



T E C N O L O G I E P E R L ' A M B I E N T E



Enrico Brugnoli

a cura di

Vito Felice Uricchio

LA RICERCA SULLE ACQUE E LE NUOVE PROSPETTIVE DI VALORIZZAZIONE DEI RISULTATI IN AMBITO PUBBLICO E PRIVATO

CACUCCI



EDITORE

BARI

a cura di
Enrico Brugnoli
Vito Felice Uricchio

LA RICERCA SULLE ACQUE E LE NUOVE PROSPETTIVE DI VALORIZZAZIONE DEI RISULTATI IN AMBITO PUBBLICO E PRIVATO

CACUCCI  EDITORE
BARI

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

© 2016 Cacucci Editore – Bari

Via Nicolai, 39 – 70122 Bari – Tel. 080/5214220

<http://www.cacuccieditore.it> e-mail: info@cacucci.it

Ai sensi della legge sui diritti d'Autore e del codice civile è vietata la riproduzione di questo libro o di parte di esso con qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, per mezzo di fotocopie, microfilms, registrazioni o altro, senza il consenso dell'autore e dell'editore.

PREMESSA

L'acqua, oltre ad essere un fattore insostituibile di sopravvivenza, è elemento indispensabile per le attività dell'uomo. A causa delle molteplici esigenze ed utilizzazioni di natura domestica, agricola ed industriale il fabbisogno idrico, con il passare degli anni, si è incrementato. La crescita di domanda idrica impone una più spinta utilizzazione sia delle risorse idriche telluriche, peraltro largamente insufficienti in alcune aree del pianeta, sia delle acque superficiali che, a loro volta, ricevendo grandi masse di acqua usate, risultano sempre più contaminate. Tali contaminazioni, ascrivibili alle tipologie di impiego innanzi menzionate, generano modificazioni dei caratteri organolettici, fisici, chimici per la presenza di sostanze non sempre facilmente eliminabili con gli usuali sistemi di depurazione e microbiologici per la presenza di microrganismi patogeni.

Il principio universale della vita, determina la considerazione dell'acqua come Patrimonio della Biosfera e pertanto fiumi, laghi, zone umide e falde devono essere gestite con la responsabilità delle comunità e delle istituzioni pubbliche. Tuttavia la gestione dei delicati equilibri che pongono l'acqua al centro della sopravvivenza delle naturalità e della stessa vita umana, richiede uno straordinario sforzo di ricerca che permea ogni elemento del ciclo della gestione delle acque. L'acqua come servizio ecosistemico racchiude in se gli elementi naturalità e di vita e gli utilizzi produttivi di cibo, di materie prime, di energia, impieghi industriali, di regolazione biologica, di benessere spirituale: costituendo due facce della stessa medaglia.

In tale dimensione la ricerca diviene fondamento essenziale per lo sviluppo delle politiche di gestione delle risorse idriche, per accompagnare la loro attuazione in ogni aspetto implementativo, al fine di assicurare la stabilità del sistema biota-abiota, costruito in milioni di anni di evoluzione della vita. Lo studio delle caratteristiche di stabilità degli equilibri omeostatici, basati su una complessa rete di relazioni dinamiche che, grazie a meccanismi autoregolatori, garantiscano al sistema capacità di resistenza ad eventi perturbanti e resilienza, pone le basi per lo sviluppo di tecnologie in grado di assicurare la capacità del sistema a rispondere a fenomeni alterativi.

Assumere come obiettivo la sostenibilità richiede una attenzione scientifica straordinaria ad ogni aspetto che può alterare gli equilibri e che deve essere presente in ogni momento della vita umana, dagli atteggiamenti vissuti in ambito domestico, alle attività produttive sino al modo di intendere la natura e l'acqua nel nostro modello di vita.

Il degrado del ciclo idrico dovuto all'alternazione di sostanze chimiche abitualmente monitorate e/o non monitorate come gli emerging pollutants (metaboliti di farmaci, detersivi, cosmetici, etc.), determina una crescente criticità nella rinnovabilità qualitativa delle risorse idriche

disponibili, ponendo serie problematiche che possono potenzialmente impattare sullo stato della salute degli organismi viventi e quindi dell'uomo. La povertà, l'ignoranza e facili profitti legati a smaltimenti illeciti, completano spesso questo ciclo di degrado e di crisi ecologica degli ecosistemi acquatici.

