

# Innovative Monitoring and Management of ENVIRONMENTAL RESOURCES

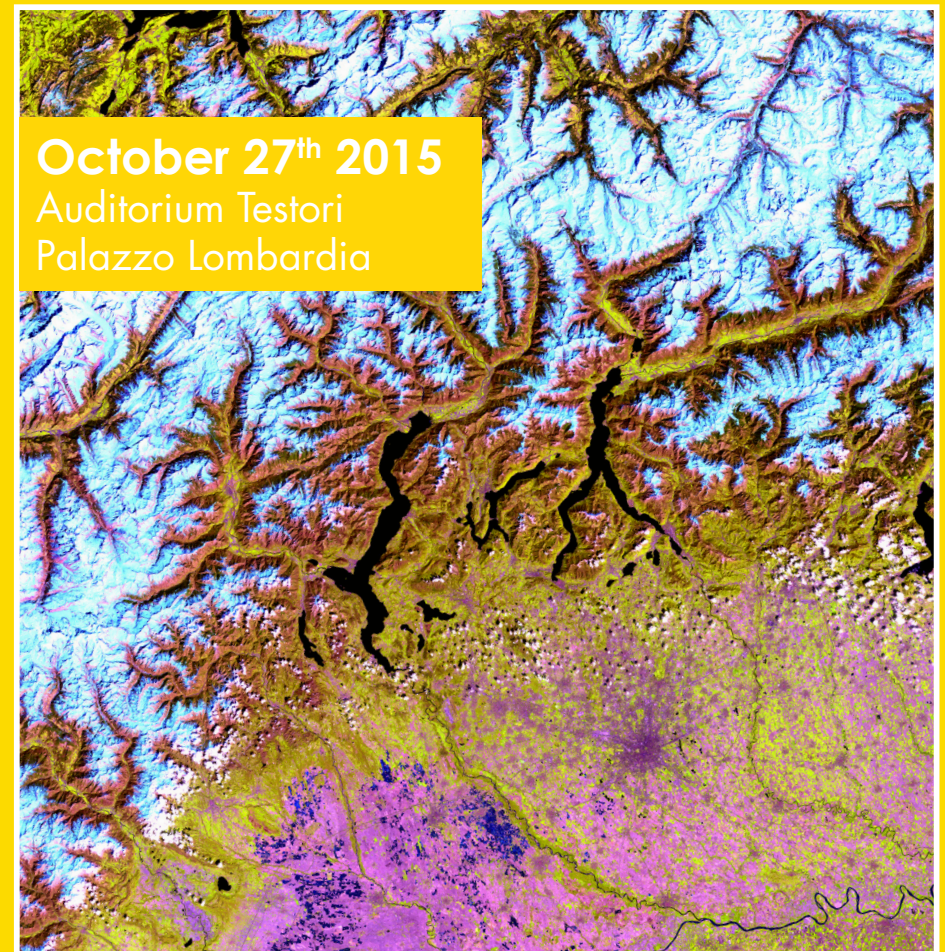


Immagine di copertina:

NASA Landsat-8 image, courtesy of the U.S. Geological Survey  
Processed by CNR-IREA





# Innovative Monitoring and Management of ENVIRONMENTAL RESOURCES

27 ottobre 2015  
Auditorium Testori, Palazzo Lombardia,  
Milano

Book of Abstract

A cura del Gruppo Organizzativo del progetto  
“Spazi Espositivi per la Ricerca – Padiglione Italia EXPO 2015”:  
Paola Botti, Milena Brasca, Silvana Castelli,  
Incoronata Galasso, Martina Zilioli



Lombardy  
Dialogues

Comitato Scientifico del progetto  
"Spazi Espositivi per la Ricerca – Padiglione Italia EXPO 2015"  
Accordo Quadro Regione Lombardia – Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Partner del progetto: Unioncamere Lombardia

*Francesco Loreto*

*Diego Breviario*

*Alessandra Stella*

Commissione Scientifica di conferenza

*Mirco Boschetti*

*Silvana Castelli*

*Incoronata Galasso*

*Nicoletta Ravasio*

*Gianni Tartari*

ISBN: 978-88-940869-2-8  
Anno di stampa 2015

# INDICE

- 5** Premessa  
**9** Introduction
- 
- 15** Preservare i suoli: sfida determinante per l'agricoltura della Lombardia  
**17** Preserving soil resources: a crucial challenge for the Lombardy agriculture
- 
- 23** Uso razionale dell'acqua per le città e gli ecosistemi  
**25** Sustainable Water Management for cities and ecosystems
- 
- 31** Ma le acque reflue sono un rifiuto?  
**33** Are Wastewater really Wastes?
- 
- 39** L'elettricità dai batteri nell'impianto di depurazione Milano-Nosedo sito nella "Valle dei Monaci"  
**41** Microbial fuel cells at Milano-Nosedo wastewater plant, in the "Valle dei Monaci" field
- 
- 45** Irrigazione ed efficienza d'uso dell'acqua  
**48** Irrigation and water use efficiency
- 
- 51** Uno sguardo dallo spazio: telerilevamento e tecnologie smart per l'agricoltura e l'ambiente  
**53** A glance from space: Remote Sensing and Smart technologies for agriculture and the environment
- 
- 55** Azoto reattivo: misurare, modellizzare e progettare la gestione delle grandi colture  
**57** Reactive nitrogen in agriculture: measures, models and field crop management
- 
- 61** Dai sensori al raccolto con la matematica  
**63** From sensors to crop yield by Mathematics
-

**69** Dal recupero delle tradizioni al recupero degli scarti  
**71** From tradition revival to waste recovery

---

**75** Correre verso il futuro... con calzature rinnovabili  
**77** Running towards the future... with biobased footwear

---

**79** Risorse da biorifiuti: un modello integrato per comunità virtuose  
**81** From biowaste resources: an integrated model for virtuous communities

---

**83** I servizi climatici per la gestione delle risorse ambientali  
**85** Climate services for the management of environmental resources

---



## PREMESSA

Il 16 luglio 2012 la Regione Lombardia e il Consiglio Nazionale delle Ricerche hanno sottoscritto un nuovo Accordo Quadro con una dotazione finanziaria complessiva, per il triennio 2013-2015, di 20 milioni di Euro equamente ripartita fra le due istituzioni.

Il primo Accordo Quadro, con una dotazione complessiva di 40 milioni di Euro, ha consentito di favorire la massima valorizzazione dei risultati scientifici raggiunti dal sistema della ricerca CNR in Lombardia e facilitare il trasferimento tecnologico, con la finalità di potenziare il legame tra il mondo della ricerca e quello dell'industria. I progetti conclusi nell'ambito del primo accordo (affidenti i settori dell'efficienza energetica, agroalimentare, manifatturiero lombardo e nanoscienze) hanno rappresentato strumenti concreti per l'innovazione e la competitività del tessuto produttivo locale, e hanno generato opportunità di inserimento per giovani laureati e tecnici, con 173 nuove assunzioni, hanno irrobustito e fatto avanzare le competenze e le infrastrutture scientifiche lombarde, con la produzione di 35 soluzioni tecnologiche e prototipi, 14 brevetti, 8 assetti sperimentali, 134 articoli ISI.

Nell'ambito del nuovo Accordo tra Regione Lombardia e CNR, sono stati elaborati 12 progetti, che spaziano dalle Scienze della vita all'Energia, dall'Agrifood alla Fabbrica intelligente, dalle Tecnologie per le Smart Communities e per gli Ambienti di vita alla Chimica verde e all'Aerospazio, per i quali nel luglio 2013 sono state sottoscritte altrettante convenzioni operative. Tra i progetti del nuovo Accordo, figura anche il progetto: "Spazi Espositivi per la ricerca – Padiglione Italia Expo 2015", regolato dalla apposita convenzione operativa sottoscritta tra Regione Lombardia, CNR e Unioncamere Lombardia il 25 luglio 2013. Il progetto "Spazi Espositivi per la ricerca – Padiglione Italia Expo 2015" ha l'obiettivo di promuovere e dare visibilità alle eccellenze

lombarde nel campo della ricerca e innovazione sui temi agroalimentare e ambiente, durante e dopo l'Esposizione Universale, diffondendo i risultati delle ricerche e le innovazioni. Particolare attenzione, durante il processo di mappatura e selezione delle progettualità lombarde di rilievo e attinenti al tema di Expo, è stata rivolta ai progetti e alle innovazioni tecnologiche con forti ricadute operative sul territorio nella filiera agroalimentare e ambientale, grazie anche al coinvolgimento attivo dei principali soggetti del sistema imprenditoriale, scientifico e della ricerca presenti nel territorio lombardo.

I progetti più meritevoli sono stati raggruppati secondo tre tematiche, oggetto di altrettante conferenze internazionali, altrimenti dette "Lombardy Dialogues", che tracceranno il profilo della ricerca e dell'innovazione in relazione alle risorse ambientali e ai prodotti alimentari della regione e con un'impostazione volta al dialogo con la comunità internazionale.

I "Lombardy Dialogues" hanno debuttato il 5 maggio, il mese che il Padiglione italiano ha dedicato alla sicurezza alimentare, con la prima conferenza internazionale "Food Safety: bridging Safety and Security", che si è concentrata sui sistemi di trasformazione alimentare, la tracciabilità, l'imballaggio e la logistica nell'ambito della sicurezza alimentare. L'obiettivo della conferenza, che ha visto la partecipazione di oltre 240 tra rappresentanti di imprese, associazioni, ricercatori e rappresentanti del mondo accademico, è stato quello di delineare il nuovo concetto di "qualità alimentare globale" per l'industria alimentare del futuro.

Il 22 luglio si è svolta presso il Centro Congressi di Expo Milano 2015 la seconda conferenza internazionale, dedicata alla Sostenibilità e biodiversità, dal titolo "Setting a Model for a sustainable Dairy Chain". L'evento si è concentrato sui diversi fattori che influenzano la sostenibilità della filiera lattiero-casearia, come il benessere degli animali e la dieta, la composizione e la lavorazione del latte, e il riciclaggio delle acque

reflue per la produzione di energia e di fertilizzanti. L'esperienza lombarda è stata offerta come un paradigma di "best practices" per la promozione e la tutela delle risorse agricole tradizionali in tutto il mondo. Il 27 ottobre, mese dedicato alle innovazioni tecnologiche, si svolgerà la conferenza internazionale "Innovative Monitoring and Management of Environmental Resources" dedicata agli strumenti innovativi e approcci destinati a gestire, monitorare e preservare le risorse ambientali in Lombardia. Il suolo, l'acqua, l'agricoltura intensiva e la coltura tradizionale, la gestione dei rifiuti agroalimentari per la produzione di bioprodotto ed energia sono tutti argomenti analizzati attraverso la lente di un giusto equilibrio tra la produzione alimentare e la tutela dell'ambiente.

Dopo la realizzazione dei 12 progetti nel quadro del secondo Accordo tra CNR e Regione Lombardia, tra cui il presente progetto dedicato alla promozione internazionale delle eccellenze lombarde della ricerca e innovazione in occasione dell'Esposizione Universale di Milano, CNR e Regione Lombardia hanno deciso di confermare e rafforzare ulteriormente la loro cooperazione con la firma il 1 Ottobre 2015, di un terzo Accordo con una dotazione complessiva pari a 10 Milioni, dando così continuità a una collaborazione unica nel suo genere a livello nazionale, che da subito si è distinta per efficacia e innovazione di obiettivi, metodologia e conduzione, divenendo così buona pratica di cooperazione inter-istituzionale da esportare e mutuare.





## INTRODUCTION

On 16 July 2012, the Lombardy Region and the National Research Council have signed a new framework Agreement with a total budget of 20 million, equally divided between the two institutions, for the three years from 2013 to 2015.

The first Framework Agreement, with a total budget of 40 million euros, helped to foster the enhancement of scientific results obtained from the research system CNR in Lombardy and to facilitate technology transfer, with the aim to strengthen the link between the world of research and industry. The projects achieved under the first agreement (related to energy efficiency area, food processing, manufacturing sector and nanosciences) represented concrete tools for innovation and competitiveness

of local production, and generated placement opportunities for young graduates and technicians, with 173 new hiring, strengthened and improved skills and scientific infrastructure in Lombardy, with the production of new 35 technological solutions and prototypes, 14 patents, 8 experimental structures, 134 articles ISI.

Under the new Agreement between the Lombardy Region and CNR, 12 projects have been developed in the following sectors: Life Sciences, Energy, Agro-food, Intelligent Factory, Technologies for Smart Communities, technologies for assisted living, Green Chemistry and Aerospace; for each project an operating agreement was signed in July 2013.

One of the projects of the new agreement is the project named: "Exhibition Spaces for the research – Italian Pavilion Expo 2015", which is regulated by a specific operating agreement signed between Lombardy Region, CNR and Unioncamere Lombardia in July 25, 2013.

The project "Exhibition Spaces for the research – Italian Pavilion Expo 2015" aims to promote and give visibility during and after the World

Universal Exhibition to the cutting-edge research and innovation results in the fields of agro-food and environment achieved in Lombardy, disseminating the results of research and innovations. Particular attention during the mapping process and selection of Lombard research projects relevant to the Expo 2015 theme has been devoted to projects and technological innovations in the food chain and the environment with strong operational impacts on the territory, thanks to the active involvement of the main stakeholders of the business system, science and research in Lombardy.

The most deserving projects have been grouped according to three themes, and will be topic of discussion during 3 international conferences, also called "Lombardy Dialogues", which will shape the profile of research and innovation in Lombardy in the environmental resources sector and agro-food with the goal to foster a dialogue between the research carried out regionally and the worldwide community.

The "Lombardy Dialogues" has debuted on 5 May, the month that the Italian Pavillon dedicated to Food Security, with the first dialogue entitled "Food Safety: bridging Safety and Security". Starting from fundamental Lombardy productions such as milk, meat and cereals, the conference focused on food processing systems, traceability, packaging and logistics, within the framework of food security. The goal of the conference, which registered the participation of over 240 representatives from companies, associations, researchers and experts from Universities, was to outline the new concept of "food global quality" for the food industry of the future.

