

# ■ RAPPORTO SULLO STATO DELL'AMBIENTE IN FRIULI VENEZIA GIULIA

**2018**





**■ RAPPORTO  
SULLO STATO  
DELL'AMBIENTE  
IN FRIULI  
VENEZIA GIULIA  
2018**

### **Informazioni legali**

L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

La presente pubblicazione è stata realizzata da:  
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG)

Coordinamento editoriale:  
Michela Mauro, Stefano Micheletti, Sara Petrillo, Franco Sturzi

Elaborazione grafica:  
Michela Mauro

Immagini tratte da:  
<https://www.flickr.com/>  
<https://www.pexels.com/>  
<https://pixabay.com/en/>  
<https://unsplash.com/>  
<https://commons.wikimedia.org/>  
<https://www.istockphoto.com/it>

Stampa a cura di Grafica Filacorda, Udine, febbraio 2018

©ARPA FVG  
Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)  
Tel +39 0432 191 8111- Fax +39 0432 191 8120  
[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)

Riproduzione autorizzata citando la fonte

# ■ **RAPPORTO SULLO STATO DELL'AMBIENTE IN FRIULI VENEZIA GIULIA 2018**



# INDICE

<b>PREFAZIONE</b>	Pag. 11
di Sara Vito, Assessore Regionale all'Ambiente ed Energia	
<b>INTRODUZIONE</b>	» 13
<b>Il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente fra politiche regionali e visione di sistema</b>	» 14
di Luca Marchesi, Direttore Generale di ARPA FVG	
<b>Conoscere lo stato dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia per orientare strategie e stili di vita</b>	» 15
di Franco Sturzi, Direttore Tecnico Scientifico di ARPA FVG	
<b>CLIMA</b>	» 19
<b>1. Cambiamenti Climatici in Friuli Venezia Giulia</b>	» 20
di Andrea Cicogna, Federica Flapp, Stefano Micheletti, Valentina Gallina, Filippo Giorgi, Renato R. Colucci, Fabio Raicich	
CLIMA - approfondimenti	
Il clima futuro in Friuli Venezia Giulia	» 29
di Valentina Gallina e Filippo Giorgi	
Il golfo di Trieste, un esiguo tratto di mare che ci guiderà (forse) attraverso il cambiamento climatico	» 36
di Massimo Celio	
<b>BIODIVERSITÀ</b>	» 41
<b>2. Le specie esotiche invasive in Friuli Venezia Giulia</b>	» 42
di Anna Carpanelli, Giuliana Renzi, Marco Valecic, Massimo Zanetti	
<b>ARIA</b>	» 51
<b>3. Le tendenze della qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia</b>	» 52
di Flavio Moimas, Arianna Tolloi, Fulvio Stel	
ARIA - approfondimenti	
Pollini primaverili e conseguenze di inverni sempre più miti	» 59
di Pierluigi Verardo e Francesca Tassan	
Analisi delle acque di pioggia	» 62
di Pierluigi Verardo e Flavio Moimas	
Odori questi (s)conosciuti	» 65
di Alessandra Pillon, Stefania Del Frate, Rossana Michelini, Fulvio Stel	
<b>ACQUA</b>	» 71
<b>4. La qualità delle acque interne: approccio sostenibile all'uso della risorsa idrica</b>	» 72
di Raffaella Zorza, Alessandra Sinesi, Arianna Macor, Gabriele Piazza, Erica Rancati, Damiano Virgilio, Elisa Zanut, Luigi Colognati, Antonella Zanello	
ACQUA - approfondimenti	
La biodiversità delle diatomee nelle sorgenti del Friuli Venezia Giulia	» 76
di Raffaella Zorza, Luigi Colognati, Antonella Zanello, Sara Burato, Elisabetta Pizzul, Marco Cantonati	

Siti di riferimento in Friuli Venezia Giulia	» 78
di Raffaella Zorza, Alessandra Sinesi, Alessandro D'Aietti, Arianna Macor, Gabriele Piazza, Erica Rancati, Valentina Stocca, Damiano Virgilio, Elisa Zanut, Luigi Colugnati, Antonella Zanello	
<b>5. Qualità delle acque sotterranee in Friuli Venezia Giulia</b>	» 81
di Davide Brandolin ed Elena Pezzetta	
ACQUA - approfondimenti	
Cromo esavalente nelle acque	» 92
di Elena Pezzetta, Ivan Martinuzzi, Gabriella Bernardis, Denis Mazzilis, Elisa Piccoli, Stefano De Martin, Davide Brandolin	
Pesticidi o fitosanitari? La situazione storica e gli inquinanti emergenti	» 96
di Elena Pezzetta, Michele Mattiussi, Luciano Zorzenon, Marco Busut, Stefano De Martin	
<b>6. Qualità delle acque marine e lagunari</b>	» 102
di Ida Floriana Aleffi, Oriana Blasutto, Luigi Del Zotto, Luisella Milani, Claudia Orlandi, Bruno Zanolin	
ACQUA - approfondimenti	
Stima del valore di beneficio salutare del selenio nel ghiozzo gò nella laguna di Marano	» 109
di Alessandro Acquavita e Nicola Bettoso	
Rumore subaqueo	» 113
di Antonio Codarin e Federico Pittaluga	
<b>7. Dissesto idrogeologico</b>	» 118
di Fabrizio Gerd Kranitz e Gabriele Peressi	
<b>SUOLO</b>	» 127
<b>8. Il carbonio organico nei suoli: proprietà, funzioni e realtà in Friuli Venezia Giulia</b>	» 128
di Stefano Barbieri, Davide Bianco, Laura Catalano	
<b>9. Inquinamento diffuso dei suoli: il caso dell'area metropolitana di Trieste</b>	» 135
di Laura Catalano	
<b>10. I siti contaminati del Friuli Venezia Giulia</b>	» 142
di Isabella Garbino, Flavio Gabrielcig, Micaela Budai, Francesca Martinis	
SUOLO - approfondimenti	
Il SIN di Torviscosa	» 148
di Stefano Biasiol	
Il SIN di Trieste	» 151
di Laura Schiozzi	
<b>AGENTI FISICI</b>	» 159
<b>11. La variabilità e le alte concentrazioni del radon in regione: misure e soluzioni</b>	» 160
di Silvia Pividore e Concettina Giovani	
AGENTI FISICI - approfondimento	
Il ruolo di ARPA FVG nel sistema di risposta alle emergenze radiologiche e nucleari	» 165
di Concettina Giovani e Massimo Garavaglia	
<b>12. Evoluzione nel tempo dei livelli di campo elettromagnetico a radiofrequenza presso gli impianti di telefonia mobile</b>	» 168
di Anna Bampo, Salvatore Barba, Massimiliano Benes, Marco Marzona, Arturo Merlino, Chiara Montefusco, Mauro Moretuzzo, Nicola Poles, Lucia Tramontin	



<b>13. Impatto acustico da infrastrutture di trasporto: il rumore da traffico stradale transfrontaliero e il rumore aeroportuale</b>	» 173
di Stefano Favretto, Tommaso Pinat, Vinicio Rorato, Marco Battistutta, Valerio Cipriani, Daniela Domevscek	
<b>INDUSTRIA</b>	» 181
<b>14. L'Autorizzazione Integrata Ambientale in Friuli Venezia Giulia</b>	» 182
di Annamaria Manfrin	
<b>ENERGIA</b>	» 189
<b>15. Il Piano Energetico Regionale del Friuli Venezia Giulia</b>	» 190
di Daniela Pietropoli e Sebastiano Cacciaguerra	
<b>RIFIUTI</b>	» 199
<b>16. Composizione merceologica dei rifiuti urbani: stato di fatto e prospettive di miglioramento</b>	» 200
di Cristina Sgubin, Claudia Orlandi, Lorenza Bevilacqua	
RIFIUTI - approfondimento	
Il compost, una risorsa per il futuro	» 205
di Cristina Sgubin, Claudia Orlandi, Lorenza Bevilacqua	
<b>AMIANTO</b>	» 209
<b>17. La mappatura dell'amianto in regione Friuli Venezia Giulia</b>	» 210
di Glauco Spanghero, Laura Liguori, Italo Pellegrini, Pietro Rossin	
<b>AMBIENTE E SALUTE</b>	» 217
<b>18. Ambiente e salute, strategie europee e attività in Friuli Venezia Giulia</b>	» 218
di Simonetta Fuser	



# ■ PRAFAZIONE

La protezione dell'ambiente rappresenta, oggi, una delle grandi sfide per l'Europa e, a tale titolo, rientra tra gli obiettivi prioritari dell'Unione, che si è impegnata a lottare contro i problemi ambientali su scala planetaria e secondo una strategia complessiva.

Come sempre, e ancor di più oggi, le politiche e *in primis* la Politica hanno un ruolo essenziale da svolgere.

Devono orientare i comportamenti per ricomporre la contrapposizione tra sviluppo economico e tutela dell'ambiente.

Fondamentale è la collaborazione tra livelli diversi di amministrazione e governo.

Fondamentali sono i comportamenti di tutti e in particolare modo essenziali sono la consapevolezza e l'impegno dei cittadini, specie i giovani, più aperti ai valori ideali.

Non bisogna in alcun momento dimenticare che i beni ambientali sono beni pubblici per eccellenza e che i costi sostenuti per difendere l'ambiente vanno a vantaggio di tutti.

È difficile, oggi, far finta che il problema ambientale sia un problema circoscritto, che interessa solo gli «specialisti».

In questo campo solo l'azione pubblica può coordinare interessi diffusi e ripartire i costi sulla collettività.

Il Trattato di Amsterdam sancisce l'integrazione trasversale degli obiettivi di protezione ambientale in tutte le politiche dell'UE per il raggiungimento dell'obiettivo finale di uno sviluppo sostenibile. Esso prevede una integrazione della tutela ambientale in tutte le altre politiche economiche e sociali dell'Unione, e in particolare quelle che riguardano il commercio, l'industria, l'energia, l'agricoltura, i trasporti e il turismo.

Quindi un insieme che va prima di tutto conosciuto.

Per questi motivi questo Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2018 in Friuli Venezia Giulia non è solo l'occasione per fare il punto sulle condizioni di salute delle nostre acque, dell'aria, del nostro mare, ma anche e soprattutto il momento di una riflessione sul dove siamo e sul come agire.

Una riflessione nella quale tutti coloro che hanno a cuore il nostro ambiente devono sentirsi coinvolti.

A cominciare dal Legislatore Regionale, dagli Enti locali, dagli operatori e dal mondo della scuola.

Esso offre, collocandosi alla fine della Legislatura regionale, anche lo spunto per ripercorrere alcune delle azioni che la Regione ha messo in campo negli ultimi cinque anni per migliorare la situazione del nostro ambiente, nonché per affrontare e risolvere alcune delle questioni che non erano state affrontate per anni, mettendone a fuoco i rispettivi risultati.

Presupposto di tutto questo lavoro fatto è stato il rico-

noscimento del ruolo fondamentale di ARPA FVG, rafforzato dalla legge 28 giugno 2016 n. 132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

La legge 132/2016 è una legge che riconosce le Agenzie in termini di autorevolezza e di terzietà e le colloca, insieme a ISPRA, in un contesto armonico e ben regolato, affermando la necessità di un approccio complessivo e coordinato alle tematiche ambientali.

La competenza tecnico scientifica, l'avanzamento tecnologico e il confronto con la comunità scientifica sono la prima garanzia di terzietà e autorevolezza che vanno riaffermate con forza, quale elemento costitutivo del sistema nazionale e quale valore fondamentale che consente di fare scelte politiche razionalmente fondate e per questo davvero responsabili.

E il Paese ha bisogno di Agenzie forti e autorevoli.

Un altro passaggio fondamentale di questi anni è stato l'approvazione di importanti documenti programmatici, quali strumenti di pianificazione regionale e gestione del territorio, strumenti fondamentali anche per la pianificazione delle azioni in campo ambientale.

Ne cito di seguito i più importanti, a partire dal Piano Paesaggistico regionale, fondamentale strumento di pianificazione finalizzato alla gestione del territorio nella sua globalità e nella prospettiva di uno sviluppo sostenibile:

- piano energetico regionale;
- piano regionale rifiuti speciali;
- piano rifiuti urbani;
- piano regionale sulle attività estrattive;
- piano regionale sulla mobilità elettrica;
- piano regionale sulla tutela delle acque;
- piano regionale amianto.

Passi concreti, dunque, che si inseriscono su una strada che porta verso un'idea di società solidale e di economia a misura d'uomo, che sta in campo senza compromettere il futuro, usando meno energia e meno materie prime, in cui coesione sociale, comunità, territori, bellezza e qualità sono parte integrante della nostra capacità di difendere e mantenere un pianeta prospero e abitabile per le future generazioni.

Sara Vito  
Assessore Regionale all'Ambiente ed Energia



# ■ INTRODUZIONE

# Il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente fra politiche regionali e visione di sistema

Luca Marchesi  
Direttore Generale di ARPA FVG

Il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2018 (RSA) di ARPA FVG si colloca, secondo quella che è l'ormai ampiamente condivisa impostazione offerta dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (AEA), a cinque anni di distanza dalla precedente edizione. La scelta di rivalutare con cadenza quinquennale lo stato dell'ambiente è certamente la più opportuna, in quanto consente di evidenziare i trend più significativi e i mutamenti delle principali variabili ambientali sul territorio regionale, ragionando sull'arco temporale più coerente con le dinamiche in atto. Questo quadro di riferimento viene peraltro completato secondo necessità – e ARPA FVG lo ha fatto nel 2015 – con la produzione di ulteriori rapporti sintetici, in sintonia con gli “Environmental Signals” dell’AEA, che sostengono il quadro di riferimento proponendo istantanee su temi di interesse per il dibattito ambientale. Questo alternarsi di report, in forme diverse e con differenti approcci e gradi di dettaglio, permette all’Agenzia di comunicare costantemente e in maniera efficace lo stato dell’ambiente, fornendo informazioni e approfondimenti che si arricchiscono, completano e aggiornano nel tempo.

L'obiettivo del Rapporto 2018 è, naturalmente, quello di rappresentare lo “stato di salute” delle nostre acque, aria, suoli, ecosistemi, registrandone le variazioni per effetto di determinanti e comportamenti che riguardano le comunità locali ma anche grandi fenomeni e sfide di cambiamento globale. Collocandosi peraltro in uno scorcio di Legislatura regionale, l'utilità del Rapporto sta anche nell'offrire elementi oggettivi di valutazione delle policy ambientali perseguite in questi anni dal Sistema pubblico nazionale, regionale e locale, nonché di supportare le politiche ambientali e climatiche della Regione e di fornire un panorama completo e aggiornato capace di sostenere i decisori politici e di informare i cittadini e i portatori di interesse. Offre dunque importanti elementi di valutazione per il governo della regione e per le politiche ambientali da sviluppare e consolidare.

In questo senso, l'azione di ARPA FVG si colloca pienamente nel nuovo contesto delineato dalla legge 132 del 2016, che istituisce il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) con l'obiettivo di superare la frammentazione territoriale a favore di una unica, omogenea ed efficace azione conoscitiva e capacità di controllo della qualità dell'ambiente. La norma attribuisce, tra l'altro, alle Agenzie regionali il ruolo di produttore

dell'informazione ambientale “ufficiale” del Paese, riconoscendone l'elevato livello tecnico scientifico e l'autorevolezza derivante dalla loro terzietà e competenza. All'interno di questo nuovo quadro di riferimento, il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2018 del Friuli Venezia Giulia diventa così uno degli strumenti condivisi attraverso il quale i cittadini delle diverse regioni e i loro decisori politici possono confrontarsi e alimentare il dibattito sui temi dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile sia a livello regionale che nazionale.

Questo RSA viene inoltre realizzato al termine di un lungo lavoro di riordino organizzativo dell'Agenzia, che è stato delineato nel 2015 da un primo ambizioso Piano strategico di sviluppo, mirato alla sua valorizzazione in termini di ruoli e capacità di intervento e allo sviluppo delle sue molte eccellenze, attraverso la regionalizzazione delle funzioni, la creazione di nuovi stabili rapporti con il mondo delle imprese, della ricerca e delle Università, la costruzione di collaborazioni con le regioni e gli stati confinanti e il confronto con i portatori di interesse. Un periodo ricco di interrelazioni e di momenti di analisi e confronto, che hanno permesso approfondimenti sui temi ambientali e dello sviluppo sostenibile, aumentando le competenze del personale dell'Agenzia e migliorando di conseguenza i servizi offerti e la rappresentazione delle conoscenze. Il Rapporto si configura, in tal senso, anche come un quadro di riferimento sui temi ambientali che affianca e completa il bilancio di quattro anni di lavoro.

Infine, è importante sottolineare come il Rapporto si caratterizzi per alcuni elementi innovativi, che puntano a una rappresentazione dei temi ambientali basata sull'esperienza e sulla focalizzazione dei principali temi di discussione a livello nazionale e regionale, offrendone scorci particolarmente rappresentativi in termini di interesse e rilievo critico.

# Conoscere lo stato dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia per orientare strategie e stili di vita

Franco Sturzi  
Direttore Tecnico Scientifico di ARPA FVG

Il Rapporto vuole fare “il punto” sullo stato dell'ambiente della nostra regione sulla base di quanto emerge dalla molteplicità di dati che derivano dai monitoraggi e dai controlli, le principali attività di ARPA FVG, e dagli approfondimenti, valutazioni e confronti che costituiscono non solo un'altra rilevante attività dell'Agenzia, ma anche il naturale effetto della disponibilità di una gran quantità di dati.

La Direzione generale di ARPA FVG ha ritenuto di affrontare la redazione del documento con risorse proprie, senza avvalersi di supporti di società specializzate. Questa scelta ha permesso di valorizzare le competenze interne e creare sinergia, partecipazione e senso d'identità tra le persone coinvolte. È stato costituito un gruppo di lavoro eterogeneo i cui componenti, a seconda delle proprie competenze e ruoli, hanno progettato il documento, seguito gli autori, perfezionato i testi e curato la realizzazione del documento in tutti gli aspetti editoriali.

Il Rapporto è ispirato all'approccio scelto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (AEA) per la redazione del SOER (State of the Environment Report) che descrive lo stato dell'ambiente europeo e la sua probabile evoluzione, tracciando tendenze, scenari e prospettive future.

Gli argomenti, per quanto possibile, sono trattati secondo un percorso logico che, dopo una sintetica presentazione con finalità di inquadramento del tema proposto, dia modo al lettore di poter trovare risposte rispetto a quattro domande: “cosa sta succedendo?”, “perché sta succedendo?”, “cosa è stato fatto e cosa possiamo fare?” e, infine, “dove stiamo andando?”.

Sotto il profilo redazionale, i diversi temi sono esposti in forma di “articoli principali” e di “box di approfondimento”; in questi ultimi vengono messi in luce specifici aspetti o fenomeni particolarmente significativi rispetto alla matrice o tematica trattata nell'articolo principale, a indicare una tendenza, a completarne la comprensione o a evidenziare una peculiare attività di ARPA FVG.

Gli autori del “Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Friuli Venezia Giulia 2018” sono stati individuati tra coloro che svolgono la loro attività in ARPA FVG, che, si ricorda, per compito istituzionale è tenuta a redigere il rapporto sullo

stato dell'ambiente regionale, ma non solo: è stato chiesto un contributo anche a coloro che lavorano in alcuni enti o strutture dell'Amministrazione regionale (ERSA, Ente Tutela Pesca, Protezione Civile, Direzione centrale infrastrutture e territorio, Direzione centrale ambiente ed energia) e in alcuni enti scientifici, università e musei (Consiglio Nazionale delle Ricerche, International Centre for Theoretical Physics, Università degli Studi di Trieste, Museo Tridentino di Scienze Naturali) al fine di poter realizzare un documento che non si basasse solo sulle attività dell'Agenzia ma che potesse dare una visione più ampia dello stato del nostro ambiente, integrando le varie competenze che in regione, e non solo, ruotano attorno a questa materia così complessa.

Il Rapporto è suddiviso per tematiche: la parte iniziale del documento è dedicata al clima ed espone alcuni primi risultati di una linea di lavoro dell'Agenzia sugli impatti dei cambiamenti climatici nella nostra regione e, in particolare, su come cambiano e cambieranno temperature e precipitazioni con effetti su ghiacci e livello del mare. Nella parte iniziale viene trattata anche la biodiversità o meglio una minaccia alla biodiversità regionale rappresentata dal fenomeno della presenza delle specie esotiche invasive.

Segue una trattazione della matrice aria che presenta un quadro della qualità per i PM10, gli ossidi di azoto, il biossido di zolfo, l'ossido di carbonio e l'ozono; tra gli approfondimenti si segnala quello sull'inquinamento odorigeno, problematica che sta assumendo una valenza sempre maggiore per il disagio che ne deriva alla popolazione esposta.

Lo stato delle acque viene trattato in modo sistematico facendo il punto sulla qualità delle acque superficiali interne, marine e lagunari e delle acque sotterranee. Per queste ultime viene presentato un quadro aggiornato della qualità dei corpi idrici che tiene conto dei primi risultati delle analisi eseguite sui cosiddetti inquinanti emergenti, contaminanti che attualmente destano la massima attenzione sul piano europeo. Si tratta di informazioni rese possibili dall'alto profilo analitico che caratterizza il Laboratorio di ARPA FVG inserito nella rete dei laboratori del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

(SNPA). Come si può desumere dalla lettura dell'articolo di inquadramento generale e dei due approfondimenti dedicati alla presenza del cromo esavalente e agli inquinanti emergenti, il quadro attuale richiede attenzione e l'avvio di adeguati livelli di approfondimento scientifico per definire appropriate strategie al fine di evitare che in futuro si presentino criticità complesse da superare, soprattutto per quanto attiene all'approvvigionamento regionale dell'acqua potabile.

All'interno della tematica acqua vengono anche presentati elementi sul dissesto idrogeologico relativo alla nostra regione, a sottolineare la straordinaria rilevanza che i fenomeni di dissesto hanno sulla gestione in sicurezza del territorio.

Lo "stato" del suolo viene descritto considerando la presenza di carbonio organico, infatti una sua adeguata dotazione contribuisce a limitare i fenomeni di degradazione, aumentare la produttività, mantenere attivi i cicli ecologici del suolo e dei comparti a esso collegati.

È presentato anche un aggiornamento sullo stato di avanzamento delle bonifiche di due rilevanti fonti di pressione ambientale presenti sul nostro territorio, ovvero i Siti Inquinati Nazionali di Torviscosa e Trieste.

Vengono presentati dati aggiornati rispetto agli agenti fisici e, in particolare, sulle elevate concentrazioni di radon presenti in alcune aree del nostro territorio, sulle soluzioni intraprese per mitigarne la presenza negli edifici scolastici e sull'evoluzione nel tempo dei livelli di inquinamento elettromagnetico a radiofrequenza generato dagli impianti di telefonia mobile.

Viene, inoltre, descritta l'entità dell'inquinamento acustico da traffico stradale e il rumore aeroportuale che caratterizza la nostra regione.

L'ultima parte del documento presenta un quadro aggiornato della presenza di impianti produttivi soggetti ad autorizzazione integrata ambientale, vengono presentati il Piano energetico regionale, alcuni temi specifici sui rifiuti e sulla presenza di amianto.

È stato scelto infine di dedicare un capitolo alle attività svolte dall'Osservatorio Ambiente e Salute, istituito presso ARPA FVG, a sottolineare la connessione che sussiste tra la salute pubblica e le condizioni ambientali oltre che l'importanza delle relazioni tra i vari soggetti che operano in tali ambiti.

Il Rapporto sullo stato dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia si inserisce in un più ampio contesto nazionale che vede nell'attività di reportistica uno strumento essenziale per veicolare dati e informazioni certe e ufficiali, in un momento storico in cui è facile imbattersi in una comunicazione scientificamente poco solida e non sempre trasparente. Si citano, pertanto, i due strumenti principali: la

"Relazione sullo Stato dell'Ambiente, 2016" predisposta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e il primo "Rapporto Ambiente-SNPA".

Nel documento curato dal MATTM lo stato dell'ambiente in Italia viene esposto in un quadro di riferimento europeo con una particolare attenzione alle politiche poste a protezione dell'ambiente nelle quali l'Italia è protagonista. Il documento ha il pregio di trattare lo stato dell'ambiente in Italia, assumendo come riferimento metodologico il modello Driving Forces Pressures State Impact Response-DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte) e collocando le informazioni sull'ambiente a valle di un approfondimento sui Determinanti ritenuti significativi per il nostro paese in chiave ambientale (il quadro demografico, l'urbanizzazione, le variabili economiche, i trasporti, l'agricoltura, le attività di acquacoltura) e a valle di un approfondimento delle Pressioni sull'ambiente (gli agenti fisici, gli agenti chimici e i rifiuti). Lo Stato è trattato in modo tradizionale secondo le classiche matrici ambientali: l'aria, l'acqua e il suolo. Segue la valutazione degli Impatti degli effetti dei cambiamenti dello stato ambientale sotto il profilo della biodiversità e della salute dell'uomo. Nel documento del MATTM viene dato particolare spazio, e non poteva che essere così, alle azioni, intese come contromisure del sistema antropico per risolvere i problemi ambientali.

Nel primo "Rapporto Ambiente-SNPA" emerge tutta la storia e la potenzialità del Sistema quale produttore e detentore di dati ambientali utili e decisivi per la definizione delle politiche poste a protezione dell'ambiente nella dimensione che loro compete. La lettura del documento del SNPA, offre un quadro aggiornato dello stato dell'ambiente in Italia, secondo una visione uniforme e rigorosa dalla quale emergono luci e ombre, positività e criticità, scenari che potranno orientare non solo le Authority, ma anche lo stesso SNPA per definire le strategie di sviluppo.

È articolato in due volumi: il primo denominato "Ambiente in Primo Piano" strutturato per tematiche/capitoli ambientali (aria, clima, acqua, suolo, rifiuti, rumore, campi elettromagnetici, radiazioni ionizzanti e pericolosità di origine naturale e antropica), che fornisce una lettura dello stato dell'ambiente a livello nazionale secondo il modello DPSIR; ciascuna tematica è arricchita con brevi articoli (box di approfondimento) che riguardano studi, ricerche, esperienze e progetti ritenuti particolarmente rilevanti per il SNPA o anche processi, fenomeni ambientali, approfondimenti di natura didattica di interesse per la collettività. Il secondo volume, denominato "Ambiente in Primo Piano: indicatori e specificità regionali", analizza invece le situazioni regionali ed è articolata in due sezioni: la prima che descrive e confronta le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori ambientali e la seconda dedicata alle specificità/peculiarità regionali relative



ai temi di pertinenza dei rispettivi indicatori individuate dalle ARPA, che riguardano indagini, ricerche, esperienze positive, situazioni di eccellenza come anche criticità presenti nella regione trattata.

In un quadro generale così delineato e complesso è possibile affermare che lo stato dell'ambiente della nostra regione si caratterizza decisamente per le positività piuttosto che per le criticità. Si è fiduciosi che l'accurata, sistematica e tempestiva conoscenza dello stato dell'ambiente regionale e delle sue tendenze, basata sulla rigorosa disponibilità e valutazione dei dati ambientali, rappresenti per ARPA FVG il modo migliore per interpretare il proprio ruolo e per offrire al decisore politico e ai cittadini strumenti adeguati a orientare strategie e scelte verso la tutela del nostro ambiente.



# ■ CLIMA



# 1. Cambiamenti Climatici in Friuli Venezia Giulia

I dati attuali e, per la prima volta, le proiezioni climatiche future per il FVG ci mostrano come cambiano e cambieranno temperature e precipitazioni in regione, con effetti su ghiacci e livello del mare. Il nuovo studio 2017 pone le basi per una strategia regionale al fine di fronteggiare i cambiamenti climatici.

Andrea Cicogna, Federica Flapp, Stefano Micheletti  
ARPA FVG, OSMER - Osservatorio Meteorologico Regionale

Valentina Gallina, Filippo Giorgi

ICTP, International Centre for Theoretical Physics (Centro Internazionale di Fisica Teorica) Abdus Salam di Trieste, Earth System Physics (ESP) section

Renato R. Colucci, Fabio Raicich

CNR, Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente, Istituto di Scienze Marine

I cambiamenti climatici sono oggi un tema prioritario che coinvolge scienza, società e politica: sono infatti uno dei settori interconnessi oggetto dell'*Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite (Obiettivo 13 Agire per il clima: Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico)* e, in Italia, della *Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile 2017-2030*; l'attenzione pubblica sulla questione continua a crescere.

L'evidenza scientifica del riscaldamento globale si è andata sempre più consolidando negli ultimi anni, così come la consapevolezza che a causarlo sono le emissioni di gas climalteranti derivanti dall'impiego dei combustibili fossili e dall'uso non sostenibile del territorio e delle risorse naturali. Il V rapporto sul clima (AR5) dell'International Panel on Climate Change (IPCC), completato nel 2014 e basato su conoscenze e strumenti ulteriormente evoluti rispetto al precedente AR4 del 2007, afferma in modo molto netto che *"il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile e, dal 1950, molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti nei decenni e nei millenni. L'atmosfera e l'oceano si sono riscaldati, la massa di neve e ghiaccio è diminuita, e il livello del mare è aumentato. L'influenza umana sul sistema climatico è chiara e le recenti emissioni antropogeniche di gas ad effetto serra sono le più alte nella storia. I recenti cambiamenti climatici hanno avuto impatti diffusi sui sistemi umani e naturali"*.

Di pari passo è cresciuta la consapevolezza della necessità di porre in atto sia politiche globali per ridurre drasticamente le emissioni e mitigare l'aumento delle temperature (*mitigazione*), sia strategie di *adattamento* per limitare gli impatti dei cambiamenti climatici che comun-

que si verificheranno. Su questi fronti, tappe fondamentali a livello internazionale sono state la *Strategia Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* del 2013 e l'*Accordo di Parigi* del 2015 (in vigore da novembre 2016).

Anche nel nostro Paese e nella nostra regione lo studio dei cambiamenti climatici e lo sviluppo di politiche di mitigazione e adattamento hanno conosciuto negli ultimi anni sviluppi significativi.

A livello nazionale, lo stato e le tendenze del clima sono oggetto degli studi condotti dall'ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). Sul fronte delle politiche climatiche, nel 2015 il Ministero dell'Ambiente ha approvato la *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* (SNAC) e nel 2017 ha sottoposto a consultazione pubblica il *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* elaborato dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), che è in fase di approvazione al momento in cui si redige il presente articolo.

In Friuli Venezia Giulia, ARPA FVG tramite l'OSMER fornisce da anni dati, statistiche e informazioni di vario tipo sul clima della regione e ha avviato nel 2017, su incarico dell'Amministrazione regionale e in collaborazione con le Università regionali e tre enti di ricerca, un nuovo studio dei cambiamenti climatici e dei loro impatti sul nostro territorio: la redazione del RSA2017 rappresenta l'occasione per illustrare qui, in anteprima, i risultati iniziali di questo percorso di conoscenza, che pone le basi per una futura strategia regionale di adattamento ai cambiamenti climatici.

**Negli ultimi anni si è consolidata la consapevolezza che a causare il riscaldamento globale sono le emissioni di gas climalteranti**

Figura 1: andamento delle temperature medie annuali nel periodo 1961-2016 per la pianura del Friuli Venezia Giulia (linea blu continua). La linea tratteggiata rappresenta l'andamento delle temperature medie nei diversi decenni. La serie sintetica che rappresenta la pianura regionale è stata ottenuta analizzando varie serie di temperatura per il periodo 1961-2016, i cui valori sono stati opportunamente validati e omogeneizzati. Elaborazione a cura di ARPA FVG - OSMER.

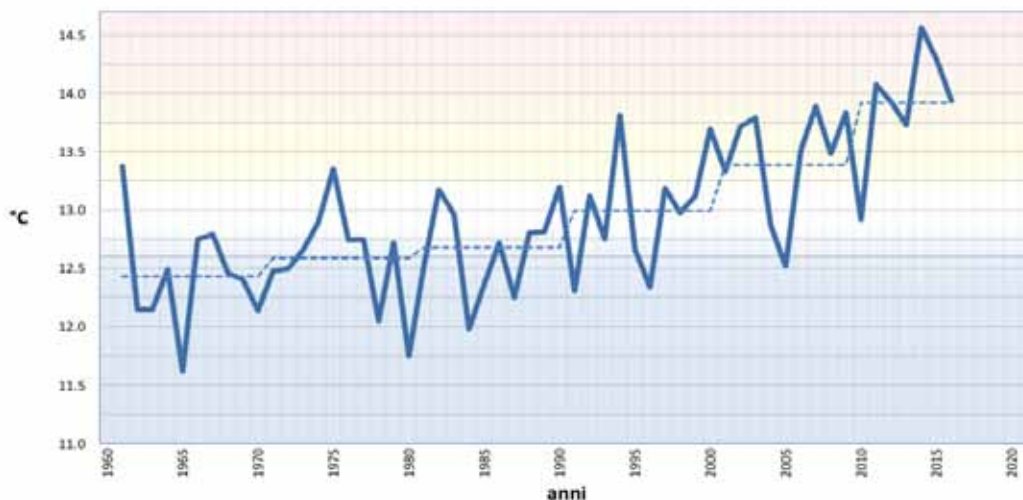


Figura 2: andamento delle temperature medie stagionali nel periodo 1961-2016 per la pianura del Friuli Venezia Giulia (linee continue). Le linee tratteggiate rappresentano l'andamento delle temperature medie nei diversi decenni. Elaborazione a cura di ARPA FVG - OSMER.

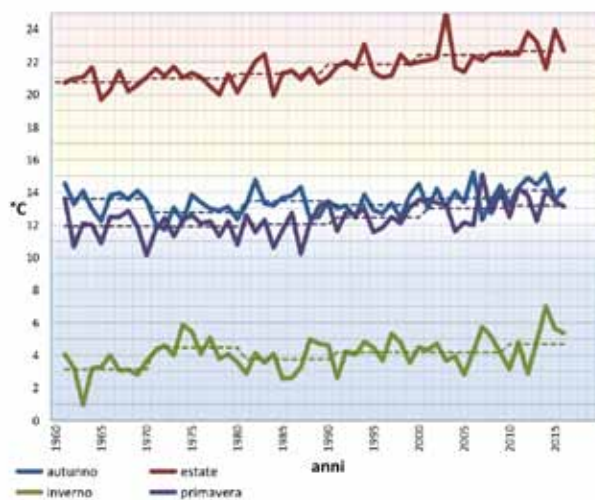
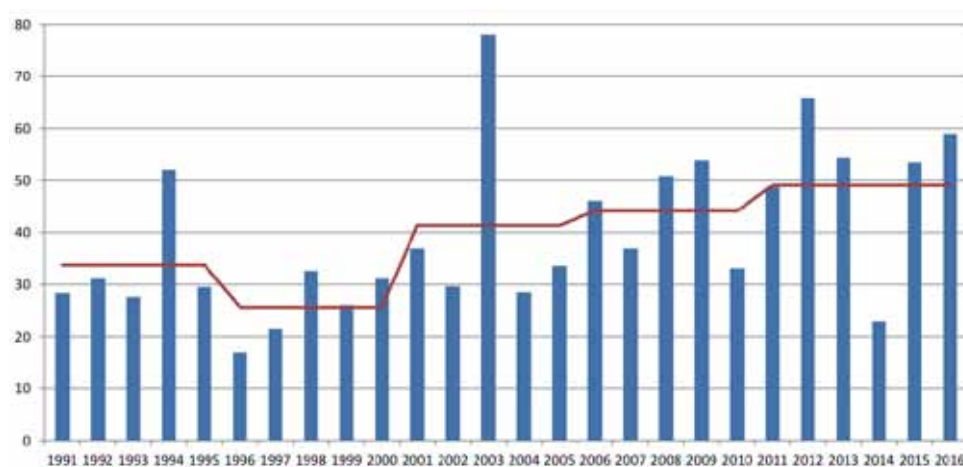


Figura 3: numero di giorni in cui la temperatura massima ha superato la soglia dei 30 °C nel periodo 1991-2016 per la pianura del Friuli Venezia Giulia (indice calcolato come media di 8 stazioni termometriche della pianura regionale). La linea rossa rappresenta l'andamento medio quinquennale. Elaborazione a cura di ARPA FVG - OSMER.



## Temperatura atmosferica

Dall'analisi dei dati climatici rilevati dalla rete regionale ed elaborati da ARPA FVG – OSMER emerge, come tendenza più evidente, l'aumento della temperatura media in FVG.

**Nel periodo 1961-2016 l'aumento medio della temperatura media è stato pari a 0,3 °C ogni 10 anni**

A livello annuale questo andamento è ben rappresentato in Figura 1: rispetto a una temperatura media annua di 12.6 °C, che era la norma nel trentennio di riferimento (1961-1990), negli ultimi anni si sono raggiunti valori decisamente superiori, con il picco di 14.6 °C del 2014. Nell'intero periodo 1961-2016 l'aumento medio della temperatura media è stato pari a 0.3 °C ogni 10 anni, con una chiara tendenza all'accelerazione nei decenni più recenti (linea tratteggiata in Figura 1).

Analizzando i dati suddivisi nelle quattro stagioni (Figura 2) si nota come gli ultimi due decenni risultino decisamente i più caldi della serie in ogni stagione dell'anno, ma con l'estate che mostra il tasso di incremento maggiore (0.4 °C per decennio).

L'estremizzazione del trimestre estivo è anche rilevabile dall'aumento delle giornate in cui la temperatura massima supera la soglia dei 30 °C (Figura 3): risulta evidente come il numero delle giornate molto calde sia passato da 30 degli anni '90 a quasi 50 nell'ultimo quinquennio.

## Precipitazioni

La precipitazione media annua nel periodo 1961-2015 si distribuisce (Figura 4a) secondo il noto gradiente pluviometrico che presenta un minimo di 800-1000 mm lungo la costa e un massimo di 2800-3000 mm sulle Prealpi Giulie (ARPA FVG - OSMER, 2014; per dati, elaborazioni e descrizioni del clima regionale si veda in generale [www.clima.fvg.it](http://www.clima.fvg.it)).

**Dal 1961 al 2015 si registra, nelle zone orientali della regione, una generale riduzione delle precipitazioni con un trend annuale di 3-4 mm**

Analizzando le variazioni osservate nei 55 anni disponibili si registra, nelle zone orientali della regione, una generale riduzione delle precipitazioni con un trend annuale (statisticamente significativo) di 3-4 mm (Figura 4b). Per tali aree si può stimare una riduzione delle precipitazioni fino al 15-20% nel periodo considerato.

La diminuzione risulta più pronunciata in primavera e in estate, mentre in autunno e in inverno non si evidenziano trend significativi.

Il numero di giorni di pioggia (giorni in cui cade almeno 1 mm di pioggia) varia annualmente dai 100 della costa fino ai 120-140 della zona prealpina. Anche in questo caso si nota un trend negativo che risulta particolarmente significativo durante il periodo estivo e per alcune zone orientali della regione (Figure 5a e b).

Per l'analisi dei dati di precipitazione si è fatto riferimento a un lavoro congiunto realizzato dalle Agenzie ambientali e dai Centri Funzionali di riferimento delle Regioni centro settentrionali italiane all'interno del progetto ARCIS (Archivio Climatologico per l'Italia Centro-Settentrionale; [www.arcis.it](http://www.arcis.it)). In questo lavoro sono stati analizzati i dati di pioggia giornaliera per il periodo 1961-2015 di oltre 1000 stazioni dell'Italia centrosettentrionale e regioni contermini. Per il Friuli Venezia Giulia sono presenti i dati di oltre 90 stazioni.

## Criosfera

La criosfera, ossia la porzione di territorio interessata da depositi di ghiaccio stagionale o permanente, reagisce all'andamento del clima e in particolare alla distribuzione dei valori medi di temperatura estiva e precipitazione invernale. La seppur modesta presenza di ghiacciai nella nostra regione è comunque significativa in quanto è tra quelle a più bassa quota a livello alpino. Questo è legato essenzialmente alle copiose nevicate invernali che interessano l'area delle Prealpi Giulie, unica zona dove si rinvengono ancora relitti glaciali (Colucci, 2016).

**La riduzione della criosfera regionale ha subito una forte accelerazione a partire dalla metà degli anni '80 e fino alla prima metà degli anni 2000**

A partire dalla fine della piccola età glaciale (circa metà '800) l'estensione glaciale del FVG si è ridotta da 2.4 km<sup>2</sup> a meno di 0.5 km<sup>2</sup> con una diminuzione complessiva dell'84%. La contrazione del volume di ghiaccio perso è ancora maggiore e stimata al 96% (Figura 6; Colucci e Žebre, 2016).

La riduzione della criosfera regionale ha subito una forte accelerazione a partire dalla metà degli anni '80 e fino alla metà del primo decennio degli anni 2000. Copiose nevicate di alcuni inverni degli ultimi 10 anni hanno invece portato una relativa fase di stabilità e l'ingente copertura nevosa osservata a fine primavera negli anni 2009, 2010, 2013 e 2014 ha permesso di bilanciare estati sempre più lunghe e sempre più calde, con bilanci di massa annuali anche positivi, contrariamente a quanto avviene sul resto delle Alpi.