La ricerca nel settore delle acque, come emerge dal presente volume, esprime la capacità di innovare sia in ambiti tecnologici legati alla produzione industriale ed agricola, ma anche nei sistemi di policy legati alla governance delle risorse idriche. Da un lato, infatti, l'accento posto sulla necessità di migliorare i prodotti e i processi delle imprese, per ridurre i costi di smaltimento dei reflui ed incrementare la competitività, rappresenta una importante sfida necessaria per competere a livello globale. Dall'altro, innovare significa mutare e migliorare il funzionamento dei sistemi di policy e di governance delle acque, per la tutela degli ecosistemi acquatici e per la gestione della rete dei servizi pubblico-privati erogati ai cittadini. In ogni caso, un processo innovativo dettato da precise scelte strategiche societarie o di policy, non può essere impresso senza un accompagnamento costante del settore della ricerca scientifico-tecnologica ma anche della ricerca socio-organizzativa, e supportato da un processo continuo di trasferimento tecnologico e di formazione delle risorse umane impiegate.

La ricerca per l'implementazione di nuove tecnologie è necessaria per assicurare livelli di sostenibilità ambientale delle produzioni, consolidando le già importanti relazioni con il mondo industriale. Il rapporto tra ricerca ed impresa è al cuore del processo d'innovazione: la ricerca produce nuova conoscenza ed importanti innovazioni a cui l'iniziativa imprenditoriale si aggiunge per la creazione di valore in termini economici ed occupazionali.

In ultimo, il carattere complesso, multidimensionale ed interdisciplinare del concetto di innovazione, così come definito dalla Commissione Europea, trova rilevanti elementi di conferma nel settore della ricerca sulle acque, in cui l'innovazione assume un significato più ampio, entro cui hanno rilevanza la ricerca e sviluppo, le applicazioni tecnico-scientifiche, ma anche fattori economici, commerciali e organizzativi (nuove strutture organizzative, nuove tecniche di gestione, etc.). A tale accezione si associa, altresì, l'attenzione rivolta alla pluralità di attori che insieme costruiscono e applicano quotidianamente delle scelte riferite alle acque: il concetto di utente non può essere circoscritto alla comunità tradizionale formata da chi irriga, da chi utilizza l'acqua per fini industriali, dalle compagnie elettriche e dai gestori d'acqua (siano essi pubblici o privati), ma è estesa all'intera collettività. In tale contesto, la costituzione di un sistema nel quale si realizzi un'"economia della conoscenza", si fonda su tre dimensioni principali: migliorare la capacità di innovare, incoraggiare la ricerca e condividere le occasioni di innovazione, e con tale spirito è stato redatto il presente volume.

**Il Direttore del DTA-CNR
Enrico Brugnoli**

INTRODUZIONE

Il presente volume si propone di illustrare i principali temi della ricerca nel settore delle acque e le risposte che il mondo scientifico ed in particolare i ricercatori e tecnologi dell'Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA) del CNR, hanno fornito in termini di risultati scientifici immediatamente trasferibili al comparto pubblico o privato mediante un percorso di valorizzazione e di trasferimento tecnologico. La ricerca scientifica italiana sul ciclo integrato delle acque e la conseguente maturazione delle sensibilità politiche italiane ed in parte europee, è dovuta a straordinari uomini che hanno voluto e creato l'IRSA: l'On. Aldo Moro ed il Prof. Roberto Passino. L'On. Aldo Moro, che contribuendo a fissare i principi orientatori dell'attività dello Stato, ha dato impulso all'infrastrutturazione idrica ed alla ricerca sulle acque per il progresso economico e sociale dell'Italia "salvaguardando le ragioni della compatibilità e la linea di uno sviluppo armonico e continuo". Il Prof. Passino che con la sua lungimirante visione scientifica ha saputo tracciare una traiettoria multidisciplinare e trasversale che oggi, a distanza di quasi 50 anni, trova forti elementi di conferma e di sorprendente attualità. Il Prof. Passino, intravedendo nell'acqua un importante elemento di connessione, ha contribuito a delineare percorsi normativi sfociati in indicazioni politiche più generali in campo ambientale, in considerazione delle strette relazioni tra schemi tecnico-amministrativi di gestione dell'ambiente, ricerca applicata, trasferimento tecnologico verso le imprese, effetti economico-sociali-sanitari delle scelte. Sulla base di tali solide premesse, la ricerca sulle acque ha continuato ad evolversi, ad ampliarsi e rinnovarsi nella consapevolezza del carattere complesso, multidimensionale e interdisciplinare del tema della ricerca sulle acque. L'innovazione nell'ambito delle acque, assume attualmente un significato ancora più ampio, mirando ad applicazioni tecnico-scientifiche in grado di stimolare fattori economici ed organizzativo-amministrativi. In tale contesto, la costituzione di un sistema nel quale si realizzi un' "economia della conoscenza" è fondata su una rinnovata sensibilità ambientale dei cittadini, ma anche volta ad aumentare la competitività delle imprese e dell'economia. Come illustrato nei sintetici contributi che seguono, la capacità di innovare interessa sia la produzione industriale che i sistemi di policy mirando a mutare e migliorare la governance ambientale e la rete dei servizi pubblico-privati erogati ai cittadini. In secondo luogo, la dimensione settoriale: numerosi fattori che agiscono sull'innovazione nel settore delle acque sono comuni ad ambiti assai diversi che si estendono al settore delle bonifiche, della gestione dei rifiuti solidi e liquidi, al contrasto ai traffici illeciti, alle politiche "di chi inquina paga", per raggiungere il settore energetico, il settore agricolo, la gestione integrata delle coste e del mare, la fisica della materia, la chimica verde e dei materiali, la "space economy" e l'osservazione della terra, la metagenomica, l'ITC e l'automazione, le scienze giuri-