On 22 July the second international conference entitled "Setting Model for a Sustainable Dairy Chain" took place at the Expo 2015 Congress Center.

This event, dedicated to sustainability and biodiversity, focused on different factors affecting dairy-chain sustainability, such as animal wellbe-

ing and diet, milk composition and processing, and sewage recycling for energy and fertilizer production. The Lombardy framework has been offered as a paradigm of best practices for promoting and protecting traditional agricultural resources worldwide.

On 27 October, the month devoted to Technological Innovations, the dialogue "Innovative Monitoring and Management of Environmental Resources" will take place: it will focus on several innovative tools and approaches designed to manage, monitor and preserve Lombardy environmental resources. Soil, water, intensive and traditional crop farming, agro-food waste management for the production of bio-products and energy are all analyzed through the lens of a judicious balance between food production and environmental protection.

After the fulfillment of 12 projects carried out in the framework of the second agreement between CNR and Regione Lombardia, among which the present project dedicated to the international promotion of the excellence of Lombard research and innovation during the Universal Exhibition in Milan, CNR and Lombardy Region has decided to confirm and reinforce their cooperation by signing on October 1st their third Agreement, with a total budget of 10 Million euros, to give continuity to a unique collaboration of its kind at a national level, which immediately stood out for efficiency and innovation objectives, methodology and management, thus becoming a best practice of institutional cooperation to export and borrow.



### **Massimiliano Di Bitetto**

Il Direttore Central Management Support  
for Scientific Network and Infrastructure  
CNR - National Research Council



### **Armando De Crinito**

Il Direttore Generale Vicario  
Direzione Generale Attività Produttive,  
Ricerca e Innovazione,  
Regione Lombardia



# ABSTRACT





## **PRESERVARE I SUOLI: SFIDA DETERMINANTE PER L'AGRICOLTURA DELLA LOMBARDIA**

STEFANO BRENNIA<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>ERSAF – Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste della Lombardia*

Alimenti e produzione agricola sono fortemente collegati alla conservazione e protezione del suolo e alla sua gestione sostenibile.

Prevenire perdita e degrado del suolo sono divenuti una assoluta priorità per la sopravvivenza stessa dell'umanità. In Europa, e in Lombardia, l'agricoltura è stata nei secoli il motore dello sviluppo economico e sociale, ma è ora sempre più minacciata dal consumo di suolo e da rischi di diminuzione della fertilità dei suoli.

Non si dovrebbe mai dimenticare che le piante crescono nel suolo, dove le radici trovano l'acqua e i nutrienti e dove miliardi di microrganismi lavorano assieme in una "grande fabbrica della biodiversità e della fertilità", rendendo così possibile la vita sulla Terra.

La produzione di biomassa risponde a diverse funzioni, la principale delle quali è la fornitura di alimenti e foraggi, che copre circa l'82% del totale prodotto ogni anno. È in crescita poi l'uso della biomassa per produrre biocarburanti e biomateriali a scopi energetici ed industriali. La FAO stima che la produzione agricola necessita di aumentare del 70% per garantire la sicurezza alimentare di 9 miliardi di persone nel 2050. Inoltre nei prossimi anni si prevede che il consumo di biocarburanti triplichi e cresca significativamente la richiesta di materiali legnosi.

Dunque la sfida è come mettere gli agricoltori nelle condizioni di soddisfare una crescente domanda evitando impatti negativi sulle risorse naturali nel rispetto delle tre dimensioni della sostenibilità, efficienza



economica, equità sociale e protezione ecologica.

Dal 1950 le terre coltivabili nel mondo sono diminuite del 50%. In Europa il 60% delle superfici necessarie a coprire la domanda di prodotti agricoli e forestali è localizzata in altri continenti. Ormai in Europa le aree urbanizzate ammontano a 200m<sup>2</sup> per abitante, a 350m<sup>2</sup> in Lombardia dove le superfici impermeabilizzate sono aumentate di 14.200ha tra il 2007 e il 2012. Inoltre più di 24 miliardi di tonnellate di suolo fertile sono perse ogni anno per erosione e il degrado dei suoli è diffuso a causa dell'impatto delle attività umane e di pratiche di gestione non idonee.

Lo sforzo di ottenere la sicurezza alimentare mantenendo un ambiente sano e contrastando il cambiamento climatico richiede un approccio integrato capace di includere molteplici prospettive. Ciò non può però prescindere dal considerare il suolo come una risorsa vitale le cui funzioni non sono sempre evidenti a prima vista. Come superare tale limite trascende i confini nazionali, ma è necessario agire sia a livello globale che locale. In tale quadro, l'agricoltura lombarda è di fronte a due sfide principali: fermare la perdita di suolo fertile e favorire l'adozione di tecniche sostenibili di gestione dei suoli finalizzate a "produrre di più con meno". Nonostante le conoscenze già disponibili in materia, ulteriori sforzi nella ricerca, nel monitoraggio e nella valutazione delle ricadute delle azioni intraprese appaiono tuttavia indispensabili.

## **PRESERVING SOIL RESOURCES: A CRUCIAL CHALLENGE FOR THE LOMBARDY AGRICULTURE**

Food and agricultural production are strongly joint to soil conservation, protection of soil health and enhancement of sustainable soil management.

Actually preventing soil loss and degradation has become an absolutely priority for mankind survival. In Europe, and in Lombardy too, agriculture has been the engine of economic and social development over the centuries but now is more and more threatened by land take and risk of soil fertility decreasing.

It should never be forgotten that plants grow in the soil, where roots find water and nutrients and billions of microorganisms work together in a “huge factory of biodiversity and fertility”, making possible the life on the Earth.

Biomass production fulfils many functions, the most important being the supply of food and animal feed, which accounts for around 82% of the biomass produced globally every year. Increasingly biomass is also being used to produce biofuels and biomaterials for energy and industrial purposes. FAO estimates that global agricultural production needs to increase by 70 per cent in order to ensure food security for 9 billion people by 2050. Moreover a trebling of biofuel consumption and a sharp increase in the use of wood-based products are expected in the next years.

Therefore the challenge is how to get farmers in a position to meet this increased demand avoiding negative impact on natural resources and assuring sustainability with respect to its three dimensions of economic efficiency, social equity and ecological protection.

Since the 1950's, the amount of available arable land per capita has decreased by 50% worldwide. In Europe 60% of the land needed to

cover the demand for agricultural and forestry products are located outside of Europe. By now, 200m<sup>2</sup> of sealed land per inhabitant occur in Europe, 350m<sup>2</sup> in Lombardy where soil sealing has increased by 14.200ha from 2007 to 2012. Besides more than 24 billion tons of fertile soil is lost each year due to erosion and soil degradation is widespread due to the impact of human activities as well as the adoption of unsuitable soil management practices.

The struggle for achieving food security while maintaining an healthy environment and contrasting climate change requires an integrated approach able to include multiple perspectives. However, this discussion cannot fail to consider the soil as a vital resource and that often the multiple functions of soil are not obvious at first glance. How to overcome this gap transcends national borders, but action should take place at global as well as local level. In this frame Lombardy agriculture have to stop loss of fertile soils. A second remarkable challenge claims to promote a broad adoption of sustainable soil management practices addressed to “produce more with less”. Despite a wealth of already available knowledge, further efforts on applied research and sound mechanisms for monitoring, review and accountability will be necessary to spread the adoption of sustainable practice.



Fig. 1. Il consumo di suolo minaccia l'agricoltura: in Lombardia i terreni coltivabili sono diminuiti a un tasso di circa  $79 \text{ m}^2/\text{min}$  negli ultimi 15 anni a causa dell'urbanizzazione (ERSAF, 2014)

Fig. 1. Land take threatens agriculture: in Lombardy agricultural soils declined at a rate of about  $79 \text{ m}^2/\text{min}$  over the last 15 years due to urbanisation (ERSAF, 2014)



Fig. 2. Le pratiche dell'Agricoltura Conservativa accrescono i servizi ecosistemici forniti dal suolo (Life HELPSOIL project, ERSAF 2015)

Fig. 2. Conservation Agriculture practices enhance ecosystem services provided by soils (Life HELPSOIL project, ERSAF 2015)

## References

- [1] Ballarin Denti, A., Giannella, S., Lapi, M., 2008. Progetto Kyoto Lombardia. Regione Lombardia – Fondazione Lombardia per l’Ambiente: 79-110.
- [2] Basch, G., Kassam, A., Gonzalez-Sanchez, E.J., Streit, B., 2012. Making Sustainable Agriculture Real. CAP 2020. Life+Agricarbon project ISBN 978-84-615-B106-1.
- [3] Brenna, S., Rocca, A., Sciaccaluga, M., Grandi, M., 2014. Effect of soil conservation practices on organic carbon in Vertisols and Luvisols of Northern Italy. In: Sustainable agroecosystems in climate change mitigation, edited by Maren Oelbermann. Wageningen Academic Publishers, chapter 1: 17-32.
- [4] Regione Lombardia, 2014. Rapporto sulla consistenza del suolo agricolo e sue variazioni, ERSAF – Regione Lombardia, Milano.
- [5] Siebielec G., Lazar S., Kaufmann C. & Jaensch S., 2010: Handbook for measures enhancing soil function performance and compensating soil loss during urbanization process. Urban SMS, Soil Management Strategy.





# USO RAZIONALE DELL'ACQUA PER LE CITTÀ E GLI ECOSISTEMI

MAURIZIO PETTINE<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca Sulle Acque*

L'acqua è una risorsa rinnovabile, ma cambiamento climatico, sovrasfruttamento delle risorse e inquinamento determinano un inevitabile impoverimento delle disponibilità idriche in termini quantitativi e qualitativi, mettendone a rischio la disponibilità per il futuro (Fig. 1 e 2). Indicatori quali 'acqua virtuale' e 'impronta idrica' danno un'idea degli ingenti volumi d'acqua dolce necessari per produrre i beni/servizi richiesti dal nostro stile di vita. Nella recente enciclica papale Laudato si' viene richiamato che le città sono spesso grandi strutture inefficienti che consumano in eccesso acqua ed energia. Entro il 2050 oltre il 70% della popolazione mondiale vivrà in aree urbane concentrandosi in grandi città. L'OCSE stima che la domanda mondiale di energia e di acqua aumenterà rispettivamente dell'80% e del 55% entro il 2050, mentre la FAO prevede, nello stesso periodo, una crescita del 60% della domanda alimentare. Gli ecosistemi acquatici mostrano effetti evidenti delle pressioni antropiche, tanto che l'auspicato stato ecologico buono previsto dalla Water Framework Directive per il 2015 sarà raggiunto solo per un numero limitato di bacini idrici. Per salvaguardare città ed ecosistemi è necessario incentivare città smart che sappiano coniugare sviluppo e qualità della vita con la conservazione e protezione delle risorse. Il nuovo modello di governance richiede sforzi scientifici e imprenditoriali notevoli per sperimentare e innovare prodotti, processi e servizi che incentivino un uso efficiente delle risorse, una più attenta compatibilità tra disponibilità e domanda, una depurazione più effica-



ce. Gli obiettivi sottesi sono necessariamente molteplici e investono il settore del controllo e monitoraggio, sia a livello della rete acquedottistica che fognaria (consumi idrici, apporti inquinanti, perdite delle reti), l'uso efficiente della risorsa (riuso, recupero di energia, di materie prime e biocombustibili), la minimizzazione dei fenomeni di carenza idrica e siccità. Nel monitoraggio dei consumi idrici le tecnologie ICT determineranno un salto di qualità con il ricorso al contatore intelligente che potrà consentire uno scambio biunivoco di informazioni tra gestore e utente. Nel settore della depurazione saranno privilegiate tecnologie a basso impatto ambientale, in termini di superfici occupate, produzione di fanghi ed emissioni odorigene, volte a massimizzare il recupero di energia, di nutrienti e biocombustibili. Dovranno essere incentivati trattamenti anaerobici e nuove tecnologie, quali quelle basate sull'impiego di "microbial fuel cells", che, nel trattare i reflui, non consumano energia ma la producono. Sensoristica innovativa dovrà essere sviluppata per monitorare i carichi inquinanti veicolati nella rete fognaria e, attraverso le operazioni di scolmo, nei corpi idrici e acquisire dati sul trasporto di inquinanti pericolosi ed emergenti (farmaci, personal care products, etc.), alcuni ampiamente mobilizzati in ambito urbano e in grado di indurre farmaco-resistenza nei corpi idrici.

## **SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT FOR CITIES AND ECOSYSTEMS**

Water is a renewable resource, but climate change, overexploitation and pollution lead to an inevitable depletion of water availability in terms of quantity and quality, putting at risk its availability for the future (Fig. 1 e 2). Indicators such as 'virtual water' and 'water footprint' give an idea of the huge volumes of fresh water needed to produce the goods/services required by our lifestyle. In the recent papal encyclical *Laudato si'* it is recalled that cities are often large inefficient structures that consume excessive water and energy. By 2050 over 70% of the world population will live in urban areas, mainly in big cities. The OCSE estimates that the global demand for energy and water will increase by 80% and 55%, respectively, by 2050, while FAO provides a 60% growth in food demand for the same period. Aquatic ecosystems show clear effects of anthropogenic pressures, so that the desired good ecological status required by the Water Framework Directive for 2015 will be reached only by a limited number of reservoirs. To safeguard cities and ecosystems is necessary to encourage smart cities that combine development and quality of life with the conservation and protection of resources. This new governance model requires considerable scientific and business efforts to experiment and innovate products, processes and services that encourage the efficient use of resources, a more careful compatibility between availability and demand and a more effective treatment. The underlying objectives are necessarily multiple and invest the field of control and monitoring, both at the level of the water network that sewage system (water consumption, pollutant inputs, network losses), the efficient use of the water resource (reuse, energy recovery, materials first and biofuels), minimization of water scarcity and drought. In water monitoring ICT will determine a quantum leap with

the use of the smart meter that will allow two-way exchange of information between the operator and user. In the field of water treatment preferences will be given to technologies with low environmental impact, in terms of space occupied, sludge production and odor emissions, to maximize the recovery of energy, nutrients and biofuels. Anaerobic treatments should be encouraged as well as new technologies, such as those involving the use of "microbial fuel cells", which, in dealing with waste, do not consume but produce energy. Innovative sensor systems must be developed to monitor the pollution loads conveyed to the sewer system and, through the operations of combined sewage overflows, to the water bodies and acquire data on the transport of dangerous and emerging pollutants (pharmaceuticals, personal care products, etc.), some widely mobilized within urban and able to induce drug resistance in water bodies.