L'accelerazione al riscaldamento degli ultimi anni sta minando in maniera considerevole anche il ghiaccio sotterraneo delle aree carsiche di alta montagna. In particolare



Figura 4: precipitazione media annuale nel periodo 1961-2015 in Friuli Venezia Giulia (a), relativo trend di variazione annuale ed eventuale grado di significatività (b). Fonte: ARPA FVG - OSMER e progetto ARCIS.

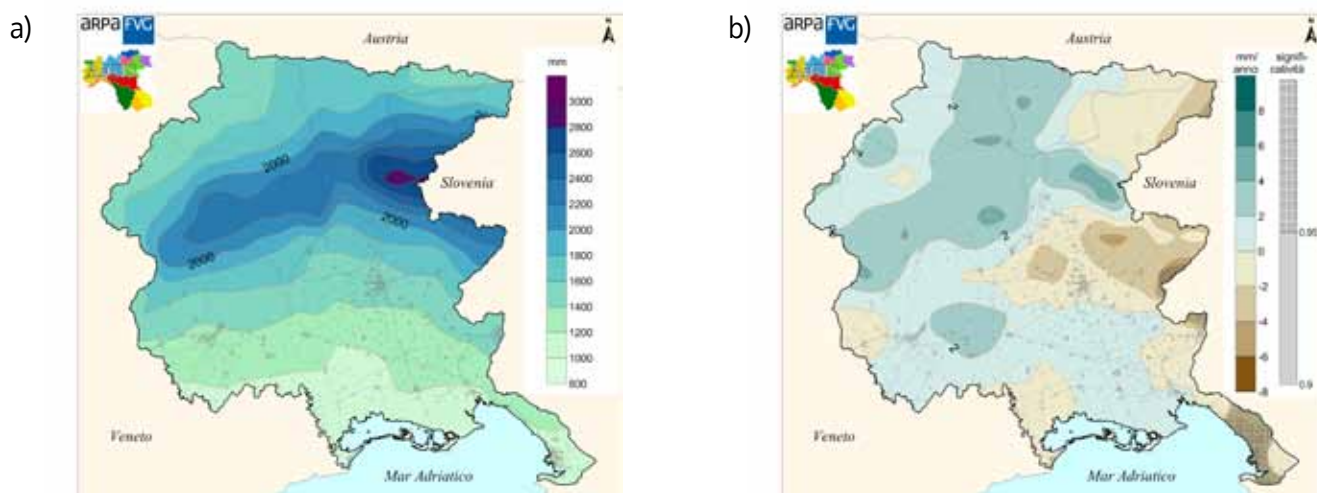


Figura 5: numero medio di giorni di pioggia per la stagione estiva nel periodo 1961-2015 in Friuli Venezia Giulia (a), relativo trend di variazione annuale ed eventuale grado di significatività (b). Fonte: ARPA FVG -OSMER e progetto ARCIS.

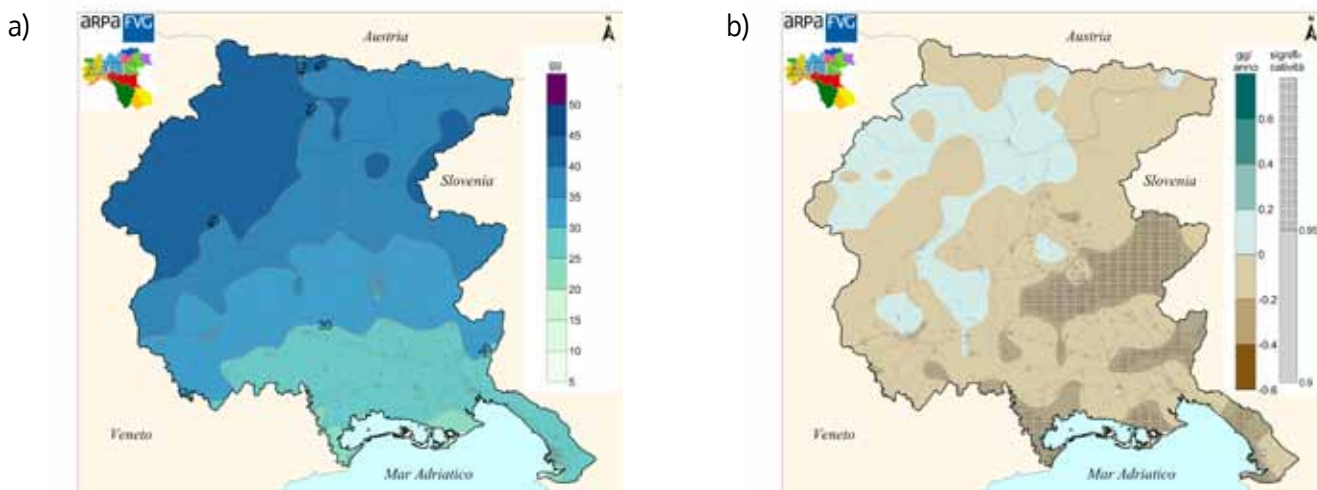


Figura 6: ricostruzione della riduzione dello spessore dei ghiacciai della Regione dal massimo della piccola età glaciale (ca. 1850) ad oggi (immagine modificata da Colucci & Žebre, 2016).

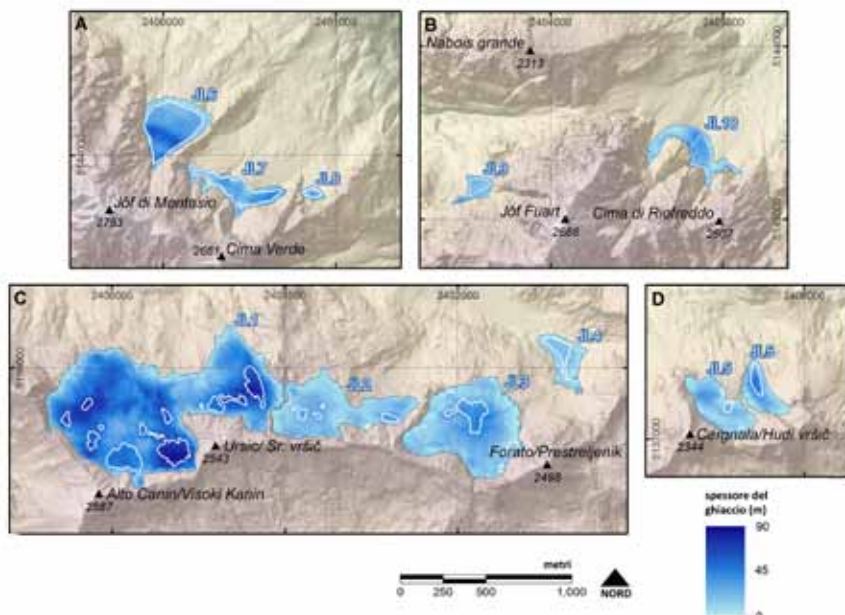


Figura 7: livello medio relativo annuale dal 1875 al 2016 a Trieste, riferito allo Zero Istituto Talassografico. Fonte: CNR-ISMAR TS.

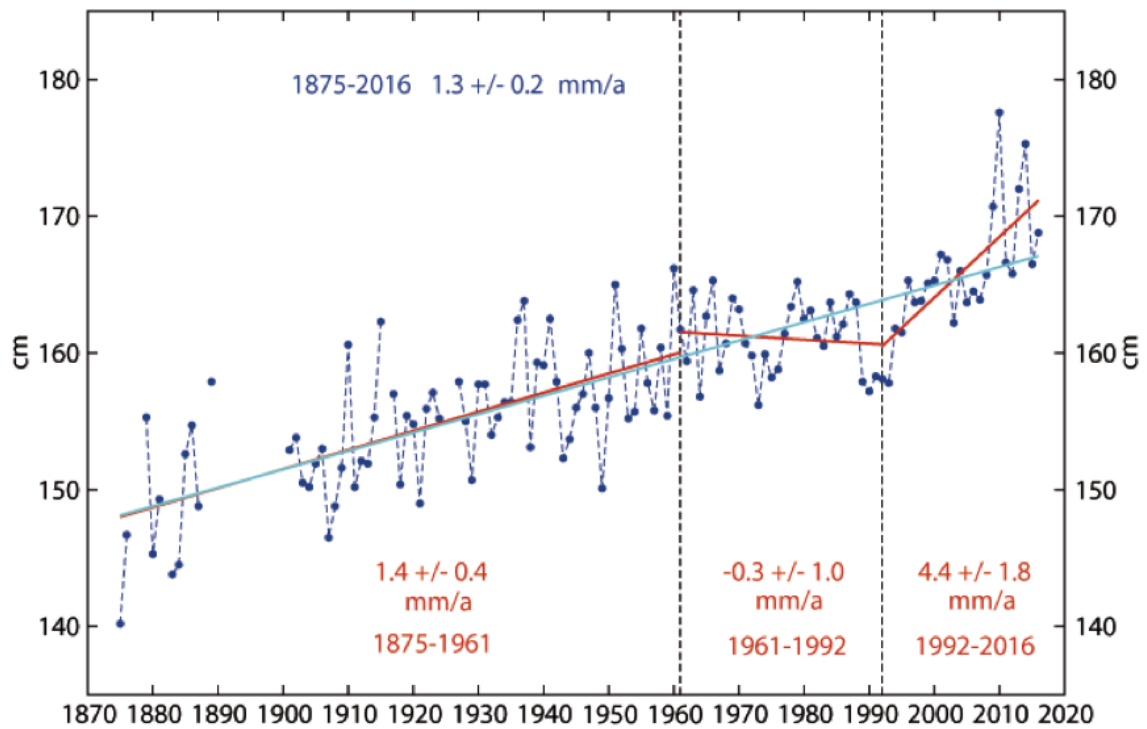
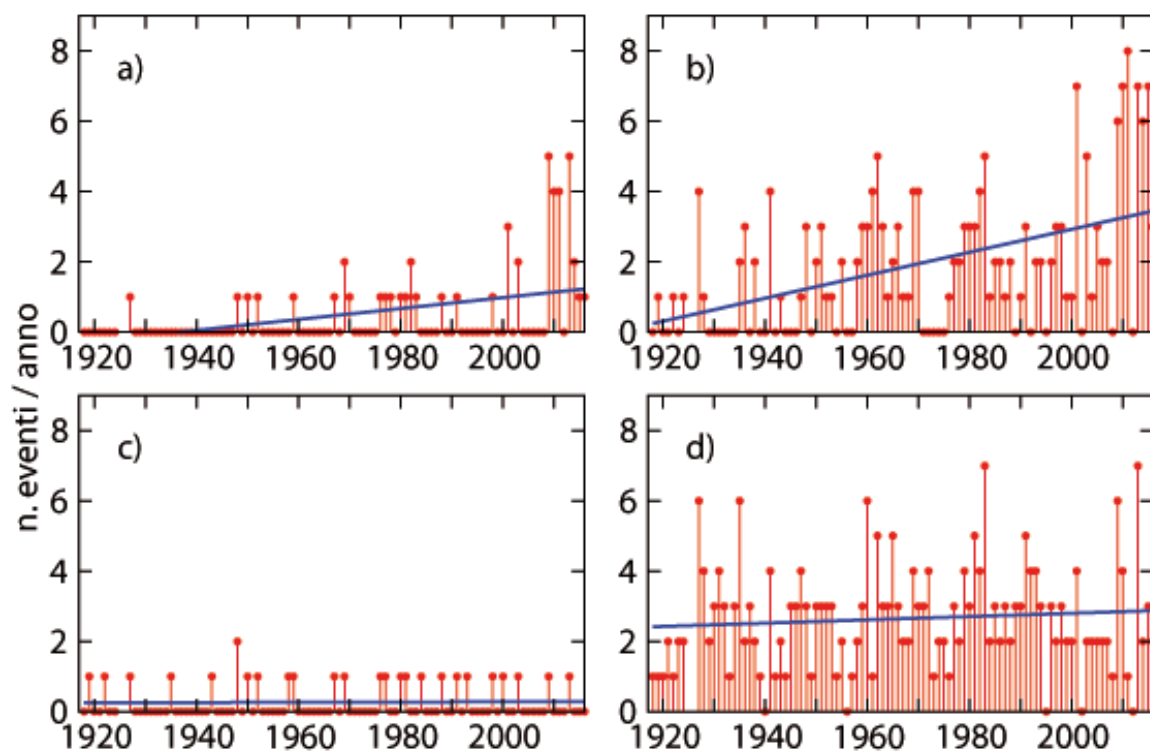


Figura 8: numero annuale di eventi di *storm surge* dal 1920 al 2016 a Trieste. Livello medio giornaliero maggiore di 40 cm (a) e 30 cm (b) sopra lo Zero IGM1942. Componente meteorologica giornaliera: 1% più alto (c) e 10% più alto (d). Fonte: CNR-ISMAR TS.





è stato osservato come eventi di precipitazione intensa associati a una quota dello zero termico molto elevata portino a fenomeni di fusione rapida di importanti porzioni di criosfera sotterranea (Colucci *et al.*, 2016).

## Mare

Oltre 140 anni di osservazioni consentono di descrivere l'evoluzione del livello marino relativo, ossia misurato rispetto a capisaldi costieri, lungo la costa del nord Adriatico. Eccetto che per l'effetto della subsidenza locale (ossia l'abbassamento verticale della superficie terrestre), presente nella zona lagunare, la serie temporale di Trieste rappresenta bene l'andamento del livello lungo l'intera costa del Friuli Venezia Giulia. Su scala secolare il livello medio (Figura 7) è aumentato alla velocità di  $1,3 \pm 0,2$  mm/a (Zerbini *et al.*, 2017), un po' meno della stima globale di  $1,7 \pm 0,2$  mm/a (Church *et al.*, 2013). Ciò in parte poiché, diversamente dall'Oceano Globale, nel 1961-1992 il livello del Mediterraneo è stato praticamente stazionario, per poi aumentare alla velocità di circa 4,4 mm/a (nel 1992-2016 a Trieste).

La bassa costa del Nord Adriatico è sensibile agli *storm surges* (noti anche come "acque alte"), tipici dell'autunno-inverno e causati da bassa pressione sul Mediterraneo centro-occidentale e vento di Scirocco sull'Adriatico. Basandosi sul livello relativo, coerentemente con l'aumento del livello medio, si osserva un deciso aumento della fre-

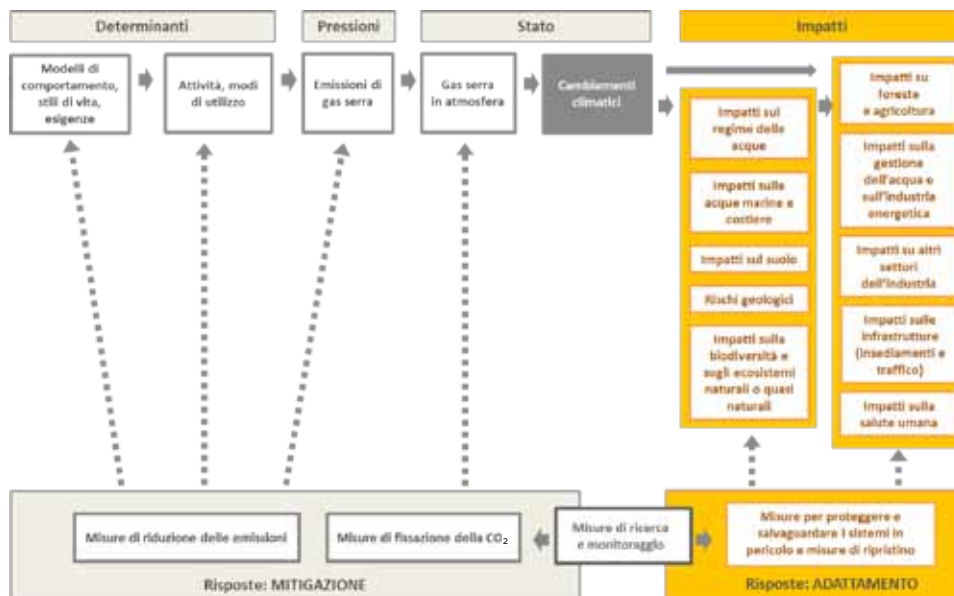
quenza di eventi nel XX secolo, particolarmente di quelli più intensi (Figura 8a). Considerando la sola componente meteorologica, la statistica non rivela significative tendenze di lungo periodo, specie per gli eventi più intensi (Figura 8c) (Lionello *et al.*, 2012; Raicich, 2015).

## Perché sta succedendo?

Il cambiamento climatico in atto dipende in larga misura da cause globali rilevate e rese note dall'IPCC. Per comprendere la complessità del problema e rappresentarlo in un'ottica sistemica che metta in relazione cause, effetti e possibili soluzioni, è utile inquadrare i cambiamenti climatici secondo il modello DPSIR (Figura 9), sviluppato dalla AEA (Agenzia Europea per l'Ambiente). Questo schema evidenzia i nessi causali fra attività antropiche (cause determinanti e conseguenti pressioni), stato dell'ambiente e impatti associati, nonché le azioni (risposte) che si possono mettere in atto per fronteggiare il problema.

Le cause del cambiamento climatico, così come definite nell'AR5 (IPCC, 2014), sono le sostanze e i processi naturali e antropogenici che alterano il bilancio energetico della Terra, portando a un assorbimento di energia da parte del sistema climatico con un conseguente riscaldamento della superficie terrestre (il cosiddetto "effetto serra"). Il più grande contributo a questo processo è stato l'enorme aumento della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub>, il gas serra più abbondante, dal 1750 a oggi. L'influenza umana sul sistema climatico è chiara e le continue emissioni di gas serra causeranno un ulteriore riscaldamento (maggiore di 1,5 °C rispetto al periodo pre-industriale per la fine del XXI secolo) e cambiamenti in tutte le componenti del sistema climatico (atmosfera, ciclo dell'acqua, innal-

Figura 9: cause, effetti e risposte ai cambiamenti climatici: schema concettuale secondo il modello DPSIR (Driving Force - Pressure - State - Impact - Response). Fonte: tradotto e adattato da Umweltbundesamt, 2015.



zamento del livello del mare, precipitazioni, eventi estremi), aumentando la probabilità di effetti gravi, diffusi e irreversibili per le persone e gli ecosistemi.

Gli impatti rappresentano le conseguenze dirette e indirette dei cambiamenti climatici sul sistema e includono, ad esempio, impatti sul regime delle acque interne e delle acque marine costiere, sul suolo, sulla biodiversità, ma anche su molteplici settori socioeconomici (es. agricoltura, allevamento, infrastrutture, turismo, salute).

Due sono le possibili strategie di risposta al cambiamento climatico: mitigazione e adattamento, entrambe necessarie e complementari, che chiamano in causa diversi livelli di governance.

## Cosa è stato fatto e cosa possiamo fare?

Come evidenzia il V Rapporto dell'IPCC, contenere il cambiamento climatico richiede una riduzione sostanziale e duratura delle emissioni di gas a effetto serra che, insieme con l'adattamento, può essere in grado di limitare i rischi e aumentare la resilienza dei sistemi naturali

**Sono necessarie politiche e cooperazione a tutti i livelli, che forniscano risposte integrate collegando l'adattamento e la mitigazione con altri obiettivi sociali**

e socioeconomici. Molte scelte di adattamento e di mitigazione possono contribuire a contrastare i cambiamenti climatici, ma nessuna opzione singola è sufficiente di per sé: sono necessarie politiche e cooperazione a tutti i livelli, che forniscano risposte integrate collegando l'adattamento e la mitigazione con altri

obiettivi sociali in un'ottica di sviluppo sostenibile.

Se la mitigazione ha effetti globali e deve necessariamente essere oggetto di politiche internazionali, l'adattamento è una partita che si gioca a scala nazionale e ancor più regionale: ogni territorio ha infatti specifiche vulnerabilità, subisce diversamente gli impatti dei cambiamenti climatici e può diversamente trarre vantaggio dalle opportunità che questi possono offrire. Ne consegue che le strategie di adattamento devono essere contestualizzate, riferite a specifici scenari climatici regionali.

Coerentemente con queste premesse, la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia da un lato è impegnata sul fronte della mitigazione tramite il Piano energetico regionale (RAFVG, 2015) che persegue sviluppo e potenziamento del sistema energetico in FVG insieme alla riduzione delle emissioni climalteranti, secondo i principi dell'Accordo di Parigi; dall'altro ha intrapreso il proprio percorso verso una Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti

Climatici affidando ad ARPA FVG (con DGR n 1890-2016) lo studio delle evidenze dei cambiamenti climatici sul territorio della regione e l'analisi dei loro impatti. Lo studio è condotto da ARPA FVG con la collaborazione scientifica delle Università degli Studi di Udine e di Trieste e di enti pubblici di ricerca aventi sede in regione: l'International Centre for Theoretical Physics (ICTP) – Centro Internazionale di Fisica Teorica, l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) e il Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze Marine di Venezia (CNR-ISMAR) – sede di Trieste. Questo percorso di conoscenza comprende naturalmente ulteriori attività di comunicazione e di informazione al pubblico, oltre a quelle che ARPA FVG – OSMER sta già mettendo in campo da anni attraverso incontri con le scuole e con la cittadinanza, nonché tramite i diversi canali di comunicazione (sito web, social networks, trasmissioni radio-televisive ecc.) per sensibilizzare la popolazione e stimolare l'adozione di comportamenti e iniziative idonei a contrastare i cambiamenti climatici.

Il nuovo studio regionale da un lato analizza i cambiamenti del clima in Friuli Venezia Giulia, dall'altro pone le basi per comprendere i loro impatti sul territorio regionale. La prima parte dell'analisi climatica riguarda i cambiamenti climatici già in atto (già delineati nei paragrafi precedenti), mentre la seconda parte riguarda i cambiamenti climatici futuri: infatti, grazie alla collaborazione con l'ICTP è stato possibile per la prima volta ottenere una stima di come cambierà il clima in futuro nella nostra regione utilizzando le simulazioni di alcuni modelli climatici europei, che sono state "ritagliate" su misura per il Friuli Venezia Giulia. Di questi risultati preliminari inerenti alle proiezioni climatiche si fornisce un'anteprima nell'approfondimento "Il clima futuro in Friuli Venezia Giulia".

## Dove stiamo andando?

Le proiezioni di cambiamento climatico in Friuli Venezia Giulia per il XXI secolo (vedi approfondimento) mostrano che se l'emissione di gas climalteranti proseguirà senza riduzioni (scenario "business as usual"), nella nostra regione potremmo aspettarci un aumento di temperatura a fine secolo fino a 5 °C in inverno e fino a 6 °C in estate, con un forte aumento di ondate di calore. Secondo le indicazioni dei modelli climatici, le precipitazioni dovrebbero generalmente aumentare in inverno (con possibile aumento di eventi estremi) e diminuire, anche fortemente, in estate, quindi con un inaridimento estivo del territorio. Chiaramente, questi cambiamenti del clima regionale avrebbero forti ripercussioni su molti settori socioeconomici regionali, come le risorse idriche, l'agricoltura, i servizi ecosistemici, la salute, il turismo e così via. Nello scenario più ottimistico, cioè quello che si verificherebbe se le emissioni globali di gas climalteranti venissero drasticamente diminuite, dando attuazione all'Accordo di

Parigi, i modelli indicano che in Friuli Venezia Giulia sia il riscaldamento sia i cambiamenti di precipitazione sarebbero fortemente ridotti rispetto allo scenario "business as usual". L'analisi delle proiezioni climatiche sviluppata grazie allo studio promosso dall'Amministrazione Regionale rappresenta una novità assoluta per il Friuli Venezia Giulia: alla sintesi qui proposta in anteprima seguirà in futuro la presentazione più dettagliata dei risultati del lavoro complessivo.

### Criosfera

La risposta della criosfera alpina al cambiamento climatico porterà a una continua riduzione della massa glaciale presente, attualmente non in equilibrio con le condizioni climatiche attuali (Haeberli et al., 2013). Cruciali nel determinare l'evoluzione della criosfera regionale saranno da un lato la distribuzione invernale delle precipitazioni e l'azione delle valanghe che amplificano localmente il bilancio di massa (differenza tra accumulo e perdita di neve e ghiaccio) sui resti glaciali attuali del FVG, dall'altro l'andamento delle temperature medie estive che moduleranno la lunghezza del periodo di ablazione (riduzione di volume del ghiacciaio). La presenza di geomorfologie legate a processi glacio-nivali apparentemente attivi nel corso dell'intero periodo olocenico (ultimi 11 700 anni) e le recenti campagne osservative suggeriscono una possibile maggiore resilienza degli apparati glaciali delle Alpi Giulie alle fasi con clima molto caldo, rispetto alla maggior parte dell'area alpina. Il recente aumento della copertura detritica che si è osservato su molti apparati glaciali avrà inoltre l'effetto di rallentare i processi di fusione superficiale del ghiaccio relitto. Con queste considerazioni la contrazione di massa potrebbe essere localmente meno accelerata rispetto alla media alpina, ma il processo di riduzione non è previsto possa interrompersi.

### Mare

Sul lungo periodo, l'andamento del livello medio del mare nel nord Adriatico segue quello globale, in aumento principalmente per l'aumento di volume, dovuto al riscaldamento, e di massa, per la fusione dei ghiacci continentali. A seconda degli scenari, secondo le proiezioni in Church et al. (2013) il livello medio globale è destinato ad aumentare, rispetto al 1986-2005, di 24-30 cm a metà del XXI secolo e di 40-63 cm alla fine del secolo; le incertezze sono attorno al 30%. Relativamente agli eventi estremi, ossia gli *storm surges* (fenomeni di "acqua alta"), da vari studi relativi al nord Adriatico in tutti gli scenari è prevista una diminuzione delle frequenza e dell'intensità degli eventi più marcati (Conte e Lionello, 2013; Mel et al., 2013). Agli effetti dell'impatto sulla costa va naturalmente considerata la sovrapposizione degli effetti degli *storm surges*, del livello medio e dell'eventuale subsidenza.

## Bibliografia

- ARPA FVG – OSMER, 2014, *Il clima del Friuli Venezia Giulia*, [http://www.meteo.fvg.it/clima/clima\\_fvg/02\\_documenti\\_descrittivi\\_e\\_approfondimenti/01\\_Il\\_clima\\_del\\_Friuli\\_Venezia\\_Giulia/clima\\_fvg-divulgativo.pdf](http://www.meteo.fvg.it/clima/clima_fvg/02_documenti_descrittivi_e_approfondimenti/01_Il_clima_del_Friuli_Venezia_Giulia/clima_fvg-divulgativo.pdf), ultimo accesso 08/09/2017.
- Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., Gregory J.M., Jevrejeva S., Levermann A., Merrifield M.A., Milne G.A., Nerem R.S., Nunn P.D., Payne A.J., Pfeffer W.T., Stammer D., Unnikrishnan A.S., 2013, *Sea Level Change*, in «Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», Ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Colucci R.R., 2016, *Geomorphic influence on small glacier response to post Little Ice Age climate warming: Julian Alps, Europe*, *Earth Surface Processes and Landforms*, 41: 1227-1240.
- Colucci R.R., Fontana D., Forte E., Potleca M., Guglielmin M., 2016, *Response of ice caves to weather extremes in the Southeastern Alps, Europe*, *Geomorphology*, 261: 1-11.
- Colucci R.R., Žebre M., 2016, *Late Holocene evolution of glaciers in the southeastern Alps* *Journal of Maps*, 12: 289-299.
- Conte, D., Lionello P., 2013, *Characteristics of large positive and negative surges in the Mediterranean Sea and their attenuation in future climate scenarios*, *Global and Planetary Change*, 111, 159-173.
- Haeberli W., Hugger C., Paul F., Zemp M., 2013, *Glacial Responses to Climate Change*, in «John F. Shroder (ed.) Treatise on Geomorphology», Vol. 13, pp. 152-175. San Diego: Academic Press.
- IPCC, 2014, *Fifth Assessment Report (AR5)*, <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>, ultimo accesso 08/09/2017.
- ISPRA, 2015, *Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni di modelli regionali*, Stato dell'Ambiente 58/2015, Roma.
- ISPRA, 2017, *Gli indicatori del clima in Italia nel 2016*, Rapporto ISPRA Stato dell'ambiente 72/2017, Roma.
- Lionello P., Cavaleri L., Nissen K., Pino C., Raicich F., Ulbrich U., 2012, *Severe marine storms in the Northern Adriatic: Characteristics and trends*, *Physics and Chemistry of the Earth*, 40-41, 93-105.
- Mel R., Sterl A., Lionello P., 2013, *High resolution climate projection of storm surge at the Venetian coast*, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 1135-1142.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2015, *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, Roma
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017, *Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile 2017-2030*, Roma.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017, *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (bozza per la consultazione pubblica)*, <http://www.minambiente.it/pagina/consultazione-su-piano-nazionale-adattamento-cambiamenti-climatici>, ultimo accesso 08/09/2017.
- ONU, 2017, *Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite - Obiettivo 13 Agire per il clima: Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico*, <http://www.unric.org/it/agenda-2030/30796-obiettivo-13-promuovere-azioni-a-tutti-i-livelli-per-combattere-il-cambiamento-climatico>, ultimo accesso 08/09/2017.
- Raicich F., 2015, *Long-term variability of storm surge frequency in the Venice Lagoon: an update thanks to 18th century sea level observations*, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 527-535.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 2015, *Piano energetico regionale*, <http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/energia/FOGLIA111/>, ultimo accesso 08/09/2017.

SNPA, 2017, *Introduzione agli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici: concetti chiave e indicatori "candidati"*, Prodotto del GdL 7.45 Impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Roma.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2015, *Paris Agreement*, [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9485.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php), ultimo accesso 08/09/2017.

Zerbini S., Raicich F., Prati C., Bruni S., Del Conte S., Errico M., Santi E., 2017, *Sea-level change in the Northern Mediterranean Sea from long-period tide gauge time series*. *Earth-Science Reviews*, 167, 72-87.



# Il clima futuro in Friuli Venezia Giulia

Valentina Gallina, Filippo Giorgi

ICTP, International Centre for Theoretical Physics (Centro Internazionale di Fisica Teorica) Abdus Salam di Trieste, Earth System Physics (ESP) section



Foto: <https://pixabay.com>

## Gli scenari di riferimento dell'IPCC

Ulteriori emissioni di gas serra in atmosfera dovrebbero portare a un riscaldamento del clima globale rispetto alla situazione attuale. L'IPCC ha elaborato diversi scenari di emissioni e concentrazioni di gas serra sulla base di diverse ipotesi di sviluppo socio-economico futuro. In particolare, nel suo quinto rapporto ha usato tre scenari di riferimento, o *Representative Concentration Pathways* (RCP), da utilizzare come input per le proiezioni climatiche effettuate con modelli climatici globali (GCM).

Questi scenari sono:

- **RCP2.6** (target dei 2 °C di riscaldamento rispetto ai valori preindustriali),
- **RCP4.5** (scenario intermedio),
- **RCP8.5** (scenario più estremo, o cosiddetto "*business as usual*", con un riscaldamento globale fra i 3,5 e i 5,5 °C).

Il numero associato a ogni RCP rappresenta il forzante radiativo aggiuntivo dovuto all'aumento dei gas serra una volta ottenuta la stabilizzazione di questi ultimi in atmosfera.

Per ogni scenario sono stati usati dei GCM sviluppati da

laboratori in tutti i continenti per simulare l'evoluzione del clima nel XXI secolo. Un *downscaling* dinamico con modelli climatici regionali (RCM) è stato poi effettuato per ottenere simulazioni climatiche ad alta risoluzione sulla regione Europea, includendo nello specifico il FVG, nell'ambito dei programmi EURO-CORDEX e MED-CORDEX ([www.euro-cordex.net](http://www.euro-cordex.net) e [www.medcordex.eu](http://www.medcordex.eu)). Tali simulazioni forniscono una migliore stima dei fenomeni a scala regionale e locale utile per l'analisi degli impatti e dei rischi sui cambiamenti climatici, coprendo il periodo 1970-2100: nelle simulazioni analizzate l'intervallo 1970-2005 identifica il periodo storico di riferimento, mentre lo

scenario di cambiamento climatico è considerato quello dal 2006 al 2100.

## L'IPCC ha elaborato 3 scenari di emissioni e concentrazioni di gas serra a seconda di diverse ipotesi di sviluppo socio-economico futuro

La risoluzione dei modelli regionali è di circa 12 km (0.11°), con diversi grigliati; quindi, per poter uniformare tutti i modelli disponibili, i dati sono stati interpolati su un grigliato comune di circa 11 km (0.10°) che copre l'area del FVG (Longitudine 12.30°-14.00°; Latitudine 45.55°-46.75°). Al fine di ottenere un inquadramento generale sulle

proiezioni future dei cambiamenti climatici a livello regionale, sono stati estratti e analizzati i dati di temperatura e precipitazione fino al 2100, valutando le variazioni (o anomalie) climatiche future in termini di differenze tra il

Tabella1: modelli disponibili per gli scenari di emissione RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Il nome del modello è definito dai nomi del modello globale di circolazione (GCM) e da quello regionale (RCM) utilizzati. La X identifica la presenza del modello nell'ensemble per un determinato scenario RCP. Fonte: ICTP, Earth System Physics.

Nome modello (GCM_RCM)	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CNRM-CM5_CCLM4-8-17	-	X	X
CNRM-CM5_RCA4	-	X	X
EC-EARTH_CCLM4-8-17	X	X	X
EC-EARTH_HIRHAM5	X	X	X
EC-EARTH_RACMO22E	X	X	X
EC-EARTH_RCA4	X	X	X
HadGEM2-ES_CCLM4-8-17	-	X	X
HadGEM2-ES-ICTP-RegCM4	-	-	X
HadGEM2-ES_RACMO22E	X	X	X
HadGEM2-ES_RCA4	X	X	X
IPSL-CM5A-MR_RCA4	-	X	X
MPI-ESM-LR_CCLM4-8-17	-	X	X
MPI-ESM-LR_RCA4	X	X	X
MPI-ESM-LR_REMO2009	X	X	X

valore di una variabile o di un indice su un periodo futuro e il valore corrispondente nel trentennio climatologico di riferimento 1976-2005. Inoltre, a causa delle differenze e incertezze fra proiezioni con diversi modelli, per facilitare la visualizzazione dei cambiamenti climatici regionali e ottenere il segnale dominante derivato dall'insieme dei modelli analizzati, i dati provenienti dai diversi modelli disponibili sono stati aggregati ottenendo un unico valore di *ensemble* (cioè il valore mediato tra i vari modelli considerati). In questo documento si presenta un'analisi preliminare delle simulazioni riportate nella Tabella 1, mentre un'analisi più approfondita è tuttora in corso.

## Le temperature future in regione

La Figura 1 rappresenta l'andamento dell'anomalia delle temperature invernali (a) ed estive (b) fino al 2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (linea blu), RCP4.5 (linea verde) e RCP8.5 (linea rossa). Tali grafici evidenziano l'ammontare dell'incremento della temperatura secondo la media dell'*ensemble* dei modelli utilizzati per il FVG a seconda dello scenario futuro che si considera. Nello specifico, rispetto alla media del trentennio di riferimento, nella nostra regione in inverno si potrà assistere a un aumento medio da 1 °C (RCP2.6) fino a circa 5 °C (RCP8.5); in estate si potrebbe

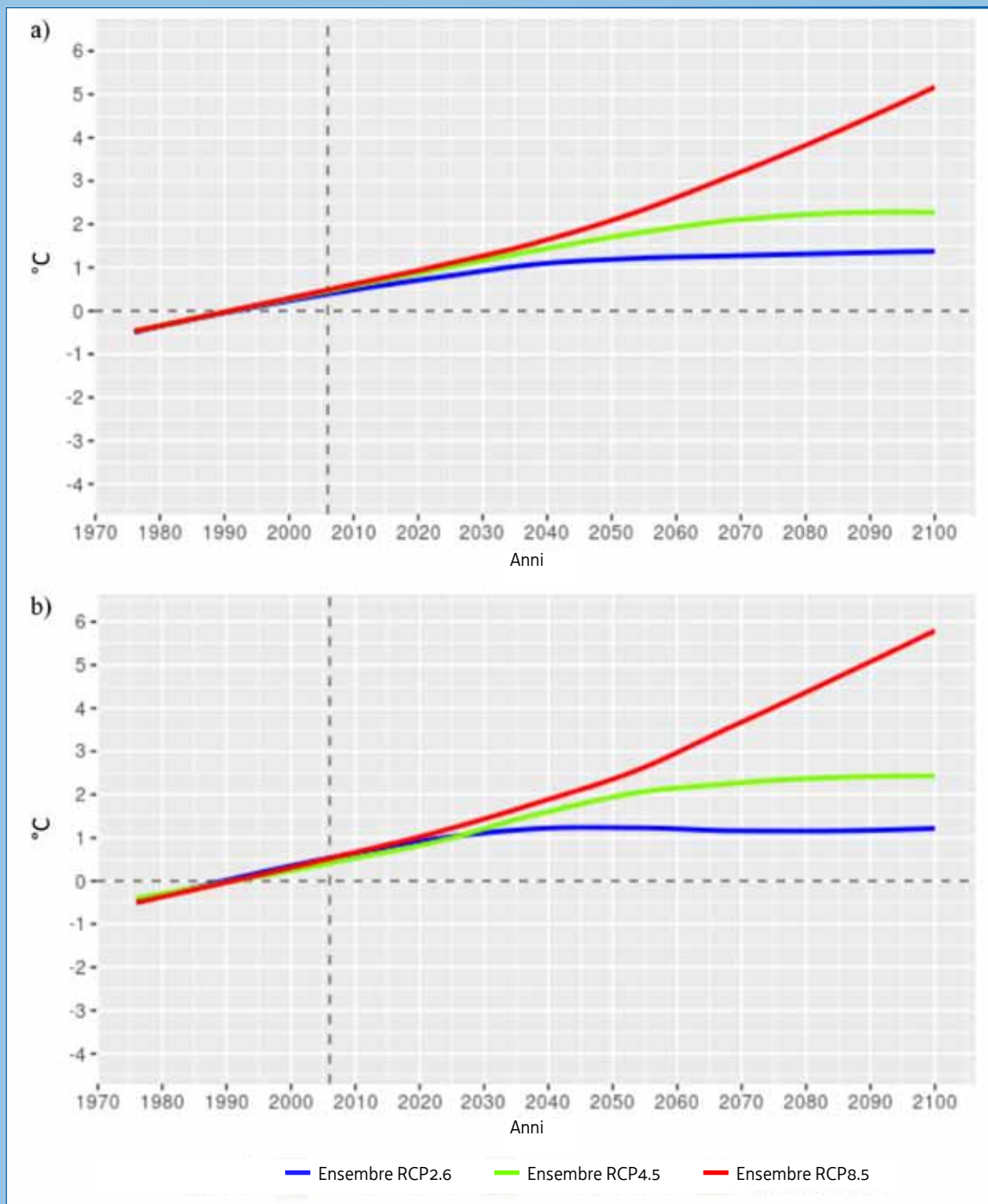
osservare un incremento anche di 6 °C (RCP8.5) al 2100. Da notare altresì che già nel 2050 potrebbe verificarsi un aumento anche di 2-2.5 °C. Per semplicità, la Figura 1 mostra solo l'andamento della media dell'*ensemble*, ma per ogni *ensemble* i diversi modelli producono un'incertezza dell'ordine di +/- 1.5 °C rispetto al valore medio.

Considerando nello specifico l'anomalia di temperatura durante la stagione invernale (colonna sinistra) ed estiva (colonna destra), la Figura 2 rappresenta la variazione per lo scenario RCP2.6 (ovvero lo scenario IPCC più basso) per gli intervalli temporali 2021-2050 (a) e 2071-2100 (b) rispetto al riferimento 1976-2005. Analogamente, la stessa analisi è stata fatta per lo scenario RCP8.5 (ovvero lo scenario IPCC più estremo) nelle quattro mappe dei pannelli (c) e (d). La Figura 2 evidenzia come, già per lo scenario RCP2.6, nel periodo di breve e lungo termine (2021-2050, 2071-2100), soprattutto nella stagione estiva (Figure 2a e 2b, destra), si potrà assistere ad un incremento di 2-3 °C su tutta la regione; mentre d'inverno (Figura 2a e 2b, sinistra) l'anomalia si assesta attorno a circa 1-2 °C. Tale andamento estivo è previsto anche per lo scenario RCP8.5 nel breve periodo (Figura 2c, destra). Tuttavia per il trentennio futuro 2071-2100 (periodo in cui è auspicabile l'attuazione di misure di adattamento, nonché di mitigazione nell'immediato futuro) nell'RCP8.5 (Figura 2d, destra) la temperatura potrebbe subire un incremento fino a 5-6 °C. Durante l'inverno, per l'RCP8.5 l'anomalia di temperatura subirà un incremento fino a circa 3 °C nel breve periodo (Figura 2c, sinistra), mentre per il trentennio 2071-2100 (Figura 2d, sinistra) dai 3 °C (dalla costa fino alla zona collinare) ai 5 °C (nella zona montana). Un segnale di conferma si riscontra dai dati rilevati da OSMER nell'ultimo decennio rispetto ai dati storici di riferimento che già danno per acquisito un aumento, in pianura, durante la stagione invernale tra 0.5 °C e 1 °C e, in modo ancora più evidente, tra 1 °C e 2 °C durante l'estate.