diche, sociali ed economiche, etc. La policromicità del CNR, più volte richiamata dal Presidente Prof. Inguscio, rappresenta uno straordinario punto di forza che vede nella creazione di sinergie tra istituti ed enti ricerca nazionali ed internazionali, occasioni inedite di crescita e di autentica innovazione verso inesplorati orizzonti. Si comprende bene che, in questa logica dell'interdisciplinarietà, la "stella polare" orientante l'intero processo della ricerca viene ad essere costituito dalle finalità scientifiche, su cui si declinano, i più specifici e particolari obiettivi della ricerca di base, industriale e di sviluppo sperimentale, in una valenza che si muove nell'orizzonte europeo e mondiale (e che, pertanto, può dare senso e positività anche alla specificità della dimensione nazionale e locale) significa, quindi, operare in modo convergente verso questo fine, utilizzando tutte le risorse culturali presenti nel CNR e ponendo le questioni di metodo e di motivazione al centro della prassi scientifica comune.

Coerentemente con tali essenziali valori l'IRSA ha, dalla sua origine, puntato alla ricerca multidisciplinare ed interdisciplinare nell'ambito di un organico processo, di carattere sistemico, in cui finalità, obiettivi, procedure, metodologie, tematiche, contenuti ed attività, costituiscono una sequenza coerente, in cui l'apporto delle singole discipline è rappresentato dall'angolazione culturale, epistemologica e metodologica di ciascuna, in un contesto che favorisce lo scambio e l'integrazione dei saperi nelle loro specificità, a partire dall'unitarietà di fondo dei problemi da affrontare e delle linee di sviluppo. Tale impostazione trova ampio riscontro nei contributi che seguono e che mettono in risalto le peculiarità dei loro linguaggi e la loro significatività nel percorso della conoscenza umana che punta alla comprensione dei processi naturali ed antropici nelle sue infinite sfaccettature, ma recuperando linearità e semplificazione per offrire soluzioni concrete.

I contributi degli autori, in coerenza con le impostazioni innanzi richiamate, sono articolati in sei ambiti di interesse, che costituiscono i titoli del presente volume, evidenziando le grandi linee evolutive e le declinazioni differenti che gli stessi ambiti offrono. Tali contributi propongono visioni complessive, concetti scientifici, ma anche risposte ai problemi e soluzioni tecnologiche che si susseguono attraverso linee di continuità e discontinuità, consolidamenti delle conoscenze del passato e nuovi approcci. La prospettiva del volume è di presentare i risultati della ricerca sulle acque in modo divulgativo ed immediato, consegnando al lettore un pensiero scientifico che, trovando profonde connessioni con i momenti di riflessione del passato, offra visioni che nella loro elegante neutralità ed autonomia, disegni prospettive di ricerca, soluzioni tecnologiche da trasferire alle imprese, strumenti di gestione per la tutela dell'ambiente applicabili in ambiti di gestione del territorio e delle risorse idriche. Nell'augurare una buona lettura mi piace chiudere questa breve introduzione richiamando, anche nel settore delle acque, la prospettiva di una cittadinanza europea e mondiale, prim'ancora che locale e nazionale fondata sull'etica, la coscienza e sull'assunzione di responsabilità individuali e collettive radicate nella determinazione spazio-temporale della convivenza civile e nella valorizzazione dei risultati delle eccellenze della ricerca.