## References

- [1] OECD (2012), OECD Environmental Outlook to 2050 The Consequences of Inaction, OECD Publishing.  
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- [2] European Innovation Partnership (December 2012) WATER STRATEGIC IMPLEMENTATION PLAN
- [3] European Commission (2012) The blueprint to Safeguard Europe's Water resources Communication from the Commission, COM(2012)673.
- [4] European Environment Agency (2012) Water Resources in Europe in the context of vulnerability - EEA 2012 state of water assessment. EEA Report / No 11/2012.
- [5] McCarty P.L., Bae J., Kim J.(2011) Domestic Wastewater Treatment as a Net Energy producer Can This be Achieved. Environ. Sci. Technol. 45, 7100–7106.

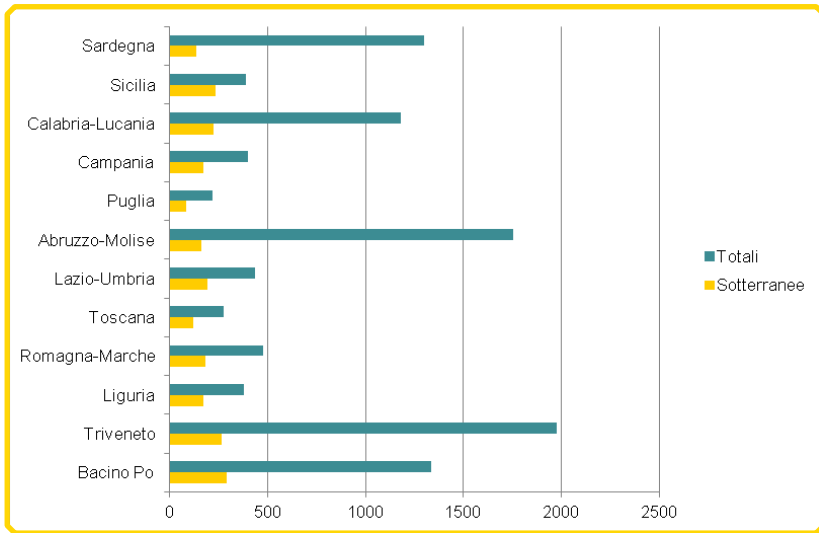


Fig. 1. Risorse idriche disponibili in Italia per compartimento idrografico (m3/anno pro-capite)

Fig. 1. Available water resources in Italy for compartment basin (m3/year per capita)

Fonte: Quaderno CNR - Istituto di Ricerca sulle Acque n. 109, 1999)

Source: Quaderno CNR - Istituto di Ricerca sulle Acque n. 109, 1999)



Fig. 2. La secca del Po dell'estate 2015

Fig. 2. The low flow of the Po in the 2015 summer

Fonte: <http://www.repubblica.it/ambiente/2015/07/21/news/mantova-119499025/>

Source: <http://www.repubblica.it/ambiente/2015/07/21/news/mantova-119499025/>





## MA LE ACQUE REFLUE SONO UN RIFIUTO?

ANTONIO LOPEZ<sup>1</sup>

*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca Sulle Acque*

Comunemente si considera “rifiuto” tutto ciò che è privo di valore e utilità e che perciò deve essere eliminato o smaltito. Tuttavia, in campo ambientale, spesso viene erroneamente considerato “rifiuto” anche ciò che conserva ancora un contenuto residuo di materie, sostanze ed energia potenzialmente riutilizzabile.

Un esempio è fornito dagli scarichi liquidi (reflui) prodotti da insediamenti urbani o industriali che da sempre vengono considerati “rifiuti” di cui sbarazzarsi, limitandosi, nel migliore dei casi, a rimuoverne gli inquinanti in impianti di depurazione, spesso costosi e poco sostenibili sul piano energetico ed ambientale [1].

Più recentemente, un crescente numero di studi ha però dimostrato che nei reflui urbani, e in misura maggiore in quelli industriali, è presente un potenziale contenuto di materia ed energia che se fosse recuperato renderebbe la gestione degli impianti di depurazione autosufficiente sul piano energetico e, in alcuni casi, potrebbe addirittura consentire una produzione netta di energia.

Questa constatazione, in un periodo indiscutibilmente caratterizzato da una crescente preoccupazione per il continuo aumento del costo delle materie prime ed il progressivo depauperamento delle risorse naturali, sta modificando l’obiettivo da perseguire negli impianti di “depurazione” che dalla semplice “rimozione di inquinanti” si sta gradualmente trasformando in “recupero di materia, acqua e altre risorse”.

Per poter conseguire un tale obiettivo tutta la comunità scientifica è impegnata a sviluppare specifici processi innovativi e sostenibili.



Tra questi, particolare interesse destano quei processi elettrochimici (Microbial Fuel Cells) che sfruttando la capacità di alcuni microrganismi di trasformare inquinanti e/o substrati organici in  $\text{CO}_2$  ed acqua, ed utilizzando elettrodi solidi, consentono di generare corrente elettrica e/o prodotti ad elevato contenuto energetico quali idrogeno ( $\text{H}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) direttamente dal trattamento depurativo delle acque reflue [2, 3].

Grande attenzione è anche rivolta alla possibilità di accoppiare il trattamento depurativo (in particolare di reflui agro-industriali) alla produzione di polimeri biodegradabili (ad esempio i poliidrossialcanoati o PHA) da impiegare in sostituzione delle plastiche tradizionali, sfruttando la capacità di alcuni microrganismi di accumulare tali polimeri se coltivati in appositi bioreattori in condizioni specifiche e controllate (Fig.1) [4].

Infine, considerate le previsioni negative sulla disponibilità di risorse idriche naturali, in conseguenza delle recenti variazioni climatiche, e di sostanze minerali quali ad es. fosforo, rinnovato interesse stanno ricevendo processi sviluppati tempo fa, ma allora trascurati, che consentono di procurarsi risorse idriche addizionali, ossia ottenere reflui depurati i cui standard di qualità siano tali da consentirne un riutilizzo e/o riuso in vari settori (Fig. 2), nonché nutrienti di elevato valore quali azoto e fosforo (Fig. 3) [5, 6].

## ARE WASTEWATER REALLY WASTES?

We commonly consider “waste” all that is of no value and utility and therefore must be removed or disposed of. However, in the environmental field, it is often mistakenly considered “waste” also what still has a residual content of materials, substances and energy potentially reusable.

An example is provided by municipal or industrial wastewaters that have always been regarded as “wastes” to be disposed of after appropriate purification, most frequently relying on high energy-intensive and non-sustainable technologies [1].

However, more recently, a growing number of studies has shown that in municipal wastewater, and to a greater extent in the industrial ones, there is a potential content of matter and energy that if recovered would make the management of the wastewater treatment plants self-sufficient in energy and, in some cases, it could even allow a net production of energy.

This finding, in a period unquestionably marked by growing concern about the rising cost of raw materials and gradual depletion of natural resources, is changing the goal to be pursued at wastewater treatment plants that from the simple “removal of pollutants” it’s now gradually turning into “recover of material, water and other resources.”

In order to achieve such a new goal, the entire scientific community is committed to developing innovative processes specific and sustainable. Among them, great consideration has been recently paid by the scientific community to microbial electrochemical systems, i.e. a group of technologies among which the Microbial Fuel Cells, based on the newly recognized capability of environmental microorganisms to oxidize (waste) organic substrates (to carbon dioxide and water) with a solid electrode serving as direct electron acceptor, thereby giving

the opportunity to generate electricity (or other energy carriers derived thereof such as  $H_2$  and  $CH_4$ ) directly from wastewater treatment [2, 3]. Remarkable attention is also being given to the possibility to couple wastewater treatment (particularly agro-industrial wastes) to the production of biodegradable polymers (e.g., PHA = polyhydroxyalkanoates), which could replace petroleum-based plastics. This exciting opportunity takes advantage of the ability of certain microorganisms to accumulate intracellularly these biopolymers if grown in bioreactors operated under highly dynamic conditions [4], see Fig. 1.

Finally, considering the negative consequences of the occurring climatic changes on water resources availability as well as the expected future disappearance of mineral chemicals (e.g. phosphorus), renewed interest are now receiving processes developed time ago (but then disregarded) aimed at getting additional water resources, i.e. at obtaining purified wastewater whose quality standards allow their reuse or recycle (see Fig. 2), as well as at recovering from wastewaters valuable nutrients such as nitrogen and phosphorus, see Fig. 3 [5, 6].

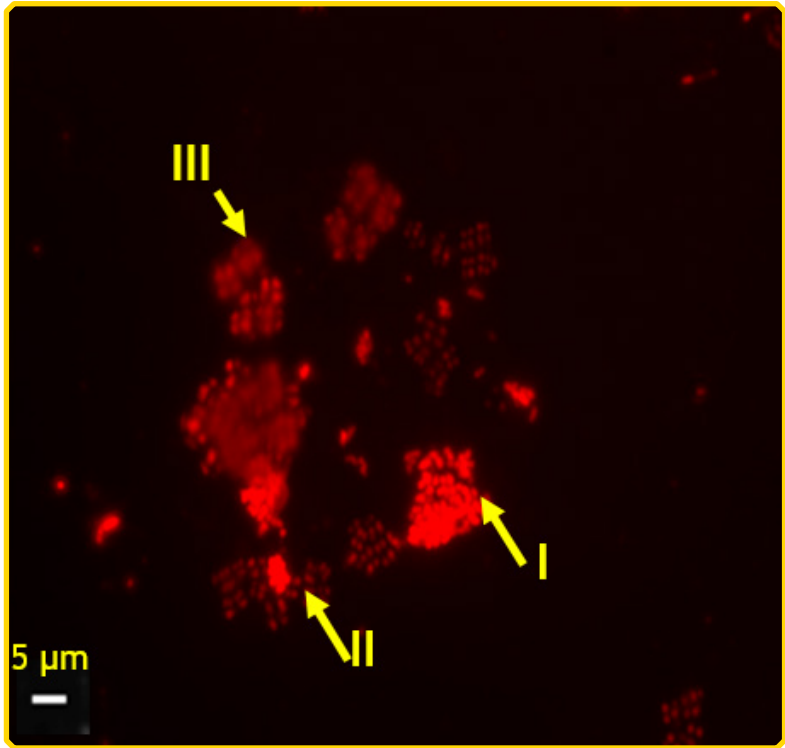


Fig. 1. Inclusioni di PHA all'interno di batteri evidenziate con colorazione e microscopia in epifluorescenza

Fig. 1. Colored inclusions of PHA inside bacteria highlighted by epifluorescence microscopy



Fig. 2. Campo di finocchi irrigato con acque reflue depurate, mediante processi a membrana, provenienti dal depuratore municipale di Cerignola (FG)

Fig. 2. Field of fennels irrigated with membrane-filtered wastewater coming from the Municipal Wastewater Treatment Plant of Cerignola town (S. Italy)



Fig. 3. Fertilizzante ( $MgNH_4PO_4$ ) ottenuto dal recupero di  $NH_4$  e  $PO_4$  da reflui urbani del depuratore municipale di Bari Occidentale mediante un processo (RIM-NUT) sviluppato dal CNR-IRSA. Nel riquadro in basso a sinistra, una confezione commerciale dello stesso fertilizzante, denominato MAGAMP, prodotto industrialmente a partire da sostanze chimiche pure

Fig. 3. Solid fertilizer ( $MgNH_4PO_4$ ) obtained by recovering  $NH_4$  e  $PO_4$  from wastewater coming from the Municipal Wastewater Treatment Plant of west-Bari town (S. Italy) by the RIM-NUT process developed at CNR-IRSA. In the box at the left corner, the commercial form of the same fertilizer, marketed with the name of MAGAMP (3 US\$/kg), but produced by pure chemicals

## References

- [1] Logan B.E., Regan J.M. (2006) Microbial fuel cells: challenges and applications. *Environ Sci Technol* 40: 5172-5180.
- [2] Harnisch F., Aulenta F., U. Schröder U. (2011) Microbial Fuel Cells and Bioelectrochemical Systems: Industrial and Environmental Biotechnologies Based on Extracellular Electron Transfer, In: *Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*, Ed. Murray Moo-Young, Academic Press, Burlington, 2011, 643-659.
- [3] Villano M., Aulenta F., Majone M. (2012) Perspectives of biofuels production from renewable resources with bioelectrochemical systems. *Asia-Pac J Chem Eng* 7 (Suppl. 3): S263-S274.
- [4] Morgan-Sagastume F., Valentino F., Hjort M., Cirne D., Karabegovic L., Gerardin F., Johansson P., Karlsson A., Magnusson P., Alexandersson T., Bengtsson S., Majone M., Werker A. (2014) Polyhydroxyalkanoate (PHA) production from sludge and municipal wastewater treatment. *Wat Sci Technol* 69: 177-184.
- [5] Lopez A., Pollice A., Laera G., Lonigro A., Rubino P. (2010) Membrane filtration of municipal wastewater effluents for implementing agricultural reuse in Southern Italy. *Water Science and Technology: Water Supply*, 62.5, 1121-1128.
- [6] Liberti L., Limoni N., Lopez A., Passino R., Boari G. (1986) The 10 m<sup>3</sup>/h RIM-NUT demonstration plant at west Bari for removing and recovering N and P from wastewater, *Water Research* 20, 735-739.



