

## 1. Research activity (max 1.000 words)

La bonifica dei siti contaminati, dalla caratterizzazione di sito fino all'implementazione degli interventi, è un'attività che vede il coinvolgimento di numerose discipline. Il progetto mira a sviluppare banche dati geografiche "4D" (che considerano anche il fattore tempo) per la gestione integrata, la rappresentazione e l'analisi di dati di diversa natura (geologici, idrogeologici, idrogeochimici e geofisici), col fine di approdare a una caratterizzazione ad alta risoluzione delle eterogeneità geologiche sotterranee, dell'acquifero e dei percorsi di deflusso preferenziali. Indagini integrative e esperimenti in laboratorio saranno predisposti e condotti in siti in cui si dovessero rendere necessari, per l'affinamento di modelli concettuali che dovessero ritenersi carenti. Analizzando a ritroso il dataset di caratterizzazione di siti contaminati, è possibile verificare in tempo quasi reale l'effettiva rispondenza tra prestazioni attese da progetto ed effetti registrati. L'approccio adottato permette di valutare possibili modifiche ed integrazioni della strategia di intervento. Il trattamento, l'integrazione e l'analisi di dati multidisciplinari genera modelli di gestione dei dati utili a coordinare ed orientare le strategie di implementazione delle tecniche, nonché a valutare il contributo di prospezioni geofisiche di tipo ERT, per il controllo dell'efficacia dell'intervento e per ottimizzare il layout nella fase di passaggio da pilot test a full scale experiment di interventi di bonifica. La valutazione comparativa delle tecnologie di bonifica viene effettuata sulla base di test di laboratorio e di campo, verificando l'efficacia dell'intervento adottato, in termini di effettivo abbattimento delle concentrazioni di inquinanti. La modellazione geologica e l'integrazione "dinamica" di diverse fonti di dati costituisce uno strumento di supporto per la valutazione comparativa e la progettazione di interventi di bonifica mirati, efficaci ed economicamente sostenibili. Il progetto di ricerca mira a fornire un contributo all'ottimizzazione, la gestione e il monitoraggio di interventi di messa in sicurezza di siti contaminati, tramite l'implementazione di "temporal geodatabases"

multidisciplinari. La costruzione e l'acquisizione di modelli di archiviazione di dati multidisciplinari consente l'armonizzazione delle diverse fonti di informazione ed è capace di restituire in "near real time" informazioni pre-processate, utili ai fini della analisi e gestione di soluzioni per la bonifica di siti contaminati. Una modellazione integrata e multidisciplinare implica lo sviluppo di un modello concettuale che considera estensione e grado di contaminazione, caratteristiche geologiche, idrogeologiche e parametri chimico-fisici che condizionano la mobilità e la ripartizione tra le fasi degli inquinanti. Il risultato raffigura fotografie chiare dello stato di contaminazione e dei percorsi di migrazione di inquinanti. In funzione di contesti geologici e caratteristiche dei contaminanti è possibile valutare l'applicabilità delle opzioni di intervento in modo efficiente dal punto di vista economico, dei tempi e dell'invasività dell'indagine. La ricerca proposta si inserisce nel quadro delle attività che un gruppo di lavoro, composto da ricercatori operanti nei vari SSD rilevanti nella bonifica, opera ormai da anni, anche con lo scopo di testare e validare soluzioni innovative per le strategie di intervento. Il gruppo (che abbraccia i seguenti SSD: GEO/05, ING-IND/25, GEO/11, ICAR/03), ha per primo manifestato la necessità di armonizzare e gestire contestualmente i vari tipi di informazione richiesti, in un unico cruscotto capace di archiviare dati di origine eterogenea. La messa a punto di una struttura di database, utile ad armonizzare le diverse fonti di informazione, agevola lo scambio rapido di modelli tra gli operatori delle diverse discipline e supporta la definizione delle strategie di intervento. La gestione congiunta di dati di diversa origine, per quanto possa sembrare una pratica talmente di buon senso da doversi considerare scontata, non è di fatto di impiego comune, dal momento che spesso i contributi delle diverse competenze, che entrano in gioco nel campo della bonifica, vengono analizzati nella loro completezza solo ex-post, quando invece la standardizzazione di best practices dovrebbe portare a processi di gestione integrata dei dati, anche al fine di progettare, in modo mirato ed ergonomico, eventuali indagini integrative e/o (ri)calibrare le modalità di intervento in fase di test. Sulla base di questa sia pur breve premessa, la sfida da raccogliere è proprio quella di colmare questo gap che, benché di carattere prevalentemente metodologico, ha importanti ricadute in merito all'efficienza del processo di selezione, progettazione e controllo degli interventi di bonifica. L'integrazione spesso tardiva delle informazioni non solo comporta un ritardo nella formulazione di modelli concettuali robusti, ma talora può diventare causa di scelte di indagini e/o elaborazioni di dati non necessariamente efficaci, proprio per il mancato interscambio di informazioni tra le diverse discipline. Inoltre, esiste margine di ricerca e sperimentazione nel campo delle tecniche di prospezione (quali Electrical Resistivity Tomography - ERT e Laser Induced Fluorescence - LIF) che possono essere applicate come utile strumento, sia nelle