**Il Direttore f.f. del CNR-IRSA
Vito Felice Uricchio**

Indice

Premessa	5
Introduzione	7

Capitolo 1 Gestione sostenibile delle risorse idriche

Strumenti di supporto alla gestione della resilienza di sistemi complessi, naturali e costruiti (infrastrutture)	19
<i>R. Giordano, A. Pagano, I. Portoghese, M. Vurro</i>	
Gestione sostenibile delle risorse idriche mediante modelli di analisi del bilancio tra disponibilità e fabbisogni	25
<i>I. Portoghese, E. Romano, R. Giordano, R. Matarrese, N. Guyennon e M. Vurro</i>	
Integrazione del fattore antropico nello studio degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche: il ruolo centrale dell'irrigazione nei climi semi-aridi	29
<i>N. Guyennon, E. Romano, R. Matarrese, I. Portoghese</i>	
Gestione integrata lago-bacino imbrifero: mitigazione degli impatti e risposte dell'ecosistema	35
<i>D. Copetti, F. Salerno, G. Viviano, N. Guyennon, L. Valsecchi, F. Stefani, R. Matarrese, L. Marziali, L. Guzzella, G. Tartari</i>	
Gestione razionale delle risorse idriche in agricoltura tramite l'uso integrato di modelli, sensori, tecnologie irrigue e pratiche gestionali	39
<i>A. Lo Porto, A.M. De Girolamo, M. Garnier, G. Pappagallo</i>	
Venticinque anni di ricerca internazionale sulle risorse idriche in alta quota, il Monte Everest (Nepal)	45
<i>F. Salerno, G. Tartari, R. Balestrini, C. Delconte, L. Guzzella, S. Polesello, S. Valsecchi, G. Viviano, N. Guyennon, E. Romano, P. Ielpo</i>	
Processi di ritenzione dei nutrienti negli ecosistemi fluviali: potenzialità per la gestione delle acque	49
<i>R. Balestrini, C.A. Delconte, A. Buffagni, S. Erba</i>	
Nuovi approcci per l'analisi dell'impatto antropico e dei cambiamenti climatici sulle acque	55
<i>A.M. De Girolamo, G. Pappagallo, A. Lo Porto</i>	
Indicatori precoci di carenza idrica: il sistema di supporto alle decisioni INOPIA	61
<i>E. Romano, N. Guyennon</i>	

Il cambiamento climatico e i fiumi temporanei: nuovi approcci per una gestione integrata	67
<i>A. Zoppini, N. Ademollo, S. Amalfitano, L. Patrolecco</i>	
I cambiamenti climatici del passato come prospettiva di geoturismo	71
<i>D.E. Bruno</i>	
Approcci integrati e innovativi per la caratterizzazione idraulica della zona non satura	75
<i>M. C. Caputo, L. De Carlo, R. Masciale, C. Masciopinto, M. Vurro</i>	
Caratterizzazione idraulica di rocce insature: Quasi-Steady Centrifuge Method	81
<i>M. C. Caputo, R. Masciale, A.C. Turturro, J. R. Nimmo</i>	
Metodologie innovative e tecnologie smart per il monitoraggio e il controllo dell'impatto degli scolmatori fognari sulla qualità dei corpi idrici superficiali	87
<i>G. Viviano, F. Salerno, G. Tartari</i>	
Strategie di mitigazione degli impatti dovuti a piccole utilizzazioni locali della risorsa geotermica	93
<i>D.E. Bruno, S. D'Arpa, A. Donato, V.F. Uricchio, A. Manzella</i>	
Un modello per soddisfare la richiesta termica nel settore industriale con la geotermia a bassa entalpia	99
<i>D.E. Bruno, G. Lombardo, A. Galgario, E. Di Sipio, E. Destro, S. D'Arpa, V.F.Uricchio, A. Manzella</i>	
Supporto all'implementazione delle normative ambientali per la definizione dello Stato Ecologico nei fiumi: dalla ricerca a scala europea al trasferimento sul territorio nazionale	105
<i>A. Buffagni, S. Erba, M. Cazzola</i>	
Un metodo per l'analisi dei fabbisogni termici in serricoltura e la valutazione dell'utilizzo di pompe di calore geotermiche	109
<i>S. D'Arpa, D.E. Bruno, G. Colangelo, G. Starace, I. Petrosillo, V.F.Uricchio, G. Zurlini</i>	
Studio dello stato di qualità ambientale di aree marine costiere: quali risposte dall'osservazione dei contaminanti organici prioritari e dei processi della comunità microbica nei sedimenti?	113
<i>A. Zoppini, N. Ademollo, S. Amalfitano, L. Patrolecco Istituto di Ricerca sulle Acque, Consiglio Nazionale delle Ricerche</i>	
Relazioni tra assetto idrogeochimico ed ecosistemi delle acque sotterranee: indicatori biologici per l'attuazione della Direttiva Acque Sotterranee	117
<i>E. Preziosi, S. Amalfitano, S. Ghergo, D. Parrone, D. Rossi, T. Di Lorenzo, A. Zoppini</i>	
Valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee: processi di interazione acqua-roccia e livelli di fondo naturale	121
<i>E. Preziosi, S. Ghergo, D. Rossi, D. Parrone</i>	
L'organizzazione dei dati ambientali: strumento di supporto alle attività di ricerca e gestione del territorio	127
<i>S. Ghergo, A.B. Petrangeli, D. Rossi, E. Preziosi</i>	