# L'ELETTRICITÀ DAI BATTERI NELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE MILANO-NOSEDO SITO NELLA "VALLE DEI MONACI"

PIERANGELA CRISTIANI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ricerca sul Sistema Energetico – RSE SpA*

Chi avrebbe scommesso sulla possibilità di utilizzare i batteri come "elettricisti" per produrre energia elettrica, e per giunta dai reflui fognari? La civiltà dei nostri nonni ci ha insegnato a non scartare niente, poiché da ogni rifiuto può nascere un prodotto buono, per noi o per qualcun altro. Questi principi di saggezza "contadina" ritrovano ora una piena validità anche nella società tecnologica più avanzata: si potrà depurare le acque inquinate producendo energia elettrica!

Lo studio dei sistemi "bio-elettrochimici", in cui avviene una sorta di cortocircuito tra elettrodi conduttivi e sostanza organica, ha suggerito la possibilità sfruttare i batteri anche per la produzione di energia elettrica, tramite celle a combustibile "microbiche" [1].

Queste celle, molto diverse dalle "cugine" che funzionano con l'idrogeno, sono ora in fase di sperimentazione a livello di prototipo in diversi laboratori nel mondo e in alcuni impianti di depurazione. Una delle sperimentazioni più promettenti e all'avanguardia è in corso proprio qui a Milano, presso il depuratore Milano-Nosedo [2] (Fig. 1): una realtà industriale perfettamente integrata in un territorio ricco di antiche abbazie e di cultura, non a caso denominato oggi "Valle dei Monaci"[3] (Fig. 2).

I batteri, nel loro piccolo, sono gli umili responsabili del processo di depurazione dell'acqua fognaria e sono gli stessi che degradano le sostanze organiche in natura, ritrasformandole in anidride carbonica



e acqua, praticamente ovunque: nei terreni sotto la lettiera di foglie, in un vaso di fiori, nei sedimenti dei fiumi, nelle acque correnti, nel fondo dei mari e anche in tutti gli altri organismi biologici, in cui si insediano e vivono. E i batteri vivono proprio dappertutto, anche al polo e nelle sorgenti calde e sulfuree!

Nell'ambito del progetto "Luce bioelettrica", promosso da Regione Lombardia e MIUR, i ricercatori di Ricerca sul Sistema Energetico - RSE e dell'Università di Milano, insieme a tre industrie che operano in Lombardia (Elettromar, Amel e Milanodepur), hanno colto la sfida dello sviluppo delle biotecnologie elettrochimiche per diversi ambiti applicativi, comprendendo il disinquinamento di fiumi e laghi, oltre alla depurazione delle acque reflue.

Le maggiori criticità della nuova tecnologia risiedono nella scelta dei materiali e nello studio di geometrie di celle che possano migliorare i rendimenti in termini elettrici. Tuttavia, i risultati fino ad oggi disponibili su scala prototipale confermano la possibile applicazione di sistemi di semplice realizzazione e dal costo relativamente contenuto.

In un futuro sicuramente vicino, in alternativa alla produzione elettrica, altre applicazioni degli stessi sistemi riguarderanno la valorizzazione dei prodotti di scarto in bio-combustibili (vettori di energia) e prodotti chimici di interesse industriale a partire da composti solidi e più complessi dei reflui [4]. Per esempio: fanghi di depurazione, scarti agricoli e alimentari, scarti lignei e cellulósici.

## **MICROBIAL FUEL CELLS AT MILANO-NOSEDO WASTEWATER PLANT, IN THE “VALLE DEI MONACI” FIELD**

Who would have bet on the possibility of using bacteria as “electricians” to produce electricity, and in addition by the sewage? The civilization of our grandparents taught us not to discard anything, because every refusal can produce a good product, for us or for someone else. These principles of “peasant” wisdom find now a full validity even in the advanced technological society: it might be possible to purify polluted water producing electricity!

The study of “bio-electrochemical” systems, where a “short circuit” between electrodes and conductive organic substance takes place, suggested the possibility to exploit the bacteria also for the production of electrical energy, through “microbial” fuel cells.

These cells, very different from the “cousins” that burn hydrogen, are now being tested as a prototype in several laboratories in the world and in few treatment plants. One of the most promising and innovative experimentation is in progress here in Milan, at the wastewater plant Milano-Nosedo (Fig. 1): an industrial facility perfectly integrated in the territory, rich in culture and ancient abbeys, not accidentally called today “Valley of the monks” (Fig. 2).

The bacteria are the humble responsible for the process of water purification from sewage, the same that degrade organic substances in nature, turning them back to carbon dioxide and water, basically everywhere: in the soil under the leaf litter, in a flower pot, in the sediments of rivers, in the water currents, in the bottom of the sea and also in all other biological organisms where the bacteria live. Just anywhere, even at poles, under the ice, and in sulphurous hot springs!

The challenge of the development of electrochemical biotechnology in different fields of application, including the cleaning up of rivers and lakes, as well as wastewater treatment has been taken up by the researchers of Research on Energy System - RSE and the University of Milan, with three industries operating in Lombardy (Elettromar, Amel and Milanodepur), within the project "Bioelectrical light" promoted by the Lombardy Region and MIUR.

The bottleneck of the new technology lies in the choice of materials and in the study of the cell geometry, which currently do not guarantee high electrical gain. However, the results achieved confirm the possible application of the bio-electrochemical technology in prototypes of simple construction and relatively low cost.

In a near future, other applications of similar systems will address the conversion of waste products also into bio-fuels (energy carriers) and chemicals of industrial interest, starting from solid compounds and complex effluents: sewage sludge, agricultural waste and food scraps and wood cellulose, for instance.

## References

- [1] The Microbe Electric: Conversion of Organic Matter to Electricity. Lovely D., in «Current opinion in Biotechnology», Vol. 19, n. 6, pp. 564-571, dicembre 2008.
- [2] E. Martinucci, F. Pizza, E. Guerrini, A. Colombo, S.P.M. Trasatti, A. Lazzarini Barnabei, A. Liberale, P. Cristiani, Energy balance and microbial fuel cells experimentation at wastewater treatment plant Milano-Nosedo. International Journal of Hydrogen Energy, in publishing.
- [3] M. Canella & E. Puccinelli, La Valle dei Monaci, Nexo, Milano, Novembre 1012.
- [4] Rabaey, K., Rozendal, R.A., 2010. Microbial electrosynthesis: revisiting the electrical route for bioproduction. Nat. Rev. Microbiol. 8, 706–716



Fig. 1. Celle a combustibile microbiche in sperimentazione in una vasca di depurazione dell'impianto Milano-Nosedo.

Fig. 1. Microbial fuel cells during an experimentation in a tank of the wastewater plant Milano-Nosedo



Fig. 2. L'impianto di depurazione Milano-Nosedo. Sito a sud di Milano, al centro del Parco della Vettabbia (Valle dei Monaci).

Fig. 2. The Milano-Nosedo wastewater plant, located in the south of Milano, in the middle of the Vettabbia Parch (Valle dei Monaci).



# IRRIGAZIONE ED EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA

CLAUDIO GANDOLFI<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali*

L'irrigazione è il maggiore utilizzatore d'acqua a livello mondiale; variazioni percentualmente piccole dell'uso irriguo possono quindi modificare sostanzialmente la disponibilità di risorse per altri usi, in particolare per quelli legati alla tutela dell'ambiente e degli ecosistemi. È quindi necessario implementare politiche di gestione dell'irrigazione molto efficienti e fortemente integrate con quelle di tutti gli altri usi delle risorse idriche. Ancor prima è però necessario riflettere su cosa si debba intendere per efficienza dell'irrigazione.

L'irrigazione di un determinato territorio consiste essenzialmente nel prelevare un volume d'acqua da un corpo idrico per applicarlo sulle superfici coltivate con la finalità di mantenere condizioni di umidità del suolo favorevoli per la produttività delle colture presenti. È pertanto spontaneo pensare al rapporto tra il volume d'acqua effettivamente utilizzato dalle colture e il volume totale derivato come misura dell'efficienza. In realtà la questione non è così semplice per vari motivi, di cui esaminiamo brevemente solo i due principali.

Il primo è che non tutte le perdite d'acqua sono uguali. Le perdite per percolazione dai campi dove si applicano pratiche irrigue ed agronomiche scadenti, determinando flussi di nutrienti e di agrofarmaci verso la falda acquifera, sono evidentemente un esempio di perdite d'acqua indesiderabili. Viceversa, le perdite dal fondo e dalle sponde di canali irrigui, se sono funzionali al mantenimento della qualità ecologica dei canali stessi e costituiscono una fonte di ricarica della falda, sono tutt'altro che negative. Si tratta perciò di due tipi di perdite

ben diversi, che non è corretto assimilare. Secondo molti ricercatori e tecnici è necessario distinguere le aliquote che producono un effetto benefico (acqua utilizzata direttamente dalle colture, flussi di ricarica della falda, etc.), da quelle che invece hanno conseguenze negative (evaporazione dal suolo, mobilitazione di inquinanti, etc.). La riduzione o l'eliminazione delle perdite non benefiche costituisce un incremento dell'efficienza a tutti gli effetti, mentre per quelle benefiche è necessario valutare di volta in volta se una loro riduzione è realmente desiderabile.

Il secondo rilevante motivo per cui parlare di efficienza nel caso dell'irrigazione richiede particolare attenzione è che il suo valore può cambiare al variare della scala spaziale a cui si fa riferimento. Ad esempio, la quantità di acqua necessaria per irrigare un singolo campo coltivato a riso – una delle colture più idroesigenti - si può ridurre di oltre due volte se si passa dalla classica sommersione continua a una sommersione intermittente, con un raddoppio dell'efficienza. Quella che viene ridotta è però una perdita che spesso è benefica (la ricarica della falda) e, se la modifica del metodo irriguo non riguardasse un singolo campo, ma tutti gli agricoltori di una zona risicola decidessero di adottarla, alcune conseguenze negative sarebbero inevitabili.

In definitiva, le azioni mirate ad incrementare l'efficienza dell'irrigazione sono del tutto auspicabili, ma devono basarsi su due presupposti fondamentali: la conoscenza dello stato delle risorse idriche e dei loro usi, in tutti i loro aspetti; una chiara definizione degli obiettivi degli interventi e una loro accurata pianificazione e coordinamento, dalla scala di campo fino a quella di bacino idrografico. Al fine di facilitare queste valutazioni, il Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università di Milano, ha sviluppato il modello matematico IDRAGRA, in grado di simulare l'intero insieme di processi coinvolti nell'uso irriguo delle acque a scala territoriale, dal prelievo dai corpi idrici superficiali

e sotterranei fino all'applicazione su campo e all'utilizzo da parte delle diverse colture (Fig. 1). Attraverso il modello è possibile valutare sia l'efficienza dell'uso irriguo delle acque in un territorio nelle condizioni correnti, sia prevedere gli effetti sulle risorse idriche e sulle produzioni agrarie di interventi sui sistemi di irrigazione, di variazioni delle colture praticate o di mutamenti delle condizioni climatiche.



## IRRIGATION AND WATER USE EFFICIENCY

Irrigation is the largest user of water worldwide; small variations in irrigation can then modify substantially the availability of resources for other uses, in particular for those related to the protection of the environment. It is therefore necessary to implement irrigation management policies that are very efficient and highly integrated with those of all other uses of water resources. Even before, it is necessary to consider what is meant by irrigation efficiency.

The irrigation of a given territory consists essentially of the withdrawal of a volume of water from a water body to apply it on the cultivated areas, with the purpose of maintaining soil moisture conditions favourable for the productivity of the crops. Therefore, it appears natural to think to the ratio between the volume of water actually used by crops and the total diversion as a measure of efficiency. However, the issue is not so simple for various reasons, of which we shall briefly mention only the two most important.

The first is that not all the water losses are equal. Percolation losses from fields where irrigation and agronomic practices are poor, triggering the transport of nutrients and pesticides to the groundwater, are clearly an example of undesirable water losses. Conversely, losses from the bottom and from the banks of irrigation canals, if they are functional to the maintenance of the ecological quality of the canals and are a source of clean groundwater recharge, are anything but negative. These two types of losses are very different and should not be assimilated. According to many scientists, it is necessary to distinguish the losses that produce beneficial effects (water used directly by the crops, flows of groundwater recharge, etc.) from those that instead have negative consequences (evaporation from the soil, transport of pollutants, etc.). The reduction or elimination of the non-beneficial losses increases

efficiency in all respects, while for beneficial losses it is necessary to assess specifically if reducing them is actually desirable.

The second important reason why talking about efficiency in the case of irrigation requires particular attention is that its value can change when different spatial scales are considered. For example, the amount of water required to irrigate a single field cultivated with rice – one of the crops with the highest water requirement - can be reduced by more than two times if by shifting from the classic continuous submergence to an intermittent irrigation practice, with a doubling of the efficiency. What is reduced, however, is a loss that is often beneficial (groundwater recharge) and, if the change of irrigation method does not involve a single field, but all the farmers in a rice-growing area decide to adopt it, some negative consequences would be inevitable.

Ultimately, the actions aimed at increasing irrigation efficiency are entirely desirable, but they should be based on two fundamental prerequisites: the knowledge of the state of water resources and of their uses, in all the aspects; a clear definition of the objectives of the actions and measures and their careful planning and coordination, from the field scale up to the river basin scale. In order to facilitate these evaluations, the Department of Agricultural and Environmental Sciences, University of Milan, developed the mathematical model IDRAGRA that allows simulating the entire set of processes involved in the use of irrigation water on a district scale, from the withdrawal from surface and ground-water bodies to the field application and to the use by the different crops (Fig. 1). Through the model, one can both evaluate the efficiency of irrigation under the present conditions, and predict the effects on water resources and on crop productions of actions and measures on irrigation systems, of variations in crops grown or of changes in climate conditions.

