

Scheda Gruppi di Ricerca

<p>Nome gruppo</p>	<p><u>Italiano</u> Ottimizzazione e Protezione dei sistemi idrici intelligenti</p> <p><u>Inglese</u> Smart Water Systems Optimization and Protection</p>
<p>Descrizione</p>	<p><i>Descrizione sintetica delle linee di ricerca (max 1500 caratteri per ogni linea di ricerca).</i></p> <p><u>Italiano</u></p> <p>Il gruppo di ricerca lavora da anni sull'ottimizzazione del dimensionamento e della gestione delle infrastrutture idrauliche ed ambientali con particolare riguardo agli aspetti del risparmio idrico ed energetico ed alla protezione qualitativa e quantitativa della risorsa idrica. I componenti del gruppo di ricerca sono coinvolti nell'ambito di diversi progetti di ricerca di interesse sia nazionale (PRIN) che comunitario (HORIZON) e in attività di consulenza/convenzione con diversi enti nazionali ed internazionali.</p> <p>I principali temi di ricerca portati avanti riguardano: la gestione dei serbatoi artificiali, la bonifica delle falde inquinate, la gestione delle pressioni idriche, il partizionamento automatico delle smart water network, l'analisi di rischio e lo sviluppo di tecnologie e best practice per l'ottimizzazione delle infrastrutture idrauliche. I programmi di ricerca si avvalgono sia dell'utilizzo della modellazione numerica che della sperimentazione su modello fisico. A tale riguardo il gruppo utilizza le attrezzature presenti nel dipartimento di afferenza tra cui oltre un sito pilota a Pozzuoli costituito da una parte di rete idrica di distribuzione dotata di strumentazioni di misura e controllo nonché attrezzature sperimentali acquisite con i fondi del progetto di Ateneo VALERE. Il gruppo di ricerca collabora con diversi centri di ricerca ed istituzioni nazionali ed internazionali, ha partecipato a diversi progetti di ricerca italiani (PON, POR, PRIN, etc.) ed europei (INTERREG), ha pubblicato numerosi lavori su prestigiose riviste internazionali partecipando inoltre a numerosi convegni sui temi della sostenibilità ambientale e dell'ottimizzazione delle risorse idriche. Il gruppo è fortemente orientato allo sviluppo di tecnologie, il responsabile scientifico è stato leader dell'Action Group (denominato CTRL+SWAN: Cloud Technologies & Real time monitoring + Smart Water Network) dell'European Innovation Partnerships on Water ed è attualmente leader del Working Group WATER-SET del consorzio europeo Water Europe con il quali ha avviato collaborazioni di ricerca con numerose università, centri di ricerca, startup ed aziende leader mondiali nella gestione ottimale delle risorse idriche e della sensoristica. Alcuni componenti del gruppo di ricerca hanno realizzato e registrato il copyright internazionale del software Smart Water Network Partitioning and Protection (SWANP[®]). Inoltre il gruppo di ricerca ha attive numerose convenzioni con water utilities ed enti per la gestione ottimale delle reti idriche.</p> <p><i>Linee di ricerca</i></p> <p>Le principali linee di ricerca sono le seguenti:</p>

1) Ottimizzazione della gestione di serbatoi artificiali per superare i periodi di siccità

Al primo tema si riferiscono le ricerche svolte nel campo dell'ottimizzazione della gestione dei serbatoi artificiali, in particolare lo studio di tecniche per sistemi di supporto alle decisioni – utilizzando approcci di ottimizzazione metaeuristica basati sulla logica fuzzy e gli algoritmi genetici – in grado di gestire automaticamente, mediante appositi sistemi di decisione e controllo, il rilascio dei volumi di un invaso artificiale nelle diverse condizioni di esercizio (ordinarie e di siccità) valutate mediante l'ausilio di tecniche di identificazione e previsione di processi stocastici (AR, ARX, ARMA, etc.) e di simulazione tipo Montecarlo. In tale linea di ricerca si inseriscono studi volti a mitigare gli impatti dei periodi di siccità anche mediante tecniche predittive di machine learning.