Capitolo 2

Funzionalità degli ecosistemi acquatici, destino dei contaminanti e relativi effetti

Risposta delle comunità macrobentoniche alla contaminazione dei sedimenti: confronto tra indici biotici e analisi multivariate	135
<i>L. Marziali, A. Drago, F. Rosignoli, L. Guzzella</i>	
L'importanza dell'habitat nei fiumi mediterranei: interpretazione delle risposte biologiche e risvolti applicativi	139
<i>A. Buffagni, S. Erba, M. Cazzola, R. Balestrini, A.M. De Girolamo</i>	
Nuovi approcci per l'analisi regime idrologico e delle sue alterazioni in sistemi fluviali	145
<i>A.M. De Girolamo, A. Buffagni</i>	
Comunità bentoniche e bioindicatori: messa a punto di nuovi strumenti per la valutazione di impatti specifici nei fiumi	151
<i>S. Erba, M. Cazzola, A. Buffagni</i>	
Supporto tecnico e gestionale per la realizzazione delle reti ecologiche	157
<i>F. Stefani, L. Marziali, R. Balestrini</i>	
Tecniche di ibridazione per il monitoraggio di microrganismi acquatici: dinamiche di potenziali patogeni emergenti in ecotoni costieri	161
<i>S. Fazi, I. Pizzetti</i>	
Gli effetti della contaminazione chimica sulla vita acquatica: marker di esposizione e di danno tossico a diversi livelli di complessità biologica	165
<i>L. Viganò, F. Stefani</i>	
Effetti della contaminazione multipla sugli ambienti acquatici e terrestri e valutazione dei servizi ecosistemici di regolazione forniti dalle comunità microbiche naturali	171
<i>A. Barra Caracciolo, P. Grenni, L. Patrolecco, V. Ancona, M. Di Lenola</i>	
Diffusione e impatto della contaminazione negli ecosistemi marini polari: Artide e Antartide	177
<i>N. Ademollo, B. Casentini B., S. Amalfitano, A. Zoppini, S. Valsecchi, S. Polesello, L. Patrolecco</i>	
Ecotossicologia evolutiva per lo studio degli effetti transgenerazionali dei contaminanti ambientali	183
<i>F. Stefani, L. Marziali</i>	
Contaminanti emergenti polari negli ecosistemi acquatici: una nuova sfida per la gestione delle risorse idriche	189
<i>L. Patrolecco, N. Ademollo, S. Valsecchi, S. Polesello</i>	
Supporto all'implementazione della normativa nazionale ed europea sulle acque superficiali e sotterranee	195
<i>S. Valsecchi, S. Polesello, M. Rusconi, M. Mazzoni, E. Preziosi, S. Ghergo</i>	

Valutazione della biodisponibilità di contaminanti in ecosistemi acquatici mediante l'utilizzo di campionatori passivi: vantaggi e svantaggi rispetto all'analisi del bioaccumulo in invertebrati bentonici 201
L. Marziali, C. Roscioli, S. Novati, F. Rosignoli, L. Valsecchi, L. Guzzella

Capitolo 3

Processi e tecnologie innovative per il trattamento delle acque

Un processo biotecnologico avanzato per il trattamento di reflui contenenti inquinanti bioresistenti 209
G. Del Moro, M. De Sanctis e C. Di Iaconi