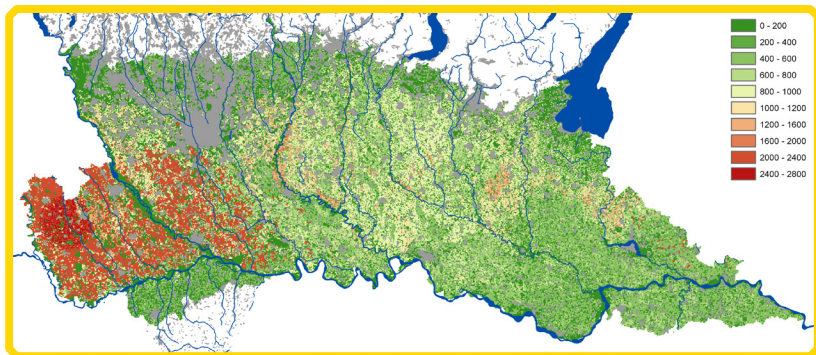


Fig. 1. Mappa dei fabbisogni irrigui medi al campo durante la stagione irrigua (maggio-settembre) in regione Lombardia (anni tra il 1993 e il 2005); i valori (mm) sono stati stimati con il modello IDRAGRA, tenendo conto delle caratteristiche locali dei suoli, delle colture e delle variabili meteorologiche

Fig. 1. Map of the average irrigation water requirements during the agricultural season (May-September) in the Lombardia region (year from 1993 to 2005); values were estimated with the IDRAGRA model, accounting for local soil and meteorological characteristics and crops grown



## **UNO SGUARDO DALLO SPAZIO: TELERILEVAMENTO E TECNOLOGIE SMART PER L'AGRICOLTURA E L'AMBIENTE**

DANIELA STROPPIANA<sup>1</sup> ED ENRICO ZINI<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente*

*<sup>2</sup>Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA Lombardia)*

Il monitoraggio dell'ambiente e delle sue componenti è alla base della gestione sostenibile del territorio e delle sue risorse. L'agricoltura, e le attività ad essa connesse, ha un ruolo centrale nel modificare il territorio e nello sfruttamento delle risorse ambientali. La Lombardia è la prima regione agricola italiana le cui attività coprono il 69% del territorio; il settore ha un ruolo chiave per la rilevanza economica e nell'ambito della riqualificazione e protezione del territorio e delle sue risorse naturali, e per la valorizzazione delle realtà e dei prodotti locali. Il settore agroalimentare ha anche un ruolo molto importante per il turismo ed i temi al centro di EXPO2015 ne sono la dimostrazione. In questo quadro vario e complesso, l'agricoltura sostenibile ha come obiettivo lo sviluppo di tecniche di produzione che rispettino l'ambiente e riducano l'impatto, migliorando la qualità dei prodotti e mantenendo vantaggiosa l'attività per gli operatori del settore. Questi obiettivi possono essere raggiunti grazie all'innovazione tecnologica che permette l'ottimizzazione dell'uso delle risorse a partire dalla conoscenza aggiornata dello stato e dello sviluppo delle colture. Punto di partenza è quindi il monitoraggio dei sistemi colturali, ambito di applicazione delle tecniche di Osservazione della Terra (remote sensing). Il telerilevamento, da piattaforme satellitari, aeree, o UAV (Unmanned Aerial Vehicles), permette di raccogliere dati utili

su tipo di coltura, fenologia, vigore e presenza di condizioni di stress (nutrizionali, idrici) con una visione sinottica e frequenti osservazioni che integrano le tradizionali osservazioni in situ. I dati satellitari, in particolare, sono stati utilizzati con successo per il monitoraggio agricolo sin dal lancio dei primi satelliti di osservazione della terra nei primi anni 70 [1, 2]. Le nuove tecnologie, Applicazioni Smart e tecnologie Web 2.0, possono inoltre supportare la raccolta di dati in situ per renderli più affidabili, sistematici, e disponibili in real-time. In questo ambito si inserisce il progetto "Space4Agri-Sviluppo di Metodologie Aerospaziali Innovative di Osservazione della Terra a Supporto del Settore Agricolo in Lombardia", finanziato da Regione Lombardia. Il progetto si articola su tre ambiti per l'utilizzo delle principali tecnologie innovative a disposizione di un sistema integrato di monitoraggio: dalle osservazioni satellitari per il monitoraggio dello sviluppo e dello stress idrico delle colture all'utilizzo dei droni per applicazioni di agricoltura di precisione integrati con rilievi in situ resi disponibili tramite Smart App. Il geo-portale sviluppato nel progetto rende le informazioni, spazializzate ed aggiornate, disponibili sia all'utente privato che pubblico. Il geo-portale, in conformità con gli Standard OGC, permette la visualizzazione di dati geografici resi pubblici da Regione Lombardia quali, per esempio, i database sull'uso agricolo del suolo (SIARL).

## **A GLANCE FROM SPACE: REMOTE SENSING AND SMART TECHNOLOGIES FOR AGRICULTURE AND THE ENVIRONMENT**

Monitoring the environment and its components is the basis for the management of the landscape and natural resources. Agriculture, and human activities connected to the agriculture sector, has a key role in shaping the landscape and exploiting environmental resources. Lombardy is the major Italian agricultural region with 69% of the territory covered by agricultural activities; this sector has large economic relevance, it is important for the requalification of the landscape and the protection of the territory and natural resources, as well as for the promotion of local products. Moreover, the agri-food sector has impacts on tourism as clearly shown by the topics addressed by EXPO2015. All these elements built a very complex framework where sustainable agriculture aims at developing technologies for a crop production able to respect the environment and reduce negative impacts of agriculture, by, at the same time, improving the quality of the products and maintaining profitable the activity for farmers. These objectives can be achieved also thanks to new technologies aiming at improving the use of natural resources by relying on up to date knowledge of crop status and development (i.e. monitoring activity). Earth Observations (EO) (remote sensing) from satellite, aerial and UAV (Unmanned Aerial Vehicles) platforms, are a unique source of data/information on crop distribution, phenology, vigour, and on the occurrence of stress conditions with a synoptic view over large areas and frequent observations during the season. Satellite data, in particular, have been successfully exploited since the early '70s [1, 2]. Moreover, innovative technologies, such as Smart Applications and Web 2.0, can support in situ data collection by making them reliable, systematic and available in near real-time. In

this framework, the “Space4Agri-Sviluppo di Metodologie Aerospaziali Innovative di Osservazione della Terra a Supporto del Settore Agricolo in Lombardia” project has been funded by Regione Lombardia to develop methodologies for processing EO data for crop monitoring. The project’s three domains aim at exploiting innovative technologies available for an integrated crop monitoring system: from satellite data for assessing crop distribution, development and water stress, to UAVs for precision agriculture applications and Smart Apps for in situ data collection. The geo-portal developed in the project’s framework makes geographic and up to date information quickly available to both private and public users. The geo-portal, developed with OGC standards, allows the user also to visualize geographic databases made public by Regione Lombardia, such as the annual map of agricultural land use (SIARL).

## References

- [1] Becker-Reshef, I.; Vermote, E.; Lindeman, M.; Justice, C. A generalized regression-based model for forecasting winter wheat yields in Kansas and Ukraine using MODIS data. *Remote Sens. Environ.* 2010, 114(6), 1312-1323.
- [2] Atzberger, C. Advances in remote sensing of agriculture: Context description, existing operational monitoring systems and major information needs, *Remote Sens.* 2013, 5(2), 949-981.



# AZOTO REATTIVO: MISURARE, MODELLIZZARE E PROGETTARE LA GESTIONE DELLE GRANDI COLTURE

MARCO ACUTIS<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia*

Il problema dell'inquinamento da azoto è considerato il terzo grande problema a scala planetaria, dopo la perdita di biodiversità e il cambiamento climatico [1]. L'azoto è però anche il fattore principale che ha consentito i più rilevanti incrementi di produttività delle colture agrarie. Dato il suo eccessivo utilizzo, l'azoto è diventato un problema ambientale anche coinvolgente la salute umana. L'eccesso di azoto ha danneggiato: 1) gli ecosistemi acquatici attraverso l'eutrofizzazione delle acque superficiali e causando degrado della qualità delle acque di falda, 2) l'atmosfera per le emissioni di gas a effetto serra ( $N_2O$ ) e di ammoniaca contribuendo alle piogge acide e alla formazione di particolato e 3) l'ecosistema suolo, alterando i cicli biologici del carbonio e dell'azoto stesso. Tuttavia i fertilizzanti azotati sia organici sia minerali giocheranno un ruolo sempre più importante nell'incrementare le rese aziendali e sono essenziali per far fronte alle esigenze di una popolazione mondiale in crescita, in concomitanza con una riduzione delle terre coltivate per la desertificazione o dell'abbandono e rinaturalizzazione di aree a produttività troppo bassa.

Presso il Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università di Milano si è sviluppato il modello matematico ARMOSA (Allestimento di una Rete per il MONitoraggio dei rilasci di nitrati dai Suoli Agricoli) [2] in grado di stimare non solo le produzioni agrarie, ma anche l'impatto



ambientale dei sistemi colturali. Il modello richiede la conoscenza dei dati meteorologici giornalieri, delle principali caratteristiche del suolo e delle caratteristiche della gestione delle coltivazioni (irrigazione, fertilizzazioni, lavorazioni etc.). Il modello è stato validato su dati sperimentali di produzione, concentrazione di azoto nel terreno e lisciviazione dati acquisiti con avanzate tecnologie di monitoraggio in campi di diverse aziende per un periodo che ha ormai superato i 10 anni, dimostrando eccellenti capacità predittiva delle variabili di interesse agroambientale [3]. Questo modello può quindi essere utilizzato per la valutazione di scenari di modificazione di tecniche colturali per valutare a priori l'introduzione di nuove tecnologie [4]. Inoltre, il modello è applicabile anche per la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici utilizzando i dati meteorologici previsti dagli scenari climatici. Le applicazioni di ARMOSA hanno consentito: 1) di collaborare alla definizione delle aree vulnerabili per i nitrati in falda, 2) di ottenere una deroga rispetto al tetto massimo di azoto organico fissato dalla direttiva nitrati dimostrando che sono realizzabili sistemi colturali che, anche in presenza di maggiori quantitativi di azoto organico in input, rilasciano pochissimo nitrato in falda, 3) di stimare gli incrementi di sostanza organica nel suolo applicando tecniche di agricoltura conservativa, e 4) di predire le produzioni di mais e il relativo impatto ambientale in periodi futuri.

## **REACTIVE NITROGEN IN AGRICULTURE: MEASURES, MODELS AND FIELD CROP MANAGEMENT**

Nitrogen (N) pollution is considered the third largest threat to our planet after biodiversity loss and climate change [1]. Even if nitrogen could be considered the main factor for increasing agronomic yields at the field scale, nitrogen, due to its excessive usage became an issue for environmental and human health. Excess of nitrogen affects 1) aquatic systems (e.g. eutrophication of surface water and degradation of drinking water quality), 2) the atmospheric environment (e.g. increased greenhouse gas emissions as  $N_2O$ , ammonia emissions with formation of air particulate matter and acid rain) and 3) the soil ecosystem (e.g. altering the biologically mediated carbon and N cycles). Nevertheless, organic and mineral N fertilizers, like all factors that contribute to increased farm yields, are essential to face the rise in food requirements for a growing world population coupled with the reduction in agricultural land due to desertification and re-naturalization of low-productivity areas. At the Department of Agricultural and Environmental Sciences of the University of Milano a mathematical model called ARMOSA (network for monitoring N release from agricultural soils) was developed. The model is able to estimate agricultural yields and the environmental impacts of agricultural systems. The ARMOSA model needs as input the daily meteorological data, main soil characteristics and information on crop management (dates, type and amount of fertilizer application and irrigation). ARMOSA model has been validated on a large data set of experimental data measured with advanced technologies at field scale in Lombardy farms for over 10 years, demonstrating very good capability of predicting the main variables concerning the crop performances

and the environmental impact [3]. Consequently, the model has been used to evaluate globally scenarios of change of crop management and the effects of introduction of new technologies [4]. Moreover, the model is suitable for the analysis of climate change effects using the meteorological data predicted for future scenarios, e.g. the ICCP ones. ARMOSA application allowed to: 1) giving information for the delimitation of the areas sensitive to groundwater nitrate pollution, 2) to obtain for the Po Valley regions a derogation respect to the EU nitrate directive, demonstrating the possibility to set up cropping systems with very low nitrate leaching also with high organic input, 3) to estimate the increase of soil organic matter under conservation agriculture and 4) to predict Maize and other crops yield together with their environmental impact in far and next future.



Fig. 1. La strumentazione per le misurazioni di flussi di ammoniaca e protossido di azoto.

Fig. 1. Equipment for Ammonia and nitrogen protoxyde emission fluxes measure

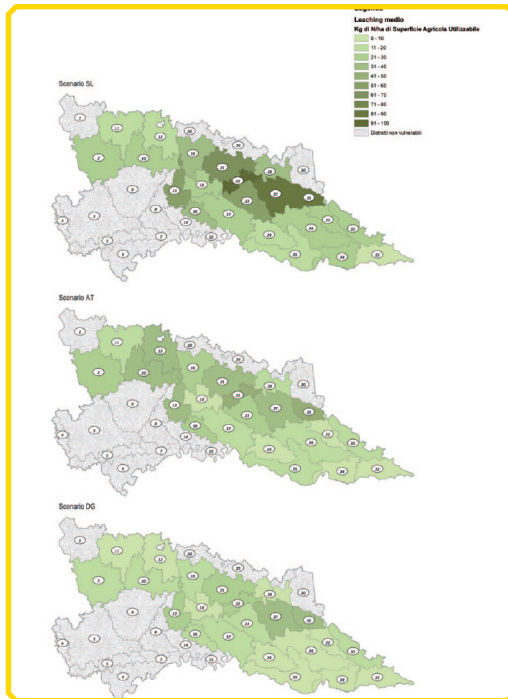


Fig. 2. Esempio di applicazione di ARMOSA a scala territoriale per il confronto di scenari relativamente alla lisciviazione dei nitrati (SL= scenario senza limitazioni di N organico, AT= limitazione a 170 kg ha<sup>-1</sup> di azoto organico, DG= limitazione a 250 kg ha<sup>-1</sup> di azoto organico,)

Fig. 2. Example of application of ARMOSA model at territorial scale, for comparison of different scenarios on nitrate leaching (SL= unlimited application of organic nitrogen, AT= limitation of organic nitrogen at 170 kg ha<sup>-1</sup> , DG= limitation of organic nitrogen at 250 kg ha<sup>-1</sup>

## References

- [1] Giles, J., 2005. Nitrogen study fertilizes fears of pollution. *Nature* 433 (February), 791, doi:10.1038/433791a.
- [2] Perego, A., Giussani, A., Sanna, M., Fumagalli, M., Carozzi, M., Alfieri, L., Brenna, S., Acutis, M., 2013. The ARMOSA simulation crop model: Overall features, calibration and validation results. *Italian Journal of Agrometeorology* (3) PP. 23 – 38.
- [3] Perego A., Basile A., Bonfante A., De Mascellis R., Terribile F., Brenna S., Acutis M., 2012. Nitrate leaching under maize cropping systems in Po Valley (Italy). *Agric., Ecosyst. and Envir.* 147, 57-65.
- [4] Perego A., Giussani A., Fumagalli M., Sanna M., Chiodini M., Carozzi M, Alfieri L., Brenna, S., Acutis M., 2013. Crop rotation, fertilizer types and application timing affecting nitrogen leaching in nitrate vulnerable zones in Po Valley. *Italian Journal Of Agrometeorology-Rivista Italiana Di Agrometeorologia*, 18 Issue: 2, 39-50.