2) Analisi, ottimizzazione e protezione delle reti di distribuzione idriche nel nuovo contesto delle smart water network

Al secondo argomento si riferiscono le ricerche condotte sui sistemi idrici di distribuzione. In particolare – dopo aver indagato gli effetti dell'alterazione delle performance idrauliche delle reti dovute all'applicazione della metodologia della distrettualizzazione, sia ai sensi del D.M. n°99 del 1997 che del D.Lgs. 152/2006 e delle recenti Delibere ARERA, che delle indicazioni delle principali organizzazioni internazionali (IWA; AWWA; etc.) e le opportunità offerte dalla gestione delle pressioni per la diminuzione delle perdite di una rete di distribuzione idrica - sono state sviluppate tecniche ottimali per il partizionamento automatico delle reti basate su procedure di ottimizzazione metaeuristica della definizione dei distretti idrici e del grado di regolazione delle valvole per la gestione delle pressioni. A tal fine, partendo dalla teoria dei grafi e dalle tecniche di partizionamento dei grafi utilizzate in Informatica per la distribuzione delle mesh di calcolo ai processori, sono stati sviluppati originali algoritmi basati sull'accoppiamento di tecniche di simulazione idraulica (anche con approccio pressure driver), di algoritmi evolutivi (algoritmi genetici, algoritmi delle formiche) e tecniche di partizionamento dei grafi. In particolare nell'ambito del tema delle Smart Water Network, sono in corso di sviluppo ricerche per la definizione di metodologie, criteri ed algoritmi, mutuati dalla Complex Network Theory, per una migliore comprensione delle relazioni tra topologia, resilienza e robustezza delle reti idriche al fine di migliorarne la progettazione, la gestione e il partizionamento in distretti. Inoltre nell'ambito della gestione ottimale delle reti acquedottistiche sono state inoltre sviluppate tecniche di identificazione della legge di domanda e di perdita, di distribuzione spazio temporale della domanda ed è stato realizzato un sito pilota dove sono state condotte attività sperimentali per la calibrazione dei modelli e la validazione delle tecniche proposte.

3) Modellazione idrodinamica e geochimica degli acquiferi sotterranei per la bonifica dei siti contaminati

Con riferimento al terzo argomento, la ricerca è stata indirizzata allo sviluppo di tecniche di modellazione idrodinamica delle falde e di sistemi permeabili (barriere idrauliche) per lo studio della bonifica di siti contaminati con tecnologie innovative (PRB/Dreni adsorbenti). La modellazione è incentrata anche sullo studio della dispersione dei

contaminanti in falda, al fine di valutare gli effetti dei principali parametri idrodinamici ed idrologici, tra cui la conducibilità idraulica e la diffusione, ad esempio, sull'andamento spazio-temporale dei contaminanti disciolti. Inoltre, sono sviluppati modelli che tengono in conto l'interazione suolo-falda al fine di valutare l'effetto che la naturale attenuazione del suolo ha sulla dispersione dei contaminanti disciolti in relazione, ad esempio, al fenomeno di "tailing and rebound". In questa linea si inserisce anche la valutazione geochemica delle matrici ambientali, in particolare delle forme geogeniche di contaminazione oltre a quelle antropiche. Lo studio dell'interazione acqua-gas-roccia con particolare riferimento al rilascio di metalli e metalloidi è parte integrante della strategia di ricerca per la definizione del fondo geochemico locale. La valutazione geochemica delle matrici ambientali (acqua, suolo e anche aria) è oggetto di ricerca in particolare per quanto concerne le forme geogeniche di contaminazione. La particolarità del territorio campano, ovvero la sua natura vulcanica in parecchi distretti geologici necessita dello studio dell'interazione acqua-gas-roccia con particolare riferimento al rilascio di metalli e metalloidi e come parte integrante della strategia per la definizione del fondo geochemico locale. Si vuole infatti stimare al netto di contaminazioni antropogeniche il contributo naturale dovuto al fondo geochemico al fine di dedurre i principali parametri chimico-fisici dei processi di dissoluzione minerale oltre alle caratteristiche litologiche (ad es. per infiltrazione di CO₂ profonda) e ottenere utili indicatori sullo stato termico e geochemico di tali sistemi. Le finalità dello studio comprendono la valutazione della vulnerabilità geochemica dei corpi idrici, la valutazione del potenziale geotermico e una migliore comprensione dei fenomeni geofisici in atto in alcuni settori regionali (ad es. bradisismo dei Campi Flegrei). Poiché l'idrotermalismo e i suoi effetti rappresentano un aspetto saliente dello studio proposto, si effettuano comparazioni e studi di altri sistemi pertinenti ai contesti geodinamici caratterizzato da idrotermalismo, in particolare negli ambienti di subduzione e per i quali si dispongono comunque dati sui corpi idrici sotterranei di interesse geotermico. Le relazioni con le forme di rischio naturale del territorio sono anche considerate nello studio.

