performed by hydrologic and hydraulic modeling or by GIS techniques using geomorphological methodology.*
- *Exposure analysis, which consists firstly in the availability evaluation of social and demographic information (e.g. census tracts, topographic databases) and attribution of economic values based of specialized databases. After this it's possible to define the numerosness of exposed asset and their economic exposure.*
- *Information about susceptibility of the element at risk against inundation characteristics by using the so-called damage curves. Nowadays they are considered a standard approach but they are affected by great uncertainties for the lack of consistent object-based damage data and if present they are site specific, which means that they are strictly valid for the context for which they have been developed.*

*In this scientific background **BLINKS** (**B**uilding **L**oss estimation **iN** risk **a**nali**S**ys) was developed: an Open source GIS-based tool for economic loss estimation due to flood events; it performs an automated calculation of exposure and expected damage in monetary terms for flood events of different intensity (return time). It automates the sequence of calculation of exposure and expected damage, once the user defines: an area of interest; the elementary unit for the assessment (census tract or the single building); and the hydraulic hazard map (Flood Directive 2007/60/CE institutional maps or research-based maps obtained by modelling techniques). **BLINKS** calculates, for each building type in the area of interest, the exposure and the expected damage for three different values of the water depth (<0.5 m; 0.5-1.0 m and >1.0 m) and so it improves cost/benefit analysis in the design phase of a hydraulic containment/regulation work.*

***BLINKS'** conceptual model can be used for other natural risks such as earthquake, wildfire. It has a very flexible programming structure, easily implementing, to facilitate application in other natural risk contexts.*

*Nowadays **BLINKS** is used, in a process of calibration and validation, inside of a Memorandum of Understanding between ADBPO (Autorità Distrettuale del Bacino del Po) and Universities and Research Centres.*