## DAI SENSORI AL RACCOLTO CON LA MATEMATICA

ANTONELLA BODINI<sup>1</sup>, ENRICO MARCHESINI<sup>2</sup>, SARA PASQUALI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche*

<sup>2</sup>*AGREA Centro Studi s.r.l.*

Ha avuto risonanza persino sui quotidiani nazionali, ad inizio anno, l'invenzione di un drone<sup>1</sup> per svolgere funzioni agronomiche, quali il monitoraggio e lo spargimento di concimi e di fitofarmaci, che tradizionalmente impiegano anche qualche decina di operai. Si tratta dell'ultimo esempio dello sviluppo sempre più massiccio della cosiddetta "agricoltura di precisione", in cui alle macchine tradizionali si affiancano sistemi intelligenti che permettono di svolgere in modo automatico, mirato ed ottimizzato interventi agronomici che, usualmente, richiederebbero un massiccio investimento di tempo e di risorse, economiche ed umane.

L'introduzione delle tecnologie in agricoltura non soltanto rappresenta la risposta alla richiesta del mondo produttivo di innovazioni in grado di apportare sostanziali miglioramenti nella crescita qualitativa e quantitativa dei raccolti, ma fornisce anche la maniera per farlo in accordo con le richieste legislative di riduzione dell'impiego di fertilizzanti, antiparassitari e di energia.

Nel panorama delle coltivazioni, la vite è carica di storia e di simbologia. E tutti conosciamo l'importanza del vino per la nostra economia! Da una conduzione di tipo familiare si è passati alla scala industriale, che ha richiesto l'adozione di attrezzature meccaniche in grado di gestire l'ampliamento delle superfici, dando la priorità ad una

---

<sup>1</sup>Fonte: Il FattoQuotidiano.it, 28.01.2015.

gestione basata sui bisogni dell'azienda e non del singolo vigneto, o addirittura, della singola pianta. La viticoltura di precisione permette di tornare alla cura della singola pianta pur mantenendo come obiettivo finale l'ottimale gestione dell'azienda. È in grado, per esempio, di tener conto della diversa esposizione dei filari, o delle diversità nella composizione dei terreni. Tuttavia essa mette in gioco un gran numero di dati e di informazioni, provenienti dalle fonti più disparate, raccolte direttamente in campo, come in [1], o frutto di elaborazioni informatiche o matematiche. Perché anche la matematica contribuisce a fare il buon vino! E lo fa con modelli matematici in grado di prevedere, per esempio, quando si svilupperanno le larve della tignoletta (*Lobesia botrana*), [2], che arrecano gravi danni al raccolto perché si nutrono degli acini, permettendo al viticoltore di intervenire solo quando serve, risparmiando il tempo ed il denaro necessari per il monitoraggio, ed evitando che vengano somministrati trattamenti non necessari. Ma lo fa anche aiutando il viticoltore o il tecnico ad interpretare la mole di informazioni che può ricevere dai sensori e dai modelli matematici alla luce della sua esperienza e di quello che vede nei suoi filari, [3]. E lo fa in maniera coerente e rigorosa, con la Teoria delle Decisioni, indifferente alla stanchezza o al temporale. Comodamente seduti sul divano, semmai esista un viticoltore capace di star seduto sul divano quando i suoi preziosi grappoli possono essere in pericolo.

## FROM SENSORS TO CROP YIELD BY MATHEMATICS

At the beginning of this year, even national newspapers reported that a drone has been developed to carry out agronomic tasks like monitoring, fertilizer and plant protection products (PPPs) spreading<sup>1</sup>, that usually require a great deal of accuracy and several tens of workers. That drone is the last example of the widely increasing development of the so called “precision farming”, where traditional farming equipment is supported by intelligent systems. These latter allow to carry out expensive, time-consuming processes involving substantial human resources by optimizing results while preserving resources.

The introduction of technologies in agriculture not only represents an answer to the production area requests of innovations improving crop yield (quality and quantity), but also provides the way of obtaining such an improvement in accordance with National and European laws and regulations, especially those concerning fertilizers, PPPs and energy consumption reduction.

Among the cultivations, the vine is rich of both history and symbolism. And all of us know the important role of wine in the Italian economy only too well. The evolution from family business to industrial business has required the introduction of agricultural machines able to deal with enlarged field and, in turn, the focus has switched from the vineyard to the farm. By precision farming, however, different exposures and soil compositions in the same farm can be taken into account. In fact, precision farming allows to take care of every single vineyard, and even of every single vine, while still keeping the optimal farm management as the main purpose. However, within precision farming a lot of data and information, coming from completely different sources, should be pooled. Data can directly come from the vineyard, as in [1], or as out-

---

<sup>1</sup>Fonte: IlFattoQuotidiano.it, 28.01.2015.



put from mathematical models. In fact, Mathematics as well can contribute to make an excellent wine! Mathematical models for instance, can predict the development time of the European grapevine moth (*Lobesia botrana*) larvae, [2], hardly damaging grapevines as they feed inside berries and within bunches, which become contaminated with frass (excrement). These model predictions can allow the vine grower to intervene at the right time only, therefore reducing time and money spent for field monitoring, and pesticide use. Moreover, mathematical tools can be used to support vine growers and technicians for a better understanding of all the available information, from sensors and models, based on their own experience, [3]. Decision Theory makes this possible in a rigorous way, regardless of tiredness or rainstorm, comfortably seated on the sofa. If ever you should meet a vine grower comfortably seated on the sofa while his valuable grapevines could be at risk.



Fig. 1. Studi di semi-campo sulla biologia dei fitofagi della vite per la validazione di modelli matematici di previsione (immagine gentilmente fornita da AGREA Centro Studi s.r.l.)

Fig. 1. Laboratory (semi-field) studies about phytophagous biology to validate predicting mathematical models (kindly provided by AGREA s.r.l.)

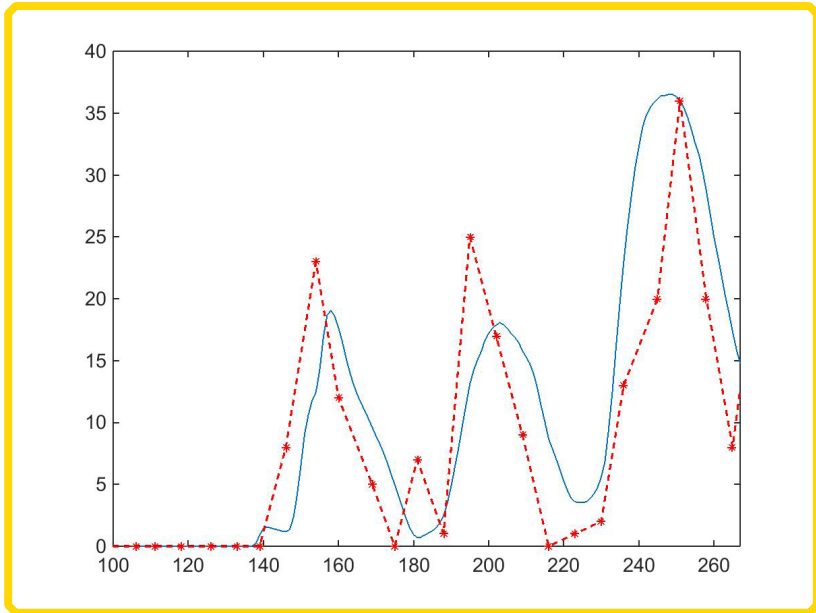


Fig. 2. Numero di larve al mq di *Lobesia botrana* previste dal modello (linea continua nera) a confronto con dati di campo (asterischi).

Fig. 2. Number of larvae/m<sup>2</sup> of *Lobesia botrana* predicted by the model (continuous black line) compared to field-data (red stars).

## References

- [1] Mori N., Marchesini E., 2014. Presenza di *Drosophila suzukii* su uve in fruttai nel Veronese. *L'Informatore Agrario* 27, 53-56 (in Italian).
  
- [2] Gilioli G., Pasquali S., Marchesini E., 2015. A modelling framework for pest population dynamics and management: An application to the grape berry moth, submitted.
  
- [3] Gonzalez-Dominguez E., Caffi T., Bodini A. Galbusera L., Rossi V. (2015) Fuzzy control rules for decision-making about fungicide application against grape downy mildew. In *Proceedings of International Workshop of Fungal Grapevine Diseases*, Eger, Hungary, 29.03/2.04 2015.





## DAL RECUPERO DELLE TRADIZIONI AL RECUPERO DEGLI SCARTI

CLAUDIO TONIN<sup>1</sup>, GIOVANNA SPERANZA<sup>2</sup>, FEDERICA ZACCHERIA<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche,*

*Istituto per lo Studio delle Macromolecole*

*<sup>2</sup>Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Chimica*

*<sup>3</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche,*

*Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari*

Le bioraffinerie, sistemi integrati per la produzione di energia e prodotti chimici da biomasse, giocheranno un ruolo fondamentale nel prossimo futuro grazie al loro potenziale nello sviluppo della sostenibilità sociale, ambientale ed economica.

Il progetto VeLiCa, finanziato da Regione Lombardia, che ha coinvolto quattro istituti del CNR ed il Consorzio Interuniversitario di Biocatalisi ha proposto la reintroduzione di due culture fortemente radicate in Lombardia quali il lino e la canapa capovolgendo però l'approccio alla coltura e quindi abbandonando l'ottenimento di fibra tessile e ideando invece una gamma di prodotti ottenuti da tutte le parti della pianta proprio in accordo con il concetto di bioraffineria.

In particolare è stata studiata la possibilità di utilizzare l'olio sia a scopo nutraceutico, ovvero come additivo alimentare per combattere l'accumulo di colesterolo nel sangue, che industriale, come base per la produzione di biodiesel e oli lubrificanti. La fibra, mescolata con lana di scarto, è invece alla base della produzione di pannelli termo- e fono-isolanti utilizzabili in bio-edilizia [1].

Dai residui di queste due lavorazioni si ottengono i prodotti più pregiati: dal residuo della spremitura dell'olio si ottengono proteine che, dopo idrolisi, costituiscono preziosi ingredienti cosmetici o addirittura

esaltatori di gusto; dallo stelo legnoso, invece, dopo estrazione della fibra si ottengono zuccheri fermentabili ad acido lattico, la base di una interessante e molto richiesta bio-plastica.

Le attività svolte nel corso del progetto ben si inseriscono quindi nell'ambito della ricerca sul concetto di bioraffineria intesa come via di trasformazione sostenibile di biomassa in uno spettro di prodotti commerciabili.

Essa prevede infatti un sistema integrato nel quale tutte le parti della pianta vengono sfruttate per formulare prodotti a diverso valore aggiunto in modo sostenibile dal punto di vista ambientale, sociale ed economico. Il progetto VeLiCa rappresenta inoltre un esempio di creazione di una rete di competenze di ricerca di base che vanno dall'agronomia alla biologia molecolare, dalla catalisi omogenea, eterogenea ed enzimatica alla chimica dei polimeri, dalla formulazione di compositi alla chimica delle sostanze naturali.

I ricercatori coinvolti sono però andati oltre il concetto di coltura dedicata e stanno ora lavorando al concetto di bioraffineria applicato alle produzioni alimentari. Il conflitto food vs feed può essere, quindi, superato applicando il concetto di economia circolare all'agroindustria. Moltissimi scarti della produzione di cibo, paglie, semi, bucce, perfino le piume di pollo, possono essere sfruttati per ottenere prodotti ad alto valore aggiunto quali additivi alimentari e ingredienti cosmetici, ma anche prodotti a minor valore aggiunto ma volumi importanti quali i materiali per la bioedilizia e le bioplastiche [2].

## FROM TRADITION REVIVAL TO WASTE RECOVERY

Biorefineries, integrated systems for the production of energy and chemicals from biomass, are going to play a pivotal role in the next future due to their potential in the development of sustainability.

The VeLiCa project, funded by Regione Lombardia and involving four CNR Institutes and the Italian Biocatalysis Center, proposed to reintroduce hemp and flax, two crops strongly linked to Lombardy tradition. The main focus was to overturn the usual approach to their cultivation and to set aside the main purpose to obtain textile fiber, while planning to prepare a portfolio of different products starting from all the parts of the plants, just according to the biorefinery concept.

In particular the possibility to use the oil for both nutraceutical purposes, as food additive for cholesterol reduction, and for industrial ones, such as the formulation of biodiesel and biolubricants has been studied. The technical fiber, combined with waste wool, is on the other hand the base for the preparation of thermo- and phono-insulating panels used as green building materials [1].

The residues of these two processes were the base for two high added value products: from the oil pressing residue, protein hydrolysates, that are valuable cosmetic ingredients or even taste enhancers, were obtained; from the ligno-cellulosic stems, after fiber extraction, sugars fermentable to lactic acid are obtained, useful for the preparation of an interesting and highly used bioplastic.