Inglese

The research group has been working for years on optimizing the sizing and management of hydraulic and environmental infrastructures with particular regard to the aspects of water and energy saving and the qualitative and quantitative protection of the water resource. The members of the research group are involved in various research projects of both national (PRIN) and Community (HORIZON) interest and in consultancy/agreement activities with various national and international bodies.

The main research topics carried out concern: the management of artificial reservoirs, the reclamation of polluted aquifers, the management of water pressures, the automatic partitioning of smart water networks, risk analysis and the development of technologies and best practices for optimization of hydraulic infrastructures. The research programs make use of both the use of numerical modeling and experimentation on a physical model. In this regard, the group uses the equipment present in the relevant department including a pilot site in Pozzuoli consisting of a part of the water

distribution network equipped with measurement and control instruments as well as experimental equipment acquired with the funds of the VALERE University project. The research group collaborates with various national and international research centers and institutions, has participated in various Italian (PON, POR, PRIN, etc.) and European (INTERREG) research projects, has published numerous works in prestigious international journals, also participating at numerous conferences on the topics of environmental sustainability and the optimization of water resources. The group is strongly oriented towards the development of technologies, the scientific director was leader of the Action Group (called CTRL+SWAN: Cloud Technologies & Real time monitoring + Smart WATER Network) of the European Innovation Partnerships on Water and is currently leader of the Working Group WATER-SET of the European consortium Water Europe with which it has started research collaborations with numerous universities, research centers, startups and world-leading companies in the optimal management of water resources and sensors. Some members of the research group have created and registered the international copyright of the Smart WATER Network Partitioning and Protection (SWANP©) software. Furthermore, the research group has numerous active agreements with water utilities and bodies for the optimal management of water networks.

Research fields

1) Optimization of the management of artificial reservoirs to mitigate drought periods

The research carried out in the field of optimization of the management of artificial reservoirs refers to the first theme, in particular the study of techniques for decision support systems - using metaheuristic optimization approaches based on fuzzy logic and genetic algorithms - capable of managing automatically, by means of special decision and control systems, the release of the volumes of an artificial reservoir in the various operating conditions (ordinary and drought) evaluated with the aid of techniques for identifying and predicting stochastic processes (AR, ARX, ARMA, etc.) and Montecarlo type simulation. This line of research includes studies aimed at mitigating the impacts of drought periods also through predictive machine learning techniques.

2) Analysis, optimization and protection of water distribution networks in the new context of smart water networks

The research conducted on water distribution systems refers to the second topic. In particular - after having investigated the effects of the alteration of the hydraulic performance of the networks due to the application of the districtisation methodology, both pursuant to the D.M. n°99 of 1997 and of the Legislative Decree 152/2006 and of the recent ARERA Resolutions, of the indications of the main international organizations (IWA; AWWA; etc.) and the opportunities offered by the management of the pressures for the reduction of the losses of a water distribution network - optimal techniques have been developed for the automatic partitioning of networks based on metaheuristic optimization procedures for the definition of water districts and the degree of regulation of the valves for pressure management. To this end, starting from graph theory and the graph partitioning techniques used in computer science for the distribution of computational meshes to

processors, original algorithms based on the coupling of hydraulic simulation techniques (also with a pressure driver approach) have been developed, evolutionary algorithms (genetic algorithms, ant algorithms) and graph partitioning techniques. In particular in the field of Smart Water Networks, research is being developed for the definition of methodologies, criteria and algorithms, changed from the Complex Network Theory, for a better understanding of the relationships between topology, resilience and robustness of water networks in order to improve their planning, management and partitioning into districts. Furthermore, in the context of the optimal management of the aqueduct networks, techniques have also been developed for the identification of the law of demand and loss, for the spatio-temporal distribution of the demand and a pilot site has been created where experimental activities have been carried out for the calibration of the models and the validation of the proposed techniques.