fasi di caratterizzazione dei siti contaminati, sia nelle fasi di controllo dell'efficacia degli interventi posti in essere. Il raggiungimento degli obiettivi renderà possibile la validazione di un metodo per modellare gli scenari di contaminazione di siti inquinati con un approccio multidisciplinare, contemplando aspetti di natura geologica, ingegneristica e chimico-biologica. Tale approccio olistico vuole favorire un intervento integrato, unendo tutti i punti di forza delle diverse discipline e considerando il fenomeno della contaminazione in tutte le sue dimensioni, per ottenere un'alta risoluzione di caratterizzazione. La geologia può rappresentare l'anello di congiunzione tra le varie discipline, favorendo l'interscambiabilità di informazioni nella multidisciplinarietà di elementi coinvolti. Il modello geologico può e deve rappresentare il sistema centrale per organizzare dati anche eterogenei. Allo stato attuale delle conoscenze, non esistono di fatto protocolli operativi specifici per la gestione integrata delle diverse fonti di dati. Il progetto di ricerca mira allo sviluppo di una metodologia in tal senso, con particolare riferimento non solo alla fase di caratterizzazione, ma anche di sperimentazione e monitoraggio a scala sito-specifica. Il successo di un progetto di bonifica è determinato dal saper includere tutte le visioni. Per includere tutte le visioni è indispensabile coinvolgere e comunicare al meglio tutti gli elementi a chi ne dovrà usufruire: soluzioni tecniche, problemi e loro analisi. Finalmente, la conoscenza geologica e idrogeologica governa la scelta della tecnologia di intervento, la co-progettazione e il successo delle azioni di bonifica.

## **2. Research products**

- a) Publications (ISI journals)
- b) Publications (NON ISI journals)
- c) Manuscripts (submitted, in press)
- d) Abstracts

1. Integrated modeling of geological, hydro-chemical and geophysical data as a support for a combined chemical-physical and biological groundwater remediation intervention: The contaminated site of the New High Speed Railway Station of Bologna. Paolo Ciampi<sup>1</sup>, Carlo Esposito<sup>1</sup>, Firoozeh Arjmand<sup>1</sup>, Giorgio Cassiani<sup>2</sup>, Gian Piero Deidda<sup>3</sup>, Marco Petrangeli Papini<sup>1</sup>, Rosa Panetta<sup>4</sup>, Paola Foglietto<sup>4</sup> - <sup>1</sup>Sapienza University of Rome, <sup>2</sup>University of Padova, <sup>3</sup>University of Cagliari, <sup>4</sup>RFI Rete Ferroviaria Italiana Spa - XII CONVEGNO NAZIONALE GIT - GEOSCIENCES AND INFORMATION TECHNOLOGIES 12-14 GIUGNO 2017 | GAVORRANO (GR)