**Per lo scenario più estremo (RCP8.5), il FVG potrebbe subire un aumento di temperatura per la fine del XXI secolo fino a 5°C in inverno e fino a 6°C in estate, con un forte aumento di ondate di calore**

Un indice rappresentativo per le ondate di calore è quello che considera 5 giorni consecutivi in cui la temperatura è maggiore di 5 °C rispetto alla media di riferimento per quel giorno dell'anno. Tale indice è stato elaborato per la regione FVG per gli intervalli futuri 2021-2050 e 2071-2100 e confrontato con i valori per il trentennio 1976-2005 e per gli scenari RCP2.6 e RCP8.5 (Figura 3 rispettivamente a e b). La Figura 3a evidenzia che già per lo scenario RCP2.6 vi saranno da 5 a 10 giorni in cui le temperature saranno

Figura 1: andamento dell'anomalia delle temperature invernali (a) ed estive (b) in Friuli Venezia Giulia fino al 2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 (linea blu), 4.5 (linea verde) e 8.5 (linea rossa). Fonte: ICTP, Earth System Physics.



maggiori di 5 °C rispetto alla media del 1976-2005; quindi le ondate di calore estive così calcolate saranno in media 1 o 2 all'anno. In riferimento allo scenario RCP8.5, se per il breve periodo le ondate di calore estive si assestano su 1 o 2 all'anno come per l'RCP2.6 (Figura 3b), per il trentennio 2071-2100, si arriverà in pianura ad avere anche 40 giorni in cui le temperature estive saranno di almeno 5

°C superiori alla media di riferimento in un anno (ovvero 8 eventi di ondate di calore ogni estate). Ciò può significare che in futuro la maggior parte dell'estate sarà interessata da ondate di calore (come nell'estate del 2003), provocando importanti conseguenze sulla salute umana, sui raccolti e l'allevamento, e sugli ecosistemi più vulnerabili.

Figura 2: variazione dell'anomalia di temperatura in Friuli Venezia Giulia durante la stagione invernale (colonna sinistra) ed estiva (colonna destra) per lo scenario RCP2.6 per l'intervallo temporale 2021-2050 (a) e 2071-2100 (b) rispetto al riferimento 1976-2005; analogamente per lo scenario RCP8.5 (c) e (d). Fonte: ICTP, Earth System Physics.

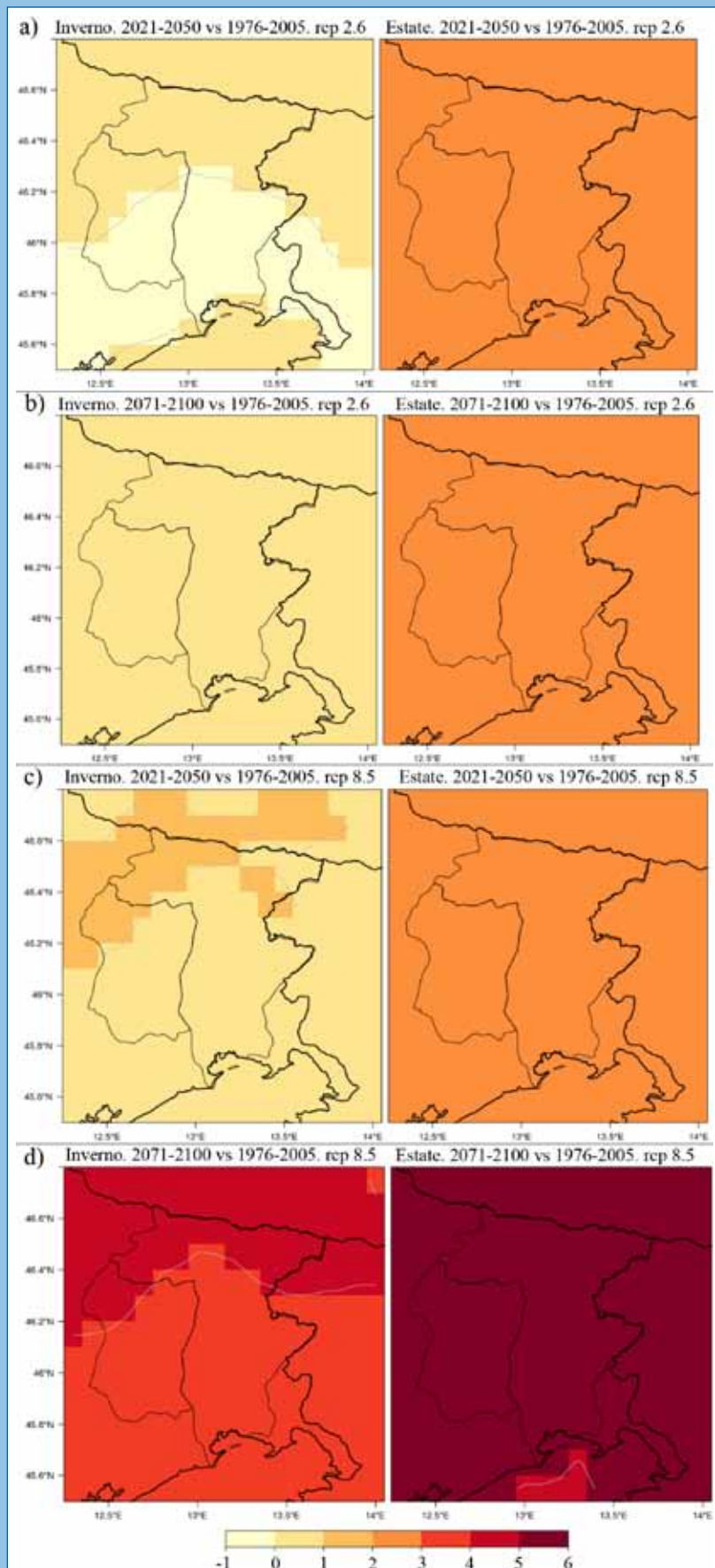
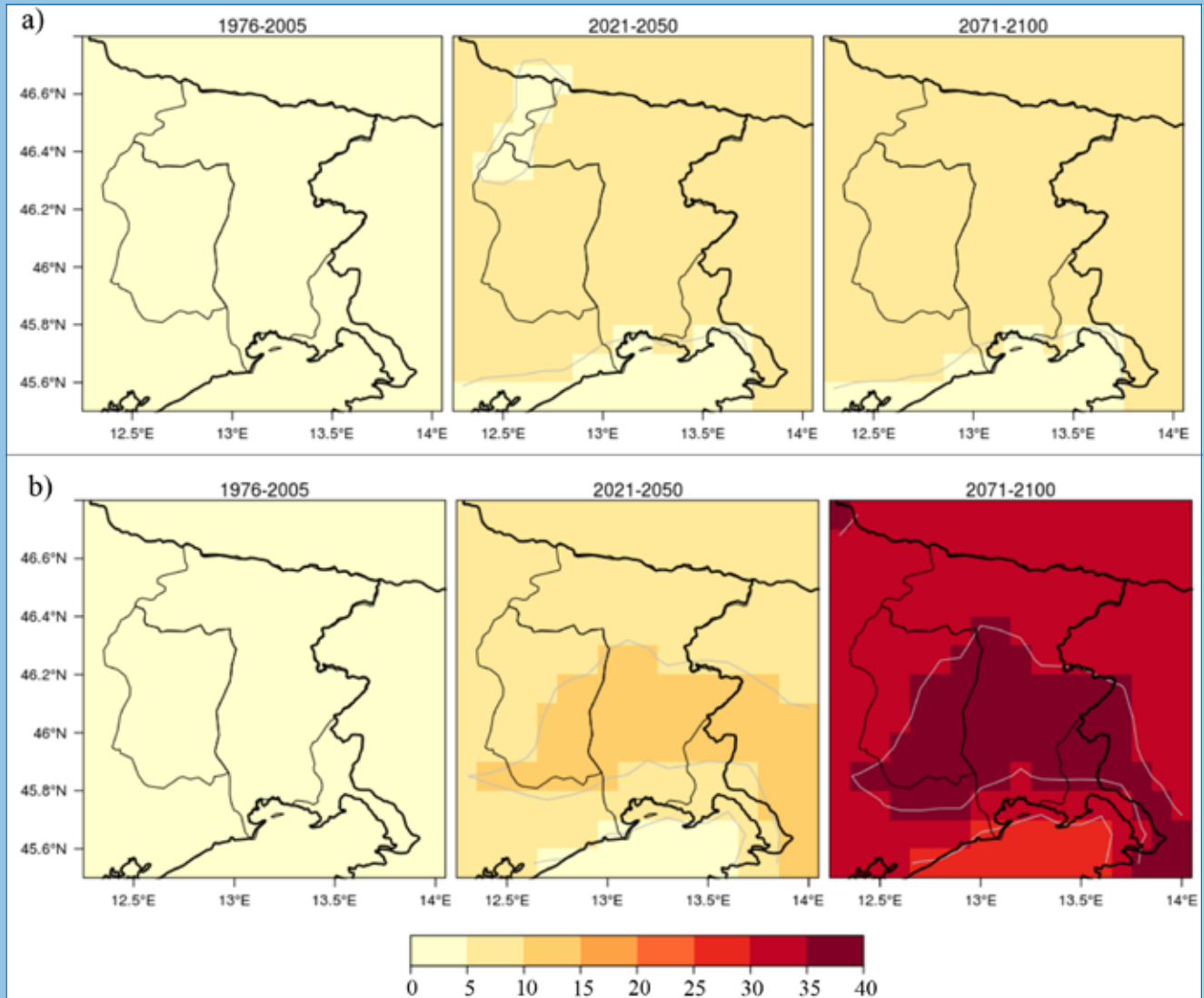




Figura 3: anomalie delle ondate di calore previste in Friuli Venezia Giulia considerando 5 giorni consecutivi in cui la temperatura sarà maggiore di 5 °C rispetto alla media di riferimento negli intervalli futuri 2021-2050 e 2071-2100 rispetto ai valori per il trentennio 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 e 8.5 rispettivamente (a) e (b). Fonte: ICTP, Earth System Physics.



## Le precipitazioni future in regione

La Figura 4 rappresenta la variazione delle precipitazioni invernali (colonna sinistra) ed estive (colonna destra) previste in base agli scenari RCP2.6 per gli intervalli temporali 2021-2050 (a) e 2071-2100 (b) rispetto al riferimento 1976-2005 e, analogamente, per lo scenario RCP8.5 (Figura 4c e 4d). La Figura 4 evidenzia che per l'intervallo temporale 2021-2050, per entrambi gli scenari (Figura 4a e c) non è previsto un sostanziale scostamento (cioè da 10% inverno a -10% estate) rispetto ai valori del trentennio di riferimento in quasi tutta la regione sia d'inverno sia d'estate. Per il periodo a lungo termine (2071-2100), invece, nell'RCP2.6 le simulazioni producono un aumento delle precipitazioni durante la stagione invernale (Figura 4b, sinistra) dal 10 al 20% praticamente su tutta la regione; d'estate (Figura 4b, destra) il FVG potrebbe dover affrontare un aumento delle precipitazioni più contenuto fino a un massimo del 10% rispetto ai dati di riferimento, anche se in alcune aree si potrebbe assistere a una diminuzione fino al 10%.

Osservando lo stesso intervallo temporale per l'RCP8.5 (Figura 4d), le variazioni evidenziate nell'RCP2.6 generalmente si accentueranno, rilevando d'inverno (Figura 4d, sinistra) un aumento omogeneo su tutto il FVG che si attesta tra il 10 e il 20% e d'estate (Figura 4d, destra) una forte diminuzione delle precipitazioni del 20-30% su quasi tutta la regione, tranne che per le aree montane e costiere dove la diminuzione potrebbe arrivare al massimo al 20%. Tali variazioni, unitamente a possibili aumenti di eventi estremi di precipitazione, potranno produrre degli impatti importanti sui sistemi idrologici e le risorse acquatiche, oltre che sull'agricoltura e gli allevamenti, sulla distribuzione e la diversità degli ecosistemi, e sui sistemi antropici e umani.

In conclusione, le proiezioni di cambiamento climatico per il XXI secolo analizzate in questo approfondimento mostrano che per lo scenario "business as usual" (RCP8.5), il FVG potrebbe subire un aumento di temperatura per la fine del XXI secolo fino a 5 °C in inverno e fino a 6 °C in estate, con un forte aumento di ondate di calore. Secondo le indicazioni dei modelli, la precipitazione dovrebbe generalmente aumentare in inverno (con possibile aumento di eventi estremi) e diminuire anche

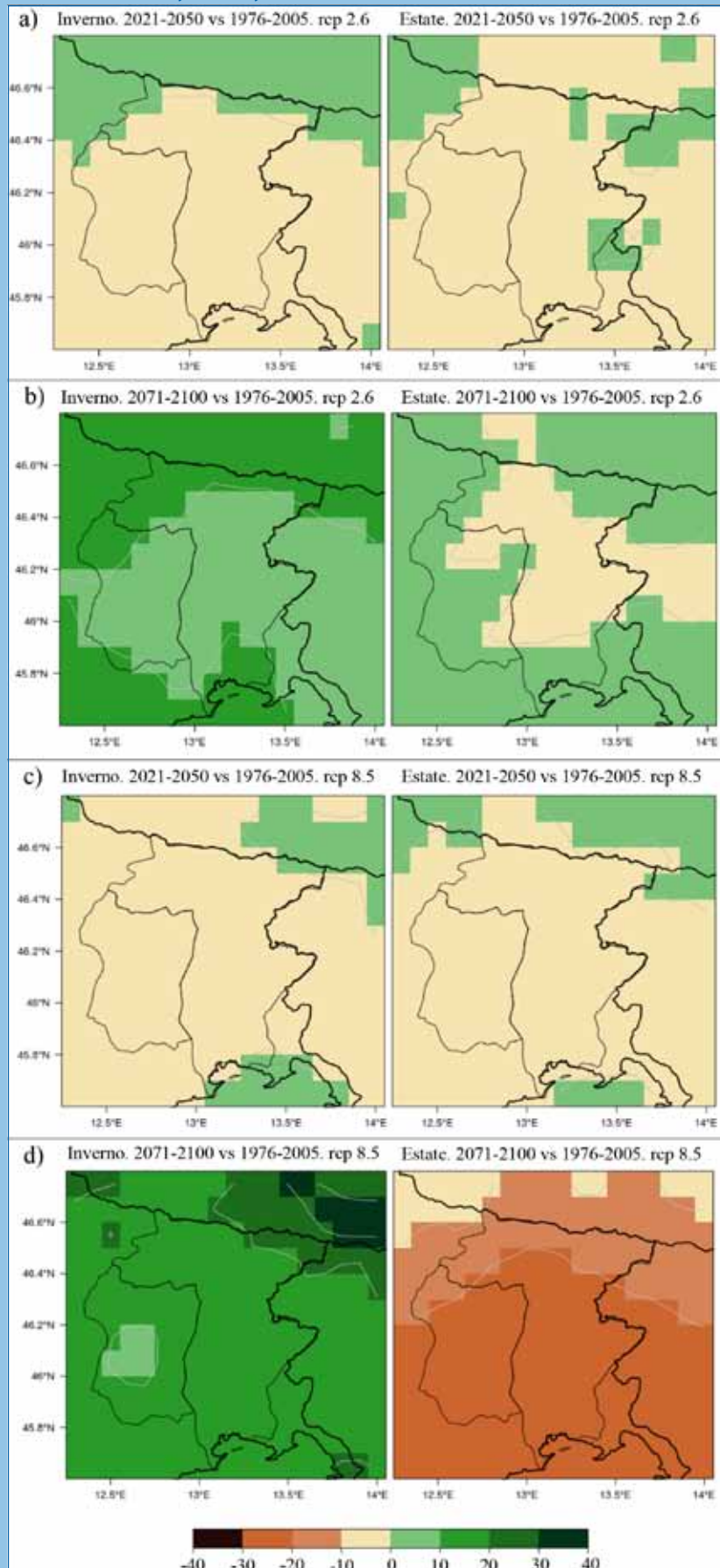
fortemente in estate, quindi con un inaridimento estivo della regione. Nello scenario RCP2.6 sia il riscaldamento sia i cambiamenti di precipitazione sono fortemente ridotti (rispetto all'RCP8.5), sottolineando l'importanza dell'implementazione dell'Accordo di Parigi per ridurre le emissioni globali di gas serra. I risultati per lo scenario RCP4.5 sono generalmente intermedi fra quelli dell'RCP2.6 e RCP8.5.

**È importante ridurre le emissioni globali di gas serra per ridurre gli effetti dei cambiamenti climatici**

Questa è un'analisi preliminare e limitata delle proiezioni climatiche dai progetti EURO-CORDEX e MED-CORDEX. Uno studio più dettagliato è tuttora in corso e verrà presentato in futuro.

**Lo scenario più estremo (RCP8.5) indica che in regione le precipitazioni dovrebbero aumentare in inverno (con possibile aumento di eventi estremi) e diminuire anche fortemente in estate**

Figura 4: variazione dell'anomalia delle precipitazioni in Friuli Venezia Giulia durante la stagione invernale (colonna sinistra) ed estiva (colonna destra) per lo scenario RCP2.6 per l'intervallo temporale 2021-2050 (a) e 2071-2100 (b) rispetto al riferimento 1976-2005; analogamente per lo scenario RCP8.5 (c) e (d). Fonte: ICTP, Earth System Physics.



# Il golfo di Trieste, un esiguo tratto di mare che ci guiderà (forse) attraverso il cambiamento climatico

Massimo Celio

ARPA FVG, Qualità delle acque marine e di transizione



Foto: Fulvio Bacchia [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)] via Wikimedia Commons

Il golfo di Trieste, bacino più settentrionale del Mar Mediterraneo, per la sua posizione geografica, peraltro economicamente strategica, è stato sede di importanti indagini di misure oceanografiche. Dal 1990, e ancor più negli ultimi anni grazie alla Direttiva Quadro sulle Acque e all'utilizzo di nuove tecnologie, i dati acquisiti sono sempre più frequenti e precisi. La grande mole di dati acquisiti e processati hanno permesso di evidenziare sia una forte variabilità delle caratteristiche oceanografiche del golfo, ma anche la possibilità di utilizzare questo ambiente come un macro-laboratorio finalizzato alla sua stessa salvaguardia.

## Com'è cambiato l'ambiente marino del golfo

Anche le persone non esperte di ecologia hanno potuto osservare l'evoluzione dell'ambiente marino del golfo che

si è avuta nel tempo: per esempio, fino agli anni '50 lungo il litorale triestino si praticava la pesca dei tonni, negli anni '80 e '90, probabilmente per un'alterazione dei nutrienti disciolti, si è verificata la massima presenza di fioriture microalgali (maree colorate), tra gli anni '90 e '05 i bagnanti nuotavano spesso tra le "mucillagini", nel 2016 e 2017 nella stessa area di litorale un tempo dedicata alla pesca dei tonni, si è rilevata un'esplosione demografica del macrozooplancton gelatinoso (meduse e ctenofori).

Dagli anni 2000, il golfo ha subito l'alterazione di alcune caratteristiche ambientali, tra cui una diminuzione dell'apporto di acque fluviali e, conseguentemente, del carico di sali nutritivi trasportati, una modificazione della concentrazione di *clorofilla a*, della qualità e quantità della struttura dei popolamenti planctonici e degli stock ittici. Inoltre, si sono osservate anche delle alterazioni nei processi di produ-

## Il golfo di Trieste come un macro laboratorio per lo studio dei cambiamenti climatici



zione e consumo dell'ossigeno disciolto, e l'incremento della temperatura e della salinità delle acque marine.

Anche la frequenza di situazioni meteomarine particolarmente anomale sembra in incremento, come ad esempio le temperature e salinità particolarmente elevate registrate in Adriatico nell'estremamente seccata estate del 2003. Nel luglio 2003 è stata evidenziata anche un'alterazione del normale regime delle correnti marine (Poulen *et al.*, 2004). Inoltre, si ricorda l'evento particolarmente freddo del febbraio 2012 in cui si sono raggiunte temperature minime di 4-5 °C e salinità superiori a 38,5 psu (Practical Salinity Units) (Raicich *et al.*, 2013), valori osservati precedentemente solamente nel freddissimo inverno del 1929 (Vatova H., 1934).

Studi effettuati da Mozetič *et al.* (2010) su misure di *chlorophyll a* per il periodo 1970-2007 dimostrano, soprattutto nell'ultimo decennio, una sua globale riduzione nell'Alto Adriatico e la presenza di masse d'acqua sempre più oligotrofiche (povere di nutrienti).

La diminuzione delle portate fluviali e dei sali nutritivi e l'incremento della salinità, hanno prodotto un decremento della biomassa fitoplanctonica, con la predominanza di specie di piccole dimensioni, una conseguente alterazione della comunità zooplanctonica e una successiva modificazione della produzione ittica a discapito di un possibile incremento del macrozooplancton gelatinoso (meduse, ctenofori e taliacei).

Gli studiosi dedicano particolare attenzione anche alla disponibilità di ossigeno disciolto presente nel mare (Djakovic T. *et al.*, 2014). I processi fisico-chimici e biologici agiscono, infatti, sulla concentrazione di ossigeno che "naturalmente" tende a diminuire in prossimità del fonda-

le marino durante il periodo tardo estivo e autunnale. Negli ultimi vent'anni tale tendenza sembra meno accentuata rispetto a periodi precedenti in cui nel golfo si osservavano importanti anossie (diminuzioni di ossigeno) con morie di organismi viventi sul fondale marino. Nell'estate 2015 e 2016, in controtendenza, si sono registrate due forti e anomale diminuzioni di ossigeno che hanno interessato anche gli strati più superficiali del mare.

## La temperatura del mare

La temperatura del mare è un "indicatore di impatto" che al momento potrebbe essere considerato il più efficace nella previsione dei futuri scenari climatici, in quanto esiste una discreta disponibilità di dati inseriti in serie storiche.

Lo studio effettuato da Malačič *et al.* (2006), che ha preso in considerazione il periodo 1991-2003, ha evidenziato, per le acque superficiali del golfo, nei mesi estivi un incremento della temperatura tra 0,12 e 0,23 °C/anno; un trend positivo simile (0,22-0,23 °C/anno) è stato evidenziato, in maniera più affidabile, anche per le masse d'acqua posizionate a 10 m di profondità. Precedenti studi della temperatura superficiale del mare condotti da Stravisi (2000), per il periodo 1945-1999 ipotizzavano un possibile, ma assolutamente non ben definito, incremento di 0,01 °C/anno.

Attualmente non è facile prevedere come si evolveranno le caratteristiche oceanografiche del golfo di Trieste. L'analisi della temperatura misurata nella stazione "C1 LTER" posta a 300 m dal promontorio di Miramare (Trieste) e inserita nel programma LTER (Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine) ha evidenziato per il periodo dal 1995 al 2016, per le masse d'acqua prossime

Figura 1: C1 LTER: curva annuale della temperatura prossima al fondale marino ottenuta dalla interpolazione di misure mensili per i 6 periodi considerati.

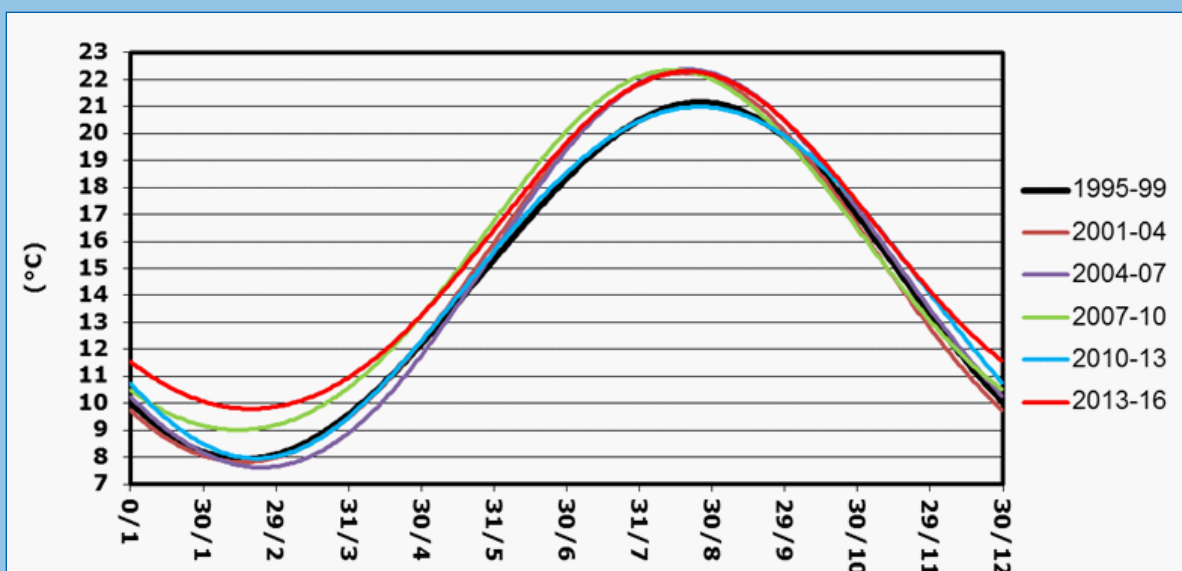
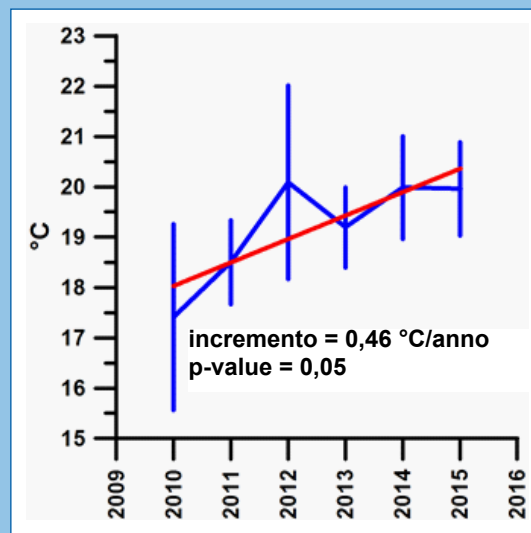


Tabella 1: "C1 LTER": temperatura media annuale dell'acqua marina di fondo.

Periodo analizzato	Media annuale (°C)	Deviazione standard (°C)
<b>1995-99</b>	14.45	4.67
<b>2001-04</b>	14.69	5.11
<b>2004-07</b>	14.75	5.22
<b>2007-10</b>	15.24	4.73
<b>2010-13</b>	<b>14.67</b>	4.61
<b>2013-16</b>	15.65	4.44

Figura 2: trend della temperatura in prossimità del fondale marino del golfo per il periodo estivo (luglio-settembre). Valore medio e deviazione standard.



al fondale marino, un possibile aumento della media annuale (Figura 1). Escludendo la media annuale ottenuta per il periodo 2010-13 in cui si è verificato l'evento freddo del febbraio 2012, la temperatura media annuale dell'acqua marina di fondo aumenta da 14,45 °C per il periodo 1995-1999 a 15,65 °C del periodo 2013-2016 (Tabella 1). Quindi, in linea di massima, in 15 anni si osserva un incremento di 1.2°C corrispondente a circa 0,1 °C/anno, valore più o meno paragonabile a quelli calcolati da Malačič *et al.*.

Una prospettiva ben diversa risulta dall'analisi delle temperature mensili riferite al periodo 2010-2015 per i mesi estivi di luglio, agosto e settembre, acquisite nelle 8 stazioni monitorate da ARPA FVG nell'area centro-orientale del golfo.

Queste stazioni presentano una profondità variabile tra 17 e 25 m. Considerando gli strati d'acqua prossimi al fondale, che in linea di massima dovrebbero risentire in minor misura delle variazioni occasionali del parametro,

si evidenzia per questi ultimi 6 anni un aumento di temperatura di 0,46 °C/anno (Figura 2).

Questa analisi è ben più pessimistica rispetto alla precedente ed evidenzia, inoltre, un aumento doppio del parametro rispetto a quello indicato per il periodo 1991-2003. Se questo valore venisse riscontrato anche in altre aree marine a clima temperato del pianeta sicuramente dovremmo adattarci a dei mutamenti climatici ben più drastici e repentini di quelli attualmente ipotizzati per il futuro.

## L'importanza del lavoro in team

Queste modificazioni e variazioni delle caratteristiche oceanografiche potrebbero essere associate al cambiamento climatico globale ma, in un bacino di piccole dimensioni come il golfo di Trieste, potrebbero essere in parte mascherate dall'elevata variabilità dei parametri oceanografici in relazione alle forzanti ambientali (temperatura dell'aria, regime dei venti e delle correnti marine, ecc.) che insistono sul golfo. Tuttavia, alcune caratteristi-

che potrebbero essere anche enfatizzate in modo da permettere ad un occhio esperto di individuare quei parametri marini che potrebbero essere maggiormente utilizzati per effettuare le future proiezioni sul clima. Infatti solamente l'istituzione di team di esperti appartenenti a enti di ricerca italiani, sloveni e croati, così come l'effettuazione di piani di monitoraggio transfrontalieri sinottici e l'acquisizione di misure oceanografiche in continuo con boe oceanografiche a strumentazione fissa, potrebbe fornire ulteriori importanti indicazioni ambientali per lo studio del cambiamento climatico.

Tale sforzo va supportato da finanziamenti per l'attività di tecnici e personale specializzato, per l'acquisizione ed elaborazione dei dati e per studi scientifici mirati.

Un aspetto fondamentale è anche il coordinamento delle attività di comunicazione e di informazione al pubblico in modo da stimolare comportamenti e iniziative atti a contrastare il cambiamento climatico o meglio adattarsi a esso.

## Bibliografia

- Djakovac T., N. Supić, F. Bernardi Aubry, D. Degobbis, M. Gianni, 2015, *Mechanisms of hypoxia frequency changes in the northern Adriatic Sea during the period 1972-2012*, in «Journal of Marine Systems», Vol. 141, January 2015, Pages 179-189.
- Malačič V., Celio M., Čermelj B., Bussani A., Comici C., 2006, *Interannual evolution of seasonal thermohaline properties in the Gulf of Trieste (northern Adriatic) 1991-2003*, in «Journal of Geophysical Research», Vol. 111, C08009, doi:10.1029/2005JC003267, 2006.
- Mozetič P., Solidoro C., Cossarini G., Socal G., Precali R., France J., Bianchi F., De Vittor C., Smolaka N., Umani S.F., 2010, *Recent trends towards oligotrophication of the Northern Adriatic: evidence from Chlorophyll a time series*, *Estuaries and Coast Research Federation* 2009 (2010), 33: 362-375, DOI 10.1007/s12237-009-9191-7.
- Poulain P.-M., Mauri E., Ursella L., 2004, *Unusual upwelling event and current reversal off the Italian Adriatic coast in summer 2003*, *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, Issue 5, 16 March 2004, Pages L05303 1-4.
- Raicich F., V. Malačič, Celio M., Giaiotti D., Cantoni C., Colucci R. R., Čermelj B. e Pucillo A., 2013, *Extreme air-sea interactions in the Gulf of Trieste (North Adriatic) during the strong Bora event in winter 2012*, «Journal of Geophysical Research: Oceans», Vol. 118, 5238–5250, doi:10.1002/jgrc.20398, 2013.
- Stravisi F., 2000, *La temperatura del mare a Trieste: 1946-1999*, *Hydrores Information*, 20, 7-16.
- Vatova A., 1934, *L'anormale regime fisico-chimico dell'Alto Adriatico nel 1929 e le sue ripercussioni sulla fauna*, *Thalassia*, 1(8), 1-49.





# ■ BIODIVERSITÀ



## 2. Le specie esotiche invasive in Friuli Venezia Giulia

Le specie esotiche invasive rappresentano una seria minaccia per la biodiversità, l'economia e la salute dell'uomo. Da alcuni anni la Regione FVG sta attuando azioni di formazione e divulgazione e sta programmando concrete azioni di lotta per contrastare il fenomeno.

Anna Carpanelli, Giuliana Renzi

Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione centrale infrastrutture e territorio, Servizio paesaggio e biodiversità

Marco Valecic

Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, ERSA, Servizio fitosanitario e chimico, sperimentazione e assistenza tecnica

Massimo Zanetti

Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, Ente Tutela Pesca

Da secoli i flussi commerciali, e in tempi più recenti anche quelli turistici, hanno comportato l'ingresso di specie animali e vegetali in territori anche molto distanti tra loro. Nella maggior parte dei casi, come per esempio per la patata e il pomodoro importati in Europa dalle Americhe, questi flussi hanno portato a indubbi benefici economici e culturali. Sfortunatamente, in altri casi, a essere introdotte sono state le cosiddette "specie esotiche invasive" che su scala globale, insieme alla frammentazione degli habitat, ai cambiamenti climatici e all'inquinamento, costituiscono una delle principali cause di perdita di biodiversità e dei servizi ecosistemici.

Perdere biodiversità e ridurre la funzionalità degli ecosistemi comporta, direttamente o indirettamente, conseguenze negative per la salute umana, le colture agricole, i manufatti e l'economia.

In ultima analisi, le specie esotiche invasive, definite in ambito internazionale con la sigla IAS (Invasive Alien Species), sono una concreta e globale minaccia al benessere dell'uomo. Le IAS rappresentano un serio rischio per la biodiversità a causa della loro estraneità all'ambiente in cui vengono introdotte, della loro elevata capacità di adattamento ad ambienti diversi da quelli d'origine e della loro estrema prolificità. Inoltre, un significativo contributo alla loro diffusione deriva dalle varie tipologie di disturbi causati dalle attività antropiche che, alterando l'integrità degli ecosistemi, creano le condizioni favorevoli al loro insediamento, peraltro molto più veloce ed efficiente rispetto a quello delle specie autoctone nella colonizzazione degli ambienti dissestati. Negli ecosistemi in cui vengono a insediarsi non ci sono organismi o condizioni ambientali che ne limitino lo sviluppo, per-

tanto possono riprodursi ed espandersi rapidamente e abbondantemente, a scapito delle specie locali.

Possiamo immaginare la biodiversità come un puzzle composto da tessere (organismi animali, vegetali, funghi e altri microorganismi) perfettamente legate l'una all'altra, cioè formatesi grazie a una lunga coevoluzione (Figura 1). Le IAS si inseriscono in questo puzzle come tessere capaci di replicarsi, espandersi e sostituirsi alle tessere originarie, cambiando il significato e la stabilità dell'immagine iniziale (Figura 2). Ne risulta un ecosistema con funzionalità ridotte e risorse impoverite rispetto a

quelle che conosciamo e di cui beneficiamo. Si tratta di un cambiamento di cui è difficile cogliere aspetti positivi e al quale potremmo impiegare troppo tempo ad adattarci.

Per contro, è comprovato che ambienti ben conservati e ben gestiti si oppongono efficacemente alla maggior parte delle specie invasive.

In Europa nel 2005 sono state censite oltre 12 000 specie animali e vegetali esotiche, ovvero trasferite dall'uomo al di fuori del loro areale naturale in maniera deliberata o accidentale; di queste, il 10-15% è ritenuto invasivo e in grado di causare danni stimati in oltre 12 miliardi di euro all'anno, pari a circa il 5% dell'economia globale.

Nonostante gli ingenti danni causati dalle IAS, il problema è poco conosciuto e sottovalutato; solo con la recente approvazione del Regolamento UE 1143/2014 il tema ha acquistato visibilità.

Il principale obiettivo del Regolamento è la tutela della biodiversità: per perseguirla, introduce norme tese a evitare ulteriori ingressi di specie esotiche invasive nei Paesi

**Ambienti ben conservati e ben gestiti si oppongono efficacemente alla maggior parte delle specie invasive**



Figura 1: biodiversità integra (Regione FVG).



Figura 2: biodiversità alterata dai disturbi antropici in cui si inseriscono le IAS (Regione FVG).

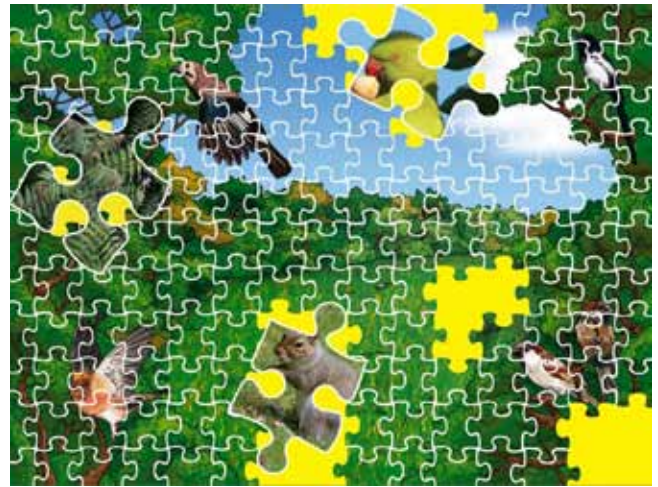
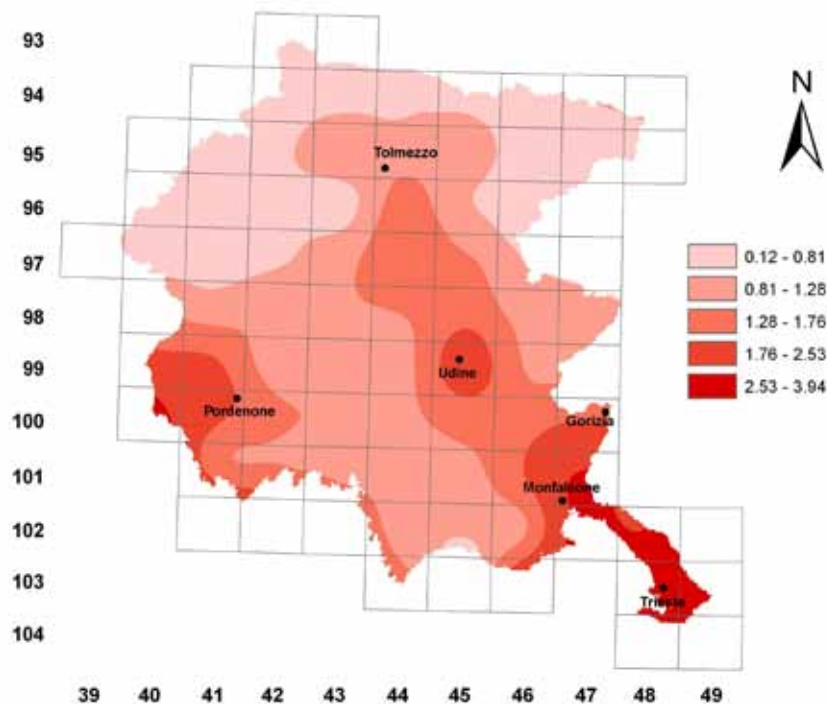


Figura 3: carta quantificata delle allofite in Friuli Venezia Giulia (Poldini et al. 2010).



dell'Unione europea, attivando restrizioni, sistemi di rilevamento precoce ed eradicazione nonché strategie per il controllo anche delle specie già ampiamente diffuse. Ciascuno stato membro, dal primo gennaio 2015, deve applicare il Regolamento su un elenco che attualmente comprende 49 specie esotiche invasive di rilevanza unionale, delle quali 23 vegetali e 29 animali. Le specie di rilevanza unionale sono specie esotiche di cui è accertata l'elevata invasività, con effetti negativi sulla biodiversità e sui servizi ecosistemici tali da richiedere un intervento concertato a livello di Unione Europea .

L'attenzione verso questo fenomeno è destinata ad aumentare con la prossima approvazione del Decreto legislativo di adeguamento della normativa nazionale ai contenuti del Regolamento, che fornirà precise indicazioni operative alle Regioni e Province Autonome e consentirà lo sviluppo di strategie operative e misure di prevenzione. Risulta quindi importante monitorare la presenza di IAS in regione, ampliarne le conoscenze, attivare programmi di comunicazione e sensibilizzazione della popolazione e coordinare le attività degli enti coinvolti nel rilevamento precoce e nel loro contenimento.

Figura 4: *Ambrosia artemisiifolia*, Ambrosia comune (Università degli Studi di Trieste).



Figura 5: *Senecio inaequidens*, Senecione sudafricano (Università degli Studi di Trieste).



## La situazione delle specie vegetali esotiche invasive in Friuli Venezia Giulia

Per quanto riguarda lo stato attuale delle conoscenze sulle specie vegetali esotiche in Friuli Venezia Giulia, gli ultimi dati ufficiali della check-list italiana del 2010, pubblicati nel volume "Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia", riportano la presenza di 331 entità, pari all'11,6% della flora complessiva regionale, di cui 276 neofite (piante esotiche importate a partire dalla scoperta dell'America soprattutto a scopo ornamentale o agricolo).

Si tratta di specie provenienti prevalentemente da zone a clima temperato e subtropicale dell' America ma anche dall'Asia e il loro numero è quasi raddoppiato negli ultimi 30 anni a causa dell'intensificarsi degli scambi commerciali e del turismo. Nella nostra regione sono concentrate in prossimità dei principali centri urbani dai quali poi si irradiano soprattutto negli agro-ecosistemi di pianura e nelle aree più calde del territorio regionale ma anche, da sud verso nord attraverso la valle del Tagliamento, nel territorio montano dove per ora occupano i fondovalle (Figura 3).

Delle 276 neofite censite nel 2010, 37 specie (circa il 13%), sono riconosciute come invasive (IAP-Invasive Alien Plants), cioè in grado di riprodursi autonomamente e creare popolazioni stabili capaci di diffondersi ampiamente sul territorio a scapito delle specie autoctone, causando ingenti danni alla biodiversità e ai servizi ecosistemici a essa correlati, alla salute umana e all'economia. La diffusione delle IAP è favorita dai cambiamenti climatici, dall'agricoltura intensiva e dalle manomissioni antropiche del territorio, come l'intensa urbanizzazione e infrastrutturazione.