3) Hydrodynamics and geochemical modelling of groundwater for remediation of contaminated sites

Regarding the third topic, the research was oriented to developing hydrodynamic modelling techniques of aquifers and permeable systems (hydraulic barriers) to study the remediation of contaminated sites with innovative technologies (PRB/Adsorbent Drains). The modelling is also focused on studying the dispersion of contaminants in the groundwater to evaluate the effects of the main hydrodynamic and hydrological parameters, including hydraulic conductivity and diffusion, for example, on the spatial-temporal trend of dissolved contaminants. Furthermore, models are developed to consider the soil-aquifer interaction to evaluate the effect that the natural attenuation of the soil has on the dispersion of dissolved pollutants in relation, for example, to the "tailing and rebound" phenomenon. This line also includes the geochemical evaluation of environmental matrices, particularly of the geogenic forms of contamination and the anthropic ones. Studying the water-gas-rock interaction concerning the release of metals and metalloids is an integral part of the research strategy for defining the local geochemical background. The geochemical assessment of environmental matrices (water, soil and also air) is carried out with emphasis on the geogenic forms of contamination. The peculiarity of the Campania region, i.e. its volcanic nature in several geological districts, requires the study of the water-gas-rock interaction with particular reference to the release of metals and metalloids and as an integral part of the strategy for the definition of the local geochemical background. In fact, we want to estimate the natural contribution due to the geochemical background apart from anthropogenic contaminations, in order to deduce the main chemical-physical parameters of the mineral dissolution processes other than simple lithological characteristics (e.g. due to deep CO₂ infiltration) and obtain useful indicators on the thermal and geochemical state of such systems. The aims of the study include the evaluation of the geochemical vulnerability of water bodies, the evaluation of the geothermal potential and a better understanding of the geophysical phenomena taking place in some regional sectors (eg bradyseism of Campi Flegrei). Since hydrothermalism and its effects represent a salient aspect of the proposed study, comparisons and studies of other systems pertinent to geodynamic contexts characterized by hydrothermalism are carried out, in particular in subduction environments

and for which data on groundwater bodies of geothermal interest. The relations with natural hazards are also considered.

Riferimento all'interazione con altri gruppi di ricerca dell'Ateneo se presente.

- Città Smart e Sicure: progettazione sostenibile e tecnologie innovative per la rigenerazione urbana

Partecipazione a progetti di Ricerca.

- 2022. Methodologies for the local assessment of hydrogeological risk in highly anthropized 1 areas and tools for regional development strategies.. Financing authority: POR Regione Campania FSE 2014-2020 Asse IV
- 2019. Title of the project: Innovative TEchnology for Removing microplastics and Emerging pollutants from wastewater – ETERE . Financing authority: Università degli Studi della Campania
- 2019. Optimal management of a partitioned water distribution network: theoretical analysis and experimental pilot site. Financing authority: MIUR, Cluster C10, Italian Government (PRIN 2017)
- 2017. Title of the project: Valuable Products from Algae Using New Magnetic Cultivation and Extraction Techniques – VALUEMAG. Financing authority: European Community - Horizon 2020 - H2020-BBI-JTI-2016
- 2016. Title of the project: Progetto di Barriere Permeabili Adsorbenti per la Protezione di Acquiferi Sotterranei da Inquinanti Prioritari
- Financing authority: Ricerca Scientifica Finanziato ai sensi della L.R. N.5 del 28.03.2002 – Regione Campania
- 2015. Title of the project: An Innovative Method for Improving the Structural Integrity using SMA Revolutionary Technology – InnoSMART. Financing authority: European Community - Horizon 2020 – FETOPEN-2014-2015-RIA
- 2015. Title of the project: Hybrid Electric Energy Integrated Cluster concerning Renewable Fuels – HELENIC-REF. Financing authority: European Community - Horizon 2020 – FETOPEN-2014-2015-RIA
- 2016. Title of the project: Sviluppo di tecniche e metodologie per l'ottimizzazione e la protezione delle reti di distribuzione idrica basate sulla teoria delle reti complesse e di algoritmi euristici. Financing authority: Università degli Studi della Campania
- 2015. Title of the project: Tecniche avanzate per la bonifica di acquiferi contaminati. Financing authority: Università degli Studi della Campania
- 2014. Title of the project: Tecniche avanzate per la bonifica di acquiferi contaminati. Financing authority: Università degli Studi della Campania
- 2007. Calibration and modeling of a Water Distribution System,