2. Integrated modeling of geological, hydro-chemical and geophysical data as a support for a combined chemical-physical and biological groundwater remediation intervention: The contaminated site of the New High Speed Railway Station of Bologna. Paolo Ciampi<sup>1</sup>, Carlo Esposito<sup>1</sup>, Firoozeh Arjmand<sup>1</sup>, Giorgio Cassiani<sup>2</sup>, Gian Piero Deidda<sup>3</sup>, Marco Petrangeli Papini<sup>1</sup> - <sup>1</sup>Sapienza University of Rome, <sup>2</sup>University of Padova, <sup>3</sup>University of Cagliari - AQUACONSOIL 2017, SUSTAINABLE USE AND MANAGEMENT OF SOIL, SEDIMENT AND WATER RESOURCES - JUNE 26-30 | LYON, FRANCE
  
3. Enhanced In-situ Bioremediation of a Chlorinated Aliphatic Hydrocarbon Contaminated Site, through Liquid Activated Carbon Injection: From Laboratory to Full-scale Application. Firoozeh Arjmand<sup>1</sup>; Jeremy Birnstingl<sup>2</sup>; Marcello Carboni<sup>2</sup>; Paola Goria<sup>2</sup>; Paolo Ciampi<sup>1</sup>; Carlo Esposito<sup>1</sup>; Bruna Matturro<sup>3</sup>; Simona Rossetti<sup>3</sup>; Marco Petrangeli Papini<sup>1</sup> - <sup>1</sup>Sapienza University of Rome; <sup>2</sup>REGENESIS Remediation Solutions, Europe; <sup>3</sup>CNR Monterotondo, Italy - AQUACONSOIL 2017, SUSTAINABLE USE AND MANAGEMENT OF SOIL, SEDIMENT AND WATER RESOURCES - JUNE 26-30 | LYON, FRANCE
  
4. Combining In Situ Sorption and Bioremediation for the Management of a Chlorinated Solvent Plume at Low Concentration. Marco Petrangeli Papini<sup>1</sup>, Firoozeh Arjmand<sup>1</sup>, Paolo Ciampi<sup>1</sup>, Carlo Esposito<sup>1</sup>, Jeremy Birnstingl<sup>2</sup>, Marcello Carboni<sup>2</sup>, Paola Goria<sup>2</sup>, Simona Rossetti<sup>3</sup>, Bruna Matturro<sup>3</sup>, Lucia Cesta Incani<sup>4</sup>, and Manuele Bacchi<sup>4</sup> - <sup>1</sup>University of Rome "La Sapienza", Italy, <sup>2</sup>Regenesi Ltd, Europe, <sup>3</sup>IRSA - CNR, <sup>4</sup>Rete Ferroviaria Italiana Spa - BATTELLE, ELEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMEDIATION OF CHLORINATED AND RECALCITRANT COMPOUNDS - APRIL 8-12, 2018 | PALM SPRINGS, CALIFORNIA
  
5. Enhancement of Biological Reductive Dechlorination by in situ Adsorption onto Colloidal Activated Carbon: from the Lab to the Full Scale Application. Marco Petrangeli Papini<sup>1</sup>, Firoozeh Arjmand<sup>1</sup>, Paolo Ciampi<sup>1</sup>, Carlo Esposito<sup>1</sup>, Jeremy Birnstingl<sup>2</sup>, Marcello Carboni<sup>2</sup>, Paola Goria<sup>2</sup>, Simona Rossetti<sup>3</sup>, Bruna Matturro<sup>3</sup>, Manuele Bacchi<sup>4</sup>, Paola Foglietto<sup>4</sup> - <sup>1</sup>University of Rome "La Sapienza", Italy, <sup>2</sup>Regenesi Ltd, Europe, <sup>3</sup>IRSA - CNR, <sup>4</sup>Rete Ferroviaria Italiana Spa. SETAC EUROPE 28TH ANNUAL MEETING, RESPONSIBLE AND

INNOVATIVE RESEARCH FOR ENVIRONMENTAL QUALITY - MAY 13-17 |  
ROME

**N.B. I dottorandi del primo anno al punto 1 possono inserire il riassunto del progetto di ricerca (max 1.000 parole)**