Sulla base di questi primi dati ufficiali, nel 2010 è stata emanata la L.R. 21 ottobre 2010, n. 17 che individuava (con l'art. 64) tre specie dannose per la salute umana e la biodiversità: *Ambrosia artemisiifolia* (Ambrosia comune, Figura 4), per la produzione di polline altamente allergizzante, *Senecio inaequidens* (Senecione sudafricano, Figura 5), per la produzione di alcaloidi epatotossici e *Ailanthus altissima* (Ailanto o albero del paradiso, Figura 6), per i danni inferti alla biodiversità e ai manufatti. Per queste tre specie la Regione, assieme ad altri soggetti pubblici e privati, è autorizzata a effettuare azioni di lotta senza autorizzazioni, a emanare divieti e a promuovere attività divulgative per far conoscere i danni ambientali procurati e le possibili forme di lotta.

Nel 2012, consapevole della gravità del problema delle IAP e della scarsa conoscenza del fenomeno da parte della popolazione, l'amministrazione regionale ha commissionato un'indagine conoscitiva al Dipartimento di scienze della vita dell'Università di Trieste (2012-2014).



Figura 6: *Ailanthus altissima*, Ailanto o albero del paradiso (Università degli Studi di Trieste).



Figura 7: *Fallopia japonica*, Poligono del Giappone (Carpanelli A.).



Lo studio ha permesso di stilare una prima “lista nera regionale” delle IAP che, a oggi, è costituita da 16 specie esotiche invasive altamente impattanti sulla biodiversità e per le quali è indispensabile attivare concrete misure di contenimento o di eradicazione da aree circoscritte di particolare pregio ambientale o paesaggistico (Tabella 1).

Nel 2016, sulla base dei dati emersi nella sopra citata indagine conoscitiva, è stato realizzato dal Servizio tutela del paesaggio e biodiversità e dal Servizio fitosanitario e chimico dell'ERSA, il manuale “Specie vegetali esotiche invasive in Friuli Venezia Giulia” composto da una parte generale e da 16 schede monografiche per le specie da “lista nera regionale” scelte tra quelle più dannose alla biodiversità e già ampiamente diffuse sul territorio regionale, fornendo anche alcune misure per il loro contenimento.

Il manuale è stato presentato nel marzo 2017 in una serie di incontri pubblici, distribuito a tutti i Comuni ed è attualmente disponibile in versione cartacea (che può essere richiesta al Servizio paesaggio e biodiversità) oppure scaricabile online (in versione pdf) dai siti internet della Regione e dell'ERSA.

Sempre nell'ottica di divulgare corrette informazioni sul fenomeno delle IAP, anche in vista della prossima emanazione del Decreto legislativo attuativo del Reg. (UE) 1143/2014, nel 2017 è stato tenuto un corso di formazione specifico per circa 150 dipendenti regionali ed è stato stipulato un accordo di collaborazione, che si concluderà nei primi mesi del 2018, con il Museo friulano di storia naturale al fine di stilare delle liste di IAP utili ad aggiornare la normativa regionale in materia, nonché delle linee guida gestionali volte a prevenire la loro introduzione e diffusione sul territorio regionale.

Un risultato preliminare dell'accordo di collaborazione è stato l'aggiornamento della lista delle neofite del Friuli Venezia Giulia (337 entità di cui 37 invasive), inserendo nell'elenco delle invasive anche specie di recente introduzione che si stanno rivelando particolarmente pericolose per la biodiversità regionale come il Poligono del Giappone (*Fallopia japonica*, Figura 7).

È stato anche possibile rilevare la presenza sul territorio regionale di 8 delle 23 specie vegetali di rilevanza unionale riportate in appositi elenchi emanati dalla commissione europea (Tabella 2).

Nella nostra regione non è pensabile l'eradicazione per la sola *Impatiens glandulifera*, comunemente detta Balsamina ghiandolosa (Figura 8), poiché è già ampiamente diffusa, ma dovranno essere comunque programmati

**Nella lista delle neofite del Friuli Venezia Giulia ci sono 337 entità di cui 37 invasive**

Tabella 1: specie vegetali esotiche invasive ampiamente diffuse in Friuli Venezia Giulia per le quali sono state elaborate le schede specifiche (indicate con \* le tre specie individuate come infestanti in Regione all'art.64 della L.R. 21 ottobre 2010 n. 17; in rosso: massimo livello di espansione, in arancione: elevato livello di espansione; in giallo: medio livello di espansione, in grigio: basso livello di espansione).

Nome specie	TIPO DI DANNO			
	Biodiversità	Agronomico	Salute	Manufatti
* <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle (N)	X		X	X
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (N)		X		
* <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. (N)	X		X	
<i>Amorpha fruticosa</i> L. (N)	X			
<i>Artemisia verlotiorum</i> Lamotte (N)	X		X	
<i>Bidens frondosa</i> L. (N)	X			
<i>Elodea canadensis</i> Michx. (N)	X			
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Desf. (N)	X	X		
<i>Helianthus tuberosus</i> L. (N)	X	X		
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle (N)	X			X
<i>Lonicera japonica</i> Thunb. (N)	X			X
<i>Oenothera biennis</i> (aggr.) (N)		X		
<i>Robinia pseudacacia</i> L. (N)	X			
* <i>Senecio inaequidens</i> DC. (N)	X		X	
<i>Solidago gigantea</i> Aiton s.l. (N)	X			
<i>Xanthium orientale</i> L. subsp. <i>italicum</i> (Moretti) Greuter (N)	X			

Tabella 2: elenco delle specie vegetali esotiche invasive di rilevanza unionale presenti in Friuli Venezia Giulia.

Nome scientifico	Nome comune	STATUS in Regione
<i>Asclepias syriaca</i> L.	Albero di seta	casuale
<i>Baccharis halimifolia</i> L.	Baccharis a foglie di alimo	casuale
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Sohns	Giacinto d'acqua	casuale
<i>Elodea nuttallii</i> (Planchon) St. John	Peste d'acqua di Nuttall	casuale
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	Balsamina ghiandolosa	invasiva
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	Millefoglio d'acqua	casuale
<i>Pueraria montana</i> (Lour.) Merr.	Kudzu	casuale
<i>Heracleum mantegazzianum</i> Sommier&Levier	Panacea di Mantegazzi	casuale

degli interventi di contenimento soprattutto in aree naturalisticamente rilevanti come i biotopi regionali, le aree della rete Natura 2000 e le riserve naturali regionali. Le altre sette specie di rilevanza unionale, invece, sono presenti attualmente solo in maniera sporadica con piccole popolazioni sparse (specie casuali) e, pertanto, è ipotizzabile una loro eradicazione. Per una di loro, la grande apiacea *Heracleum mantegazzianum* (panacea di Mantegazzi, specie pericolosa per la salute umana in quanto produce una linfa fototossica in grado di provocare gravi ustioni) è già stato possibile effettuare un primo intervento di eradicazione di una popolazione che si era formata lungo il torrente Degano in prossimità del paese di Ovaro (UD), dove era stata coltivata come pianta ornamentale.

Figura 8: *Impatiens glandulifera*, Balsamina ghiandolosa (Carpanelli A.).



## Possibili azioni di controllo sulle specie vegetali esotiche invasive

Premesso che la completa eradicazione di tutte le IAP presenti in Regione non è ipotizzabile e che non esiste un'unica soluzione per la loro gestione, è importante sottolineare che un ruolo fondamentale è svolto dalla conoscenza del problema che esse rappresentano e quindi dalla divulgazione di corrette informazioni rivolte alla popolazione, affinché tutti curino il proprio territorio e assumano comportamenti responsabili.

Il Reg.(UE) n. 1143/2014, in vigore dal 1 gennaio 2015, prevede che le azioni di controllo delle specie esotiche invasive si sviluppino su tre livelli di priorità:

1. prevenzione, per impedire l'ingresso di nuove specie agendo anche sui possibili vettori d'importazione;
2. rilevamento precoce ed eradicazione rapida di specie che si sono da poco insediate sul territorio con popolazioni localizzate;
3. contenimento di specie ormai insediate stabilmente sul territorio e che occupano ampie superfici.

Gli interventi atti a prevenire, eliminare o limitare la diffusione delle specie vegetali esotiche invasive devono essere proporzionati all'impatto sull'ambiente, adeguati alle circostanze specifiche e definiti dopo una valutazione di costi e benefici. Possono essere svolti con metodi fisici, chimici e biologici, eventualmente integrati tra di loro, ma sempre nel rispetto della sostenibilità. Tali interventi, se fatti nelle prime fasi di sviluppo e insediamento delle specie esotiche sono molto più economici ed efficaci rispetto a interventi tardivi e comunque devono essere seguiti da azioni di monitoraggio e ripristino ambientale.

Un esempio pratico è stato quello effettuato nell'ambito del progetto LIFE magredi grassland (LIFE10 NAT/IT/000243) (2012-2017) in cui si è agito per la salvaguardia e il ripristino dei magredi su 3 Siti della Rete ecologica Natura 2000 presenti in Friuli Venezia Giulia: ZSC "greto del Tagliamento", ZSC "valle del medio Tagliamento" e ZSC "confluenza dei fiumi Torre e Natisone". Gli interventi sono stati svolti attraverso il decespugliamento e il controllo di *Amorpha fruticosa* (Indaco bastardo o amorfa, Figura 9) e *Fallopia japonica* (Poligono del Giappone, Figura 7), due specie vegetali esotiche altamente invasive. Le operazioni hanno consentito il ripristino di 45 ettari complessivi di habitat di magredo, precedentemente occupati da vasti popolamenti monospecifici delle due piante invasive.

Figura 9: *Amorpha fruticosa*, Indaco bastardo o amorfa (Carpanelli A.).



## La situazione delle specie animali esotiche invasive in Friuli Venezia Giulia

Relativamente alle IAS animali, benché sul territorio regionale vi siano presenti numerose specie esotiche, anche piuttosto comuni (ad esempio la cimice marmorata, la nutria, la zanzara tigre, il persico trota, ecc.), non vi sono studi recenti che consentano di stilare elenchi completi e aggiornati. A oggi, sul territorio regionale, è stata accertata la presenza di 10 specie animali esotiche invasive di rilevanza unionale (secondo il Regolamento UE 1143/2014) (Tabella 3).

**In regione è stata accertata la presenza di 10 specie animali esotiche invasive di rilevanza unionale**

Tra i mammiferi solo la nutria, *Myocastor coypus* (Figura 10), al momento presenta carattere di spiccata invasività. La specie, presente già negli anni '80 con una popolazione circoscritta nella Valle delle Noghère (TS), oggi risulta presente in quasi tutto il territorio regionale, costituendo una seria minaccia alla conservazione di ecosistemi naturali e un grave problema per la funzionalità del reticolo idraulico. Dal 2014 sono in atto azioni di contenimento con un prelievo annuo stimato di circa 1200 esemplari, prevalentemente nelle province di Pordenone e Udine. Con la recente entrata in vigore della Legge Regionale 20/2017 è prevista l'adozione di un ulteriore Piano di controllo, attualmente in fase di verifica da parte dei soggetti tecnici competenti, con l'assegnazione di specifiche risorse finanziarie.

Il topo muschiato, *Ondatra zibethicus*, è presente, con una piccola popolazione localizzata, unicamente nel bacino del Natisone e sui rilievi collinari presso Buttrio, dove è arrivato a causa della naturale espansione di popolazioni slovene.



Tabella 3: elenco delle specie animali esotiche invasive di rilevanza unionale presenti in Friuli Venezia Giulia.

Nome scientifico	Nome comune	Taxon
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	Cane procione	Mammiferi
<i>Ondatra zibethicus</i>	Topo muschiato	Mammiferi
<i>Myocastor coypus</i>	Nutria	Mammiferi
<i>Tamias sibiricus</i>	Scoiattolo giapponese	Mammiferi
<i>Trachemys scripta</i>	Tartaruga palustre americana	Rettili
<i>Threskiornis aethiopicus</i>	Ibis sacro	Uccelli
<i>Alopochen aegyptiacus</i>	Oca egiziana	Uccelli
<i>Lithobates catesbeianus</i>	Rana Toro	Anfibi
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	Pesci
<i>Procambarus clarkii</i>	Gambero rosso della Louisiana	Crostacei

Lo Scoiattolo giapponese, *Tamias sibiricus*, è stato sporadicamente rinvenuto nel territorio regionale in diversi siti, ma si trattava sempre di esemplari fuggiti alla cattività e non acclimatati (cioè non stabiliti e adattati al nuovo ambiente).

Relativamente al Cane procione, *Nyctereutes procyonoides*, l'unica segnalazione per la regione risale al 2005 e riguarda il Comune di Socchieve (UD).

Tra gli uccelli è segnalata la presenza occasionale di qualche esemplare di Ibis sacro (*Threskiornis aethiopicus*) già dal 2006, in poche località per lo più costiere. Di poco più frequenti le segnalazioni di Oca egiziana (*Alopochen aegyptiacus*), sebbene non si possa parlare di una popolazione stabile in Friuli Venezia Giulia.

Tra i rettili è molto significativa la presenza della Tartaruga palustre americana, *Trachemys scripta*, con diverse sottospecie. In regione la specie riesce occasionalmente a riprodursi in natura, ma la sua ampia diffusione è dovuta prevalentemente ai continui rilasci dalla cattività.

Tra gli anfibi, la Rana toro, *Lithobates catesbeianus*, immessa negli anni '60 in almeno una stazione della bassa pianura friulana, oggi risulta estinta sul territorio regionale.

Nonostante vi siano in regione numerose specie esotiche di pesci di acque dolci, solo *Pseudorasbora parva* (Figura 12), tra quelle presenti, risulta inserita nell'elenco delle specie invasive di interesse unionale. La sua presenza, accertata nella bassa pianura friulana e nell'isontino è frutto probabilmente di rilasci di esche vive utilizzate per la pesca.

In espansione risultano le popolazioni dell'invertebrato *Procambarus clarkii*, meglio noto come Gambero rosso della Louisiana (Figura 11), le cui popolazioni nell'area della bassa pianura friulana, della bonifica isontina e nei corsi d'acqua della provincia di Pordenone confinanti con la regione Veneto, sono in parte dovute alla naturale

espansione della specie e in parte a introduzioni deliberate. Allarmante è la recente segnalazione della presenza di questo gambero nel comune di Sequals che rappresenterebbe la sola popolazione di gambero rosso vivente a nord della linea delle risorgive e in vicinanza di corsi d'acqua in cui sono ancora presenti importanti popolazioni di gambero di fiume autoctono.

Figura 10: *Myocastor coypus*, Nutria (Facchin G.).



Figura 11: *Procambarus clarkii*, Gambero rosso della Louisiana (Zanini S.).



Figura 12: *Pseudorasbora parva*, *Pseudorasbora* (Bortolon F.).



## Possibili azioni di controllo sulle specie animali esotiche invasive

Il controllo delle specie animali è di difficile attuazione in quanto è diretto su organismi mobili, alcuni molto piccoli o numerosi, che talora vivono in ambienti non favorevoli a un intervento agevole degli operatori. Si tratta di operazioni decisamente onerose che richiedono una reazione rapida dopo le prime segnalazioni di presenza. È infatti questa la fase in cui la specie di nuovo ingresso risulta più vulnerabile e quindi eradicabile. Una volta insediate nel territorio, la maggior parte delle IAS non è più ragionevolmente rimovibile, ma può solo essere gestita localmente al fine di limitarne gli impatti.

Un esempio pratico di gestione della problematica presenza del gambero rosso della Louisiana è il progetto europeo LIFE RARITY (LIFE10 NAT/IT/000239), coordinato dall'Ente tutela pesca del Friuli Venezia Giulia e realizzato in collaborazione con le Università di Trieste e Firenze, l'Istituto zooprofilattico sperimentale delle Venezie e il CNR-Istituto di scienze marine di Venezia. Premiato tra i migliori d'Europa, il progetto è nato al fine di contrastare la diffusione del gambero invasivo e di proteggere i gamberi di fiume autoctoni del Friuli Venezia Giulia. Pur essendo stato realizzato tra il 2011 e il 2014, ovvero prima dell'emanazione del Regolamento europeo, ne rappresenta un buon esempio di applicazione per quanto riguarda l'attivazione di protocolli rapidi di intervento, l'integrazione della ricerca con la gestione del territorio, il coinvolgimento dei cittadini, la comunicazione e sensibilizzazione sui temi delle specie esotiche invasive.

Meno incisive, ma previste da molti anni, sono anche le azioni di soppressione obbligatoria degli esemplari appartenenti a specie ittiche invasive che i pescatori dovessero catturare accidentalmente e i divieti di liberazione in natura di eventuali esche non utilizzate. Tali azioni fanno parte di un insieme di norme di comportamento fissate dal regolamento della pesca sportiva e finalizzate a contrastare la presenza di specie in grado di minacciare le popolazioni ittiche autoctone.

## Prospettive future

Le specie esotiche invasive rappresentano una minaccia attuale e concreta per la biodiversità, per l'economia e per la salute dell'uomo. Il loro numero è sicuramente destinato ad aumentare in seguito all'intensificarsi degli scambi commerciali e alla trasformazione del territorio. Anche gli impatti da esse causati diventeranno sempre più consistenti se non saranno adottate idonee misure di prevenzione e lotta.

Con la pubblicazione del Decreto Legislativo nazionale di recepimento del Regolamento comunitario n. 1143/2014, alle Regioni saranno affidati molti compiti tra cui il monitoraggio delle IAS e la pianificazione di azioni di contenimento ed eradicazione. Fondamentale risulta essere anche l'organizzazione di efficaci campagne di sensibilizzazione sul fenomeno in atto così fortemente condizionato dal comportamento umano. La gestione delle specie esotiche invasive è una grande sfida per il futuro che richiede competenze, risorse e un nuovo coordinamento tra enti e strutture che, a vario titolo, si occupano di gestione dell'ambiente.

## Bibliografia:

- Celesti-Grapow L., Pretto F., Carli E., Blasi C. (a cura di), 2010, *Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia*, Casa editrice Università la Sapienza, Roma, 208 pp.
- Carpanelli A., Valecic M., 2016, *Specie vegetali esotiche invasive in Friuli Venezia Giulia, riconoscimento e possibili misure di contenimento*, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Udine, 96 pp.
- AA.VV., 2014, RARITY, *Eradicazione del gambero rosso della Louisiana e protezione dei gamberi di fiume del Friuli Venezia Giulia*, Pubblicazione realizzata con il contributo finanziario della CE, nell'ambito del progetto RARITY, LIFE10 NAT/IT/000239, pp.144.
- AA.VV., 2007, *Salvaguardia dell'erpetofauna nel territorio di Alpe Adria*, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Udine, 176 pp.
- Lapini L., dall'Asta A., Dublo L., Spoto M., Venier E., 1995, *Materiali per una teriofauna dell'Italia nord-orientale* (Mammalia, Friuli Venezia Giulia), Gortania, Atti del Museo Friulano di Storia Naturale, 17. 149-248.
- Lapini L., 2006, *Il cane viverrino Nyctereutes procyonoides ussuriensis Matschie*, 1908 in Italia: segnalazioni 1980-2005 (Mammalia: Carnivora: Canidae), Bollettino del Museo civico di Storia Naturale, Venezia, 57 pp.- 235-239.
- Renzi G., Valenti R., 2016, *Flora e fauna protette del Friuli Venezia Giulia*, Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, Udine, 75 pp.





## 3. Le tendenze della qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia

Il monossido di carbonio e il biossido di zolfo nella nostra regione hanno raggiunto valori molto bassi, tanto da renderne difficoltosa la rilevazione. Il biossido di azoto, dopo anni di diminuzione, ha smesso di calare mentre l'ozono e le poveri sono sostanzialmente stabili anche se con una grande variabilità interannuale.

Flavio Moimas, Arianna Tolloi, Fulvio Stel  
ARPA FVG, Qualità dell'aria

Quella che chiamiamo "aria" è un miscuglio di diverse sostanze. I suoi principali costituenti sono l'ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>) e l'azoto molecolare (N<sub>2</sub>), che da soli formano più del 99% dell'aria. Quello che costituisce la rimanente parte dell'aria è formato da una numerosissima schiera di sostanze che contribuiscono a definire la "qualità dell'aria".

La qualità dell'aria non è una proprietà statica ma è una caratteristica dinamica dell'atmosfera e come tale cambia a livello orario, giornaliero, stagionale e nel corso degli anni.

Lo studio di dettaglio della qualità dell'aria in regione viene aggiornato ogni anno tramite relazioni redatte da ARPA FVG (ARPA FVG, 2017a). Da queste relazioni si può evincere quella che è la variabilità interannuale della qualità dell'aria. Più complesso è rilevare le tendenze del lungo periodo, sulle quali si dovrebbero vedere gli effetti delle politiche sulla qualità dell'aria. Per poter fare questo è necessario avere a disposizione delle serie storiche decennali che consentano di evidenziare le tendenze del lungo periodo al netto della variabilità meteorologica, un po' come si fa con i cambiamenti climatici analizzando le serie storiche decennali di temperatura e piovosità.

Grazie alle serie storiche decennali sulla qualità dell'aria (le più lunghe a oggi disponibili sono quelle relative alla città di Udine) siamo ora in grado di mettere in luce diverse tendenze consolidate che, pur se relative a un singolo punto, possono essere considerate come indicative di trend attivi su una scala anche più ampia di quella della nostra regione. Su queste tendenze di lungo periodo devono poi essere inserite le peculiarità locali, legate a specifiche sorgenti (per esempio: attività produttive) o a condizioni microclimatiche (per esempio: aree più o meno ventilate e soggette a ristagno atmosferico) e che vengono trattate nelle relazioni annuali.

### Le concentrazioni di sostanze presenti nell'aria

Per quanto riguarda il **materiale particolato**, purtroppo le serie temporali non sono sufficientemente lunghe da mettere in luce delle tendenze e, al momento, le considerazioni che si possono fare sono analoghe a quelle messe in luce nei precedenti Rapporti sullo stato dell'ambiente (ARPA FVG, 2012). In estrema sintesi non vi sono tendenze chiare nella concentrazione media delle polveri o, se tendenze vi sono, queste sono coperte dalla grande variabilità interannuale dovuta alla meteorologia.

Le **concentrazioni di PM10 e PM2.5**, infatti, mostrano un andamento interannuale sostanzialmente coerente tra le diverse postazioni in cui viene misurato, che si differenziano però per il valore assoluto (Figure 1 e 2). Nel dettaglio, sulla zona pianeggiante la quantità di PM10 tende a crescere passando da est a ovest (da Gorizia a Brugnera), mentre diminuisce spostandosi verso la montagna e la costa (Tolmezzo e Monfalcone).

Le concentrazioni di PM2.5, la frazione più sottile del particolato aerodisperso, mostra invece un andamento sul territorio molto più omogeneo e con una minore variabilità, a riprova della natura ubiquitaria di questo tipo di inquinante. Le concentrazioni medie di PM10 e PM2.5 sono comunque inferiori ai limiti di legge posti a tutela della salute umana e, per il PM2.5, i livelli rilevati mostrano valori inferiori anche al limite di legge che dovrebbe entrare in vigore nel 2020. Per il materiale particolato, pertanto, rimane soltanto il problema sul superamento dei livelli medi giornalieri che, negli anni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, possono eccedere il limite annuale.

**Non ci sono tendenze chiare nella concentrazione media delle polveri o, se ci sono, sono coperte dalla variabilità meteorologica**

Figura 1: andamento della concentrazione media annua di PM10 dal 2005 al 2016 nelle stazioni considerate.

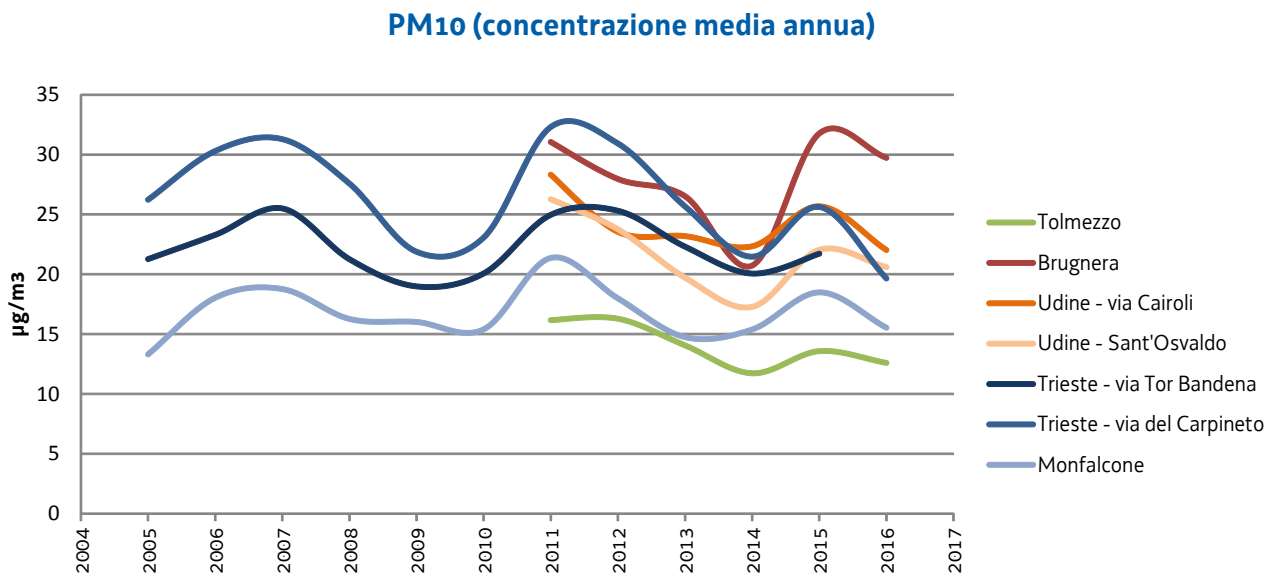
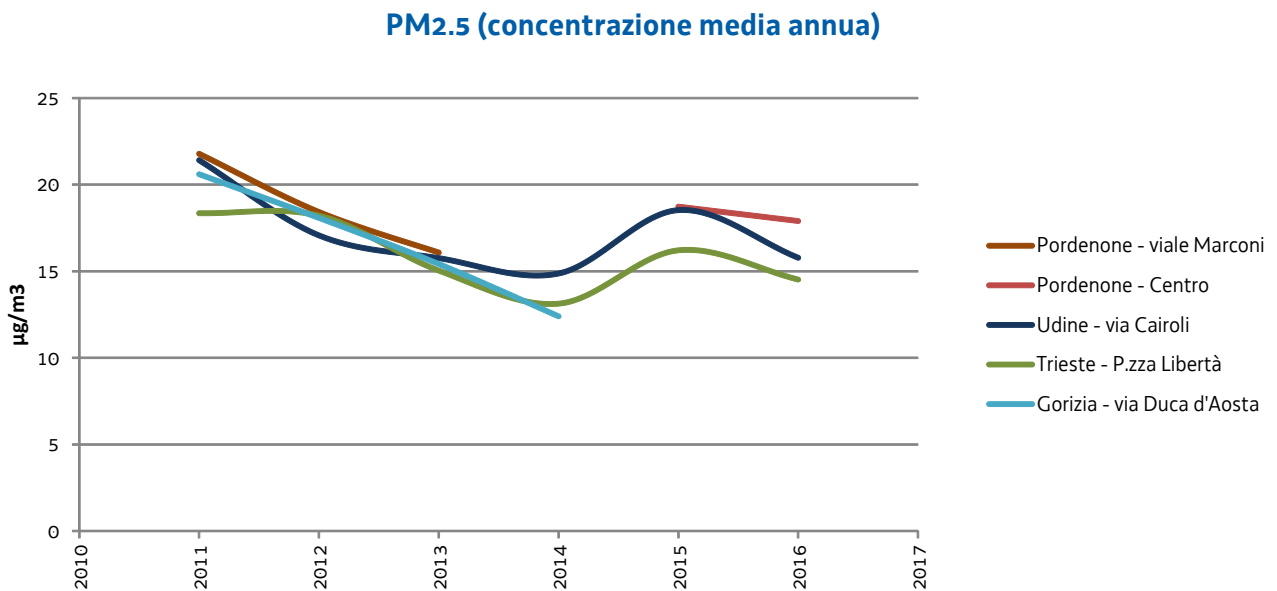


Figura 2: andamento della concentrazione media annua di PM2.5 dal 2011 al 2016 nelle stazioni considerate.





Anche per l'**ozono** (Figura 3) non si osservano particolari tendenze anche se nei dati si può intravedere un leggero aumento della concentrazione estiva fino al 2006, seguito da un'altrettanto leggera diminuzione. Questo effetto, però, potrebbe essere dovuto alla peculiarità degli anni 2003 e 2006, i quali furono eccezionali in termini di temperatura e persistenza di giorni soleggiati. E' anche interessante notare come le stazioni poste in prossimità di importanti assi viari risultino meno soggette all'ozono, dato che questo inquinante tende a "consumarsi" ossidando il monossido di azoto che è uno dei principali inquinanti emessi dai motori a combustione interna.

La concentrazione degli **ossidi di azoto** (Figura 4), inquinante essenzialmente legato alla combustione, mostrano una leggera risalita all'inizio degli anni '90, cominciando a ridiscendere in maniera continuativa già a metà dello stesso decennio. Agli inizi del 2000 il tasso di decrescita della concentrazione di questo inquinante sembra arrestarsi per poi proseguire molto più lentamente sino ai giorni nostri.

Anche le concentrazioni del **biossido di zolfo** (Figura 5) mostrano una prima fase di decrescita repentina all'inizio degli anni '90 seguita da un'ulteriore decrescita, anche se più lenta, che ha portato ai valori che caratterizzano ancora oggi la nostra regione già dagli inizi del 2000.

Per quanto riguarda il **monossido di carbonio** (Figura 6), anch'esso un inquinante caratteristico degli anni '90, esso è virtualmente scomparso all'inizio del millennio e le concentrazioni attualmente presenti sulla nostra regione ne rendono difficoltosa anche la semplice determinazione analitica. A differenza dell'ozono, il monossido di carbonio era, e ancora è, più presente nei pressi delle strade e delle zone più densamente abitate proprio in quanto intrinsecamente legato alla combustione.

## Quali fattori causano la presenza di alcune sostanze nell'aria?

Nonostante la riduzione di **materiale particolato** nelle emissioni ascrivibile al settore del trasporto su gomma ed evidenziata dagli inventari emissivi, la concentrazione media di materiale particolato (o peggio la frequenza dei picchi giornalieri) non mostra segnali di diminuzione. Questo potrebbe essere ascrivibile sia a nuove fonti emissive di materiale particolato (per esempio: combustione domestica della legna) che dei suoi precursori (per esempio: fertilizzanti usati in agricoltura), come già evidenziato nei precedenti Rapporti sullo stato dell'ambiente (ARPA FVG, 2012), sia alla grande dipendenza della concentrazione delle polveri dalla meteorologia.

Dal punto di vista delle condizioni meteorologiche, il periodo solitamente più favorevole alla stabilità atmosferica, quindi al ristagno degli inquinanti e al raggiungimento

di alte concentrazioni nelle polveri sottili è quello invernale. Negli ultimi anni, in particolare, frequenti condizioni di stabilità atmosferica si sono osservate verso la fine dell'inverno e all'inizio della primavera. Non è al momento possibile chiarire se questa sia una tendenza legata ai cambiamenti climatici in atto o una semplice fluttuazione nella circolazione atmosferica.

L'**ozono** è un inquinante totalmente secondario, cioè non viene emesso da attività antropiche ma si forma direttamente in atmosfera a seguito di complesse reazioni chimiche che hanno luogo tra i suoi precursori (sostanzialmente composti organici volatili e ossidi di azoto). Nonostante la riduzione in atto nelle emissioni di composti organici volatili ascrivibile all'utilizzo dei solventi (SINANet, 2017) e all'altrettanto chiara riduzione nelle emissioni di ossidi di azoto (SINANet, 2017), non si osservano ancora chiari segnali di una decrescita dell'ozono. Anche in questo caso, così come accaduto per le polveri, la grande dipendenza dell'inquinante dall'andamento meteorologico porta a una marcata variabilità interannuale che tende a nascondere eventuali tendenze in atto.

Un altro aspetto interessante da sottolineare è il fatto che le attività antropiche non sono le uniche sorgenti di composti volatili. Molti composti organici volatili, infatti, sono emessi dalle piante. Una possibile spiegazione dell'assenza di diminuzione nella quantità di ozono presente in atmosfera sulla nostra regione potrebbe pertanto risiedere nell'abbondanza di composti volatili di origine naturale che compenserebbero la riduzione di quelli antropici.

La tendenza osservata nelle concentrazioni degli **ossidi di azoto** trova spiegazione nella generale riduzione delle emissioni di queste sostanze in atmosfera. A partire dagli anni '90, infatti, questo tipo di emissioni sono diminuite di quasi il 50% sulla nostra regione (SINANet, 2017). Ciò nonostante, dal 1990 al 2000 si è assistito a un temporaneo aumento dovuto al trasporto su strada. L'aumento era in parte legato all'incremento dei flussi di traffico e alle tecnologie utilizzate (per esempio: non tutte le vetture avevano ancora le marmitte catalitiche, obsolescenza del parco veicolare, ecc.). Le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria ne avrebbero pertanto osservato questo temporaneo peggioramento dovuto al traffico e, analogamente, avrebbero registrato anche il successivo miglioramento e l'attuale lenta decrescita successiva al 2000. Questa interpretazione sarebbe avvalorata anche dal fatto che le stazioni che hanno maggiormente risentito del peggioramento sono state proprio quelle più esposte alla pressione del traffico. L'attuale lento miglioramento rappresenta una sorta di asintoto tecnologico. Con le moderne tecnologie di riscaldamento domestico, e soprattutto di trasporto su gomma, sembra molto difficile riuscire a erodere ulteriormente le emissioni in



Figura 3: andamento della concentrazione media di ozono (O<sub>3</sub>) nella stagione calda (aprile-settembre) dal 1994 al 2016 (23 anni) a Udine.

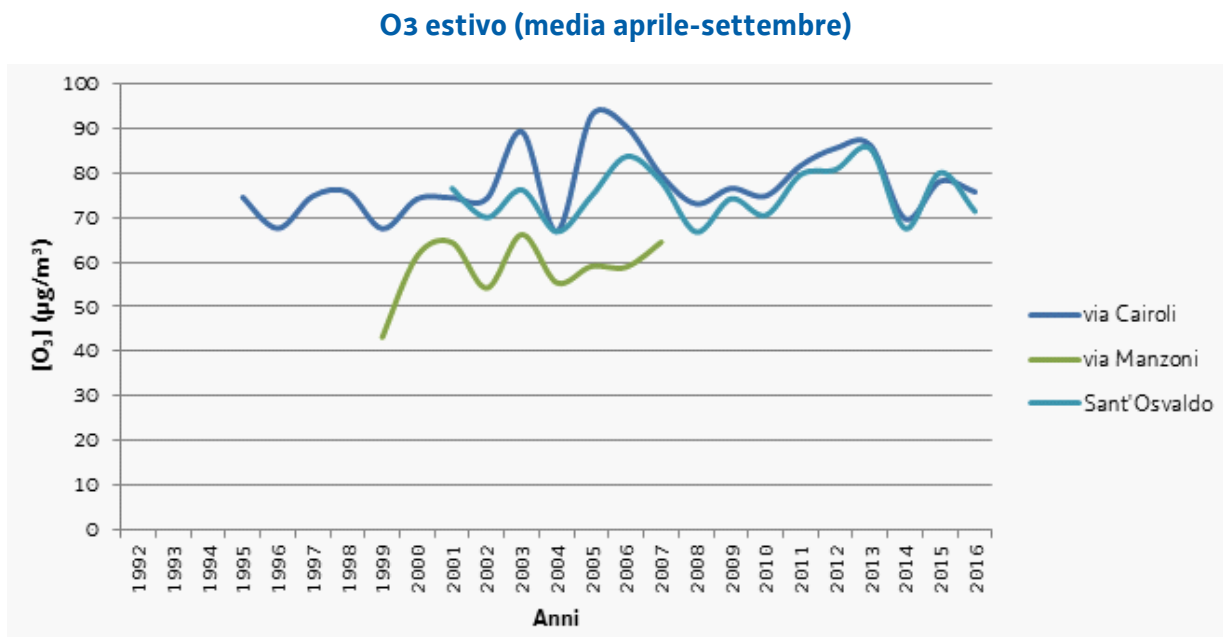


Figura 4: andamento della concentrazione media annuale di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) dal 1992 al 2016 (25 anni) a Udine.

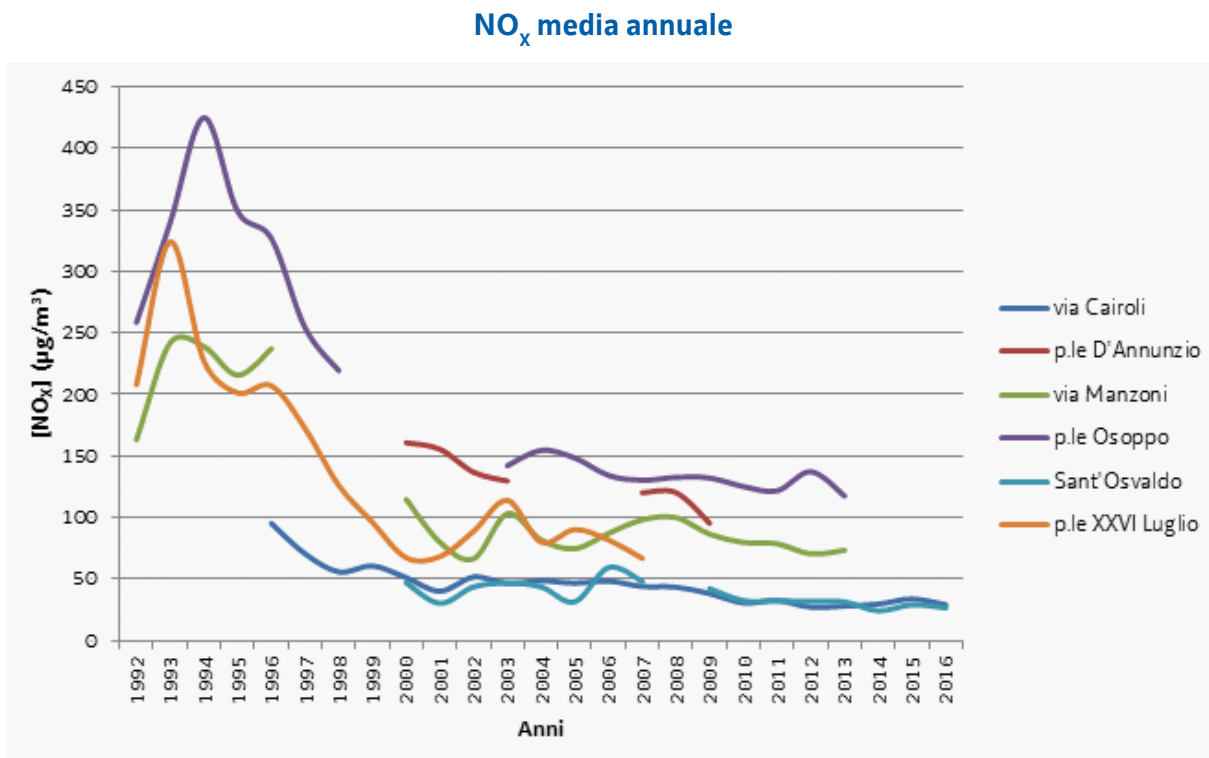


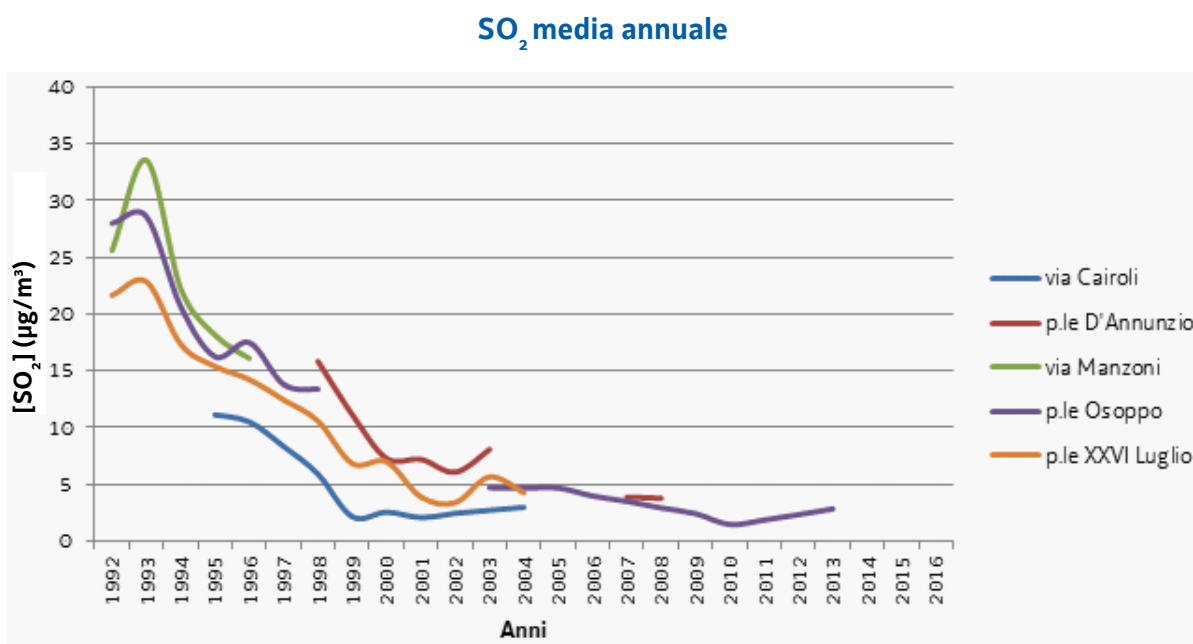
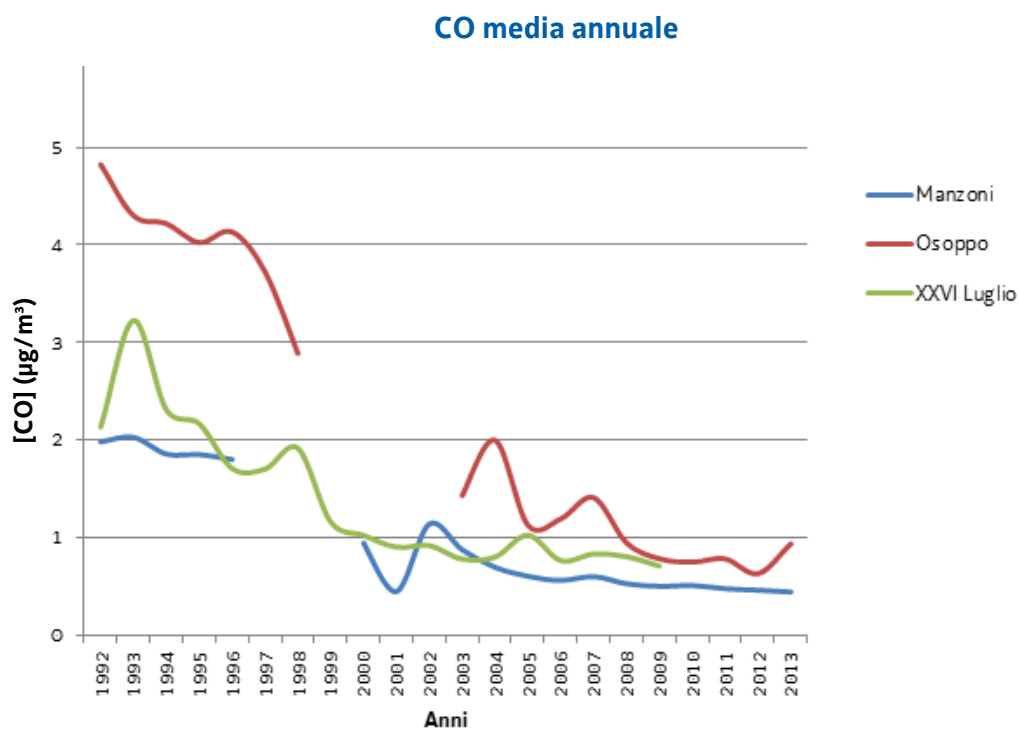
Figura 5: andamento della concentrazione media annuale di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) dal 1992 al 2013 (22 anni) a Udine.