pursuant to Italian D.M. 12 n. 99/1997, and experimentation on pilot site. . Financing authority: MIUR, Cluster C10, Italian Government (PRIN 2007).

- 2006. Development of a best practice handbook for water supply network management. Application to pilot site. (Acronym: HYDRANET). Financing authority: INTERREG MEDOCC IIIB - European Union
- Progetto dipartimentale “Geochimica delle Acque Sotteranee”

Da 10 a 20 prodotti scientifici principali segnalando eventualmente il totale del numero di prodotti scientifici rilevanti (riportare obbligatoriamente 10 prodotti di Fascia A dall’Anagrafe della Ricerca – relazioni 2011-2013).

- 1) Bortone I., Santonastaso G., Erto A., Chianese S., Di Nardo A., Musmarra D. An innovative in-situ DRAINage system for advanced groundwater reactive TREATment (in-DRAIN-TREAT) (2021) Chemosphere, 270, art. no. 129412
- 2) Creaco, E., Di Nardo, A., Iervolino, M., & Santonastaso, G. (2023). Head-drop method for the modeling of pressure reducing valves and variable speed pumps in water distribution networks. Journal of Hydraulic Engineering, 149(5) doi:10.1061/JHEND8.HYENG-13279
- 3) Di Mauro, A., Venticinque, S., Santonastaso, G. F., & Di Nardo, A. (2022). WEUSEDTO—Water end USE dataset and TOols: An open water end use consumption dataset and data analytics tools. SoftwareX, 20 doi:10.1016/j.softx.2022.101214
- 4) Giudicianni, C., Campisano, A., Di Nardo, A., & Creaco, E. (2022). Pulsed demand modeling for the optimal placement of water quality sensors in water distribution networks. Water Resources Research, 58(10) doi:10.1029/2022WR033368
- 5) Giudicianni, C., Herrera, M., Di Nardo, A., Creaco, E., & Greco, R. (2022). Multi-criteria method for the realistic placement of water quality sensors on pipes of water distribution systems. Environmental Modelling and Software, 152 doi:10.1016/j.envsoft.2022.105405
- 6) Giudicianni, C., Di Nardo, A., Greco, R., & Scala, A. (2021). A community-structure-based method for estimating the fractal dimension, and its application to water networks for the assessment of vulnerability to disasters. Water Resources Management, 35(4), 1197-1210. doi:10.1007/s11269-021-02773-y
- 7) Santonastaso, G. F., Di Nardo, A., Creaco, E., Musmarra, D., & Greco, R. (2021). Comparison of topological, empirical and optimization-based approaches for locating quality detection points in water distribution networks. Environmental Science and Pollution Research, 28(26), 33844-33853. doi:10.1007/s11356-020-10519-3
- 8) Sauzéat, L., Eychenne, J., Gurioli, L., Boyet, M., Jessop, D. E., Moretti, R., ... & Volle, D. H. (2022). Metallome deregulation and health-related impacts due to long-term exposure to recent volcanic ash deposits: New chemical and isotopic insights. Science of the Total Environment, 829, 154383.
- 9) Inostroza, M., Moune, S., Moretti, R., Robert, V., Bonifacie, M., Chilin-Eusebe, E., ... & Burckel, P. (2022). Monitoring Hydrothermal Activity Using Major and Trace Elements in Low-Temperature

Fumarolic Condensates: The Case of La Soufriere de Guadeloupe Volcano. *Geosciences*, 12(7), 267.