Applicazione di materiali e processi innovativi per la rimozione chimico-fisica di inquinanti organici ed inorganici dalle acque. 215
M. Pagano, A. Volpe, C. Pastore, G. Mascolo

Sviluppo e studio dell'applicabilità di bioreattori a doppia fase (Two-Phase Partitioning Bioreactor-TPPBs) per il trattamento di reflui industriali 221
M.C. Tomei, D. Mosca Angelucci

Il riutilizzo delle acque reflue depurate: innovazione nelle tecniche di trattamento .. 227
A. Pollice, P. Vergine, C. Salerno, G. Berardi

Caratterizzazione delle biomasse nei processi biologici di depurazione: metodi fisici, attività biologica, metaproteomica 233
C. Salerno, G. Berardi, G. Laera, P. Vergine, A. Pollice

Processi non-convenzionali per la filtrazione di superficie delle acque reflue: Self Forming Dynamic Membrane Bioreactor (SFD MBR) 239
P. Vergine, G. Berardi, C. Salerno, A. Pollice

Metodologie molecolari per il monitoraggio ed il controllo di biofilm in sistemi industriali di raffreddamento 243
F. Di Pippo, L. Di Gregorio, G. Cuomo, V. Tandoi, S. Rossetti

La citometria a flusso per il monitoraggio microbiologico in sistemi acquatici naturali e ingegnerizzati 249
S. Amalfitano

Modellistica integrata per il supporto alla gestione dei sistemi di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque reflue 253
M.C. Caputo, A. Pollice, I. Portoghese, M. Berardi, L. De Carlo, G. Laera, C. Salerno, P. Vergine

Caratterizzazione di biomasse per l'ottimizzazione dei processi biologici 257
C. Levantesi, S. Rossetti, V. Tandoi, F. Di Pippo, L. Di Gregorio

Degradazione di inquinanti organici emergenti in acque di scarico e per uso potabile mediante trattamenti avanzati di ossidazione che impiegano radiazioni ultraviolette e catalizzatori nanostrutturati supportati su vari materiali	261
<i>S. Murgolo, V. Locaputo, R. Ciannarella, G. Bagnuolo, G. Mascolo</i>	
Determinazione in acque di scarico di inquinanti emergenti, e loro prodotti di degradazione, a seguito di trattamenti di depurazione avanzati per il riuso	267
<i>S. Polesello, S. Valsecchi, M. Mazzoni, M. Rusconi, V. Locaputo, S. Murgolo, G. Mascolo</i>	
Gestione integrata dei fanghi di depurazione urbani: Riduzione, Recupero e Smaltimento sostenibile	273
<i>A. Gianico, C.M. Braguglia, A. Gallipoli, D. Montecchio, P. Pagliaccia, G. Mininni</i>	

Capitolo 4

Recupero di risorse ed energia dal trattamento di reflui, rifiuti e biomasse

Valorizzazione energetica dei residui di posidonia spiaggiata mediante digestione anaerobica potenziata chimicamente	279
<i>M. De Sanctis, G. Del Moro, D. Bellifemine, S. Chimienti, P. Ritelli, C. Di Iaconi</i>	
Conversione della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU) in molecole di elevato valore: caratterizzazione ed ottimizzazione di processi termo-chimici sostenibili	285
<i>C. Pastore, L. di Bitonto, G. Mascolo</i>	
Valorizzazione della componente lipidica dei fanghi di depurazione: caratterizzazione, separazione ed efficace conversione in biodiesel	291
<i>C. Pastore, L. di Bitonto, G. Del Moro, E. Barca, M. Pagano, G. Mascolo</i>	
Recupero di fosforo dal trattamento di reflui urbani: modellizzazione finalizzata al dimensionamento e all'ottimizzazione delle prestazioni	297
<i>M. C. Tomei, V. Stazi</i>	
Qualificazione ambientale e recupero delle terre e rocce da scavo prodotte nelle realizzazioni di grandi opere ingegneristiche	303
<i>A. Barra Caracciolo, P. Grenni, L. Patrolecco, G. Mininni</i>	
Un metodo per l'analisi dei fabbisogni termici in serricoltura e la valutazione dell'utilizzo di pompe di calore geotermiche	309
<i>S. D'Arpa, D.E. Bruno, G. Colangelo, G. Starace, I. Petrosillo, V.F.Uricchio, G. Zurlini</i>	
Un sistema avanzato per il trattamento e il riuso delle acque reflue in agricoltura	313
<i>M. De Sanctis, G. Del Moro, D. Bellifemine, S. Chimienti, P. Ritelli e C. Di Iaconi</i>	
Processi innovativi per massimizzare la conversione anaerobica di biomasse: recupero di energia e materia da scarti, la nuova sfida dell'economia circolare	319
<i>C.M. Braguglia, A. Gallipoli, A. Gianico, D. Montecchio, P. Pagliaccia</i>	