Figura 6: andamento della concentrazione media annuale del monossido di carbonio (CO) dal 1992 al 2013 (22 anni) a Udine.



aree urbane e quindi ridurre le concentrazioni osservate. Non va inoltre dimenticato che l'attuale regime di costo dei carburanti privilegia il Diesel a scapito della benzina, quindi, i motori che hanno maggiori emissioni di ossidi di azoto (oltre che di materiale particolato).

La tendenza osservata nelle concentrazioni del **biossido di zolfo** è il risultato del grande miglioramento avvenuto nell'ambito dei combustibili, prima grazie alla notevole riduzione del tenore di zolfo nel gasolio per riscaldamento e autotrazione e, verso la metà degli anni '90, grazie alla graduale sostituzione del riscaldamento domestico a gasolio e nafta con il riscaldamento a metano.

Per quanto riguarda il **monossido di carbonio**, inquinante essenzialmente ascrivibile in ambito urbano ai motori a benzina, la sua rapida diminuzione a partire dagli anni '90 è dovuta sostanzialmente all'introduzione delle marmitte catalitiche.

## Cosa si può fare per migliorare la qualità dell'aria?

I miglioramenti tecnologici e le politiche condotte nell'ambito dei trasporti e dei combustibili a livello europeo e nazionale hanno portato a una graduale riduzione di molte specie di inquinanti. Su queste macro-tendenze nel corso degli anni si sono inserite le politiche regionali, in particolare quelle legate alla metanizzazione, al rinnovo del parco veicolare circolante, sia pubblico che privato, e al riscaldamento domestico.

A partire dal 2008, inoltre, la Regione Friuli Venezia Giulia si è dotata di due Piani di settore, quello di miglioramento della qualità dell'aria e quello di azione per la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico (ARPA FVG, 2017b). A partire dal Piano di azione per la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico diversi comuni si sono dotati di un proprio Piano di azione comunale, ritagliato sulle peculiarità dei diversi territori.

Poiché, alla luce dei monitoraggi condotti, le politiche di mitigazione dell'inquinamento atmosferico non riescono ancora a dare i risultati sperati (per esempio per il materiale particolato e per l'ozono) o stanno esaurendo la loro efficacia migliorativa (per esempio per gli ossidi di azoto), ARPA FVG ha predisposto del materiale informativo volto a illustrare delle buone pratiche utili a ridurre l'inquinamento atmosferico. Dal momento in cui la tecnologia non riesce a dare i risultati sperati e auspicabili, nelle more di ulteriori avanzamenti tecnologici si è cercato di segnalare abitudini o prassi sociali negative per l'ambiente e la contestuale proposta di comportamenti virtuosi (ARPA FVG, 2017c). Tra i comportamenti virtuosi vi sono non solo quelli che mirano a ridurre l'inquinamento, ma anche quelli di adattamento che cercano di ridurre gli effetti dell'inquinamento sulla salute delle persone. Questi

comportamenti virtuosi sono importanti in particolare per inquinanti come l'ozono, il cui effetto irritante può avere impatti immediati sul benessere delle persone, in particolare di quelle più fragili come i bambini, gli anziani e gli ammalati.

Recentemente, al fine di sviluppare sinergie su vasta area, la Regione e ARPA FVG hanno aderito a un progetto europeo integrato dedicato al miglioramento della qualità dell'aria nel bacino padano (*Progetto LIFE PREPAIR, 2017*). Questo progetto europeo mira a ridurre i livelli di inquinamento atmosferico, in particolare da polveri sottili, agendo sui diversi settori ritenuti maggiormente impattanti, ovvero l'utilizzo delle biomasse legnose, il trasporto su gomma, il riscaldamento degli edifici e l'agricoltura, con l'uso dei fertilizzanti agricoli e l'allevamento di animali.

## Quali sono le tendenze future?

Gli attuali scenari sulla qualità dell'aria in regione e in generale a livello europeo prospettano solo dei lievi miglioramenti per quanto riguarda la riduzione delle concentrazioni di materiale particolato e di ozono, un ulteriore leggero miglioramento nelle concentrazioni degli ossidi di azoto e una sostanziale stabilità negli inquinanti già molto ridotti come gli ossidi di zolfo e il monossido di carbonio.

Per quanto riguarda il materiale particolato, vi è una sostanziale condivisione sul fatto che miglioramenti significativi, in particolare durante gli episodi acuti, si potranno avere solo con una notevole riduzione delle emissioni derivanti dalla combustione domestica della legna e con una riduzione nelle emissioni di ammoniaca da allevamento e nella fertilizzazione dei terreni. Nelle aree più densamente abitate andrebbero ulteriormente ridotte le emissioni delle automobili. Resta ancora da valutare, per le aree portuali, l'effettivo contributo delle emissioni derivanti dalle navi attraccate nelle banchine che, in determinate condizioni meteorologiche, può risultare molto importante sia in termini di polveri sottili direttamente rilasciate dai fumi delle navi che di polveri secondarie formatesi in atmosfera a seguito delle emissioni di ossidi di zolfo e di azoto.

Molto più articolata e complessa risulta la questione dell'ozono. Si potranno avere riduzioni di questo inquinante in atmosfera solo con diminuzioni significative dei suoi precursori su aree molto vaste, superiori anche alle estensioni dei singoli Stati dell'Europa. Le indicazioni sono che dei miglioramenti si potranno avere solo riducendo ancora di molto le emissioni di ossidi di azoto, per le quali però sembra si stia oramai raggiungendo una sorta di limite tecnologico.

## Bibliografia

ARPA FVG, 2017a, *Relazioni annuali sulla qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia*, [http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti\\_e\\_presentazioni/tecnico\\_scientifici.html#Relazioni\\_qualita\\_aria](http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/tecnico_scientifici.html#Relazioni_qualita_aria), ultimo accesso 30/11/2017.

ARPA FVG, 2012, *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2012 - Tematiche ambientali in primo piano nel Friuli Venezia Giulia*, Udine, FORUM.

SINAnet, 2017, *Inventario emissivo nazionale disaggregato a livello regionale*, <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/inventaria>, ultimo accesso 30/11/2017.

ARPA FVG, 2017b, *Piani Regionali di settore sulla qualità dell'aria*, [http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/menu\\_dx/menu\\_dx\\_piani.html](http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/menu_dx/menu_dx_piani.html), ultimo accesso 30/11/2017.

ARPA FVG, 2017c, *Buone prassi per la riduzione dell'inquinamento e per la gestione delle criticità*, [http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti\\_e\\_presentazioni/sintesi\\_divulgative.html](http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/sintesi_divulgative.html), ultimo accesso 30/11/2017.

PREPAIR - Po Regions Engaged to Policies of AIR, *Progetto LIFE PREPAIR*, 2017, <http://www.lifeprepare.eu/>, ultimo accesso 30/11/2017.

# Pollini primaverili e conseguenze di inverni sempre più miti

Pierluigi Verardo, Francesca Tassan  
ARPA FVG, Qualità dell'aria



Foto: <https://pixabay.com/>

## I pollini e le condizioni climatiche

La presenza di pollini di una determinata specie è direttamente correlata sia all'abbondanza di piante di quella specie presenti sul territorio sia alle condizioni climatiche che ne favoriscono la fioritura. La rete di monitoraggio pollinico di ARPA FVG, dall'anno 2005, verifica quantitativamente la presenza delle principali categorie vegetali di pollini trasportati dal vento presenti sul territorio, fornisce agli utenti dati giornalieri e settimanali, e popola una base dati che oggi consente di valutare l'andamento delle concentrazioni polliniche sul medio periodo.

L'analisi dei dati derivanti dal monitoraggio di alcuni tipi di polline contribuisce a inquadrare i cambiamenti climatici in atto sotto il profilo degli effetti sull'ambiente e sulle persone.

La quantità complessiva annua di un determinato polline dipende infatti da vari fattori, tra cui il cumulo giornaliero di ore di luce, quello stagionale di giornate di pioggia e l'andamento della temperatura. Per alcune specie ar-

boree a fioritura primaverile, inoltre, conta anche l'andamento della stagione invernale precedente, che può influenzare la data di inizio della fioritura, l'abbondanza di fiori e, di conseguenza, la quantità totale di pollini dispersi.

## Il caso del carpino e della betulla

È il caso, in particolare, del carpino nero e della betulla, che nella primavera del 2016 hanno reagito in modo reciprocamente opposto all'andamento termico della stagione precedente: il primo, con un aumento del quantitativo totale di pollini rispetto agli anni precedenti, la seconda con un netto calo. Per spiegare questo fenomeno, occorre premettere che il bilancio delle temperature dell'inverno 2015/16 mostra un aumento generalizzato rispetto alla media del decennio precedente, soprattutto in montagna, a fronte di una quantità di precipitazioni pressoché nella norma. Tale aumento anomalo delle temperature invernali nella nostra regione, allineato con il fenomeno più ampio dei cambiamenti climatici, se ha costituito un fattore di inibizione per alcune specie vege-

Figura 1: somma annuale di granuli pollinici di carpino nero rilevati dai campionatori di Pordenone e Lignano Sabbiadoro.

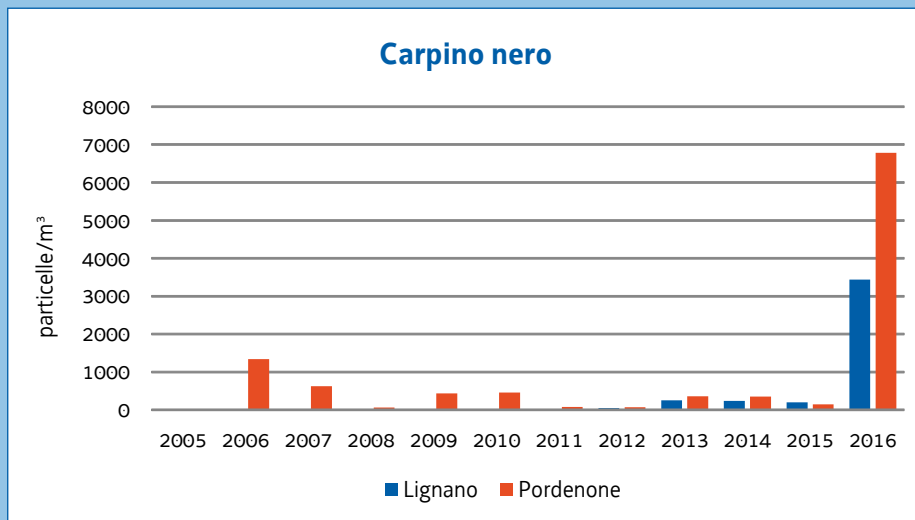


Figura 2: somma annuale di granuli pollinici di betulla rilevati dai campionatori di Trieste e Tolmezzo.

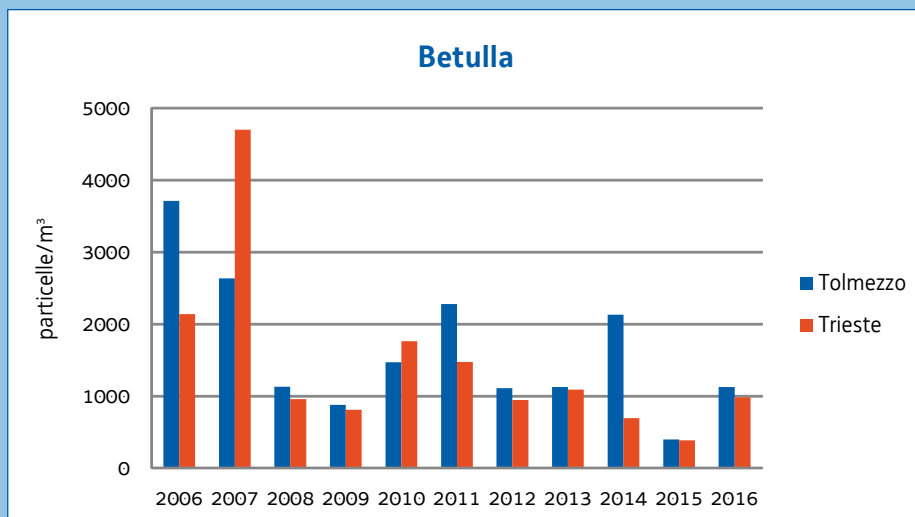
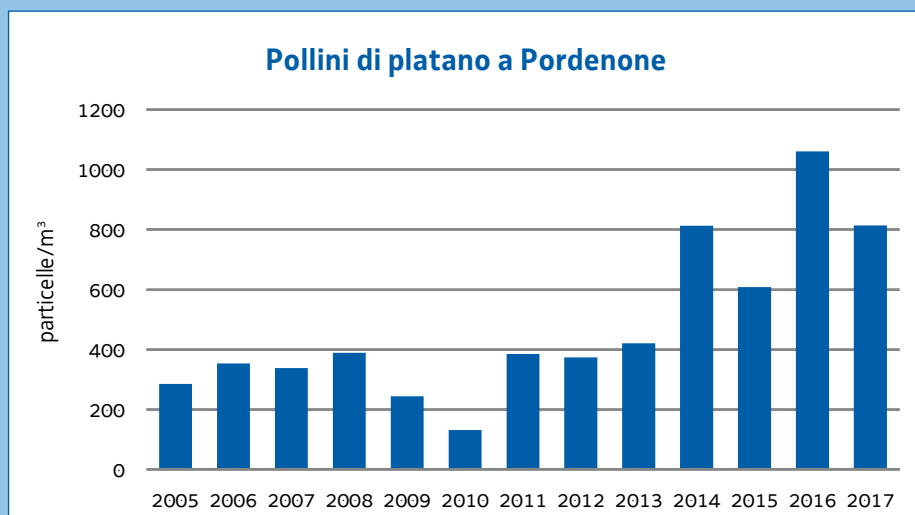


Figura 3: somma annuale di granuli pollinici di platano rilevati dal campionatore di Pordenone.





tali tipiche di climi freddi, quale la betulla, ha per contro operato uno stimolo della vitalità per altre, tra cui il carpino, che hanno risposto aumentando l'attività biologica (ARPA FVG, 2016b).

Il carpino nero ha risposto al cambiamento delle temperature con una produzione di polline, a Pordenone e a Lignano Sabbiadoro nel 2016, superiore di dieci volte i valori medi degli anni precedenti (Figura 1).

La betulla, invece, a Tolmezzo e a Trieste dove è più diffusa, ha dimostrato di mantenere un trend di diminuzione di polline, sempre più significativo soprattutto nell'arco degli ultimi dieci anni (Figura 2). Questa pianta, tipica di climi freddi del centro e nord Europa, è relativamente diffusa nei boschi montani, ed è coltivata a scopo ornamentale in parchi e giardini. Il polline è molto allergenico, e la sua diminuzione nell'arco dei decenni dipende anche dalla consapevolezza dei cittadini e di alcune amministrazioni pubbliche di non procedere a nuove piantumazioni, viste le ricadute sulla salute. Anche la nostra Agenzia svolge un servizio di informazione e indirizzo verso una scelta di piante arboree non impattanti sulla salute e sull'ecosistema (Zangari, 2012).

Altre piante poi stanno mostrando risposte interessanti sotto il profilo della produzione pollinica dopo l'inverno mite del 2015/16: il platano sembra aver raggiunto un picco in una curva di crescita di dodici anni (Figura 3); il castagno nel 2016 ha improvvisamente ripreso vitalità dopo anni di continuo calo dovuto a fenomeni di parassitismo; il faggio, che peraltro fiorisce ad anni alterni, ha rilasciato in aria quantità di pollini oltre dieci volte la sua media annua; pure il carpino bianco ha raggiunto nel 2016 il massimo storico.

I medesimi andamenti, rispetto a quelli riscontrati nella nostra regione, sono stati confermati dal confronto con i dati rilevati in tutta la Pianura Padana, e sono stati studiati parimenti nei paesi d'Oltralpe. In particolare, gli studi su ampia scala, derivanti dal proficuo scambio di informazioni con le Agenzie delle altre regioni italiane ed europee, permettono di monitorare gli effetti di parassiti e di piante infestanti di origine extraeuropea (ATOPICA. EU, 2015). Peraltro, questi aspetti, che sono pure connessi con il più ampio fenomeno dei cambiamenti climatici, si possono studiare e spiegare attraverso l'analisi di lunghe serie storiche di dati giornalieri (ARPA FVG, 2017).

## Gli effetti del cambiamento del clima sull'ecosistema

Nonostante l'ampio spettro di studi condotti già da lungo tempo su molteplici fronti, le conseguenze del cambiamento climatico non sono facilmente prevedibili, anche

perché vanno ricercate in svariati ambiti: qualità degli ecosistemi, disponibilità di risorse, produttività dei suoli, salute umana. Ad esempio, anche solo considerando quest'ultimo aspetto sotto il profilo delle pollinosi, sicuramente si possono riscontrare delle ricadute dovute alla presenza in aria di grandi quantità di polline allergenico.

Altri impatti si possono avere sull'ecosistema, dove alcune piante risultano più vigorose e più cariche di semi rispetto al passato. I semi, quando sono più abbondanti del solito, possono modificare la catena alimentare del bosco, alterando gli equilibri tra le specie animali presenti. Alcuni studi specifici mostrano che l'abbondanza di semi di faggio, le faggioline, favorisce il proliferare dei piccoli roditori del bosco, come topolini e arvicole, i quali sono vettori di zecche. Le conseguenze sia sull'ecosistema, sia soprattutto sulla salute dell'uomo e degli animali domestici, possono essere molto pesanti (ARPA FVG, 2016a).

## Qualche soluzione c'è

Per contro, le politiche di contenimento dell'uso del suolo, di salvaguardia delle aree verdi naturali, il ripristino della vegetazione riparia e di boschi planiziali mediante l'utilizzo di essenze autoctone sono esempi di azioni che possono avere effetti migliorativi nei confronti di un ecosistema impoverito e sofferente, e a lungo termine operare ricadute positive per la salute umana e ambientale. È dimostrato infatti che lo sviluppo e la diffusione di specie esotiche è frenato dove esiste un ecosistema ben strutturato, caratterizzato da un'elevata biodiversità. La presenza di boschi anche in pianura, unitamente a un attento uso del suolo, ha dimostrato di poter rallentare i fenomeni, presenti anche alle nostre latitudini, di desertificazione e impoverimento dell'ecosistema, operando effetti positivi anche sul clima, in un circolo finalmente virtuoso.

## Bibliografia

ATOPICA.EU, 2015, [http://conference.atopica.eu/media/4932/climate-change\\_factsheet\\_final\\_ita.pdf](http://conference.atopica.eu/media/4932/climate-change_factsheet_final_ita.pdf), ultimo accesso 1/9/2017.

ARPA FVG, 2016a, <http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/stato/Pollini/approfondimenti/Abbondanza-di-pollini-di-faggio-implicazioni-ambientali-e-sanitarie.html>, ultimo accesso 1/9/2017.

ARPA FVG, 2016b, [http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/stato/Pollini/news/carpino\\_nero.html](http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/stato/Pollini/news/carpino_nero.html), ultimo accesso 1/9/2017.

ARPA FVG, 2017, <http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/aria/stato/Pollini/news/Giornata-di-studio-sui-pollini.html>, atti del convegno.

Zangari F., 2012, *Giardini senza polline*, Zangari editore, volume primo.

**L'inverno più caldo ha frenato la produzione di polline della betulla e stimolato quella del carpino**



# Analisi delle acque di pioggia

Pierluigi Verardo, Flavio Moimas  
ARPA FVG, Qualità dell'aria



Foto: <https://www.pexels.com/>

## I campionamenti dai tempi delle “piogge acide”

Una delle emergenze ambientali dello sviluppo industriale degli anni '70 è stata quella delle cosiddette “piogge acide”, fenomeno dovuto all'incremento delle emissioni di sostanze acidificanti, in particolare dello zolfo presente nei combustibili fossili, come il carbone, il gasolio, le nafta e gli oli pesanti. Gli ossidi di zolfo rilasciati in aria con l'umidità formano acido solforoso, e successivamente acido solforico, che, oltre ad abbassare il pH dell'acqua piovana, comportano una serie di danni ambientali, soprattutto a carico della vegetazione e della fauna di acqua dolce. Per questo motivo vennero installate in tutta Italia una serie di campionatori di pioggia che servivano a monitorare il fenomeno.

Dopo la messa al bando dei combustibili ad alto tenore di zolfo, la progressiva sostituzione dei combustibili da riscaldamento con il gas metano e con l'installazione di sistemi di desolforazione delle emissioni, questa emergenza ambientale si ridimensionò e, di conseguenza, la rete di campionatori di pioggia venne progressivamente dismessa, salvo in rari casi.

In provincia di Pordenone vennero infatti mantenuti due

campionatori del tipo *wet & dry* (Figura 1 e 2), uno a Pordenone e uno a Polcenigo, che continuano a fornire dati per l'analisi chimica delle piogge. Attualmente l'interesse non è più tanto lo studio del pH, che negli anni si è riportato a valori di neutralità, ma l'analisi della ricaduta di nutrienti, soprattutto dell'azoto (Marchetto *et al.*, 2014).

I campionatori del tipo *wet & dry* sono dei campionatori di pioggia che hanno la caratteristica di chiudere il contenitore di raccolta delle acque piovane quando non ci sono precipitazioni e di aprirlo nel momento della pioggia, così da raccogliere l'acqua piovana senza mescolarla con le polveri secche. In questo modo si possono esaminare le acque e il pulviscolo atmosferico separatamente.

## L'azoto nell'acqua di pioggia

ARPA FVG possiede una sequenza temporale di dati per Pordenone che vanno dal 1989 al 2016, con delle lacune dovute a guasti meccanici dello strumento e alla perdita di dati a causa della mancanza dei registri cartacei o per sistemi informatici vetusti.

Tuttavia i dati a disposizione permettono delle interessanti considerazioni soprattutto sulla quantità di azoto presente nell'acqua di pioggia, sia da nitrati che da ammoniaca. Gli ioni di azoto disciolti nelle gocce di pioggia hanno di-

Figura 1: campionatore tipo wet & dry presente a Pordenone.



Figura 2: campionatore tipo wet & dry presente a Pordenone.



versa origine e provenienza: derivano da cause naturali, come l'irraggiamento solare, i fulmini, la fauna e la flora selvatica, e da cause antropiche come la combustione (gas di scarico, fumi) e l'allevamento (Bonanni *et al.*, 2001). Inoltre vengono trasportati dalle masse d'aria, per cui l'apporto locale può spiegare solo in parte le deposizioni osservate.

Dai dati di concentrazione di azoto nelle deposizioni umide e dai dati di piovosità si può ricavare la quantità in peso di azoto, espresso come N (atomi di azoto), ricaduto per unità di superficie in un anno (Sambo, 2015). Tale dato è indicativo ed è stimato sicuramente per difetto, in quanto non è possibile analizzare le deposizioni settimanali di scarsa entità. Tuttavia la conoscenza dei chilogrammi di azoto ricaduti al suolo permette di fare delle considerazioni anche di carattere ecologico, viste le problematiche generali che questo elemento produce nell'ecosistema delle acque interne e marine.

La Figura 3 mostra le quantità di azoto derivanti da ammoniaca e nitrati ricadute su un ettaro nella pianura pordenonese. Tale dato può essere significativo per la media pianura friulana, dove insistono la maggior parte dei centri abitati e delle attività industriali e agricole. I dati storici relativi ad altri territori, come la montagna, mostrano valori differenti di azoto. Sarebbe utile posizionare dei campionatori di pioggia in altre aree climatiche regionali per avere meglio il quadro della ricaduta di nutrienti a carico del bacino scolante sull'Alto Adriatico.

La Figura 4 mostra un tendenziale decremento di azoto nella pioggia a partire dall'ultimo decennio. Questo dato può essere utile per monitorare l'efficacia delle politiche di contenimento e di controllo delle immissioni di azoto nell'ambiente.

## Impermeabilizzazione del suolo e azoto nelle acque

La quantità di azoto disciolto nella pioggia può essere di utilità per lo studio dell'eutrofizzazione delle acque nel bacino dell'Alto Adriatico, le cui cause sono in parte naturali, in quanto il bacino è chiuso con poco ricambio e con apporto di grandi fiumi, e in parte antropiche, dovute principalmente ai fertilizzanti agricoli e agli scarichi urbani.

In natura l'azoto della pioggia viene organico dalle piante ed entra nella catena alimentare. Nelle aree impermeabilizzate dall'uomo, come strade, piazzali, edifici ecc., la pioggia confluisce direttamente nel corso d'acqua più vicino, senza passare attraverso la vegetazione che può operarne l'assorbimento e l'organizzazione, e arriva più velocemente al mare.

**Nel 2016, 1228 tonnellate di azoto sono potenzialmente finite nei corsi d'acqua a causa dell'impermeabilizzazione del suolo**

Il dato di superficie impermeabilizzata in regione è stato usato, congiuntamente alle misure di azoto precipitato a Pordenone, per avere una stima indicativa della quantità in peso di azoto che finisce diretta-

Figura 3: quantità di azoto in kg espressa come N (atomi di azoto) ricaduta annualmente su un ettaro di suolo.

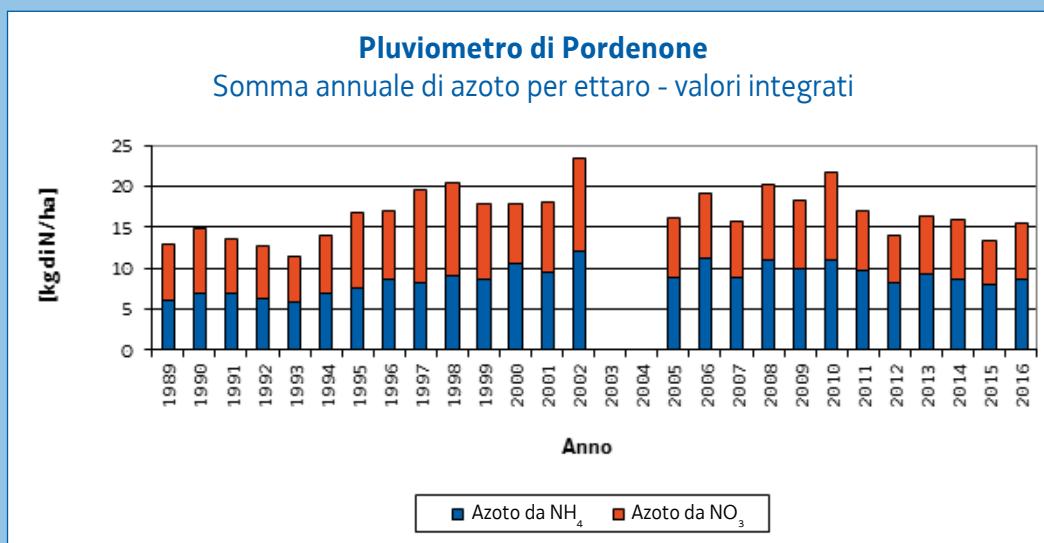
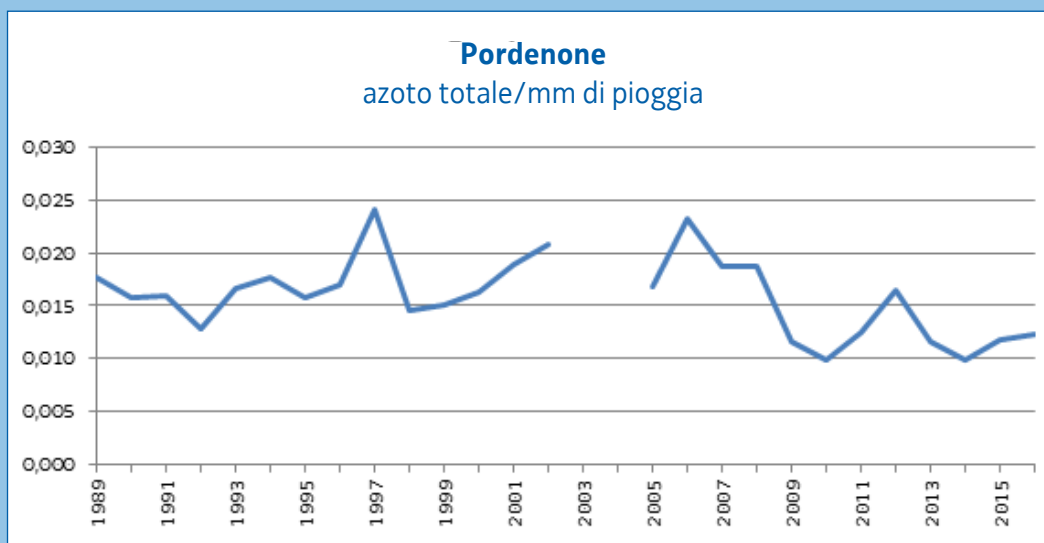


Figura 4: valore di azoto N normalizzato annualmente su unità di pioggia.



mente in acqua senza poter essere assorbito. Nel 2016 ben 1228 tonnellate di azoto sono potenzialmente finite in acqua scorrendo sulla superficie impermeabilizzata in Friuli Venezia Giulia. Questo dato dovrebbe essere in tendenziale aumento, vista la tendenza all'aumento del consumo di suolo.

In futuro, i campioni di acqua piovana potrebbero essere utilizzati per lo studio delle ricadute di agenti inquinanti, quali metalli pesanti o composti chimici di origine industriale. Una rete più ampia, studiata su scala nazionale, potrebbe seguire le ricadute umide e valutarne l'abbondanza e in alcuni casi la provenienza.

Migliorare questa situazione è possibile: bisogna agire sulla riduzione delle emissioni in atmosfera e limitare il consumo di suolo, con azioni di conservazione e ripristino di aree naturali.

## Bibliografia

- Marchetto A., Arisci S., Tartari G. A., Balestrini R., Tait D., 2014, *Stato ed evoluzione temporale della composizione chimica delle deposizioni atmosferiche nelle aree forestali della rete CONECOFOR*. Forest@, 11:72-85.
- Bonanni P., Brini S., Buffoni A., Stella G., Vialetto G., 2001, *Acidificazione ed eutrofizzazione da deposizioni atmosferiche: le mappe nazionali dei carichi critici*, Technical Report 2, Via Vitaliano Brancati, 48-00144 Roma.
- Sambo M., 2015, *Caratteristiche chimiche delle precipitazioni di Pordenone nel periodo 1989-2014*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova - Facoltà di Ingegneria.

# Odori questi (s)conosciuti

Alessandra Pillon, Stefania Del Frate, Rossana Michelini, Fulvio Stel  
ARPA FVG, Qualità dell'aria



Foto: <https://www.flickr.com/>

## La sensibilità agli odori è aumentata

Sempre più frequentemente, gli amministratori locali si trovano a dover gestire lamentele ed esposti dei cittadini che manifestano disagi olfattivi legati ad alcune tipologie di attività produttive.

La sensibilità delle persone rispetto a questa tematica è aumentata notevolmente negli ultimi anni, in quanto il disagio olfattivo compromette la fruibilità di ambienti e luoghi, peggiorando la qualità della vita anche se nella maggior parte dei casi le sostanze che causano l'inquinamento odorigeno non sono pericolose e sono presenti in quantità molto bassa nell'aria, tanto da non rappresentare un problema per la salute.

Spesso l'acuirsi del problema è dovuto anche alla progressiva estensione delle aree urbanizzate, che in molti casi hanno portato le zone residenziali a ridosso delle aree industriali, generando situazioni conflittuali sul territorio.

Nell'ordinamento italiano, a differenza di quello che accade per altri inquinanti, non esiste una specifica disciplina per le emissioni odorigene che fornisca valori limite di riferimento, né metodi o parametri idonei a quantificarne

il disturbo. I soli articoli di legge che regolamentano questo genere di disturbo sono quelli che fanno riferimento al divieto di immissioni moleste previsto dal Codice Civile (rapporti tra due proprietà, Art. 844) e dal Codice Penale (Getto di cose pericolose, Art. 674), nel cui ambito sono comprese anche le immissioni odorose.

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale), che ha come obiettivo la promozione dei livelli di qualità della vita, pur non prevedendo specifiche limitazioni alle emissioni di sostanze odorigene, contiene alcuni riferimenti applicabili anche al controllo delle attività che producono impatto odorigeno, nell'ambito degli iter delle autorizzazioni ambientali e delle emissioni in atmosfera.

## Come si misura l'odore

Ciò che chiamiamo "odore" rappresenta la risposta della nostra mente alle sollecitazioni prodotte sul nostro sistema nervoso da una mistura di molecole. Per sua natura, pertanto, l'entità dell'odore è indissolubilmente legata al "naso" degli esseri umani e, di conseguenza, la quantificazione dell'odore non può che basarsi sull'utilizzo del "naso" o meglio di un "naso medio".

La quantità di odore in un volume d'aria viene, infatti,



quantificata tramite le “unità odorimetriche” o olfattometriche al metro cubo ( $\text{ouE}/\text{m}^3$ ), che rappresentano il numero di diluizioni necessarie affinché il 50% degli esaminatori non avverta più l'odore del campione analizzato (UNI EN 13725:2004). In base a questa definizione, se un volume d'aria ha al suo interno  $1 \text{ ouE}/\text{m}^3$ , questo significa che il 50% della popolazione percepisce l'odore; se nello stesso volume ci sono  $3 \text{ ouE}/\text{m}^3$ , allora l'85% della popolazione percepirà l'odore in esso contenuto mentre se nel volume ci sono  $5 \text{ ouE}/\text{m}^3$ , il 90-95% della popolazione sarà in grado di percepire l'odore in esso contenuto.

L'entità dell'impatto odorigeno, in generale, dipende da una notevole serie di fattori tra cui: la tipologia delle sorgenti, la modalità di emissione, le capacità dispersive dell'atmosfera, l'orografia, i processi di rimozione, la sensibilità dei recettori, ecc.

Il primo aspetto indagato riguarda la variabilità, sul territorio regionale, di alcuni parametri afferenti alla tematica odori, che determinano l'entità, la frequenza e l'evoluzione nel tempo delle molestie olfattive.

In particolare, si analizzano le capacità dispersive dell'atmosfera e le condizioni meteorologiche che favoriscono l'emissione di odori da sorgenti areali (Sozzi, 2003). L'obiettivo dell'indagine è quello di individuare le aree, sul territorio regionale, caratterizzate da una maggiore propensione alla dispersione degli odori rispetto ad altre (Odour Prone Areas) e il posizionamento dell'impianto rispetto a esse.

A tal proposito si considera la propensione alla stabilità atmosferica e alle calme di vento (intensità del vento inferiore a  $0,5 \text{ m/s}$ ). Per descrivere la stabilità atmosferica si utilizza l'indicatore *lunghezza di Monin-Obukhov*, (l'altezza sopra il livello del suolo per cui la produzione di turbolenza meccanica eguaglia quella termica) e si considerano i valori di  $1/l$  positivi.

Tali valori sono stati calcolati su risoluzione oraria nell'arco di un anno, è stata ottenuta la frequenza delle ore di stabilità atmosferica e questa è stata spazializzata sul territorio regionale. I valori ottenuti sono stati riportati su mappa (Figura 1).

In Figura 2 vengono riportate le aree per le quali si ha una maggiore frequenza nell'anno di condizioni di calma di vento. I valori puntuali utilizzati sono quelli elaborati da OSMER-ARPA FVG nell'analisi climatica del vento per stazione e anche questo parametro viene spazializzato per ottenere la distribuzione sul territorio.

Infine, vengono prese in considerazione le caratteristiche climatiche che favoriscono la formazione di odori.

A tale scopo viene considerato il parametro climatologico “numero di giorni con temperatura massima superiore a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ” (giorni caldi), mediato sugli anni disponibili. Anche questo parametro viene spazializzato su tutto il territorio regionale, come mostrato in Figura 3.

I parametri considerati sono efficaci nella loro descrizione generale soprattutto nelle aree pianeggianti. In presenza di orografia complessa si inseriscono fenomeni di carattere locale che devono essere considerati di volta in volta, proprio a causa della loro limitata rappresentatività. Pertanto, nelle mappe vengono evidenziate anche le aree caratterizzate da quote superiori a 500 m, considerando questo un valore indicativo per delimitare l'orografia complessa.

Al fine di individuare le aree nelle quali si reputa opportuno effettuare una valutazione più approfondita degli impatti odorigeni (Odour Prone Areas), si considerano i valori di percentuale di stabilità atmosferica superiori a 56%, i valori di calma di vento superiori a 8,2% e il

numero di giorni caldi superiore a 105. Nelle aree a quote superiori a 500 m la valutazione approfondita deve essere sempre condotta (Figura 4).

Le soglie sopra riportate sono state scelte sulla base della distribuzione relativa dei valori dei parametri sul territorio regionale e di considerazioni legate alla tipologia di impatto che contraddistingue l'odore.

## La pianificazione territoriale per la gestione delle molestie olfattive

Poiché il naso degli esseri umani è estremamente sensibile alle molecole che producono lo stimolo odorigeno, in generale risulta molto difficile contenere le molestie olfattive solo tramite accorgimenti tecnici atti a ridurre le emissioni che li generano. Bastano infatti poche molecole per generare lo stimolo odorigeno. Per questo motivo, un elemento fondamentale nella gestione delle molestie olfattive è rappresentato da una corretta pianificazione territoriale che permetta di mantenere le potenziali sorgenti di odore lontano dai recettori sensibili. Questo è vero non solo per le sorgenti di emissioni odorigene sgradevoli (per esempio: allevamenti) ma anche per quelle che emettono odori in linea di principio gradevoli (per esempio: produzione di dolci). In quanto intimamente legato alla risposta neurologica, infatti, in molti casi è proprio il ripetersi degli stimoli (cioè la frequenza dell'odore) a creare il disagio e non solo l'intensità della molestia.

**Si individuano le aree caratterizzate da una maggiore propensione alla dispersione degli odori: Odour Prone Areas**

Figura 1: percentuale di ore di stabilità atmosferica all'anno.