The activities developed during the project very well fit with biorefinery driven research, being focused on the sustainable transformation of biomass into a wide spectrum of marketable products.

Thus, the biorefinery approach expects an integrated system exploiting all the parts of the plant in order to obtain products with different added value in a sustainable way from the environmental, social and econom-



ic point of view.

Moreover the project represents an example of expertise network ranging from agronomy to molecular biology, from homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis to polymers chemistry, from composite formulation to natural substances chemistry.

However, the researchers involved have done a step forward with respect to the concept of dedicated crop biorefinery and are now working on the concept of biorefinery applied to agro-industrial productions. The food vs feed conflict can therefore be outmatched by applying the concept of circular economy to agroindustry.

A huge amount of residues coming from the production of food, such as straws, seeds, peels, or even chicken feathers can be exploited for the production of high added value products such as food additives or cosmetic ingredients, but also for the preparation of green building materials or bioplastics, products with less added value but with a significant impact on the market [2].

## References

- [1] I. Galasso, G. Ottolina, N. Ravasio, M. C. Sacchi, G. Speranza, C. Tonin, F. Zaccheria, *Chimica e l'Industria (Milan, Italy)*, 2013, 95(8), 110-114
- [2] L. A. Pfaltzgraff, M. De Bruyn, E. C. Cooper, V. Budarin, J.H. Clark, *Green Chemistry* (2013), 15(2), 307-314

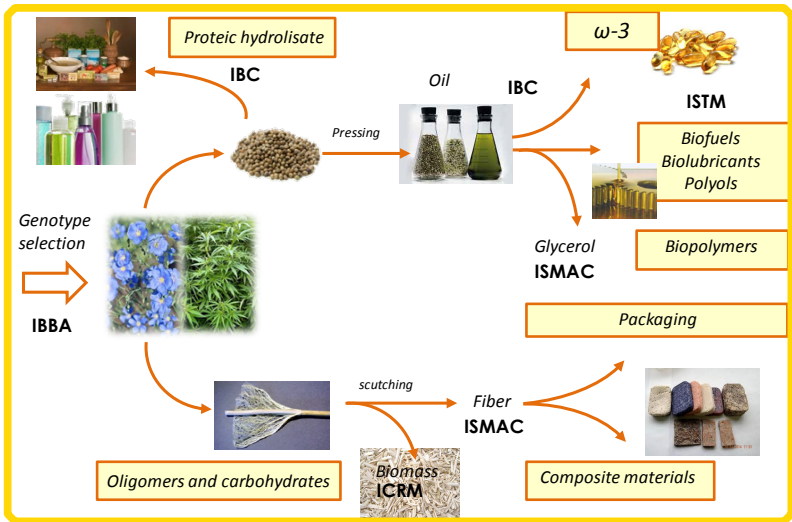


Fig. 1. Schema delle principali attività del progetto VeliCa.

Fig. 1. Outline of the main activities of VeliCa project



Fig. 2. Compositi di fibra di canapa e lana di scarto

Fig. 2. Composites made with hemp fibres and waste wool





## **CORRERE VERSO IL FUTURE... CON CALZATURE RINNOVABILI**

JOSEPH F. STANZIONE, III

*<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Rowan University, Glassboro, NJ, USA*

Richard P. Wool, Ph.D., FRSC, Professore di Ingegneria Chimica e Biomolecolare presso l'Università del Delaware e mio tutore nel corso di Dottorato, ha dedicato la sua carriera professionale a ottenere una comprensione più olistica della scienza dei polimeri, alla produzione di polimeri e compositi da fonte rinnovabile e, in definitiva, ad aiutare la società a sviluppare tecnologie sostenibili [1-5]. Sfortunatamente e lasciando un'enorme tristezza ci ha lasciati improvvisamente il 24 marzo 2015. Era stato scelto, in origine, per intervenire a questa conferenza. Questa presentazione sarà pertanto un tributo ai suoi risultati professionali, mettendo in evidenza non solo le storie dei suoi svariati successi, ma anche alcune storie di successo dei suoi studenti nell'area dei bio-polimeri e bio-compositi.

In particolare verrà illustrata la nostra capacità di utilizzare risorse rinnovabili e strategie ab initio di progettazione molecolare per sviluppare polimeri e compositi con un elevato contenuto in carbonio rinnovabile, potenzialmente meno tossici ma con proprietà fisiche confrontabili, se non superiori, a quelle degli analoghi prodotti da carbonio fossile. Sono stati realizzati polimeri e compositi a partire da trigliceridi, acidi grassi, molecole derivate da cellulosa ed emi-cellulosa con molecole derivate da lignina e/o fibre naturali, inclusa la fibra delle piume di pollo, per applicazioni che includono lo stoccaggio di energia, la produzione di parti di veicoli militari, di macchine agricole,

di schede per circuiti stampati e scarpe.

Nonostante la sua scomparsa, la sua eredità continuerà a vivere e, grazie al suo insegnamento, continueremo a correre verso un futuro più sostenibile, e senza alcun dubbio con scarpe rinnovabili.

## **RUNNING TOWARD THE FUTURE... ON BIOBASED SHOES**

Richard P. Wool, Ph.D., FRSC, Professor of Chemical and Biomolecular Engineering at the University of Delaware, and my Ph.D. advisor dedicated his professional career to gaining a more holistic understanding of polymer science, fabricating polymers and composites from renewable resources, and ultimately, aiding society to develop sustainable technologies [1-5]. Unfortunately and with great sadness, he unexpectedly passed away on March 24, 2015. He was originally scheduled to present at this conference. This presentation will be a tribute to his professional accomplishments, highlighting not only his many success stories, but also some of his students' success stories in the area of bio-based polymers and composites. Specifically, our ability to utilize renewable resources and ab initio molecular design strategies to develop potentially less toxic, high bio-based content polymers and composites with physical properties equal to, if not better than, their petroleum-based counterparts will be presented. Bio-based polymers and composites comprised of triglycerides, fatty acids, cellulose- and hemicellulose-derived molecules, lignin-derived molecules, and/or natural fibers, including chicken feather fibers, have been produced for applications ranging from energy storage, military vehicle parts, farm equipment, printed circuit boards, and shoes. Despite his passing, his legacy will live on and, through his teachings, we will continue to run toward a more sustainable future, most definitely on bio-based shoes.

## References

- [1] Wool, R.P.; Sun, X.S., *Bio-based Polymers and Composites*. Elsevier Academic Press: Burlington, MA, 2005.
- [2] La Scala, J.J. The effect of triglyceride structure on the properties of plant oil-based resins. Dissertation, University of Delaware, Newark, 2002.
- [3] Stanzione, III, J.F. Lignin-based monomers: Utilization in high-performance polymers and the effects of their structures on polymer properties.
- [4] Wool, R.P.; Kusefoglu, S.H.; Palmese, G.R.; Knot, S.; Zhao, R., High modulus polymers and composites from plant oils. US PTO: 6121398, 2000.
- [5] La Scala, J.J.; Stanzione, III, J.F., Richard P. Wool, PhD, Professor, FRSC In Memoriam, *J. Appl. Polym. Sci.* 2015, 132(37), 42525.



## RISORSE DA BIORIFIUTI: UN MODELLO INTEGRATO PER COMUNITÀ VIRTUOSE

SILVANA CASTELLI<sup>1</sup> E MASSIMO CENTEMERO<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria*

*<sup>2</sup>Consorzio Italiano Compostatori*

Si stima che entro il 2050 ben l'ottantaquattro per cento della popolazione europea vivrà nelle città. La grande concentrazione di persone renderà problematica l'organizzazione della città e la gestione intelligente del territorio. Numerosi settori quindi richiederanno un nuovo approccio gestionale e tra questi ritroviamo sicuramente la gestione integrata dei rifiuti. Questa infatti va a influire direttamente ed indirettamente sull'ambiente e sul recupero o sulla perdita di risorse. Una quota significativa dei rifiuti è rappresentata dai rifiuti organici biodegradabili, che vengono tipicamente prodotti in ambito industriale, agricolo, o all'interno della comunità, come nel caso della FORSU (la frazione organica dei rifiuti solidi urbani). Le amministrazioni pubbliche avranno quindi un ruolo chiave nella valorizzazione di questo rifiuto. Il presente studio ha quindi visto l'elaborazione di linee guida e di un modello per la realizzazione e gestione di una filiera virtuosa per il trattamento della FORSU e degli scarti del verde. Questi possono rappresentare la materia rinnovabile di partenza per la produzione di vettori energetici, tra i quali particolare interesse sta assumendo la produzione di biometano, accompagnata dalla valorizzazione di tutta una serie di sottoprodotti o prodotti contenuti nel materiale di risulta secondo una logica di economia circolare.

Il modello prevede l'introduzione di un sistema integrato di digestione anaerobica e compostaggio, che in alcune zone si limiterà al compo-



staggio di comunità. Infatti, la peculiarità del modello è la sua adattabilità al contesto territoriale dove verrà inserito. Per questo motivo esso prende in esame diversi parametri che riguardano l'orografia del territorio, la viabilità, il numero di abitanti, i sistemi di raccolta differenziata presenti, la valutazione di strutture esistenti adibite alla lavorazione del rifiuto. Il modello evidenzia inoltre l'importanza di individuare forme societarie che incentivino il coinvolgimento dei cittadini alla condivisione dei benefici che derivano dalla filiera anche sotto il profilo economico e finanziario.

Lo studio esamina inoltre non solo la produzione di vettori energetici ed energia quali il biometano e l'energia elettrica, ma anche i diversi prodotti e sottoprodotti che si potrebbero recuperare dal materiale di risulta del processo di digestione anaerobica e compostaggio. Tra questi, particolare interesse riveste la CO<sub>2</sub>, per via del suo impiego in numerosi settori industriali che vanno dalla produzione di schiume o ai carburanti specialistici fino al suo uso per la concimazione carbonica nelle serre e per la concimazione delle coltivazioni algali.

Con riferimento al digestato da FORSU, le linee guida prendono in considerazione le condizioni necessarie per la sua applicabilità, diretta o dopo post compostaggio, in campo, nonché quelle per il recupero di azoto e fosforo, come ancora le opportunità associate alla sua pirolizzazione, o il suo utilizzo per la coltivazione di biomassa acquatica per l'estrazione di polimeri o il suo uso in miscela con altri sottoprodotti per la produzione di colture d'interesse vivaistico.

## **RESOURCES FROM BIOWASTE: AN INTEGRATED MODEL**

It is estimated that by 2050 eighty-four percent of Europe's population will live in urban areas, thus resulting in an increase with problems related to environmental impact, health and access to resources. The high concentration of people will require a more advanced organization of the urban areas, together with territorial intelligent management solutions. In particular, waste management will become a critical issue, as it is going to affect the environment directly and indirectly by absorbing or recovering resources depending on the quality and sustainability level of the performed solutions. According to this, a significant proportion of waste is represented by the organic waste, which is produced by industry, agriculture, or by the community, as is the case for OFMSW (the organic fraction of municipal solid waste). Public authorities will play a key role in the valorization of OFMSW and they will be asked to develop guidelines and models for the creation and management of a virtuous value chain for its treatment together with green waste. Indeed, these may represent the renewable material for energy production, including the production of biomethane and electrical energy, accompanied by the recovery of a range of by-products based on a logic of circular economy.

The model focuses on the introduction of an integrated system of anaerobic digestion and composting, which in some areas is restricted to a community composting. Indeed, the peculiarity of the model is the evaluation of the context where it is inserted. For this reason, the model takes into consideration several parameters such as the topography of the area, the road network, the number of inhabitants, the yet available garbage collection systems, the potential presence of operative waste treatment plants. The model also highlights the importance of identi-

fying corporate forms that encourage citizen involvement in the sharing of the economic benefits deriving from the supply chain. The study also examines not only the production of methane and electricity but also the different byproducts that could result from the processes of anaerobic digestion and composting. Among these, particular interest is related to the recovery of CO<sub>2</sub>, which is currently a byproduct of anaerobic digestion, making up almost half of the produced biogas. In particular, the potential application of CO<sub>2</sub> for different industries ranging from producers of chemicals or specialized fuels has been considered, together with its use for carbon fertilization in greenhouses or fertilizing algal cultivations. Moreover, the recovery of digestate has been addressed, analysing its potential either through its direct application in agricultural lands, or its valorisation after the innovative process of pyrolysis, or the extraction of interesting polymers or finally their mixing with other by-products for the production of nursery crops of interest.



# I SERVIZI CLIMATICI PER LA GESTIONE DELLE RISORSE AMBIENTALI

ANDREA TILCHE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Commissione Europea, Direzione Generale per la Ricerca e l'Innovazione*

Rispondere alla sfida sui cambiamenti climatici significa agire rapidamente per ridurre le emissioni di gas a effetto serra, in particolare attraverso nuove tecnologie energetiche a basso tasso di carbonio e attraverso la progressiva decarbonizzazione dei trasporti, e nel contempo adattarsi agli inevitabili cambiamenti del clima che si stanno già verificando. A tal fine è necessario che i processi decisionali a tutti i livelli siano basati su adeguata informazione climatica al fine di poter minimizzare i costi e cogliere le migliori opportunità.

Al giorno d'oggi assistiamo a una sempre maggiore domanda relativa a strumenti specifici in relazione ai cambiamenti climatici; vale a dire prodotti e informazioni (servizi climatici) che possano supportare decisioni strategiche e mirate a vari livelli per un ampio ventaglio di utenti finali (settore privato, pubblico e privati cittadini) consentendo un approccio più sistemico alla gestione dei rischi. Si presenta dunque un enorme potenziale nella creazione di un nuovo settore specializzato nel fornire servizi d'informazioni climatiche ad hoc a utenti finali interessati. Le politiche pubbliche possono stimolare la creazione di comunità di sviluppatori di applicazioni legate ai servizi climatici e di relativi utenti che permettano l'incontro tra domanda e offerta in relazione a informazioni e previsioni climatiche, in modo da trarre benefici economici dalla grande quantità di dati climatici e modelli disponibili e dalla ricerca climatica in corso.