Il recupero termico da impianti di trattamento di acque reflue: applicazione ad un biofiltro innovativo	323
<i>S. D'Arpa, G. Del Moro, D.E. Bruno, C. Di Iaconi</i>	
Monitoraggio dell'antibiotico resistenza e della carica patogena nell'ambiente e nei processi sostenibili di riuso delle acque	327
<i>C. Levantesi, M.L. Luprano, V. Perri, V. Tandoi</i>	

Capitolo 5

Caratterizzazione e bonifica di siti contaminati

Biorisanamento di siti contaminati da solventi clorurati: biomarcatori e processi di degradazione dei contaminanti	333
<i>B. Matturro, E. Frascadore, S. Rossetti</i>	
Biorimedia fito-assistito: approccio ecologico per il recupero di siti multi-contaminati ..	339
<i>P. Grenni, V. Ancona, A. Barra Caracciolo, M. Di Lenola, C. Campanale, V.F. Uricchio, A. Massacci</i>	
Studio dei processi di biodegradazione di inquinanti emergenti in matrici ambientali ..	345
<i>A. Volpe, S. Rossetti, M. Pagano, G. Mascolo, G. Del Moro, S. D'Arpa</i>	
Nuovi processi bioelettrochimici per il trattamento in situ di acque sotterranee contaminate da idrocarburi	351
<i>C. Cruz Viggì, E. Palma, M. Majone, M. Petrangeli Papini, S. Rossetti, F. Aulenta</i>	
Tecniche meccanochimiche per la decontaminazione di suoli inquinati da xenobiotici organici	357
<i>V. Ancona, P. Di Leo, M.D.R. Pizzigallo</i>	
Bonifica ex situ di suoli contaminati mediante polimeri assorbenti e loro successiva rigenerazione in reattori a doppia fase (Two-Phase Partitioning Bioreactor - TPPBs) ..	363
<i>D. Mosca Angelucci, M.C. Tomei</i>	
Metodologie geofisiche per il monitoraggio ambientale	369
<i>L. De Carlo, R. Masciale, M. C. Caputo</i>	
I modelli lattice-Boltzmann: un approccio bottom-up per la simulazione di processi di flusso e trasporto nei mezzi porosi	373
<i>P.R. Di Palma, N. Guyennon, E. Preziosi, E. Romano</i>	
Le nuove frontiere di indagine delle contaminazioni delle acque: la tecnica biomolecolare e le sue innovative applicazioni per l'identificazione e il tracciamento dei contaminanti in acqua	379
<i>A. Calabrese, C. Campanale, V.F. Uricchio</i>	
Telerilevamento aereo e satellitare per la gestione di siti degradati	385
<i>R. Matarrese, C. Massarelli, V.N. Palmisano, M. Vurro, V.F. Uricchio</i>	