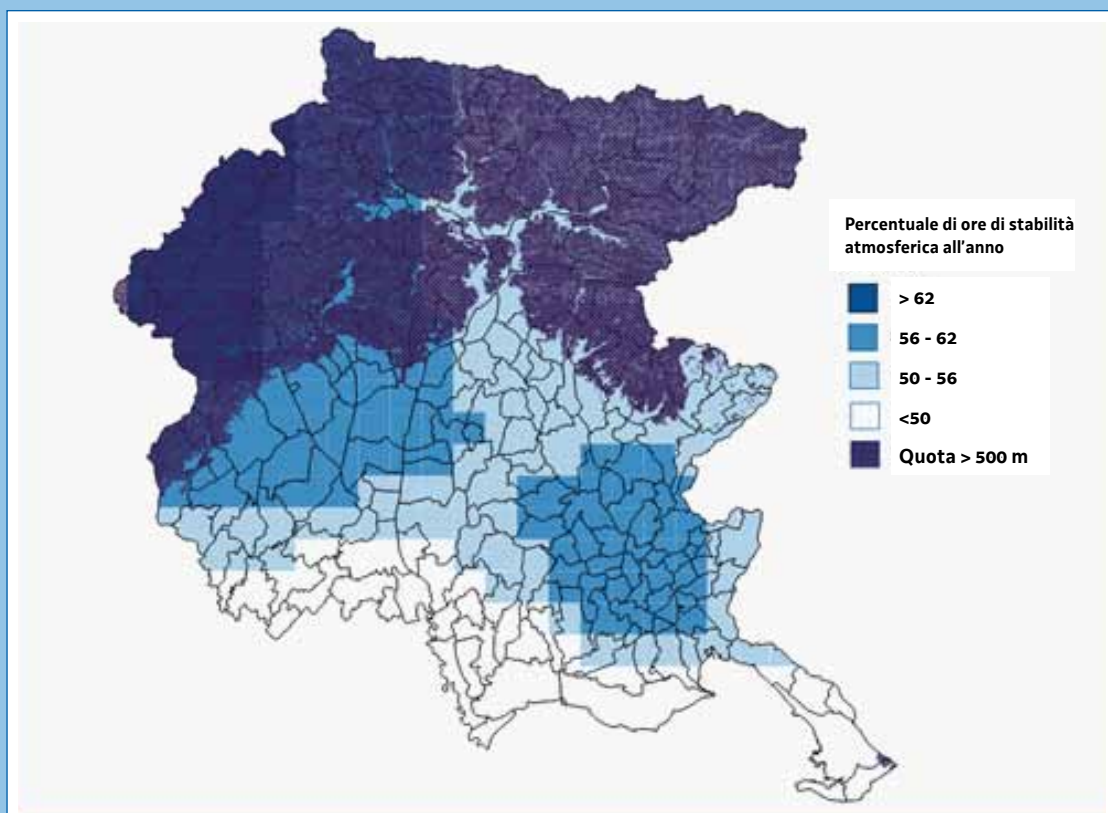


Figura 2: percentuale media dei minuti di calma di vento.

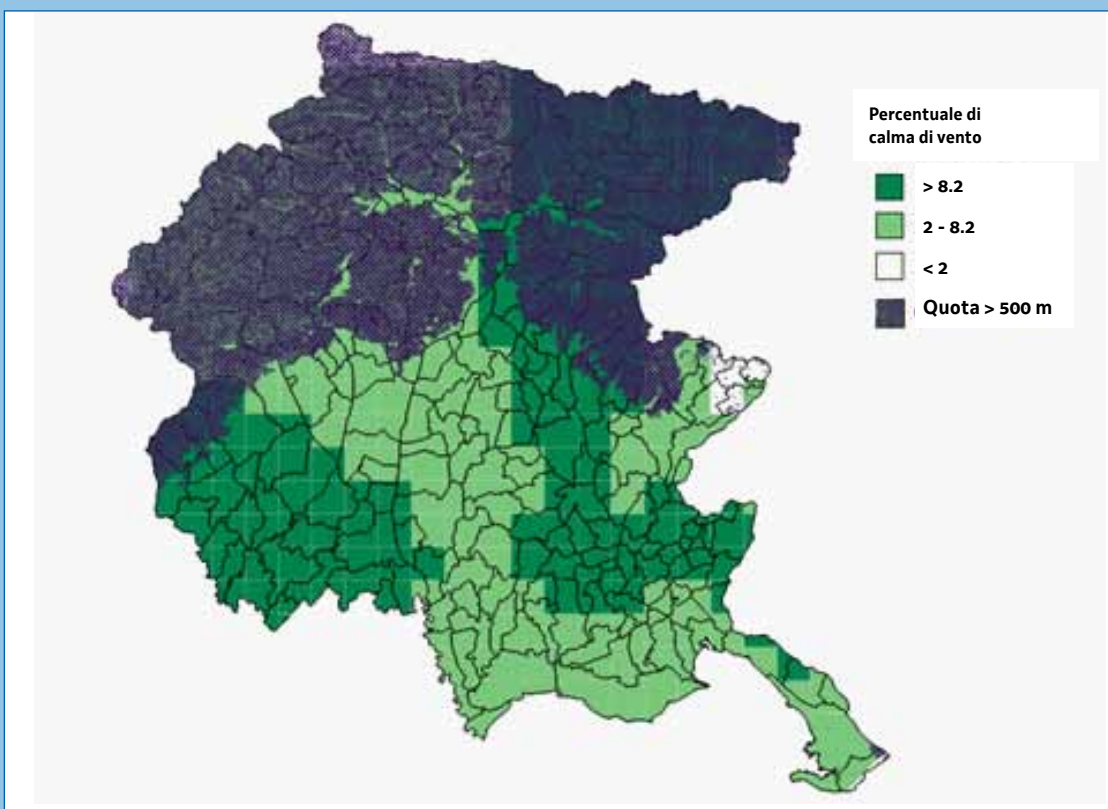


Figura 3: numero di giorni caldi.

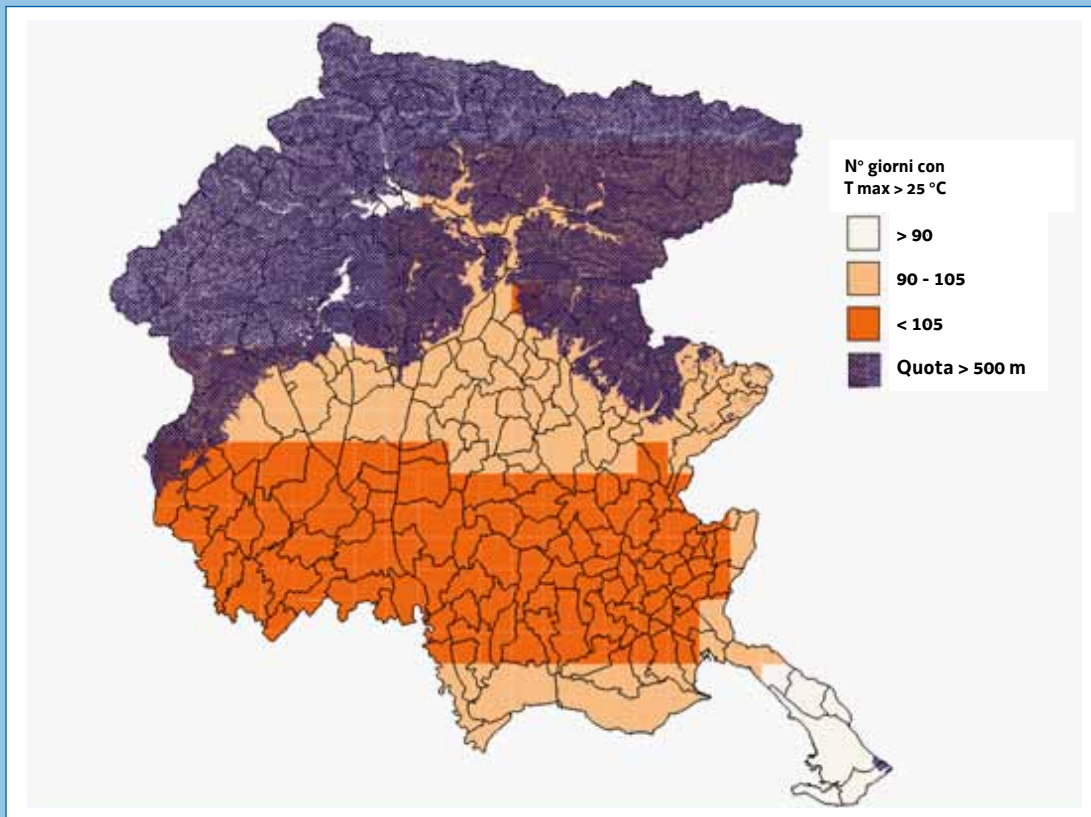
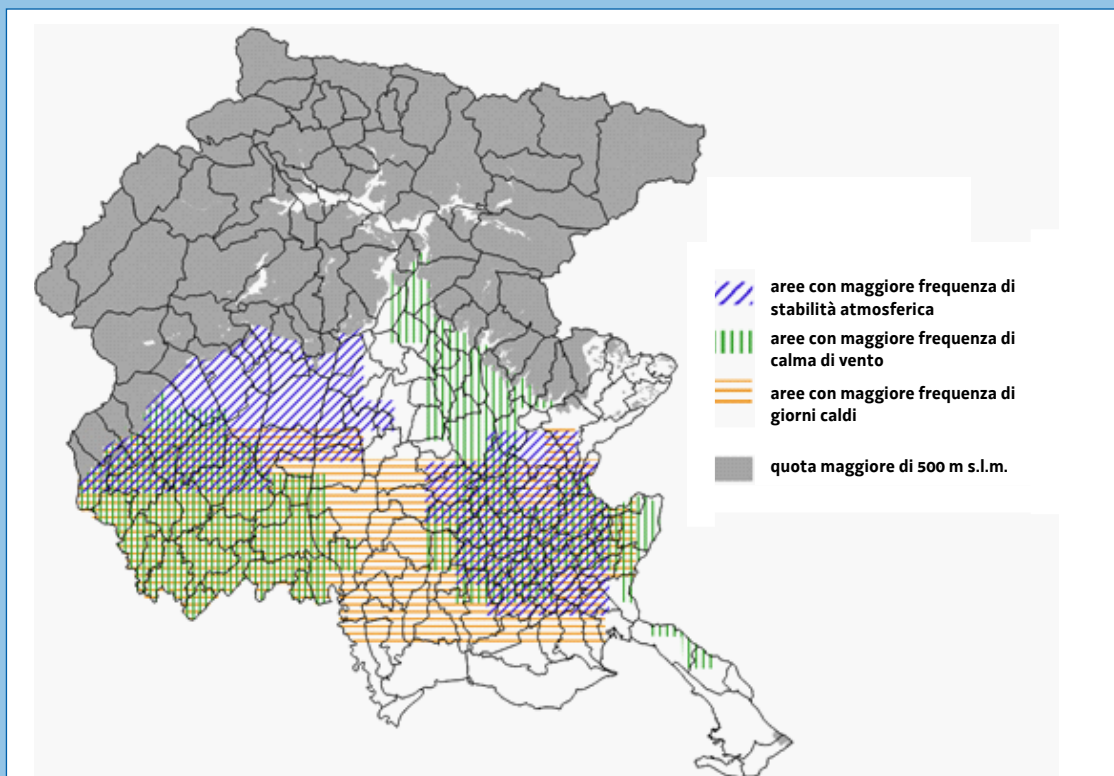


Figura 4: sovrapposizione delle mappe tematiche dei tre parametri considerati (stabilità atmosferica, calma di vento, giorni caldi).





## Linee guida e norme tecniche

Per supplire alla mancanza di indicazioni normative precise sull'argomento, diverse Regioni hanno deliberato linee guida e norme tecniche per uniformare e regolamentare le modalità di approccio a questa tematica. Di queste, le prime e più conosciute sono le linee guida della Regione Lombardia, che di fatto vengono utilizzate in diverse regioni che ancora non hanno una normativa propria. In questo contesto dinamico, la Regione Friuli Venezia Giulia ha chiesto supporto tecnico ad ARPA FVG per costituire un percorso che possa essere impiegato nel rilascio delle autorizzazioni ambientali e che possa, allo stesso tempo, servire da guida ai proponenti per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive. Il documento preliminare predisposto da ARPA FVG affronta anche la gestione dei casi di "conclamato disturbo" con una procedura operativa per il monitoraggio partecipato finalizzato alla valutazione quantitativa delle molestie olfattive. La procedura è stata utilizzata a livello sperimentale in numerose situazioni con buoni risultati.

A livello nazionale è attivo un tavolo tecnico composto da diverse Agenzie per l'ambiente e da Ispra che ha il compito di redigere delle linee guida tecniche condivise che uniformino la modalità di approccio alla gestione dell'inquinamento odorigeno e chiariscano alcuni aspetti ancora poco regolamentati in base all'esperienza maturata negli anni dagli addetti ai lavori.

In seno all'organo UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) l'argomento dell'inquinamento odorigeno viene affrontato nel gruppo di lavoro che si occupa di inquinamento dell'aria.

A livello europeo, infine, due gruppi di lavoro si occupano specificatamente di inquinamento odorigeno all'interno del CEN (European Committee for Standardization), ente normativo che ha lo scopo di produrre e armonizzare norme tecniche.

## Bibliografia

D.g.r. Lombardia n. IX/3018, *Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno*, 15 febbraio 2012.

D.g.p. Trento n. 1087 del 24 giugno 2016, *Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività ad impatto odorigeno*.

Sozzi R., 2003, *La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria*, APAT, RTI CTN\_ ACE XX/2003.



■ ACQUE



## 4. La qualità delle acque interne: approccio sostenibile all'uso della risorsa idrica

Al termine del primo sessennio di monitoraggio (2010-2016), relativamente ai fiumi, emerge come il 54% dei corpi idrici monitorati presenti uno stato ecologico “buono” o superiore e il 46% “sufficiente” o inferiore. L'analisi integrata dello stato, delle pressioni e degli impatti ha fornito gli elementi per individuare i fattori che incidono sul raggiungimento o mantenimento degli obiettivi di qualità.

Raffaella Zorza, Alessandra Sinesi, Arianna Macor, Gabriele Piazza, Erica Rancati, Damiano Virgilio, Elisa Zanut, Luigi Colugnati, Antonella Zanello  
ARPA FVG, Qualità acque interne

L'acqua è una risorsa indispensabile per gli esseri umani, per la natura e per l'economia. Questa risorsa, pur rinnovandosi costantemente, non è infinita e non può essere né riprodotta né sostituita. L'acqua dolce costituisce solo circa il 2% delle risorse idriche del pianeta e, viste le pressioni concorrenti, si stima che entro il 2030 la domanda globale di acqua possa superare del 40% l'effettiva disponibilità (2030 Water Resources Group, 2009). Conservare l'integrità di un ecosistema acquatico e la qualità delle sue acque è fondamentale per preservare i “servizi ecosistemici” connessi che esso offre e in particolare: la capacità di filtrazione e di diluizione delle sostanze inquinanti, la possibile prevenzione dalle alluvioni, il mantenimento delle condizioni microclimatiche e la salvaguardia della biodiversità (World Resources Institute, 2005). Questi benefici sono comunque inevitabilmente legati a una corretta gestione dei sistemi complessi di cui l'acqua è parte integrante.

Proprio al fine di salvaguardare questa risorsa, come previsto dalla Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (DQA), ARPA FVG ha monitorato gran parte dell'estesa rete idrografica regionale per verificare la qualità dei corpi idrici superficiali.

In linea con quanto emerso dal Rapporto sullo stato delle acque dell'AEA (Agenzia Europea per l'Ambiente) e dalla valutazione della Commissione Europea sui Piani di Gestione dei Bacini Idrografici degli Stati membri, appare chiaro che l'obiettivo di raggiungimento del “buono” stato di qualità dei corpi idrici sarà probabilmente raggiunto per poco più della metà (53%) delle acque dell'UE (COM (673), 2012), percentuale in linea con quella riscontrata anche sul territorio regionale.

I cambiamenti climatici, l'intensivo uso del suolo, le attività economiche come la produzione energetica, l'indu-

stria, l'agricoltura e il turismo, lo sviluppo urbano e i cambiamenti demografici sono tra le principali cause, tra loro interconnesse, degli impatti negativi sullo stato di qualità delle acque.

Le conseguenze si manifestano sotto forma di aumento di inquinanti, stress idrico causato da un utilizzo eccessivo delle acque, modifiche fisiche e idromorfologiche dei corsi d'acqua ed eventi estremi, come alluvioni e siccità. Tutto questo si ripercuote negativamente sullo stato ecologico e chimico delle acque. È fondamentale affrontare le sfide che ne derivano per preservare questa importante risorsa necessaria per gli esseri viventi, la natura e l'economia e per proteggere la salute umana.

### La qualità delle acque e le pressioni più significative

Il programma di monitoraggio regionale, in accordo con quanto illustrato dal Piano di gestione del Distretto Alpi Orientali, prevede di concludere il II ciclo di pianificazione dei corpi idrici fluviali entro il 2019. Ai fini della determinazione dello stato ecologico, i dati utilizzabili, quindi, saranno quelli raccolti nel periodo 2013-2019. A oggi, quelli relativi al triennio 2012-2015 non sono stati impiegati negli attuali strumenti pianificatori ma, essendo i più attuali, vengono presentati di seguito.

Al termine del primo sessennio di monitoraggio (2010-2016), relativamente ai fiumi, emerge come il 54% dei corpi idrici monitorati presenti uno stato ecologico “buono” o superiore e il 46% “sufficiente” o inferiore, sempre in linea con le statistiche dell'AEA.

Il monitoraggio è basato sul rilevamento di specifici indici necessari alla definizione dello stato ecologico delle acque relativi sia agli elementi biologici (ICMi per le dia-



Figura 1: stato di qualità dei corpi idrici monitorati al 2015.

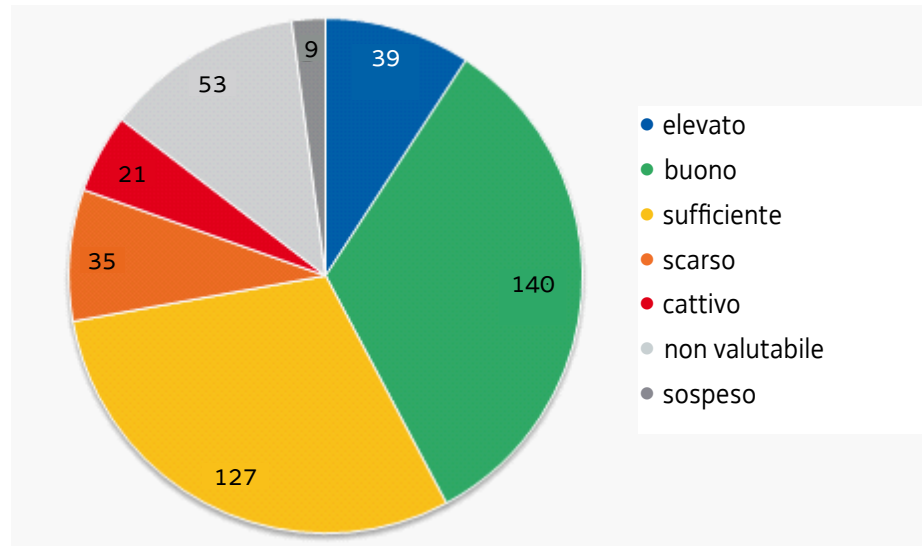


Tabella 1: stato di qualità dei corpi idrici suddivisi per bacini idrografici monitorati al 2015.

BACINI	n. corpi idrici	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCARSO	CATTIVO	NON VALUTABILE	SOSPESO
Aussa	1			1				
Cormor	9		1	3	1		3	1
Corno	3			2	1			
Corno-Stella	18		1	5	10	1	1	
Danubio	17		9	2		1	5	
Isonzo	76	1	30	29	3	1	10	2
Lemene	29		7	13	5	4		
Livenza	91	16	24	20	6	4	20	1
Natissa	2						1	1
Ospo	1		1					
Piave	4	4						
Rosandra	3	2		1				
Tagliamento	165	16	67	50	7	8	13	4
Tiel	1				1			
Timavo	1			1				
Tresemene	1					1		
Turgnano	1				1			
Zellina	1					1		



tomee, IBMR per le macrofite, STAR\_ICMi per i macroinvertebrati) sia a quelli chimici (limitatamente al LIMeco); ciò che si ottiene è una valutazione dello stato di qualità rispetto a valori normativi definiti attraverso l'attribuzione di 5 classi di qualità: "elevato", "buono", "sufficiente", "scarso", "cattivo" (Figura 1 e Tabella 1).

I sistemi di classificazione, che prevedono una ciclicità di monitoraggio triennale o sessennale a seconda del rischio di raggiungimento/mantenimento dello stato di qualità, consentono di misurare la rilevanza degli impatti (a carico di una o più delle componenti monitorate) determinati dall'insieme delle pressioni antropiche.

L'analisi delle pressioni del territorio regionale è stata oggetto, nel corso del 2014, di un'intensa attività di revisione e aggiornamento coordinata dall'Autorità di Distretto Alpi Orientali. Attraverso questa rivalutazione sono state individuate le pressioni antropiche più significative sui corpi idrici, cioè quelle potenzialmente in grado di pregiudicare il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi di qualità. I prelievi (a uso idroelettrico, ittiogenico e irriguo), le alterazioni morfologiche, gli scarichi di acque reflue urbane e l'agricoltura sono tra le più significative.

In regione, nell'area montana, tra gli impatti più rilevanti risultano proprio quelli derivanti da pressioni di tipo idromorfologico e quelli dovuti ad alterazioni di habitat che, anche nel resto dell'Europa, come riportato dall'AEA, interessano più del 40 % dei corpi idrici.

In particolare, la presenza di impianti di derivazione idroelettrica influenza il regime idrico in alveo, il trasporto di sedimenti e la dinamica morfologica, che a loro volta influiscono sugli habitat e sulla distribuzione delle comunità, incidendo non solo sulla struttura della fauna ittica, ma anche su quella di tutti gli elementi biologici presenti nei corsi d'acqua.

All'interno di uno scenario climatico in evoluzione, in cui si evidenzia una diminuzione generale delle precipitazioni, unitamente all'innalzamento delle temperature e a un'estremizzazione degli eventi, la riduzione della quantità d'acqua determina l'aumento delle concentrazioni di inquinanti, con conseguenze negative sullo stato ecologico di questi ambienti.

Attualmente, il problema principale delle derivazioni idroelettriche è legato al rilascio del deflusso minimo vitale (DMV), la cui definizione è stata recentemente ampliata a livello europeo introducendo il concetto di "deflusso ecologico" (Ecological flow), che rappresenta il volume di acqua necessario affinché l'ecosistema acquatico conti-

nui a prosperare e a fornire i servizi ecosistemici necessari (CIS WFD, 2011).

Altre pressioni, molto significative nella nostra regione soprattutto nelle aree di pianura e fondovalle, sono quelle legate allo sfruttamento agricolo (per esempio: monoculture estensive e idroesigenti, uso intensivo del suolo, allevamenti, ecc.) e delle risorse idriche, che comporta in-

terventi, spesso invasivi, su morfologia e idrologia dei fiumi (per esempio: banalizzazione degli alvei, bacinizzazione, canalizzazione, ecc.). I principali impatti che ne derivano sono rappresentati dagli elevati carichi di sostanza organica, azoto e fosforo che causano fenomeni di eutrofizzazione delle acque. Tutto ciò si può ripercuotere sulle comunità biologiche, soprattutto nei periodi di magra e nei tratti a bassa velocità di corrente, provocando, per esempio, una crescita di macrofite e macroalghe galleggianti che tendono a invadere l'alveo fluviale impedendo la penetrazione della

luce e, di conseguenza, lo svolgimento della fotosintesi e la produzione di ossigeno nella massa d'acqua sottostante.

## Le politiche a livello europeo, sovraregionale e regionale

La politica attuata dall'Unione Europea in materia di acque, nell'ultimo decennio, ha contribuito fattivamente alla loro protezione; la sfida più rilevante resta però quella di arrivare a utilizzare le risorse, e in particolare quelle idriche, in modo ecocompatibile ed efficiente, al fine di superare in maniera sostenibile l'attuale crisi economica e ambientale, adeguarsi ai cambiamenti climatici e aumentare la resilienza alle catastrofi.

Seguendo tali indicazioni, numerose sono le iniziative già intraprese dalle amministrazioni competenti sia in ambito sovraregionale (Piano di Gestione del Distretto Alpi Orientali), sia regionale (Piano Regionale Tutela Acque).

Un esempio di misure importanti riguardano gli impianti di derivazione idroelettrica per i quali il Distretto Alpi Orientali ha stabilito il divieto di costruirne di nuove o, per quelle già esistenti, di modificarne le caratteristiche in modo significativo, qualora il bacino sotteso dall'opera di presa sia inferiore o uguale a 10 km<sup>2</sup>, al fine di preservare le caratteristiche di naturalità proprie dei piccoli bacini e dei torrenti montani.

A livello regionale sono state approvate le linee guida nazionali per l'aggiornamento dei metodi di determinazione del deflusso minimo vitale, linee guida funzionali al mantenimento del deflusso ecologico a sostegno del raggiungimento degli obiettivi di qualità.

**Le pressioni antropiche più significative sono: i prelievi, le alterazioni morfologiche, gli scarichi di acque reflue urbane e l'agricoltura**

Per quanto riguarda le politiche agrarie comunitarie e regionali, tra gli obiettivi ambientali del Piano di Sviluppo Rurale (PSR) le priorità degli interventi sono mirate a preservare e migliorare gli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalle foreste, tra cui anche quelli acquatici, e incoraggiare l'uso efficiente delle risorse idriche disponibili (per esempio: migliorare la funzionalità dei sistemi irrigui aziendali convertendoli da scorrimento a impianti a pioggia, favorire l'introduzione di sistemi di irrigazione localizzata, promuovere sistemi di riutilizzo delle acque a scopo irriguo, incentivare il corretto utilizzo della risorsa irrigua in ambito agricolo, al fine di prevenire gli sprechi idrici nonché i rischi connessi ai cambiamenti climatici).

In prospettiva, l'uso sostenibile delle acque europee, soprattutto in termini quantitativi, costituisce una vera e propria sfida per i gestori delle risorse idriche, alla luce dei fenomeni globali come i cambiamenti climatici e gli sviluppi demografici. Dal Rapporto dell'ambiente sullo stato delle acque dell'AEA emergono tendenze preoccupanti che indicano un aumento e un'espansione della carenza idrica e dello stress idrico che secondo le previsioni colpiranno nel 2030 circa la metà dei bacini fluviali dell'UE. Per fare fronte a questo fenomeno, oltre a migliorare la ripartizione delle risorse idriche a seconda degli usi, basandosi sul flusso ecologico, è necessario che siano prese misure di efficienza idrica che consentano un risparmio di acqua e, in molti casi, anche un risparmio energetico (per esempio: il principio "chi inquina paga"), obiettivo previsto anche nel quadro politico di Europa 2020.

Il programma delle misure rappresenta, quindi, l'insieme delle azioni di carattere strutturale (opere) e non strutturale (norme e regolamenti) che devono essere messe in atto per il perseguimento degli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici tenendo conto del loro attuale stato e, al tempo stesso, degli impatti che le attività umane (i cosiddetti "determinanti") esercitano su di essi, attraverso le pressioni.

## Gli obiettivi europei per un uso sostenibile dell'acqua

A livello europeo, gli obiettivi principali al fine di permettere un uso sostenibile della risorsa idrica sono quelli di conservare gli ecosistemi acquatici e raggiungere il "buono" stato ecologico dei corpi idrici, garantendo la quantità di acqua necessaria affinché possano continuare a prosperare e a fornire i servizi di cui noi usufruiamo.

A tal scopo l'UE ha stabilito che è necessario assicurare un aumento della qualità della vita umana senza pregiudicare la risorsa idrica e la capacità di "resilienza de-

gli ecosistemi acquatici", cioè la capacità di recuperare rapidamente le proprie funzioni in seguito a qualsiasi disturbo. Ciò significa che la crescita economica e l'uso efficiente dell'acqua devono convivere e allo stesso tempo assicurare la salute, l'occupazione e una distribuzione equa dei benefici e dei costi tra la popolazione.

La gestione sostenibile dell'acqua può essere raggiunta solo integrando le politiche di diversi settori, a livello internazionale, nazionale e regionale.

### L'uso sostenibile delle acque è una vera sfida alla luce dei cambiamenti climatici e dello sviluppo demografico

Un altro indirizzo importante riguarda l'uso e l'approvvigionamento dell'acqua (compresa la fornitura di acqua potabile) che devono diventare più efficienti e seguire i principi della gestione della domanda. Questo può essere realizzato grazie al risparmio idrico, attraverso nuove tecnologie e cambiamenti comportamentali.

Per arrivare a una gestione sostenibile delle acque è necessario seguire sia un approccio "verticale", che tende cioè a garantire un'integrazione tra le varie politiche a livello locale, regionale, nazionale ed europeo, sia un'integrazione "orizzontale" tra i portatori di interesse tra settori più esigenti, come l'agricoltura e l'industria.

## Bibliografia

- CIS WFD, 2011, *Ecological Flow in the implementation of the water Framework Directive*. GUIDANCE DOCUMENT n. 31, <https://circabc.europa.eu/sd/a/4063d635-957b-4b6f-bfd4-b51b0acb2570/Guidance%20No%2031%20-%20Ecological%20flows%20%28final%20version%29.pdf>, ultimo accesso 17/11/2017.
- COM (673), 2012, *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/a-blueprint-to-safeguard-europe2019s>, ultimo accesso 17/11/2017.
- World Resources Institute, 2005. *Millennium Ecosystem Assessment*, <http://www.millenniumassessment.org/en/Global.html>, ultimo accesso 17/11/2017.

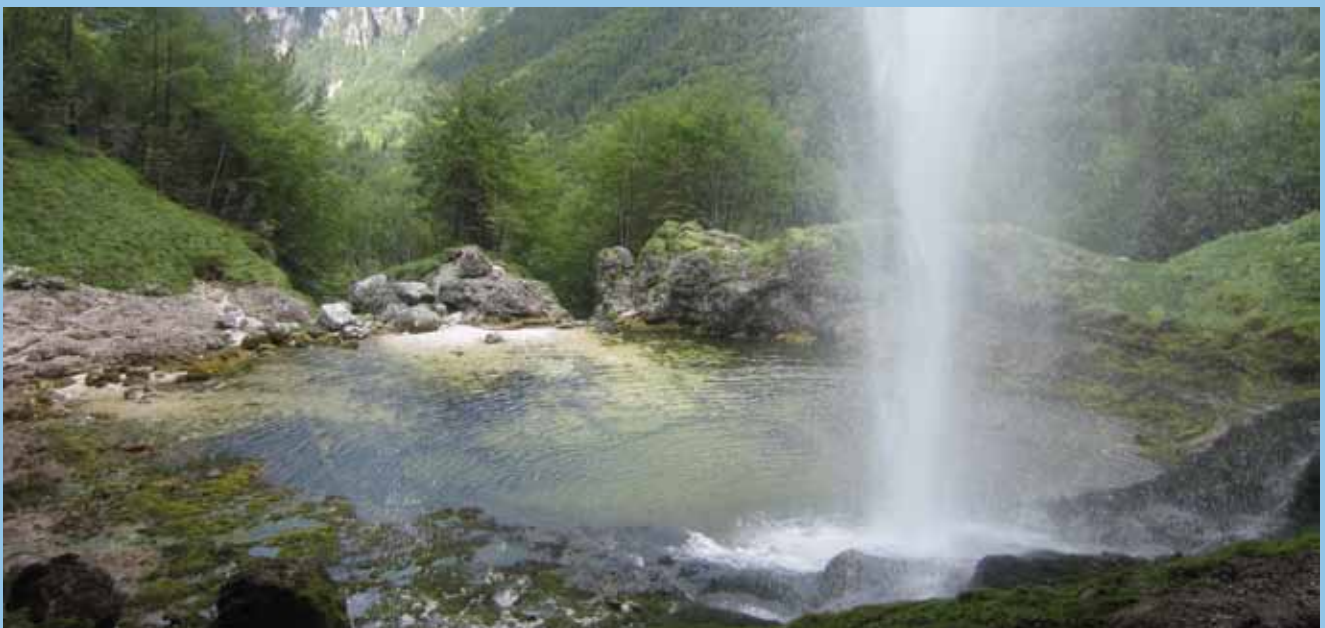
# La biodiversità delle diatomee nelle sorgenti del Friuli Venezia Giulia

Raffaella Zorza, Luigi Colugnati, Antonella Zanello  
ARPA FVG, Qualità acque interne

Sara Burato, Elisabetta Pizzul  
Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Scienze della Vita

Marco Cantonati  
Museo Tridentino di Scienze Naturali, Sezione di Limnologia e Algologia

Figura 1: Fontanone di Goriuda.



## Le diatomee: ottimi bioindicatori

Gli habitat delle sorgenti sono ambienti ricchi di biodiversità ma molto fragili e in costante diminuzione, anche in Friuli Venezia Giulia, a causa degli effetti dei cambiamenti climatici.

Una delle componenti principali della diversità ecologica di questi ecosistemi sono le diatomee, alghe eucariotiche unicellulari di natura silicea, considerate ottimi bioindicatori dello stato trofico di un corpo idrico (presenza di nutrienti inorganici come azoto, fosforo, silicio e carbonio) che proprio grazie alla loro sensibilità, ma anche per la loro diffusione cosmopolita (presenti in tutti gli ambienti acquatici marini, salmastri e d'acqua dolce), l'alta diversità ecologica (più di 100.000 specie attualmente riconosciute), e il breve ciclo di vita, risultano essere particolarmente sensibili a cambiamenti indotti all'ecosistema da fattori inquinanti.

Lo studio della microflora sorgentizia, e in particolare

**Le diatomee indicano lo stato trofico di un corpo idrico**

delle diatomee, è stato per molto tempo trascurato, ricevendo nuovo impulso solo negli ultimi vent'anni, grazie alla loro introduzione nella Direttiva Quadro Acque 2000/60 come bioindicatori necessari al monitoraggio dei corsi d'acqua. Grazie a queste nuove indagini, non solo vengono continuamente individuate specie nuove per la scienza, ma si è inoltre scoperto che buona parte dei taxa di diatomee strettamente oligotrofiche (tipiche di ambienti poveri di nutrienti) caratteristiche degli ambienti sorgentizi, sono in via di estinzione, nonostante spesso tali habitat si collochino all'interno di Parchi e Riserve (Cantonati & Lange-Bertalot, 2010).

A oggi, in Friuli Venezia Giulia, esiste solamente una ricerca scientifica effettuata sulle diatomee di tre sorgenti del Torrente Ucea (Cantonati, 2003); proprio per tale motivo si è deciso di intraprendere una collaborazione tra ARPA FVG, Università degli Studi di Trieste (Dipartimento di Scienza della Vita), Museo Tridentino di Scienze Naturali (Sezione di Limnologia e Algologia) e Parco Pre-

alpi Giulie al fine di analizzare, per la prima volta, le comunità diatomiche di sei sorgenti ricadenti nel territorio delle Prealpi Giulie: sorgente del torrente Torre, sorgente del torrente Ucea, sorgente rio Resartico, sorgente del rio Alba, Fontanone del Barman e Fontanone di Goriuda.

## L'alto grado di biodiversità delle sorgenti

L'analisi dei campioni prelevati nelle sorgenti situate nelle Prealpi Giulie e nella Riserva della Val Alba ha portato alla determinazione di 80 taxa, appartenenti a 30 generi di diatomee rilevando un alto grado di biodiversità rispetto ai corsi d'acqua analizzati in questi anni sul territorio regionale.

La sorgente col maggior numero di taxa è il Fontanone del Barman, con 56 specie/varietà appartenenti a 20 generi. Il rilievo più ricco in specie, in particolare, è il campionamento estivo del Barman (41 specie per 19 generi), seguito dai 33 taxa di quello autunnale e dai 31 del rilievo estivo nel Goriuda.

Questi valori sono molto interessanti, in quanto le condizioni oligotrofiche e la corrente, spesso forte, delle sorgenti limitano la ricchezza in biodiversità a un basso numero di taxa per sorgente, generalmente specie cosmopolite (ubiquitarie) oppure ben adattate a tali condizioni ambientali e non di rado incluse nella Lista Rossa (lista proposta dall'Unione Mondiale per la Conservazione della Natura, che comprende specie in via d'estinzione). Sorgenti come il Fontanone del Barman e quello di Goriuda (Figura 1), visto l'alto numero di specie rilevate, fra cui alcune estremamente rare come *Cymbella cantonatii* Lange-Bertalot, *Navicula cataracta-rheni* Lange-Bertalot (Figura 2) e *Achnantheidium dolomiticum* M.Cantonati & Lange-Bertalot, specie di recentissima descrizione finora rinvenuta in sorgenti soggette a grandi differenze stagionali di portata, e registrata solo in poche altre sorgenti alpine (Cantonati e Lange-Bertalot, 2010), sono da ritenersi dei veri e propri scrigni di biodiversità.

Questa ricerca ha voluto gettare le basi per futuri studi e approfondimenti di tipo tassonomico ed ecologico. È stato elaborato, inoltre, un atlante iconografico delle specie rilevate al fine di utilizzarlo come strumento semplice ed efficace per future comparazioni con altre sorgenti delle Alpi o con altri habitat della regione; le serie di microfotografie

tengono conto della variabilità morfologica di ciascuna specie, facilitando il lavoro di identificazione.

## La salvaguardia delle sorgenti

Importante è sottolineare come l'Ente Parco Prealpi Giulie promuova ricerche a carico di habitat e di taxa vegetali e animali presenti entro i propri confini (Piano di Conservazione e Sviluppo-PCS), però a livello normativo, nonostante il ruolo cruciale che le sorgenti rivestono nella caratterizzazione e preservazione dell'integrità dei reticoli idrografici, la Direttiva Quadro Acque (2000/60/CEE) e la Direttiva Habitat (92/43/CEE), non le includano tra i corpi idrici obbligatoriamente sottoposti a monitoraggio. La prima, infatti, le esclude per le loro dimensioni esigue, la seconda perché gli habitat sorgentizi non sono presenti nella lista degli ambienti da tutelare. Ancor meno sono salvaguardati i microscopici organismi che le popolano, spesso indicatori di biodiversità, dato che la lista delle specie nella Direttiva Habitat include solo organismi vegetali e animali superiori.

La fruizione delle sorgenti è invece in genere regolamentata da specifiche leggi nazionali o regionali, volte principalmente a prevenire problematiche di ordine igienico relative alla potabilità dell'acqua captata dalle sorgenti (Cantonati *et al.*, 2007). Essendo un tipo di controllo finalizzato alla specifica fruizione del bene da parte dell'uomo, le leggi possono prevedere delle misure protettive concernenti l'area strettamente limitrofa alla sorgente, ma non l'intero bacino di drenaggio, e ignorando comunque il valore della sorgente come habitat naturale. Le sorgenti con una grande portata vengono spesso captate persino se site in aree protette, e il numero di sorgenti in condizioni prossime a quelle naturali sta drammaticamente diminuendo (Cantonati *et al.*, 2009).

## Bibliografia

- Cantonati M., Gerecke R., Bertuzzi E., 2006, *Springs of the Alps—Sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies*, in «Hydrobiologia» 562: 59–96.
- Cantonati M., Decet F., Corradini F., Bertuzzi E., 2007, *The significance of chemical and physical factors influencing the ecology of springs, and a case study in the south-eastern Alps (Dolomiti Bellunesi National Park)*, in *The spring habitat: biota and sampling methods*, Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento: 45–76 (Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 4).
- Cantonati M., Bertuzzi E., Scalfi A., Campana V., 2009, *The potential importance for spring conservation of residual habitats after flow capturing: A case study*, *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Vol. 30 part 8 p. 1267–1270.
- Cantonati M., Lange-Bertalot H., 2010, *Diatom biodiversity of springs in the Berchtesgaden National Park (North-eastern Alps, Germany), with the ecological and morphological characterization of two species new to science*, *Diatom Research* Vol. 25(2), 251–280.

Figura 2: *Navicula cataracta-rheni*.





# Siti di riferimento in Friuli Venezia Giulia

Raffaella Zorza, Alessandra Sinesi, Alessandro D'Aiotti, Arianna Macor, Gabriele Piazza, Erica Rancati, Valentina Stocca, Damiano Virgilio, Elisa Zanut, Luigi Colugnati, Antonella Zanello  
ARPA FVG, Qualità acque interne

Figura 1: fiume Tagliamento.



## Cosa sono i siti di riferimento

I siti di riferimento sono tratti di corsi d'acqua con un alto grado di biodiversità delle componenti vegetali e animali, caratterizzati da un'elevata naturalità e da una totale assenza di disturbi antropici che necessitano di un alto grado di salvaguardia al fine di mantenere le condizioni in essi presenti.

Nell'ambito del processo di classificazione della qualità ecologica dei corpi idrici, questi siti sono fondamentali poiché rappresentano la miglior condizione di stato possibile (*benchmark*) per un corso d'acqua.

ARPA FVG ha iniziato nel 2012 la selezione, all'interno della rete di monitoraggio regionale dei corpi idrici, dei potenziali siti di riferimento; a tale scopo è stato necessario valutare e quantificare le pressioni antropiche, idro-morfologiche e biologiche insistenti sui siti fluviali, seguendo una procedura individuata a livello nazionale.