I servizi climatici acquisteranno particolare rilievo in ambito decisionale

nella gestione delle risorse ambientali, per minimizzarne lo sfruttamento massimizzandone i benefici e l'uso sostenibile.

Le informazioni climatiche saranno, ad esempio, sempre più al centro della gestione delle acque, facendo uso del continuum esistente tra "tempo" e "clima", in modo da poter affrontare sia fenomeni a breve termine, quali eventi idrometeorologici estremi, sia variazioni mensili e stagionali che possono alterare l'operatività delle infrastrutture idriche, sia l'evoluzione climatica a più lungo termine che impatta sulla pianificazione di investimenti per nuove infrastrutture.

Analogamente, i servizi climatici saranno sempre più indispensabili nel settore dell'agricoltura, ad esempio per supportare decisioni connesse a diverse scale temporali, dalla difesa delle colture in atto, alla pianificazione delle coltivazioni della stagione successiva, fino alla decisione su investimenti a lungo termine.

L'Unione europea, tramite il Programma Quadro per la Ricerca e l'Innovazione Horizon 2020, tramite Copernicus - che sta lanciando un servizio climatico operativo (Climate Change Service), e tramite numerosi centri nazionali per i servizi climatici, sta diventando leader nel settore.

Lentamente si sta delineando un settore produttivo che trae beneficio dall'accesso libero e aperto ai dati legati alle attività di Horizon 2020 e di Copernicus e che diventerà sempre più specializzato nella fornitura di servizi personalizzati ad alto valore aggiunto per il settore pubblico e privato.

La "Roadmap sulla ricerca e l'innovazione per i servizi climatici" [1] redatta recentemente da un gruppo di esperti nominati dalla Commissione europea, ha tracciato la strada per la crescita di un mercato rigoglioso dei servizi climatici in Europa.

## **CLIMATE SERVICES FOR THE MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RESOURCES**

Responding to the climate change challenge implies taking rapid and effective steps to reduce greenhouse gas emissions, in particular through new low-carbon energy and transport technologies, while at the same time adapting to the unavoidable changes that are already happening. This requires climate informed decision-making at all levels, in order to minimise risks and costs, and to seize opportunities.

There is increasing demand for customised climate related tools, products and information (climate services) that will enable climate smart, strategic decisions at various levels for a range of end users (businesses, the public sector, and individuals), enabling a more systemic approach to risk management. There is great potential for the creation of a new service sector, specialising in the provision of customised climate information services to various stakeholders and customers. Public policy can stimulate the creation of a community of climate services application developers and users that matches supply and demand for climate information and prediction, by providing a framework that enables economic value to be derived from the wealth of climate data and models and from the ongoing climate research.

Climate services will be of particular importance for taking decisions on the management of environmental resources, in order to minimise their exploitation by maximising the benefits of their sustainable use.

Climate information will be more and more at the core of water management, making use of the continuum across weather to climate time scales, in order to address from short term phenomena like extreme hydro-meteorological events, to monthly-to-seasonal patterns which may affect the operation of water infrastructures, to the inter-annual to decadal and the longer dimension which is required for planning new

infrastructural investments.

Similarly, climate services will become more and more needed in agriculture, again to support decisions having to do with different time scales, spanning from crop defence, to crop planning, to long-term investment.

The EU through its research and innovation programmes of Horizon 2020, through Copernicus, which is launching an operational Climate Change Service, and through a number of national Climate Services Centres, is becoming the world leader in this field.

A business area is slowly growing, benefiting of the free and open data policy of the Horizon 2020 and the Copernicus activities, and will become important in the provision of customised high added value services to specific private and public users.

The “European research and innovation roadmap for climate services” [1] which was recently prepared by an expert group established by the European Commission, has set the scene, and its implementation is intended to support the growth of a flourishing market of climate services in Europe.

## References

- [1] The European research and innovation roadmap for climate services <http://bookshop.europa.eu/en/a-european-research-and-innovation-roadmap-for-climate-services-pbK10614177/>







# PROFILES

## MARCO ACUTIS



Marco Acutis is full professor of Agronomy in the University of Milano. The research is focused on the analysis of agricultural systems and their environmental impacts, through the study, implementation and development of simulation models and advanced techniques of data analyses, with the target of developing innovative technologies to evaluate management options and their consequent environmental impact. Author of more than 300 scientific publication (H index= 22 in Google scholar).

### Contacts

Mail: [marco.acutis@unimi.it](mailto:marco.acutis@unimi.it)

## ANTONELLA BODINI



MS in Mathematics and PhD in Mathematical Statistics. Her researches focus on metapopulation dynamic modeling and probabilistic evaluation of metapopulation management strategies; modelling of rainfall data; probabilistic pooling of partially incomplete and/or incompatible expert opinions. Applications of statistical methods concern climate, agro-meteorology and ecology. She actively participated in several national and international projects, of a few of which she was the scientific responsible.

### Contacts

Mail: [antonella.bodini@mi.imati.cnr.it](mailto:antonella.bodini@mi.imati.cnr.it)

Ph: +39 02 23699524

## STEFANO BRENNNA



Born in 1959, he has taken one's Degree in Agricultural Science at the University of Milan (Italy); he works at ERSAF – Regional Agency for Agriculture and Forests of Lombardy – where is Head of the Department of Agriculture. Author of several publications, he is specialized on soil protection and monitoring.

### Contacts

Mail: [stefano.brenna@ersaf.lombardia.it](mailto:stefano.brenna@ersaf.lombardia.it)

Ph: +39 02 67404653

## SILVANA CASTELLI



Silvana Castelli di Sannazzaro works as full Researcher at the Institute of Agricultural Biology and Biotechnology, (IBBA), in Milan. Since 2007 she started to work in biomass power production focus into bioproduct production, sustainability analysis (technical and economical) for biomass use into energy chains using farm and agrofood waste. She is currently responsible of research projects on bioenergy and bio products and of the eight edition of the Master program in biomass and power production.

### Contacts

Mail: [castelli@ibba.cnr.it](mailto:castelli@ibba.cnr.it)

Ph: +39 02 23699429

## MASSIMO CENTEMERO



Author of many technical and scientific papers in journal of waste and composting field.

I've attended as speaker in many conferences and specialised Responsible of Quality Label in Italy, responsible of bioplastics compostable certification label, coordinator of stages, training courses for professionals and experts of composting and anaerobic digestion sector, responsible of technical assistance to associated companies, relationship with public administrations.

### Contacts

Mail: [centemero@compost.it](mailto:centemero@compost.it)

## **PIERANGELA CRISTIANI**



Pierangela Cristiani (University degree in Biology), has more than twenty years experiences (researches, projects and teaching) in “electrical” effects induced by bacteria. She collaborates with several Italian and International universities, for lessons, advising of PhD students and Master Theses, and in the framework of European projects. She is author of more than 100 publications, including book chapters, journal papers and Key notes at international conferences.

### **Contacts**

Mail: [pierangela.cristiani@rse-web.it](mailto:pierangela.cristiani@rse-web.it)

Ph: +39 02 39924655



## CLAUDIO GANDOLFI



Claudio Gandolfi is full professor of Agricultural Hydraulics at the University of Milan, where he has been carrying out his teaching and research activity for the last twenty years. During this time, he has covered several roles, including director of the Department of Agricultural and Environmental Sciences, coordinator of graduate and post-graduate courses, member of the Academic Senate and, recently, president of the technology transfer foundation of the University (Fondazione Filarete).

### **Contacts**

Mail: [claudio.gandolfi@unimi.it](mailto:claudio.gandolfi@unimi.it)

Ph: +39 02 50316910

## **ANTONIO LOPEZ**



Dr Lopez graduated in Chemistry in 1975 at the University of Bari (Italy). After teaching five years at the Faculty of Engineering of the University of Naples (Italy), on October 1982 he joined the Water Research Institute (IRSA) of the Italian National Research Council (CNR), where presently he is the Director. His researches have been mainly focused on wastewater treatments, both on fundamental as well as applied issues. He is author or co-author of more than 300 scientific or technical articles and book-chapters mostly published in international journals and books.

### **Contacts**

Mail: [antonio.lopez@ba.irsacnr.it](mailto:antonio.lopez@ba.irsacnr.it)

Ph: +39 080 5820550

## ENRICO MARCHESINI



MS in Agricultural Sciences, PhD in Agricultural Entomology. His research interests concern phytophagous natural enemies integrated pest control, side effects of insecticides on useful arthropod fauna in agroecosystems. He is author of more than 60 publications in national and international journals, 4 book chapters, 6 technical reports published by Regional Authorities, and of several contributions in Proceeding of national and international conferences.

### **Contacts**

Mail: [enrico.marchesini@agrea.it](mailto:enrico.marchesini@agrea.it)

Ph: +39 0455 48412

## SARA PASQUALI



MS in Mathematics and PhD in Computational Mathematical. Her researches focus on mathematical models in biology, stochastic dynamical systems and stochastic control, and parameter estimation in stochastic differential equations. Applications concern population dynamics in time and space, mainly for insect pests. She participated (as participant or responsible) in national and international projects and she was member of some Working Group of EFSA as external expert.

### Contacts

Mail: [sara.pasquali@mi.imati.cnr.it](mailto:sara.pasquali@mi.imati.cnr.it)

Ph: +39 02 23699525

## MAURIZIO PETTINE



He has spent his career at IRSA-CNR where was hired as a researcher in 1975 to become research director in 2001 and director from 2008 to 2014. He has held various positions, including that of Associate Editor of the journal *Marine Chemistry* since 1999. Main field of interest have been transport and speciation of metals, kinetics of redox processes affecting metals-biota interactions, cycling of carbon and nutrients and eutrophication. After his retirement he is now associate research at IRSA-CNR.

### Contacts

Mail: [pettine@irsa.cnr.it](mailto:pettine@irsa.cnr.it)

Ph: +39 06 90672795

## **GIOVANNA SPERANZA**



She is professor of organic chemistry at the University of Milano. Her scientific interests have been mainly developed in the areas of Bioorganic and Natural Product Chemistry. Her recent research activity is focused on: 1) taste-active components of foods: synthesis and characterization of umami and kokumi compounds (flavor enhancers); 2) valorization of agri-food industry wastes and by-products (biorefinery); 3) isolation, structural elucidation and synthesis of natural products; 4) chemoenzymatic synthesis of nucleosides.

### **Contacts**

Mail: [giovanna.speranza@unimi.it](mailto:giovanna.speranza@unimi.it)

Ph: +39 02 50314097/4100

## **JOSEPH F.**

## STANZIONE, III



Joseph F. Stanzone, III received his M.S. at Drexel University and his Ph.D. at the University of Delaware under the directions of Prof. Giuseppe Palmese and Prof. Richard Wool, respectively. He then joined the chemical engineering faculty at Rowan University in 2013. His teaching & research interests are focused on green/sustainable chemistry & engineering, most especially, bio-based materials.

### **Contacts**

Mail: [stanzone@rowan.edu](mailto:stanzone@rowan.edu)

Ph: 1-856-256-5356

## DANIELA STROPPIANA



Daniela Stroppiana: degree in Environmental Engineering, Politecnico of Milan, Italy, 1998, and PhD, Forest Engineering, Technical University, Lisbon, 2005. Currently working at the Italian National Research Council (CNR-IREA) on monitoring natural vegetation, wildfires, and agriculture with satellite data. Previously employed by Istituto Agronomico per l'Oltremare (IAO)- Ministry of Foreign Affairs, Florence, Italy (2002-2004) and EC Joint Research Centre, Ispra, Italy (1998-2002).

### Contacts

Mail: [stroppiana.d@irea.cnr.it](mailto:stroppiana.d@irea.cnr.it)

Ph: +39 02 23699288



## ANDREA TILCHE



Andrea Tilche obtained his Doctor Degree in Agricultural Sciences at the University of Milano in 1978. His scientific career was mainly carried out in Italy where he set-up and directed the wastewater treatment laboratories of ENEA in Bologna. In 1998 he moved to the European Commission as Head of the JRC Water Research Unit. After other appointments in the Directorate-General for Research and Innovation, he is now Head of the Unit "Climate Action and Earth Observation". He represents the EU at the Intergovernmental Panel on Climate Change and in other international fora.

### Contacts

Mail: [andrea.tilche@ec.europa.eu](mailto:andrea.tilche@ec.europa.eu)

Ph: +32 22996342

## CLAUDIO TONIN



Research Executive at the CNR, Institute for Macromolecular Studies.  
Contract professor of Textile Fibres, MSc in Textile Engineering at the Politecnico of Turin (Italy).

Coordinator of EU and National research projects. Current research activity on the structure and characterisation of textile materials, fibre production and processing, surface modification of textile fibres, exploitation of fibre wastes for bio-architecture and bio-agriculture.

### Contacts

Mail: [c.tonin@bi.ismac.cnr.it](mailto:c.tonin@bi.ismac.cnr.it)

Ph: +39 015 8493043

## FEDERICA ZACCHERIA



Researcher at ISTM CNR since 2009, she got the Ph.D in Industrial Chemistry at the University of Milano in 2002. The main research activity is focused on the study of heterogeneous non-toxic and non-noble catalysts as substitutes for traditional stoichiometric reagents for organic synthesis and on the development of solid catalysts for the upgrading of renewable sources and wastes biomass, such as oils and cellulose derived materials.

### Contacts

Mail: [f.zaccheria@istm.cnr.it](mailto:f.zaccheria@istm.cnr.it)

Ph: +39 02 50314384

## ENRICO ZINI



Enrico Zini was born in Milan in 1954. He graduated in physics in 1980. He worked in the private industry gaining experiences in the fields of environmental remote sensing, data analysis, numerical modelling and design of environmental information systems. Since 2002 he is working at ARPA Lombardia, the Regional Agency for Environmental Protection of Lombardy, where is currently Head of the Research and Innovation Unit.

### Contacts

Mail: [e.zini@arpalombardia.it](mailto:e.zini@arpalombardia.it)

Ph: +39 02 69666315



Progetto editoriale a cura di  
Martina Zilioli

Grafica e stampa a cura di  
Eliocenter Milano

 Consiglio Nazionale delle Ricerche

CNR  EXPO