- 10) Inostroza, M., Moune, S., Moretti, R., Bonifacie, M., Robert, V., Burtin, A., & Chilin-Eusebe, E. (2022). Decoding water-rock interaction and volatile input at La Soufriere volcano (Guadeloupe) using time-series major and trace element analyses in gas condensates. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 425, 107517.
- 11) Fedele, A., Pedone, M., MORETTI, R., Wiersberg, T., Somma, R., Troise, C., & De Natale, G. (2017). Real-time quadrupole mass spectrometry of hydrothermal gases from the unstable Pisciarelli fumaroles (Campi Flegrei): Trends, challenges and processes. *International Journal of Mass Spectrometry*, 415, 44-54.
- 12) Pedone M., Granieri D., MORETTI R., Fedele A., Troise C., Somma R., De Natale G. (2017) Improved quantification of CO2 emission at Campi Flegrei by combined Lagrangian Stochastic and Eulerian dispersion modelling. *Atmospheric Environment*, 170, 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.033>

Rapporti internazionali e nazionali con aziende, enti, centri di ricerca, Università.

- School of Water, Energy and Environment – Cranfield University (UK)
- Dipartimento di Ingegneria chimica, dei Materiali e della Produzione industriale - Università degli Studi di Napoli Federico II (IT)
- Water Europe (EU)
- Comune di Aversa (IT)
- GORI Spa (IT)
- Environmental Technology srl – Spin-off Accademico (IT)
- MED.HYDRO srl – Spin-off Universitario (IT)
- Université Clermont-Auvergne – Laboratoire Magmas et Volcans (F)
- Ludwig Maximilian Universität –Dept. Earth Sci., Munich (D)
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sezione Napoli (I)
- Institut de Physique du Globe de Paris, Université de Paris Cité (F)

Enti di ricerca con i quali sono stati stipulati accordi di convenzione, conto terzi o accordi quadro di collaborazione e trasferimento tecnologico

- IMTA - The Mexican Institute of Water Technology

Categorie ISI WEB di riferimento

- Chemical Engineering
- Civil Engineering
- Environmental Engineering
- Water Resources
- Environmental Sciences
- Geochemistry

	<p><i>Settori Scientifico-Disciplinari di riferimento.</i></p> <p>ICAR/02, ING-IND/25, GEO-08 Geochimica e Vulcanologia</p> <p><i>Altre parole chiave di riferimento non contenute nelle categorizzazioni di cui sopra (max 10).</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestione ottimale risorse idriche 2. Mitigazione siccità 3. Distrettualizzazione 4. Ottimizzazione 5. Bonifica falde 6. Geochimica 7. Matrici ambientali 8. Acque sotterranee 9. Fondo geochimico 10. Interazione acqua-gas-roccia
Sito web	
Responsabile scientifico/ Coordinatore	Prof. Armando Di Nardo
Settore ERC del gruppo	<p>SH3: Environment, Space and Population: Environmental studies, geography, demography, migration, regional and urban studies</p> <p>PE8: Products and Processes Engineering: Product design, process design and control, construction methods, civil engineering, energy systems, material engineering</p> <p>PE10: Earth System Science: Physical geography, geology, geophysics, atmospheric sciences, oceanography, climatology, ecology, global environmental change, biogeochemical cycles, natural resources management</p> <p>PE8_2: Chemical engineering, technical chemistry</p> <p>PE8_11: Environmental engineering, e.g. sustainable design, waste and water treatment, recycling, regeneration or recovery of compounds, carbon capture & storage</p> <p>PE10_17: Hydrology, hydrogeology, engineering and environmental geology, water and soil pollution</p>
Componenti	<p><i>I Ricercatori afferenti all'Ateneo vengono associati da un elenco. E' possibile indicare anche ricercatori esterni. All'atto dell'inserimento di ricercatori esterni è consigliato chiedere esplicitamente l'assenso attraverso una mail di conferma. Il coordinatore del gruppo è responsabile di questo aspetto. Se i gruppi di ricerca sono interdipartimentali è opportuno segnalare i contributi dei diversi dipartimenti. Ciascun Ricercatore inserito deve avere almeno 3 prodotti scientifici nel triennio su tematiche inerenti. Anche di questo aspetto si assume la responsabilità il coordinatore del gruppo.</i></p> <p>Armando DI NARDO; Simeone CHIANESE, Roberto GRECO; Roberto MORETTI, Dino MUSMARRA; Giovanni Francesco SANTONASTASO.</p>