## Siti di riferimento: i candidati

Alla luce dell'analisi effettuata, finora prevalentemente in zona montana, tra i circa 100 siti di particolare pregio

ecologico esaminati, 31 possono essere candidati quali siti di riferimento, numero corrispondente a circa il 10% della rete di stazioni di monitoraggio regionale. La maggior parte di questi appartiene all'Idroecoregione Prealpi-Dolomiti (HER02). In linea generale, i siti individuati risultano sempre essere di riferimento per

**I siti di riferimento sono i corsi d'acqua con condizioni ecologiche inalterate**

alcuni Elementi di Qualità Biologica (EQB) quali diatomee e macroinvertebrati; le macrofite, invece, molto spesso se il fiume è in condizioni naturali inalterate, sono assenti.

Le condizioni geomorfologiche sono state definite valutando lo scostamento rispetto a uno stato indisturbato di riferimento. A tale scopo è stato applicato l'Indice di Qualità Morfologica (IQM) (ISPRA, 2011), che esprime,

in sintesi, la valutazione della naturalità del corso d'acqua e deve risultare elevato affinché il sito sia accettato come riferimento.

Molti dei tratti individuati corrispondono alle parti iniziali dei corsi d'acqua e, in particolare, alcuni di questi scorrono prevalentemente su superfici calcaree e originano da sorgente (torrente Artugna, rio Barman, torrente Raccolana) e da scorrimento superficiale (torrente



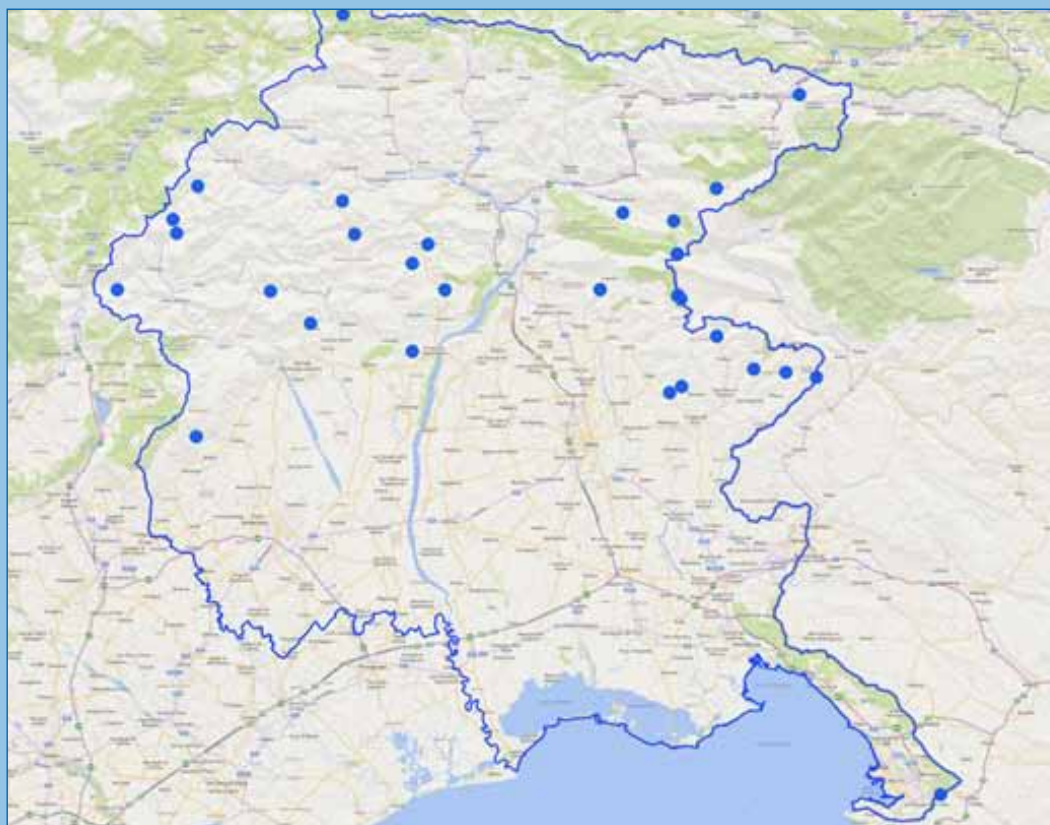
Figura 2: rio Bordaglia.



Comugna, torrente Muiè, torrente Silisia, torrente Viella, torrente Cimoliana, torrente Pezzeda, torrente Arzino, rio Marsiglia, rio Bianco a Ucea, rio Bordaglia (Figura 2), rio Ucea, torrente Resia, torrente Vedronza, torrente Cosizza). Altri scorrono, invece, su substrato di tipo siliceo (torrente Ellero, fiume Judrio, rio Bianco a Platschis, rio Nero, torrente Chiarò di Prestento, torrente Natisone, torrente Rieca) (Figura 3 e Tabella 1).

Procedendo verso valle le pressioni puntuali (per esempio: scarichi urbani) e diffuse (per esempio: agricoltura) che alterano le condizioni di riferimento aumentano e quindi diminuiscono i tratti con condizioni ecologiche inalterate. Un esempio di tratto intermedio di fiume che è risultato essere idoneo come sito di riferimento è quello del Tagliamento (Figura 1), che va da Forni di Sotto a Caprizi, dove si riscontra la naturale conformazione a canali intrecciati con ampia piana inondabile. Un altro corpo idrico, unico nel suo genere nella nostra regione e con condizioni pressoché inalterate, è quello del tratto iniziale del torrente Rosandra, nei pressi del confine con la Slovenia e ai margini orientali della Riserva Naturale della Val Rosandra.

Figura 3: siti di riferimento.



## L'importanza della tutela dei siti di riferimento

Preme ricordare che, come riportato nel quaderno CNR IRSA 2008, (Buffagni et al., 2008), "Nei siti di riferimento, per preservare lo stato osservato per le caratteristiche idromorfologiche sarà necessario tutelare non solo quel tratto di fiume riconosciuto come tratto in condizioni di riferimento, ma è fondamentale che per tutto il bacino a monte e per un significativo tratto a valle non vengano realizzate opere che alterino in modo permanente la continuità longitudinale e la connettività laterale e verticale del fiume. In particolare, dovrà essere evitata

la realizzazione di nuove opere di presa, dighe, briglie a carattere permanente, etc., che determinerebbero un'importante alterazione del trasporto solido nel fiume e ostacolerebbero i naturali processi di dinamica fluviale. Inoltre, dovranno essere evitati interventi sul canale e sulle sponde che possano determinare fenomeni di incisione del canale su estese porzioni fluviali o limitarne in modo sensibile le possibilità di divagazione. Al contrario dovrà essere ricercata una gestione delle aree fluviali e del bacino idrografico volta a favorire i naturali processi di dinamica fluviale".

A tal proposito, sia a livello nazionale che a livello regionale, è stata proposta la tutela di questi siti. In particolare la Regione Friuli Venezia Giulia ha previsto, nel *Progetto di Piano di tutela delle Acque*, che nell'area circostante un sito in condizioni di riferimento, venga applicato il divieto di qualsiasi intervento che possa procurare una modificazione a carico degli elementi di qualità biologica, idromorfologica e chimico-fisica.

Tabella 1: elenco siti di riferimento.

CODE ARPA FVG	FIUME	LOCALITÀ
PN026	Torrente Arzino	Pert
PN027	Torrente Comugna	San Francesco, a monte della presa
PN030	Torrente Artugna	S. Tomè Dardago
PN031	Torrente Muié	Lunghet
PN081	Torrente Silisia	monte lago Cà Selva
PN083	Torrente Viella	parte bassa torrente-strada passo rest
PN091	Torrente Cimoliana	dopo rifugio
PN097	Torrente Pezzeda	ponte Confoz
PN099	Rio S. Maria	parcheggi valle malga
PN101	Torrente Messaccio	sinistra lago
PN105	Torrente Arzino	monte San Francesco
PN106	Rio Marsiglia	Franz
TS001	Torrente Rosandra	Bottazzo
UD003	Fiume Tagliamento	Caprizi
UD069	Torrente Natisone	Stupizza
UD076	Torrente Ellero	Campeglio
UD083	Rio Bianco	Fusine
UD091	Fiume Judrio	Bordon
UD104	Rio Barman	Borgo Lischiazza
UD106	Rio Bianco	Platischis
UD107	Rio Bianco	Uccea
UD109	Rio Bordaglia	Forni Avoltri
UD124	Rio Nero	Platischis
UD127	Rio Uccea	Uccea
UD138	Torrente Chiarò di Prestento	Prestento
UD145	Torrente Cosizza	Clodig
UD159	Torrente Natisone	Platischis
UD166	Torrente Raccolana	Sella Nevea
UD167	Torrente Resia	Coritis
UD168	Torrente Rieca	Savogna
UD174	Torrente Vedronza	Vedronza

## Bibliografia

Buffagni A., Erba S., Aste F., Mignuoli C., Scanu G., Sollazzo C., Pagnotta R., 2008, *Criteri per la selezione di siti di riferimento fluviali per la Direttiva 2000/60/CE*, Notiziario dei Metodi Analitici IRSA, Numero speciale: 2-23.

D.G.R. 2000/2012, *Adozione definitiva del Progetto di Piano Regionale di Tutela delle Acque*.

ISPRA, 2011, *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici*. Versione 1.1, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, 74 pp.

MATM-ISPRA-IRSA, 2012, *Procedura per la selezione dei siti di riferimento*, <http://www.sintai.sinanet.apat.it/>, ultimo accesso 17/11/2017.

## 5. Qualità delle acque sotterranee in Friuli Venezia Giulia

Il Friuli Venezia Giulia è una regione ricca di acque sotterranee grazie alla notevole piovosità e a un consistente materasso alluvionale in grado di immagazzinarla. La pressione antropica tuttavia è notevole e causa impatti quantitativi (prelievi) e qualitativi (contaminazioni). L'agricoltura e l'industria, sommate a una scarsità di alimentazione, determinano uno stato di sofferenza soprattutto della pianura centrale pordenonese e di quella centrale friulana.

Davide Brandolin  
ARPA FVG, Qualità delle acque interne

Elena Pezzetta  
ARPA FVG, Laboratorio

ARPA FVG si occupa dello Stato qualitativo delle acque, monitorandone le caratteristiche chimiche attraverso campionamenti periodici nelle stazioni della rete di monitoraggio. La rete è costituita da circa 170 stazioni (sorgenti, pozzi, piezometri) campionate annualmente con frequenza variabile (da 1 a 4 volte all'anno) e set analitici variabili (da 20 a 200 parametri). Limiti e criteri per definire lo stato di qualità sono stabiliti dalla norma. ARPA FVG non si occupa dello stato quantitativo (bilancio idrico) che è di competenza regionale.

Un monitoraggio iniziato oltre vent'anni fa e in continuo aggiornamento consente ormai di fornire un quadro della situazione abbastanza consolidato. Le acque sotterranee regionali sono suddivise in Corpi Idrici (grandi comparti con caratteristiche idrogeologiche simili) ed è su questi che si esprime il giudizio di qualità, che – per norma vigente – può essere solo “buono” o “scarso”.

Figura 1: sezione idrogeologica schematica.

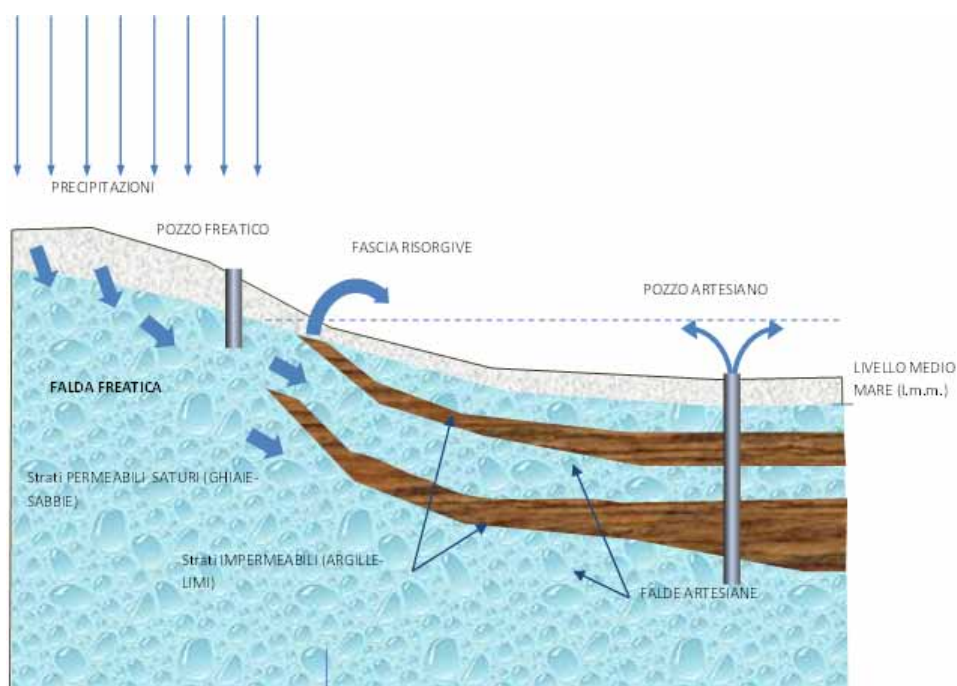
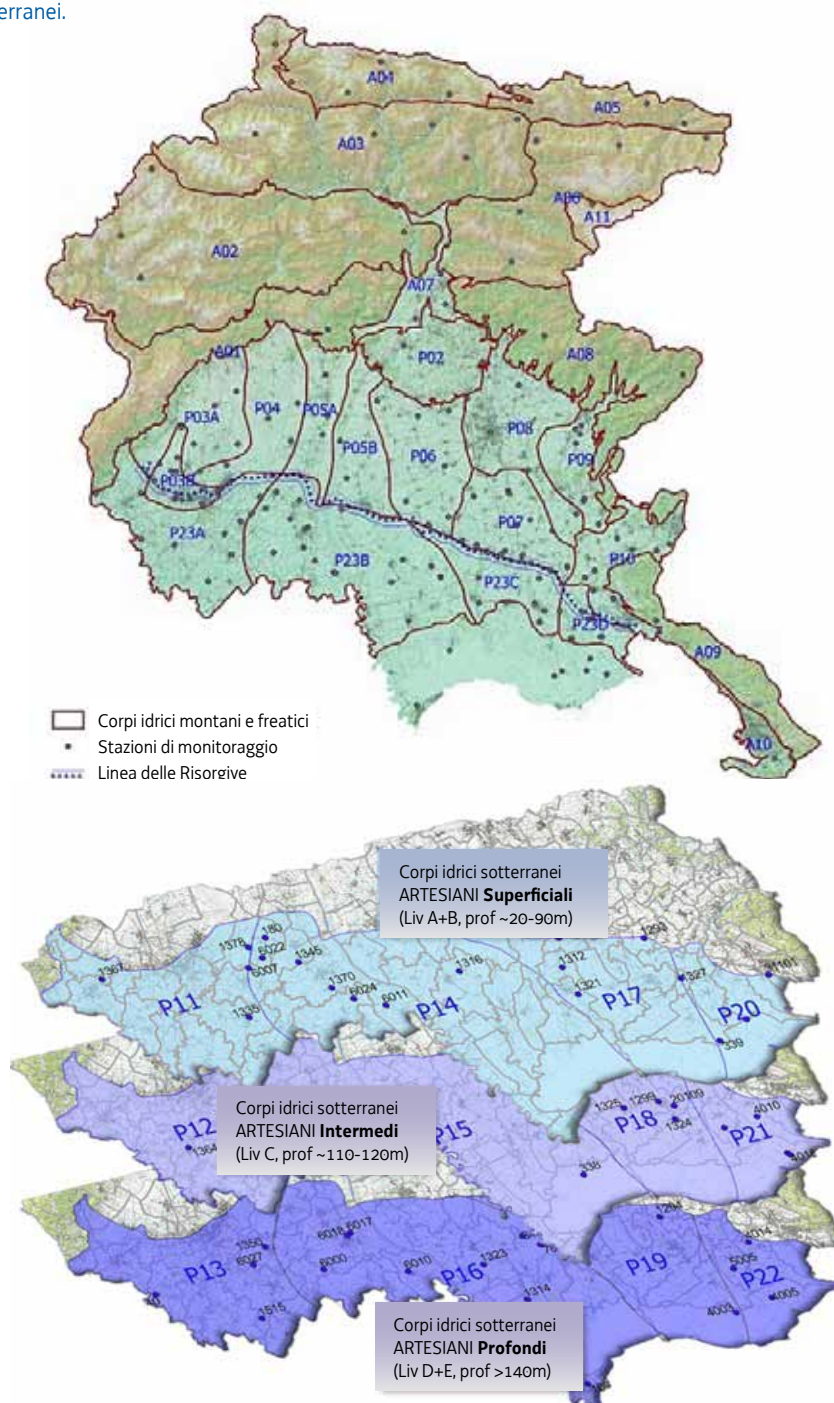




Figura 2: corpi idrici sotterranei.



## Come sono stati definiti i corpi idrici sotterranei nella nostra regione?

I rilievi regionali sono stati suddivisi in aree caratterizzate da differente fisiografia (zone alpine, prealpine, carsiche, ecc.) e litologia simile, individuando così i corpi idrici montano-collinari; il rilascio delle acque immagazzinate nei massicci rocciosi, al netto dell'infiltrazione profonda, avviene attraverso le sorgenti, che costituiscono pertanto punti di monitoraggio ideali.

Le acque piovane e quelle disperse in pianura dai corsi d'acqua delle aree montane vanno a formare una vasta falda freatica, che non presenta sensibili soluzioni di continuità idrogeologica nell'alta e media pianura friulana (Figura 1).

Avvicinandosi al mare, la falda diventa sempre più superficiale fino a emergere, dando origine alla fascia delle risorgive, che attraversa l'intera pianura dall'estrema area occidentale pordenonese alle pendici carsiche del basso isontino.

Al di sotto della linea delle risorgive l'acquifero indifferenziato si suddivide in un complesso "multifalda" costituito da acquiferi artesiani stratificati fino a grande profondità (> 500 m), sono oggetto di monitoraggio le falde profonde fino a circa 200 m, suddivise su tre livelli:

- artesiano superficiale;
- intermedio;
- profondo.

Una successiva distinzione è stata fatta in pianura sulla base dell'influenza dei grandi corpi idrici superficiali (fiume Tagliamento e complesso Torre-Natisone-Isonzo), le cui dispersioni idriche in subalveo caratterizzano chimicamente le falde alimentate.

Infine, un'ulteriore perimetrazione si è resa necessaria per quei corpi idrici che già al momento della definizione, manifestavano situazioni conclamate di inquinamenti estesi o diffusi.

La situazione finale è quella illustrata in Figura 2, con la delimitazione definitiva di 38 corpi idrici.

## Quando un corpo idrico è in stato "buono" o "scarso"?

Un corpo idrico è rappresentato da un certo numero di stazioni (sorgenti in montagna, pozzi e piezometri in pianura), la cui acqua viene campionata e analizzata annualmente, con frequenze diverse e con differenti set analitici, legati alle pressioni cui è sottoposto. I valori limite sono stabiliti dalla normativa (D.Lgs 152/06, Parte III), emanata in qualità di recepimento di direttive europee. Tutto ciò va a definire il cosiddetto "monitoraggio di sorveglianza".

In sovrapposizione (o intercalato) al monitoraggio di sorveglianza, viene attivato il cosiddetto "monitoraggio operativo", obbligatorio per i corpi idrici che presentano delle criticità, ovvero dei superamenti dei valori soglia di una o più sostanze, in un numero congruo di stazioni.

I limiti cui debbono sottostare i campioni analizzati sono suddivisi in due categorie, relative a due diverse tabelle. La prima si riferisce agli standard di qualità, validi a livello europeo, imposti per le macroclassi di origine agricola di contaminazione diffusa, ovvero: nitrati (limite di 50 mg/l) e pesticidi (limite di 0,1 µg/l per singola sostanza o 0,5 µg/l come sommatoria). Con il termine "pesticidi" si intende complessivamente, e in senso lato, la classe dei prodotti fitosanitari e biocidi, compresi i loro metaboliti e prodotti di degradazione, quindi una lista potenzialmente interminabile di prodotti di sintesi.

La seconda categoria pone dei Valori Soglia per un elenco di parametri, la cui definizione è delegata ai singoli Stati membri della UE. Nel merito, il Legislatore italiano ha individuato una dozzina di classi di specie chimiche per un numero complessivo di circa sessanta parametri. Classi

e parametri possono variare, alla luce di nuove evidenze scientifiche o ambientali, comportando l'aggiornamento della tabella mediante un decreto ministeriale (vedi recente caso dei PFAS, rilevato nella vicina regione Veneto).

Il rispetto dei limiti imposti, valutato sul valore medio annuo per sostanza, per stazione e per corpo idrico, costituisce l'obiettivo di qualità ambientale, per cui viene attribuito il giudizio di stato "buono". Il superamento di uno o più limiti, confermati nel tempo, per un numero significativo di stazioni, porta all'attribuzione del giudizio di stato "scarso".

## Qual è lo stato di qualità attuale dei corpi idrici sotterranei del FVG

L'attuale giudizio di qualità è basato sulla valutazione dei dati relativi al sessennio 2009-2014. A oggi la situazione, riassunta nella Tabella 1, presenta 27 corpi idrici in stato "buono" e 11 in stato "scarso".

Nel dettaglio, nel primo aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali approvato dal Comitato istituzionale del 3 marzo 2016, rientrano nel giudizio di stato chimico "buono" (Figura 3):

- tutti i corpi idrici montani e collinari (Colli Orientali e Carso);
- i corpi freatici di alta pianura: P04, P05A, P05B, P08;
- i corpi freatici di bassa pianura: P23A, P23B, P23D;
- i corpi artesiani: P11, P12, P13, P14, P15, P16, P19, P21, P22.

Rientrano nel giudizio di stato "scarso" i corpi idrici (*le codifiche dei Corpi idrici elencati sono regionali, mentre a livello nazionale ed europeo sono stati introdotti i codici distrettuali, composti da 15 caratteri, per esempio: P09 ha come codice ITAGW00011200FR*):

**P02**, afferente all'anfiteatro morenico, di idrogeologia piuttosto complessa e con valori storicamente persistenti di erbicidi;

**P03A**, nell'alta pianura pordenonese occidentale, con valori storicamente alti di nitrati e pesticidi;

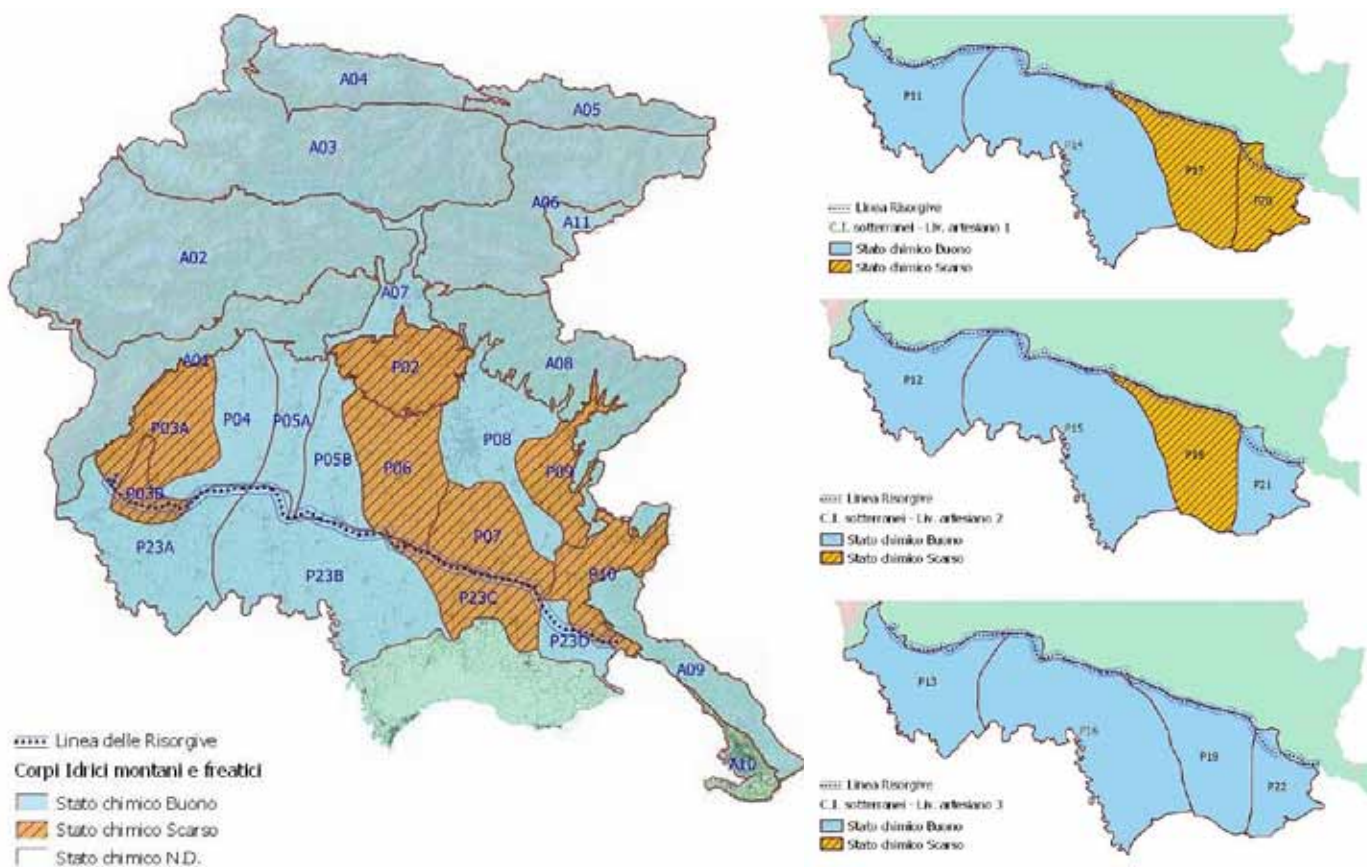
**P03B**, originariamente parte del P03A, poi perimetrato per singolari caratteristiche di inquinamento; a livello regionale rappresenta l'acquifero in condizioni più critiche, in quanto è caratterizzato sia da un pesante inquinamento diffuso da pesticidi (erbicidi e metaboliti), sia da un elevato tenore di nitrati, nonché è sede della grave contaminazione da solventi clorurati (individuata nel 1987), proveniente dall'area industriale di Aviano ed estesa fino alla fascia delle risorgive. Inoltre è un corpo idrico soggetto a forte depauperamento, causa gli intensi prelievi indotti dall'agglomerato urbano pordenonese;



Tabella 1: stato di qualità dei corpi idrici sotterranei a dicembre 2015.

Corpo Idrico	Stazioni TOT	Stazioni "Scarse" (%)	Parametri che hanno portato allo stato NON BUONO del Corpo Idrico	Giudizio di qualità
A01	3	0		BUONO
A02	5	0		BUONO
A03	9	0		BUONO
A04	5	0		BUONO
A05	4	0		BUONO
A06	7	0		BUONO
A07	4	25%		BUONO
A08	2	0		BUONO
A09	3	0		BUONO
A10	nd		nd	Sconosciuto
A11	1	0		BUONO
P02	3	33%	<b>Pesticidi</b> (Desetilatrazina)	SCARSO
P03A	6	33%	<b>Pesticidi</b> (Desetilatrazina)	SCARSO
P03B	17	82%	<b>Pesticidi</b> (Desetilterbutilazina, Metolachlor ESA, Bromacile), <b>Nitrati</b> , <b>Sommatoria organoalogenati</b> , <b>Tetracloroetilene</b> , <b>Triclorometano</b>	SCARSO
P04	4	25%		BUONO
P05A	3	0		BUONO
P05B	2	0		BUONO
P06	8	50%	<b>Nitrati</b> , <b>Pesticidi</b> (Desetilterbutilazina, Metolachlor ESA)	SCARSO
P07	13	31%	<b>Cromo VI</b> , <b>Pesticidi</b> (Desetilterbutilazina, Metolachlor ESA), <b>Tetracloroetilene (PCE)</b> , <b>Tricloroetilene</b>	SCARSO
P08	5	20%		BUONO
P09	8	50%	<b>Ammonio</b> , <b>Pesticidi</b> (Desetilterbutilazina, Metolachlor), <b>Nitrati</b> , <b>Nitriti</b>	SCARSO
P10	9	56%	<b>Triclorometano</b> , <b>Tetracloroetilene (PCE)</b>	SCARSO
P11	3	33%		BUONO
P12	1	0%		BUONO
P13	4	50%	<i>Ammonio naturale in artesiane intermedie e profonde</i>	BUONO
P14	9	0%		BUONO
P15	2	50%	<i>Ammonio naturale in artesiane intermedie e profonde</i>	BUONO
P16	9	11%	<i>Ammonio naturale in artesiane intermedie e profonde</i>	BUONO
P17	4	25%	<b>Pesticidi</b> (Desetilatrazina)	SCARSO
P18	4	100%	<b>Cromo VI</b> , <b>Pesticidi</b> (Desetilatrazina), <b>Tricloroetilene</b> ,	SCARSO
P19	2	50%		BUONO
P20	4	50%	<b>Triclorometano</b>	SCARSO
P21	4	50%		BUONO
P22	4	50%	<i>Ammonio naturale in artesiane intermedie e profonde</i>	BUONO
P23A	2	0%		BUONO
P23B	4	0%		BUONO
P23C	2	50%	<b>Pesticidi</b> (Metolachlor ESA)	SCARSO
P23D	4	25%		BUONO

Figura 3: stato di qualità dei corpi idrici sotterranei a dicembre 2015.



**P06**, nell'alta pianura friulana centrale, con tenori elevati di nitrati ed erbicidi, in quanto sotteso a un territorio oggetto di coltivazioni intensive;

**P07**, nella media pianura friulana centro-orientale, per cause analoghe al P06, oltre alla presenza di contaminazioni da cromo esavalente e solventi di origine industriale;

**P09**, alta pianura cividalese, cause analoghe al P06, oltre alla presenza di situazioni puntuali di deterioramento dovute a rilascio di percolato da vecchie discariche;

**P10**, alta pianura isontina, corpo sostanzialmente di buona qualità, che ha manifestato una presenza diffusa di solventi clorurati, con modesti superamenti;

**P23C**, freatico di bassa pianura, area friulana orientale, oggetto di coltivazioni intensive e scarso ricambio idrico, presenta elevati tenori di nitrati e superamenti di erbicidi;

**P17**, corpo **artesiano superficiale** (profondità 40-100 m circa), area friulana orientale: come il P03B, è caratterizzato da scarsa ricarica e forti prelievi; tenori mediamente elevati di nitrati (circa 25 mg/l) e pesticidi denotano un richiamo di acque freatiche da monte;

**P18**, corpo **artesiano intermedio**, area friulana orientale (profondità 100-150 m circa): presenta caratteristi-

che come il sovrastante P17; inoltre il richiamo di acque freatiche dall'alta pianura è confermato dalla presenza di solventi clorurati (tri e tetracloroetilene) e cromo VI, dovuti a contaminazioni industriali storiche e riscontrate lungo un allineamento di pozzi con direzione Nord/Nord Ovest-Sud/Sud Est. Tale contaminazione troverebbe difficile spiegazione altrimenti su ipotesi di contaminazione locale (vedi paragrafo successivo);

**P20**, corpo artesiano superficiale, area isontina: sostanzialmente di buona qualità ma con tracce diffuse di cloroformio.

## Cosa influisce sullo stato dei corpi idrici?

Gli acquiferi sotterranei immagazzinano l'acqua di provenienza meteorica fondamentalmente attraverso tre tipi di processi: ricarica sotterranea profonda da rilievi fratturati (per esempio: massicci carsici), dispersione da alvei fluviali (per esempio: Tagliamento), infiltrazione diretta o per dilavamento di acque piovane nel sottosuolo (per esempio: pianura friulana centrale). In generale, questi processi, a seconda dei corpi idrici considerati, contribuiscono in proporzioni diverse alla ricarica complessiva

dell'acquifero. Mentre per i primi due processi, l'acqua in ingresso nel sistema profondo si può considerare "pulita", l'acqua d'infiltrazione superficiale porta in soluzione le sostanze presenti nel suolo (percolazione); se queste sono utilizzate estesamente dalla collettività e in modo continuativo (per esempio: nutrienti e pesticidi in agricoltura), ciò andrà a determinare una contaminazione diffusa delle acque (con il termine "contaminazione" qui si intende qualsiasi alterazione, diretta o indiretta, delle matrici ambientali indotta dall'attività antropica, a prescindere da valori limite di riferimento).

La Figura 4, che rappresenta la concentrazione media dei nitrati valutati sulla serie storica 2006-2015, in tal senso è emblematica: sono evidenti i corpi idrici con maggiori concentrazioni di nitrati (alta pianura pordenonese occidentale, alta pianura friulana centrale ed estremorientale), con tenori che spesso sono prossimi e talvolta superano il limite di legge (50 mg/l).

Ma emerge anche la situazione positiva nelle zone contigue ai grandi complessi fluviali (Tagliamento, Torre-Nati-

sone-Isonzo), le cui massicce dispersioni idriche in subalveo (si stima circa il 70% della portata del Tagliamento, il 90% per Torre-Natisone ed il 26% dell'Isonzo) comportano un benefico effetto di diluizione, abbassando le concentrazioni a valori anche inferiori a 5 mg/l. Le basse concentrazioni rilevate in questi corpi idrici non sono però dovute a un minor apporto di nutrienti, ma a una maggiore diluizione degli stessi in acquiferi più ricchi, soggetti cioè a una maggiore alimentazione da parte di acque di buona qualità.

Si è visto che il maggior apporto idrico è un fattore migliorativo dello stato di qualità. Esistono però fattori peggiorativi, sostanzialmente riassumibili nel maggior impatto antropico, nella minor disponibilità idrica e nella scarsa protezione offerta dal suolo. Il primo, che ingloba attività agricole, industriali-artigianali e urbanizzazione, costituisce una sommatoria di impatti inquinanti diretti e indiretti; il secondo è in genere causato da minori apporti (bacini-derivazioni) e maggiori prelievi (pozzi) su bit dall'acquifero, causandone l'impovertimento.

### Il maggior apporto idrico migliora lo stato di qualità, ma il maggior impatto antropico e la scarsa protezione del suolo lo peggiorano

Figura 4: nitrati (mg/l  $\text{NO}_3$ ), elaborazione dati medi regionali per il periodo 2006-2015 nelle stazioni monitorate relative a tutti i corpi idrici.

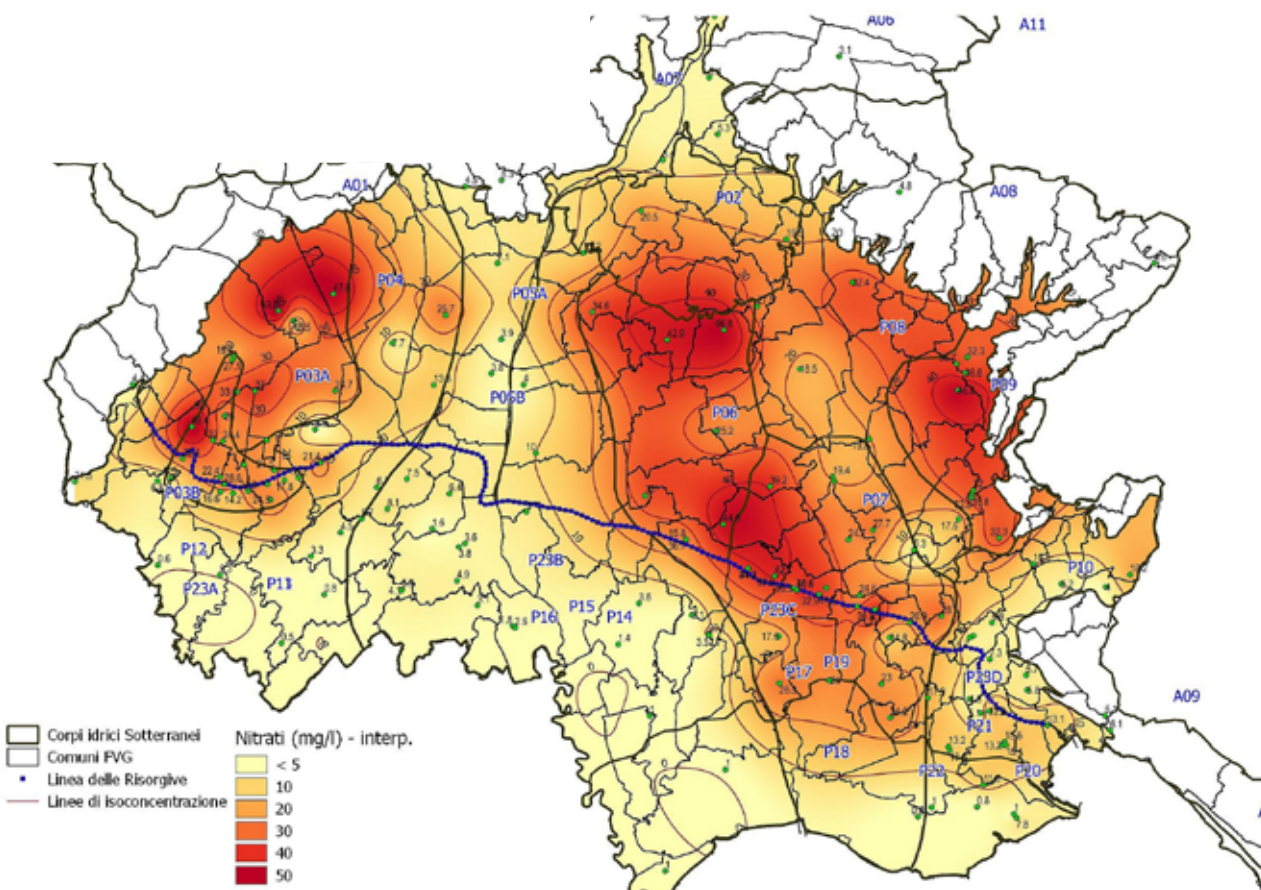




Figura 5: desetilatrizona (DEA-µg/l), elaborazione dati medi regionali 2009-2014.