Capitolo 6

Analisi e gestione integrata dell'informazione e smart technologies

Progressi scientifici raggiunti con approcci sperimentali nello sviluppo di modelli matematici in acquiferi molto eterogenei e fratturati	391
<i>C. Masciopinto, M. C. Caputo, L. De Carlo, M. Vurro</i>	
Metodi statistici multivariati applicati a data set di acque sotterranee e suoli: source apportionment e classificazione.	397
<i>P. Ielpo, V.F. Uricchio, G. Pappagallo</i>	
Tecniche innovative di data assimilation applicate alla modellistica della zona insatura ..	401
<i>M. Berardi, C. Masciopinto, L. Lopez, M. C. Caputo, M. Vurro</i>	
Gestione integrata dell'informazione per attività di prevenzione e contrasto di traffici illeciti di rifiuti	405
<i>V.F. Uricchio, V.N. Palmisano, N. Lopez, C. Massarelli</i>	
Utilizzo di open source hardware e software per il monitoraggio ambientale	411
<i>C. Massarelli, M. Ianigro, V.N. Palmisano, V.F. Uricchio</i>	
Applicazione della regressione polinomiale evolutiva per la stima dei dati mancanti nelle serie storiche di pioggia	415
<i>E. Barca, D.E. Bruno, L. Berardi, D.B. Laucelli, G. Passarella, O. Giustolisi</i>	
Indici di similarità di stazioni di misura di variabili meteo-climatiche per il trattamento di dati mancanti: Definizione e confronto con il metodo MICE	421
<i>E. Barca, S. Maggi, G. Passarella</i>	
Riprogettazione ottimale di reti di monitoraggio delle acque sotterranee: MSANOS, un software meta-euristico e data-driven.	427
<i>E. Barca, A. Morea, G. Passarella</i>	
L'Anagrafe dei siti da Bonificare: Sistema informativo di gestione e controllo dei rischi ambientali derivanti dai siti contaminati	433
<i>A. Basile, C. Galeone, B. Casale, N. Lopez, V.F. Uricchio</i>	
Interoperabilità dei Sistemi innovativi per la gestione e l'attuazione delle politiche di salvaguardia ambientale	439
<i>A. Basile, N. Lopez, V.F. Uricchio</i>	
Le applicazioni ICT per la minimizzazione degli impatti dei cambiamenti climatici: le esperienze dei Living Labs	445
<i>A. Calabrese, C. Massarelli, V.F. Uricchio</i>	
Alla ricerca dell'acqua con l'AEM	451
<i>S. Maggi, A. Manzella</i>	
Le nuove tecnologie a supporto della fruizione dei contenuti didattici ambientali ...	457
<i>R. Lamaddalena, S. D'Arpa, C.F. Uricchio</i>	
Elenco degli Autori	461

Elenco degli Autori

Ademollo N.	Chimienti S.	Donato A.
Amalfitano S.	Ciannarella R.	Drago A.
Ancona V.	Colangelo G.	Erba S.
Aulenta F.	Copetti D.	Fazi S.
Bagnuolo G.	Cruz Viggì C.	Frascadore E.
Balestrini R.	Cuomo G.	Galeone C.
Barca E.	D'Arpa S.	Galgaro A.
Barra Caracciolo A.	De Carlo L.	Gallipoli A.
Basile A.	De Girolamo A.M.	Garnier M.
Bellifemine D.	De Sanctis M.	Ghergo S.
Berardi G.	Del Moro G.	Gianico A.
Berardi L.	Delconte C.A.	Giordano R.
Berardi M.	Destro E.	Giustolisi O.
Braguglia C.M.	di Bitonto L.	Grenni P.
Bruno D.E.	Di Gregorio L.	Guyennon N.
Buffagni A.	Di Iaconi C.	Guzzella L.
Calabrese A.	Di Lenola M.	Ianigro M.
Campanale C.	Di Leo P.	Ielpo P.
Caputo M.C.	Di Lorenzo T.	Laera G.
Casale B.	Di Palma P.R.	Lamaddalena R.
Casentini B.	Di Pippo F.	Laucelli D.B.
Cazzola M.	Di Sipio E.	Levantesi C.

Lo Porto A.	Palmisano V.N.	Tartari G.
Locaputo V.	Pappagallo G.	Tomei M.C.
Lombardo G.	Parrone D.	Turturro A.C.
Lopez L.	Passarella G.	Uricchio V.F.
Lopez N.	Pastore C.	Valsecchi L.
Luprano M.L.	Patrolecco L.	Valsecchi S.
Maggi S.	Perri V.	Vergine P.
Majone M.	Petrangeli A.B.	Viganò L.
Manzella A.	Petrangeli Papini M.	Viviano G.
Marziali L.	Petrosillo I.	Volpe A.
Masciale R.	Pizzetti I.	Vurro M.
Masciopinto C.	Pizzigallo M.D.R.	Zoppini A.
Mascolo G.	Polesello S.	Zurlini G.
Massacci A.	Pollice A.	
Massarelli C.	Portoghese I.	
Matarrese R.	Preziosi E.	
Matturro B.	Ritelli P.	
Mazzoni M.	Romano E.	
Mininni G.	Roscioli C.	
Montecchio D.	Rosignoli F.	
Morea A.	Rossetti S.	
Mosca Angelucci D.	Rossi D.	
Murgolo S.	Rusconi M.	
Nimmo J.R.	Salerno C.	
Novati S.	Salerno F.	
Pagano A.	Starace G.	
Pagano M.	Stazi V.	
Pagliaccia P.	Stefani F.	
Palma E.	Tandoi V.	

ISBN 978-88-6611-516-8



9 788866 115168

€ 45,00