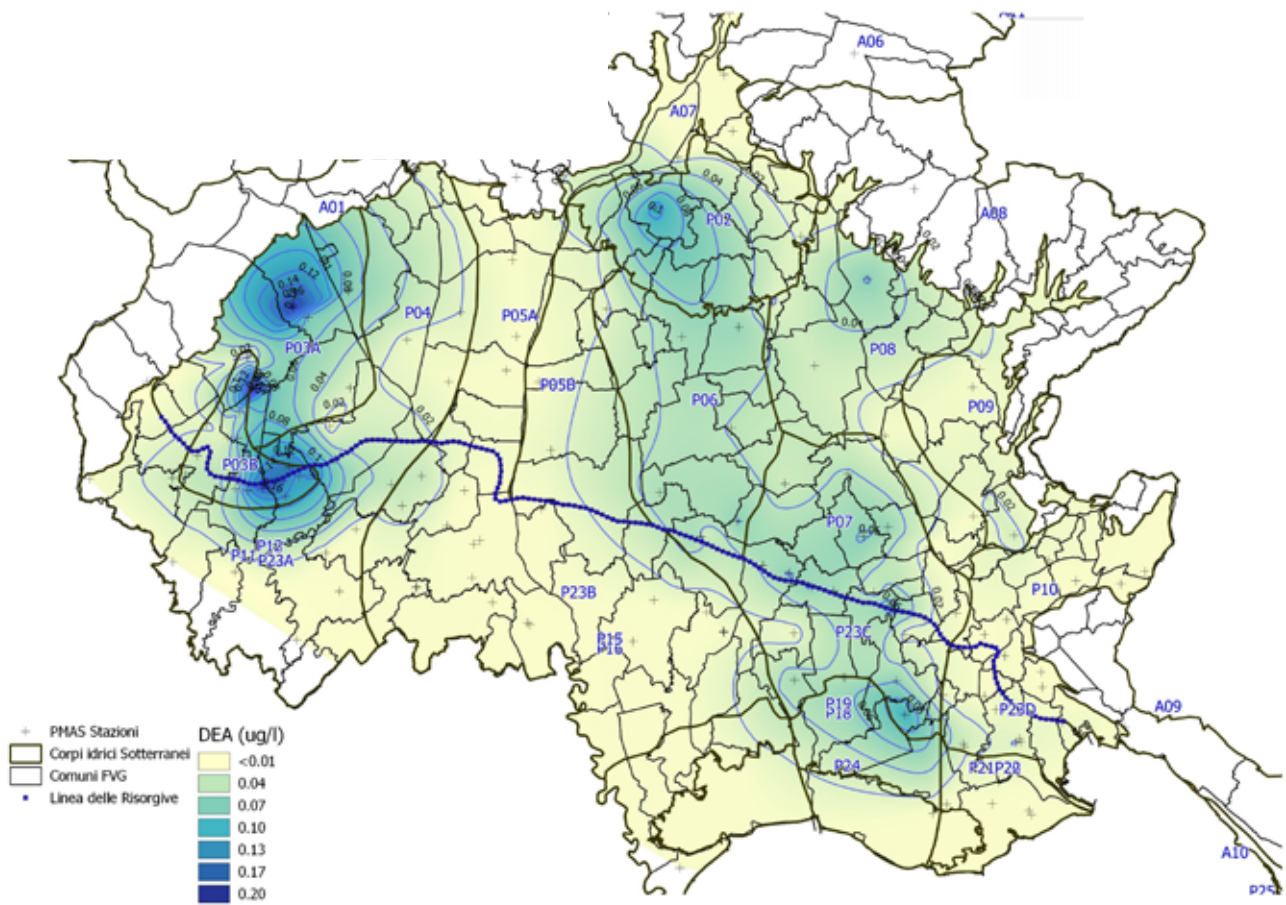
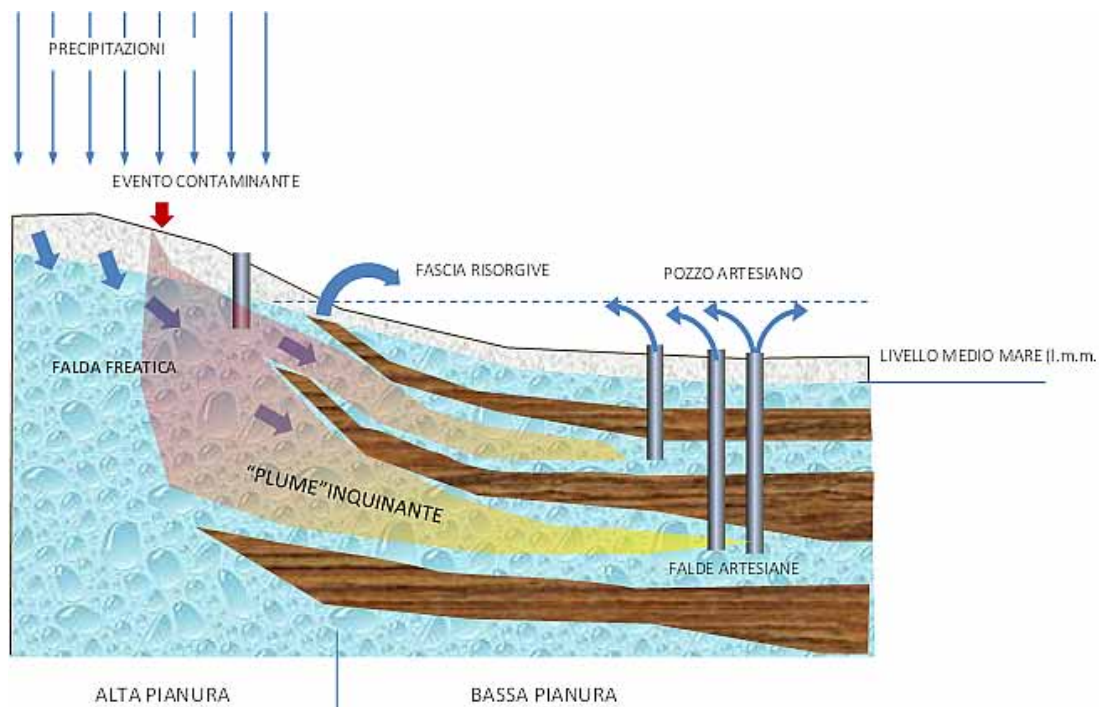


Figura 6: ipotesi di diffusione di "plume" contaminati in acque artesiane.



Infine, un suolo “povero” e di modesto spessore (per esempio: aree magredili) svolge in modo limitato il suo ruolo protettivo, consentendo la percolazione in profondità delle sostanze inquinanti.

Tale quadro può essere confermato esaminando la situazione dei pesticidi, nell'esempio della desetilatraxina (DEA), il principale prodotto di degradazione dell'atrazina presente nelle acque del FVG. La Figura 5 rappresenta l'interpolazione delle concentrazioni medie riscontrate nel sessennio considerato dal Piano di Gestione dell'Autorità di Bacino 2009-2014.

Uno scenario più preoccupante si sta manifestando in alcuni corpi artesiani (P17-P18, bassa pianura friulana centrale), nei quali, pur non riscontrando concentrazioni analoghe alle situazioni di contaminazione dell'alta pianura, evidenziano un deterioramento della qualità, probabilmente dovuto all'innescarsi di meccanismi di richiamo accelerato di acque freatiche, causato dal forte emungimento cui sono sottoposti, unito agli scarsi apporti di un'area dalla ricarica idrica modesta. Oltre a tenori di nitrati molto più elevati dei corrispondenti corpi artesiani regionali (20-30 mg/l contro 2-5 mg/l), si riscontra la presenza di pesticidi (DEA *in primis*) talvolta in concentrazioni superiori al limite, ma anche la presenza di alcuni inquinanti come solventi clorurati (tri e tetracloroetilene) e metalli pesanti (cromo VI). Tali sostanze sono originate da contaminazioni rilevate molto più a nord e trascinate in profondità da meccanismi di flusso come quello ipotizzato in Figura 6. Acque storicamente di “buona” qualità sono emunte in quantità eccedenti l'effettivo fabbisogno e disperse, lasciando il posto ad acque di “richiamo” che recano con sé i marker di contaminazioni antropiche molto più recenti.

## Cosa succede ai corpi idrici in stato “scarso”?

La normativa prevede il raggiungimento o il mantenimento dell'obiettivo di qualità “buono” entro una data precisa, legata ai Piani di Gestione delle Autorità di Bacino, che hanno durata sessennale; nel caso trattato, il giudizio di qualità doveva essere attribuito al 21 dicembre 2015.

È competenza della Regione porre in atto delle misure, contenute nel Piano Regionale di Tutela delle Acque, orientate alla riduzione delle pressioni che hanno causato il deterioramento degli acquiferi (individuazione di zone vulnerabili, moratoria sull'uso di particolari pesticidi, incentivi alla riduzione dei fertilizzanti, incentivazione alla semina di specie meno idroesigenti, promozione di buo-

ne pratiche, ecc.).

Le autorità competenti inoltre devono anche individuare, sulla base dei dati di monitoraggio, le tendenze “significative e durature all'aumento delle concentrazioni di inquinanti”. Non basta pertanto “fotografare” uno stato a un dato momento, ma è necessario verificarne l'evoluzione. Una situazione cronica di valori fuori limite può essere oggetto di un deciso trend migliorativo nel tempo, mentre situazioni di conformità alla tabella possono nascondere un trend peggiorativo costante, pur rimanendo sotto i limiti di legge. In una situazione di questo tipo l'Autorità deve determinare un'inversione di tendenza e porre in atto adeguate misure.

**Una situazione cronica di valori fuori limite può avere, nel tempo, un deciso miglioramento; mentre situazioni di conformità possono nascondere un trend peggiorativo**

I compiti delle autorità competenti pertanto possono essere sintetizzati in:

- ridurre progressivamente l'inquinamento

esistente;

- invertire le tendenze peggiorative che presentino un rischio significativo di danno;

- prevenire il deterioramento delle acque.

## Quali sono le tendenze nelle concentrazioni di inquinanti nei corpi idrici a rischio?

### Nitrati

Con un'adeguata analisi statistica sono stati studiati gli andamenti del parametro nelle stazioni dei corpi idrici considerati a rischio, inoltre è stata estesa la valutazione del trend anche in alcuni corpi freatici non a rischio contigui ai precedenti. Delle 92 stazioni analizzate, 45 rientravano nel giudizio “trend in decrescita significativa”, 37 in “trend non significativo”, e 10 in “trend in crescita significativa”. Le serie storiche delle singole stazioni sono state quindi normalizzate e mediate sul corpo idrico, con il risultato che nessuno dei 6 corpi idrici che presentavano stazioni con trend crescenti mostra un “trend peggiorativo statisticamente significativo”. Supportata anche dalla forte piovosità degli ultimi anni, la situazione complessiva delle acque sotterranee, rispetto al parametro nitrati, registra una situazione generalmente in miglioramento.

### Pesticidi

Nei corpi idrici sotterranei della regione sono stati ricercati complessivamente una sessantina di composti rientranti sotto la definizione ampia di “pesticidi”: la Tabella 2 ne riassume il riscontro.

Degli otto composti di cui si sono riscontrati superamenti, alcuni hanno carattere di diffusione limitata (bromacile nell'area pordenonese, terbutilazina nell'area friulana



Tabella 2: pesticidi ricercati nelle acque sotterranee.

Sostanza presente con almeno un superamento medio annuo del limite (0,1 µg/l)	Bentazone Bromacil Desetilatrazina	Desetilterbutilazina Dimethenamid Metolachlor	Metolachlor ESA Terbutilazina
<b>Sostanza rilevata almeno in una stazione</b>	2-idrossiatrazina	Atrazina	Dimethomorph E, Z
	2-idrossiterbutilazina	Carbendazim	Propazina
	Acetochlor	Cianazina	Simazina
	Alaclor	Desisopropilatrazina	Terbutrina
<b>Sostanza mai rilevata nelle stazioni della rete</b>	2,4,5-T	Fluazifop-Butyl	Monuron
	2,4-D	Flufenacet	Omethoate
	Azinphos Metile	Heptenophos	Oxadiazon
	Boscalid	Imazamox	Oxadixil
	Chloridazon	Imidacloprid	Parathion Etile
	Clorfenvinfos	Iprodione	Parathion Metile
	Clorpirifos Etile	Iprovalicarb	Penconazolo
	Clorpirifos Metile	Isoproturon	Pendimetalin
	Cyprodinil	Linuron	Pesticidi fosforati e totali
	Diazinon	Malathion	Pirimiphos Etile
	Dimethoate	MCPA	Pirimiphos Metile
	Diuron	Metalaxyl	Procimidone
	Endosulfan (alfa)	Metazaclor	Pyridaphenthion
	Endosulfan (beta)	Methidathion	Pyrimethanil
	Ethion	Metribuzin	Quinalfos
	Ethofumesate	Mevinphos (cis+trans)	Sebutilazina
	Fenexhamide	Mevinphos(cis)	Temephos
	Fenitrothion	Mevinphos(trans)	Tetrachlorvinphos
	Fenthion	Monolinuron	Trifluralin

Tabella 3: alcuni valori limite nelle diverse normative.

Parametro e normativa	Potabilità (DLgs. 31/01)	Qualità corpi idrici (D.Lgs 152/06 Parte III)	Contaminazione (D.Lgs 152/06 Parte IV)
<b>Ammonio</b>	0,5 mg/l	0,5 mg/l	-
<b>Nitrati</b>	50 mg/l	50 mg/l	-
<b>Pesticidi (Antiparassitari/ Fitofarmaci)</b>	0,10 µg/l	0,1 µg/l	-
<b>Pesticidi (sommatoria)</b>	0,50 µg/l	0,5 µg/l	0,5 µg/l
<b>Tetracloroetilene</b>	-	-1,1 µg/l (ante 2016)	1,1 µg/l
<b>Tricloroetilene</b>	-	-1,5 µg/l (ante 2016)	1,5 µg/l
<b>Somma tri + tetracloroetilene</b>	10 µg/l	10 µg/l (dal 2016)	-
<b>Cromo esavalente</b>	10 µg/l (dal 2016)	5 µg/l	5 µg/l
<b>Triclorometano (cloroformio)</b>	30 µg/l (somma)	0,15 µg/l	0,15 µg/l
<b>Ferro</b>	200 µg/l	-	200 µg/l
<b>Manganese</b>	50 µg/l	-	50 µg/l

centro-orientale, bentazone e dimethenamid presenze sporadiche), altri come la desetilatrizona *in primis*, hanno carattere diffuso e pervasivo (Figura 5). Trattandosi del principale metabolita dell'atrizona (sostanza il cui divieto di impiego risale al 1990), purtroppo non è possibile attuare alcuna misura restrittiva e migliorativa per la sua riduzione; la tendenza fortunatamente indica un decremento generalizzato delle concentrazioni, legato sostanzialmente a lenti processi di rinnovamento e diluizione che avvengono negli acquiferi, ma che testimoniano anche l'elevata persistenza nell'ambiente di alcuni tipi di sostanze.

## Il monitoraggio e il caso della diaminoclorotriazina (DACT)

Il monitoraggio ambientale da un lato, l'evoluzione normativa dall'altro stanno a dimostrare che la lotta all'inquinamento ambientale si trova spesso in affanno: l'incessante produzione industriale di nuove sostanze di sintesi, la richiesta di limiti sempre più cautelativi e restrittivi, impone agli enti di controllo un pressante e continuo aggiornamento delle reti territoriali e della strumentazione analitica.

Alla fine del 2015, grazie a una strumentazione analitica di nuova generazione, è stata implementata dal Laboratorio di ARPA FVG la metodica per l'analisi della desetil-deisopropil-atrizona, poi nota come diamino-cloro-triazina (DACT), sottoprodotto di degradazione dell'atrizona (o meglio degli erbicidi triazinici) e probabilmente principale "figlio" della desetilatrizona (DEA). La ricerca nelle acque sotterranee ne ha rivelato una presenza pervasiva nelle falde regionali (Figura 6) e, a parità di areali di diffusione, con concentrazioni anche tre volte superiori a quelle della DEA. Ciò ha comportato la non conformità delle acque potabili distribuite in alcuni acquedotti regionali a causa del superamento del limite di 0,10 µg/l del parametro "antiparassitari". La situazione è rientrata nel giro di qualche mese, ma solo a seguito di interventi strutturali, quali posa di filtri a carboni, miscelazione con acque più pulite o chiusura di alcune captazioni con relativo *bypass* delle condotte.

Dal punto di vista dello stato di qualità dei corpi idrici, invece, la sola presenza della DACT causa il cambiamento del giudizio di qualità da "buono" a "scarso" in almeno due corpi idrici (P04 e P23A).

Questo rappresenta un esempio del fatto che, su indicazioni della Comunità Europea, sia in atto la predisposizione di nuove metodiche per l'analisi continua di sostanze e composti di sintesi da ricercarsi nelle acque e il cui eventuale ritrovamento possa modificarne il contesto e gli scenari di utilizzo.

## L'acqua di qualità "scarsa" quindi non è potabile?

È un quesito che viene posto spesso e che rende necessaria una premessa: coesistono ambiti normativi che in parte si sovrappongono, rendendo talvolta non chiara la fruibilità della risorsa acqua.

Per le acque sotterranee emerge spesso ambiguità fra:

- qualità della risorsa (direttiva WFD, D.Lgs. 152/06-P. III);
- inquinamento (D.Lgs. 152/06-P. IV);
- potabilità (direttiva 98/83/CE, D.Lgs. 31/01)

Tali norme sono state concepite con finalità diverse:

**Qualità dei corpi idrici:** è rivolta al risanamento e restituzione ai valori chimici naturali e alla riduzione dell'impatto antropico (approccio ecologico); la competenza è dell'Autorità che pianifica.

**Bonifica:** rimozione degli effetti di una contaminazione (approccio «chi inquina paga»); la competenza è del Responsabile (inquinamento puntuale) o della Regione (inquinamento diffuso).

**Potabilità:** l'acqua nel suo stato originale o in seguito a un trattamento, è destinata a essere utilizzata per bere, cucinare, preparare alimenti e altri impieghi domestici. Può essere fornita attraverso rubinetti, cisterne, bottiglie e contenitori (approccio sanitario-tossicologico); la competenza è dell'Ente gestore e dell'Autorità sanitaria.

Ciascuna di queste norme prevede delle tabelle con valori limite, in gran parte simili, ma non completamente (Tabella 3).

Appare ora più chiaro, per la diversa natura sanitaria o ambientale cui è riferita la normativa, che un laboratorio analitico per il medesimo campione di acqua potrebbe emettere un certificato di "conformità o di non conformità" a seconda del motivo per cui è richiesta l'analisi.

In tal senso nella nostra regione, si verificano casi innumerevoli; per citare alcuni esempi:

- fino al 2016, un valore di 20 µg/l di cromo VI, comportava che l'acqua fosse considerata "contaminata" e di qualità "scarsa", ma legittimamente "potabile" (limite vigente: 50 µg/l di cromo tot); con l'introduzione del limite 10 µg/l di Cr VI nella potabilità, tale "asimmetria" è stata ridotta, ma non eliminata (per esempio: un valore di 8 µg/l fa permanere l'ambiguità).
- fino al 2016 un valore di tetracloroetilene di 5 µg/l, analogamente, comportava un'acqua "contaminata" e di qualità "scarsa", ma "potabile" (limite vigente 10 µg/l per sommatoria); dal 2016 il limite è stato modificato, allineando una delle norme (stato chimico), ma non l'altra, comportando il paradosso di un'acqua "potabile" e di qualità "buona" ma "contaminata" e quindi da bonificare.

- un caso limite è rappresentato dai pesticidi, la distinzione del cui limite pare inesistente (0,1 µg/l contro 0,10 µg/l), senonché un valore analitico di 0,14 µg/l di qualsivoglia antiparassitario, costituisce “non conformità” per “potabilità”, mentre, per effetto dell’arrotondamento alla prima decimale non determinerebbe lo scadimento della qualità.
- esiste infine una casistica “inversa”, dove un’acqua “non potabile” per superamento di parametri indicatori come ammonio, ferro, manganese, sia invece di qualità “buona e “non contaminata” in quanto si tratta di componenti nativi degli acquiferi, che ne costituiscono dei valori di fondo naturali (caso frequente nella acque artesiane della bassa pianura pordenonese occidentale).

## Com'è l'acqua del mio Comune? Si può bere l'acqua dei pozzi?

Benché i corpi idrici sotterranei siano molto più estesi di un territorio comunale, il loro perimetro non ha natura amministrativa, ma idrogeologica, per cui un comune può intersecare uno o più corpi idrici anche di qualità diversa (caso frequente nella bassa pianura).

Nonostante alcuni impatti presentino caratteri piuttosto generali, soprattutto per quanto illustrato nei paragrafi precedenti, i requisiti di potabilità dell’acqua (al netto di quella gestita e distribuita) si può dire che varino da pozzo a pozzo, per motivi legati a:

- profondità raggiunta dalla colonna di tubi;
- posizionamento dei filtri;
- caratteristiche costruttive e materiali;
- presenza di cementazione;
- isolamento dei livelli più superficiali;
- contesto locale (presenza di altri emungimenti, pozzi perdenti, inquinamenti limitati, ecc.);
- impianto fino all’utenza.

La qualità dell’acqua che si consuma singolarmente in un’abitazione pertanto esula dalle considerazioni generali fin qui trattate, ma necessità di un’analisi *ad hoc* e un conseguente giudizio di tipo sanitario. Ciò rappresenta un elemento di criticità soprattutto nelle situazioni domestiche non controllate, dove, dopo l’analisi necessaria per i requisiti di abitabilità, il monitoraggio si fa molto di rado o mai più.

## Bibliografia

Regione FVG, Università degli Studi di Trieste, 2011, *Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia: sostenibilità dell’attuale utilizzo*, Trieste, EUT.

AA.VV., Regione Emilia-Romagna et Alti, 2014, *Esperienze e prospettive nel monitoraggio delle acque sotterranee—Il contributo dell’Emilia-Romagna, Bologna*, Pitagora Editrice.

ASS6-Friuli occidentale Dipartimento Prevenzione et Alti, 1999, *Episodio di inquinamento da solventi clorurati delle falde della medio-alta pianura pordenonese-Fase 2*, Regione Autonoma FVG.

ASS6-Friuli occidentale, 1999, *Acque di falda – Indagine sulla situazione pordenonese*, ASS 6–Quaderni del DIP/PMP n. 1.

# Cromo esavalente nelle acque

Elena Pezzetta, Ivan Martinuzzi, Gabriella Bernardis, Denis Mazzilis, Elisa Piccoli, Stefano De Martin  
ARPA FVG, Laboratorio

Davide Brandolin  
ARPA FVG, Qualità acque interne



Foto: <https://pixabay.com/>

## Che cos'è il cromo? Quali sono i limiti normativi?

Il cromo in natura si trova in diverse forme, corrispondenti a diversi stati di ossidazione e caratterizzate da diversi gradi di pericolosità per la salute e l'ambiente. Le forme più comuni sono il cromo trivalente (cromo III) e il cromo esavalente (cromo VI).

Il cromo trivalente è un oligonutriente essenziale, necessario per il metabolismo degli zuccheri e per la regolazione dei lipidi (Yin e Phung, 2015). Il cromo esavalente, invece, è stato classificato cancerogeno e genotossico per l'uomo, sulla base di studi epidemiologici che hanno dimostrato un'associazione tra l'esposizione al cromo VI per via inalatoria e il cancro del polmone (IARC, 1990; Ministero della Salute, 2015).

Fino a luglio 2017, la normativa sulle acque

potabili non teneva conto di questa distinzione di forme. Il limite normativo risaliva infatti agli anni cinquanta, quando l'Organizzazione Mondiale della Sanità consigliava una concentrazione massima ammissibile per il cromo totale (inteso come cromo nei diversi stati di ossidazione in cui si trova in natura) di 50 µg/l (µg/l significa 1 parte per miliardo). Lo stesso limite è stato poi esteso anche alla normativa sulle acque sotterranee di siti contaminati.

Fino a ora, nelle acque potabili era quindi implicitamente permesso fino a un massimo di 50 µg/l di cromo esavalente, mentre per quanto riguarda le acque sotterranee già dal 1999 (D.M. 471/99) era stato stabilito un limite di 5 µg/l.

A partire da luglio 2017 entra in vigore il primo limite per il cromo esavalente nelle acque potabili di 10 µg/l (D.M. 14 novembre 2016).

**Da luglio 2017, il nuovo limite di cromo VI nelle acque potabili è di 10 µg/l e negli ultimi 10 anni in FVG le concentrazioni di cromo VI sono inferiori a 10 µg/l**

## Il caso di Pavia di Udine del 1997

I risultati analitici delle acque potabili in Friuli Venezia Giulia negli ultimi 10 anni hanno evidenziato che le concentrazioni di cromo totale (e di conseguenza anche cromo VI) sono inferiori a 10 µg/l.

Si ricorda però un episodio precedente, risalente al 1997 in cui il cromo totale nell'acqua di un pozzo "potabile" della zona di Pavia di Udine superava i 400 µg/l. Quest'acqua non è stata più utilizzata per il consumo umano, ma è diventata oggetto di monitoraggio non più con finalità sanitarie, ma ambientali e con frequenze anche bimestrali.

I risultati raccolti negli anni hanno dimostrato che dal 1997 le concentrazioni di cromo totale sono andate diminuendo, pur presentando ancora dei picchi superiori a 50 µg/l fino al 2000, mentre successivamente i valori sono rimasti sempre inferiori a 10 µg/l.

Dal 2004, inoltre, sono disponibili contestualmente ai risultati analitici di cromo totale anche le concentrazioni di cromo esavalente, riportati in Figura 1.

Le analisi effettuate dal 2003-2004 a oggi nei pozzi adiacenti alla sorgente della contaminazione originaria hanno dimostrato che nelle acque sotterranee il cromo totale è presente solo sotto forma di cromo VI. Pertanto possiamo ipotizzare che le concentrazioni di cromo totale determinate in questa area anche quando ancora non veniva analizzato specificatamente il cromo esavalente,

siano riferibili esclusivamente al cromo nella sua forma più ossidata (cromo VI).

Per scoprire l'origine di questa contaminazione, il monitoraggio dello stato ambientale delle acque sotterranee è stato esteso nello spazio e intensificato nel tempo. I risultati raccolti dal 1997 a oggi sono numerosi e hanno permesso di mantenere una storicità e di supportare le richieste normative.

Sono state identificate due zone che presentano criticità per il cromo esavalente, in quanto lo stato chimico ambientale (D.Lgs. 152/06) relativo al periodo 2009-2014 in due corpi idrici sotterranei evidenzia il superamento della soglia di 5 µg/l per il cromo VI.

Si tratta dell'area dell'alta pianura friulana orientale nella sua porzione meridionale tra i comuni di Pavia di Udine e Gonars e della falda artesiania intermedia nella bassa pianura friulana orientale, intorno a Cervignano del Friuli. Nella prima area la situazione complessiva del cromo VI presenta dal 2011 una tendenza in calo, soprattutto nei pozzi di media pianura (Figura 2).

Nel tempo la contaminazione ha raggiunto le falde artesiane della bassa pianura friulana, dove sono rilevabili valori di cromo esavalente attorno a 8-10 µg/l, per i quali non è stato possibile identificare un trend di diminuzione. Questo perchè parte di quest'area non è servita da acquedotto, ma l'approvvigionamento idrico avviene tramite pozzi domestici privati, per i quali non sussiste l'ob-

Figura 1: andamento delle concentrazioni di cromo nel pozzo "potabile" nella zona di Pavia di Udine.

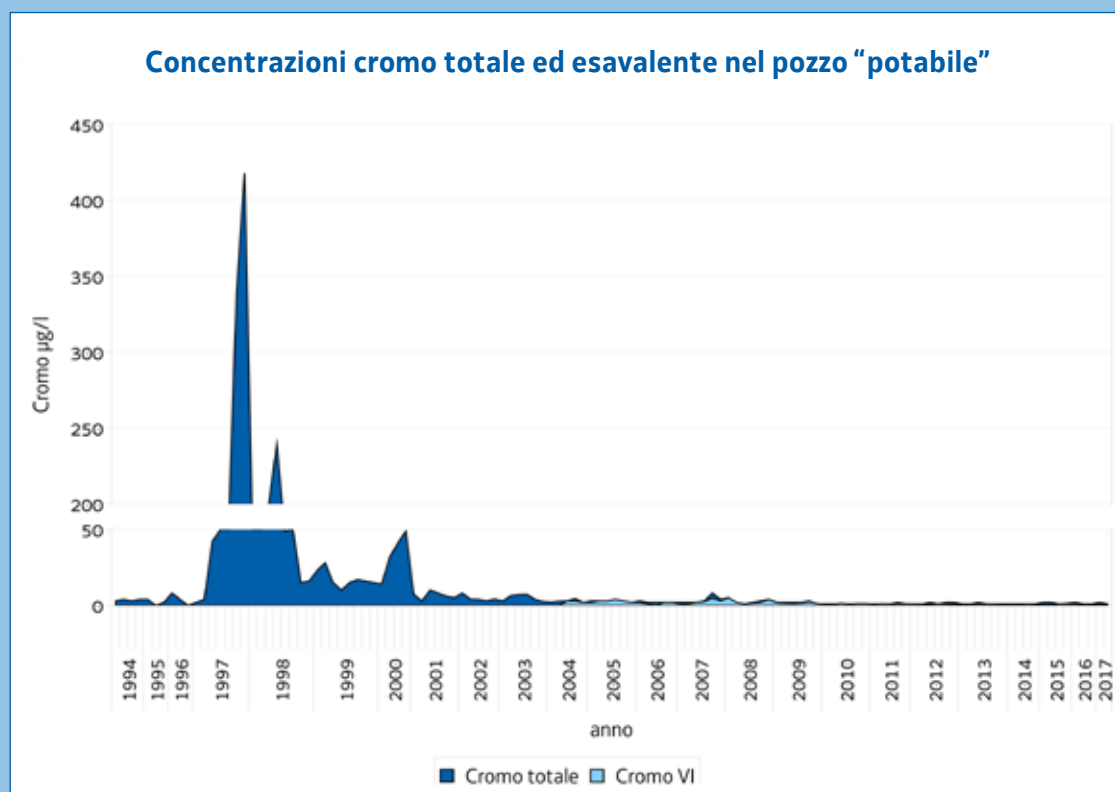




Figura 2: andamento delle concentrazioni di cromo in un pozzo nella zona di Santa Maria la Longa.

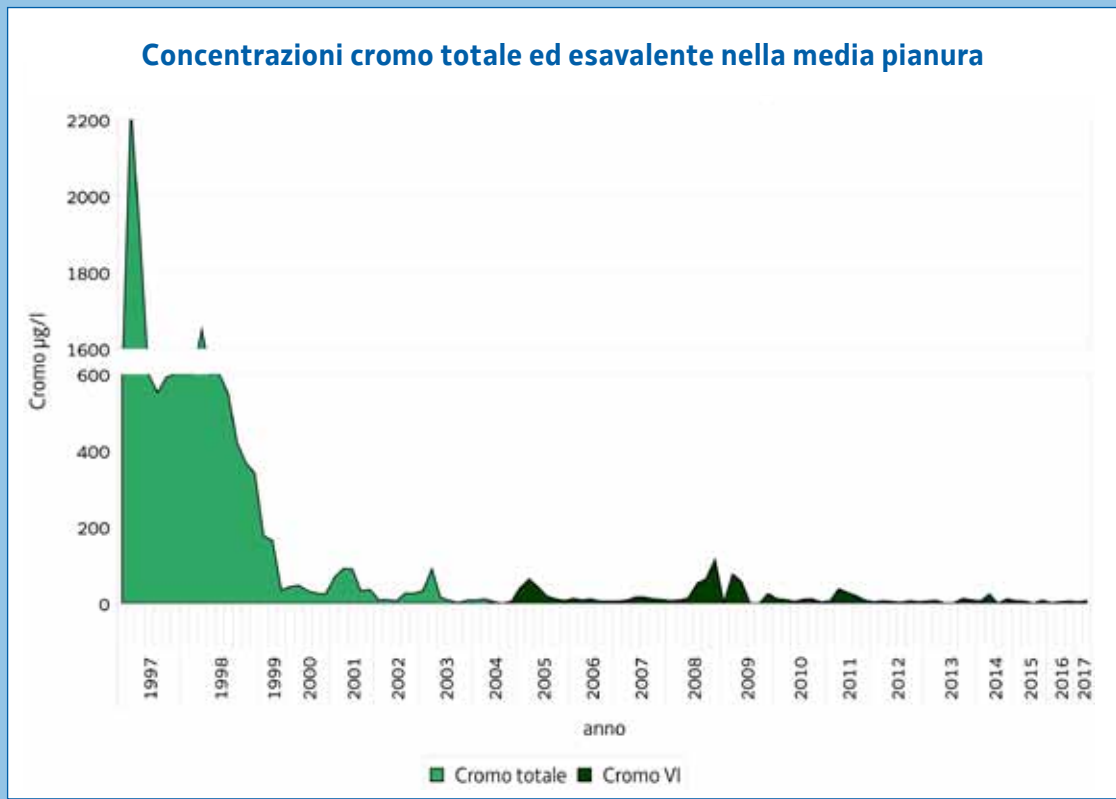
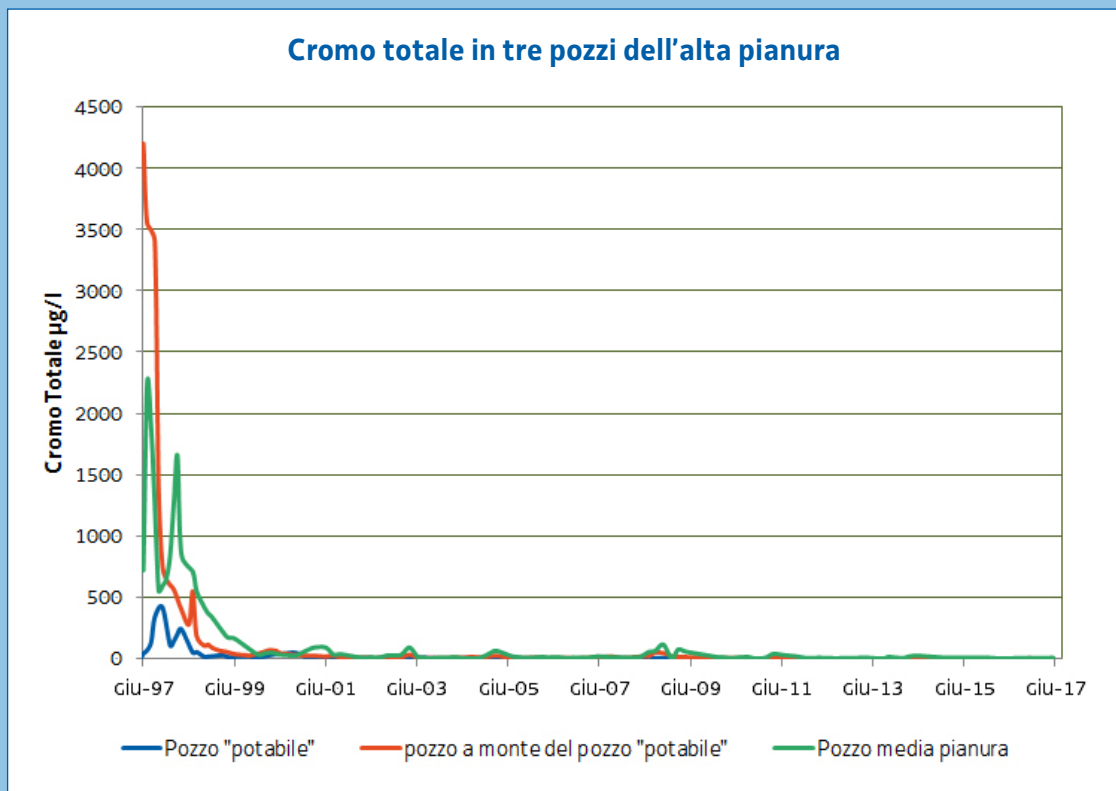


Figura 3: andamento delle concentrazioni di cromo totale a monte del pozzo "potabile", confrontate con il pozzo "potabile" e le concentrazioni rilevate nella media pianura, già esposte nel dettaglio.



bligo di monitorare frequentemente nel tempo la qualità dell'acqua e all'analisi necessaria per i requisiti di abitabilità spesso non seguono negli anni altri controlli.

## L'evoluzione della contaminazione

In concomitanza con l'evento verificatosi nel pozzo "potabile", si è potuta riscontrare nel 1997 una contaminazione della falda nel comune di Pavia di Udine, dove l'acqua sotterranea di diversi pozzi diventò gialla per la massiccia presenza di cromo VI.

Le analisi del Presidio Multizonale di Prevenzione (PMP), la struttura pubblica al tempo preposta al controllo dell'ambiente, evidenziarono nei pozzi della zona anche oltre 4 mg/l di cromo totale.

In questo caso, come accade per il pozzo "potabile", le concentrazioni mostrano una tendenza alla diminuzione, pur presentando ancora valori superiori a 50 µg/l fino al 2000 e superiori a 10 µg/l fino al 2009 (Figura 3).

L'estensione della rete di monitoraggio ha permesso di rilevare concentrazioni di cromo totale con massimi oltre il mg/l, fino alla fine degli anni '90, in diversi pozzi nei comuni a valle di Pavia di Udine. Ciò ha evidenziato l'avanzamento della contaminazione da nord a sud che sembra essere quasi delimitato da un lato dalla strada statale SS352, e che si riassume in una fascia relativamente ristretta, probabilmente legata all'esistenza di vie di scorrimento preferenziali per le particolari caratteristiche del sottosuolo.

Negli ultimi anni la contaminazione si è spostata ancora più a valle, oltre la linea delle risorgive e raggiunge i comuni di Cervignano del Friuli e zone limitrofe, dove è più difficile interpretare i dati in quanto è presente un complesso sistema di falde stratificate.

## Cosa è stato fatto e cosa possiamo fare?

La tutela dell'ambiente e della salute in questi anni si è concentrata su uno stretto monitoraggio, non solo nella zona della contaminazione, ma anche nei dintorni, con frequenze di campionamento trimestrali per individuare tempestivamente segni di peggioramento ed eventualmente prevedere degli opportuni interventi. Oltre ai punti di monitoraggio dedicati specificatamente al controllo del cromo VI in presenza di siti contaminati già accertati, sono mantenuti sotto controllo in via cautelativa altri tre corpi idrici, oltre ai due già citati, sulla base dell'analisi delle pressioni antropiche.

Una volta individuato il sito che verosimilmente ha originato la contaminazione, sono state avviate tutte le procedure previste dalla normativa e in particolare è stato approvato il progetto di messa in sicurezza operativa allo

scopo di ricondurre a un livello accettabile il rischio derivante dalla contaminazione.

Dopo il 2000 in quest'area sono stati individuati superamenti dei limiti normativi con concentrazioni anche oltre 1500 µg/l, che hanno inizialmente portato a ipotizzare nuovi episodi di contaminazione.

Uno studio appositamente effettuato in collaborazione con l'Università degli Studi di Trieste nel 2011, basato sulle analisi isotopiche, ha suggerito che, in seguito alla contaminazione avvenuta negli anni '90, una parte del cromo VI si sia accumulata nel sottosuolo dove progressivamente si è ridotta a cromo III, rimanendo così trattenuta dal terreno che costituisce l'acquifero, con conseguente abbattimento delle concentrazioni nella falda. Gli sporadici superamenti dei limiti normativi di cromo esavalente nelle acque sarebbero quindi dovuti alla ri-ossidazione del cromo trivalente accumulatosi nel terreno e non sarebbero imputabili a sversamenti recenti di cromo esavalente (Petrini *et al.* 2011). Condizioni meteorologiche di piogge abbondanti e prolungate portano all'innalzamento della falda e alla possibile ossidazione e dilavamento del cromo trattenuto nel terreno.

Nel corso di questi trent'anni nell'alta pianura le concentrazioni di cromo esavalente sono certamente diminuite, ma rimane comunque la presenza di basse concentrazioni talvolta non coerenti nel tempo e nello spazio, non direttamente spiegabili con effetti meteorologici e che, pur essendo inferiori a 5 µg/l, meritano di essere approfondite.

Inoltre continuerà a essere oggetto di studio l'area della bassa pianura friulana nella zona di Cervignano del Friuli, dove le concentrazioni di cromo esavalente evidenziano rischi di superamento dei limiti normativi.

## Bibliografia

- Yin R.V. e Phung O.J., 2015, *Effect of chromium supplementation on glycated hemoglobin and fasting plasma glucose in patients with diabetes mellitus*, Nutrition Journal 14:14.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 1990, *Chromium, nickel and welding*, Lyon, FR: IARC. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-9.pdf>, ultimo accesso 02/10/2017.
- Ministero della Salute Direzione generale della prevenzione sanitaria, 2015, *Valutazione del rischio e valore guida Cromo* [http://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/valutaz\\_CROMO.pdf](http://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/valutaz_CROMO.pdf) ultimo accesso 02/10/2017.
- Petrini R., Lutman A., Felluga A., Pezzetta E., Slejko F.F., Cavazzini G., Marafatto F., 2011, *Applicazione della sistematica isotopica del cromo allo studio delle sorgenti e ciclo del cromo esavalente in acquiferi contaminati: il caso di Pavia di Udine (Regione Friuli Venezia Giulia)*, Giornale di Geologia Applicata Vol. 14 Supplemento A pag. 31 presentato a Convegno AIGA Acqua, 2011, Università di Udine Facoltà di Ingegneria il 25 e 26 febbraio 2011. <http://www.aigaa.org/aiga/pdf/14%20Supplemento%20A%202011.pdf> ultimo accesso 27/09/2017.

# Pesticidi o fitosanitari? La situazione storica e gli inquinanti emergenti

Elena Pezzetta, Michele Mattiussi, Luciano Zorzenon, Marco Busut, Stefano De Martin  
ARPA FVG, Laboratorio



Foto: <https://pixabay.com/>

## Fitosanitari, pesticidi, sostanza attiva, metaboliti

Il termine “prodotti fitosanitari” indica i prodotti destinati a essere utilizzati sulle piante, per mantenere in buona salute le colture e impedire loro di essere danneggiate (Reg. CE 1107/2009). Spesso vengono utilizzati come sinonimo di “pesticidi”, ma quest’ultimo è un termine più ampio che comprende anche prodotti denominati “biocidi” finalizzati a debellare organismi nocivi come insetti, ratti e topi (Reg. UE 528/2012). Questi termini derivano dalla normativa di settore e non sempre sono coerenti o nettamente distinti tra loro, poiché per esempio fitosanitari e biocidi talvolta utilizzano le stesse sostanze attive (ISPRA, 2017a).

I prodotti commerciali utilizzati come pesticidi contengono, infatti, almeno una sostanza attiva, cioè sostanze chimiche oppure microrganismi, inclusi i virus, che permettono al prodotto di svolgere la sua azione (antiparassitaria, erbicida, fungicida, insetticida, acaricida, fito-regolatrice o repellente). Le molteplici sostanze attive contenute nei prodotti quando raggiungono l’ambiente possono rimanere inalterate o subire processi degradativi generando

i cosiddetti metaboliti. Queste nuove sostanze possono avere caratteristiche diverse dal composto di partenza e talvolta risultare ancora più pericolose e persistenti.

In questo quadro complesso e in continua evoluzione è indispensabile selezionare tra le sostanze attive contenute nei numerosi pesticidi commercializzati quelle che devono essere monitorate con priorità insieme ai loro metaboliti.

Il monitoraggio è prescritto dalla legislazione per alcune specifiche sostanze, mentre per molte altre vengono stabiliti dei criteri di priorità. Una delle informazioni fondamentali di cui si tiene conto nella pianificazione dei monitoraggi è la quantità di pesticida effettivamente venduta sul territorio regionale, che costituisce un buon indicatore della pressione esercitata sull’ambiente, anche se le vendite non rispecchiano direttamente l’effettivo utilizzo sul territorio. Nel corso degli anni, inoltre, diverse sostanze non sono più vendute a causa della loro riconosciuta tossicità, mentre nuovi prodotti vengono proposti sul mercato e a loro sono spesso associati numerosi metaboliti. Diventa quindi complesso definire se siano da analizzare composti non più venduti, ma persistenti nell’ambiente e quali siano i prodotti della loro degradazione. A tutto ciò

si aggiunge la difficoltà analitica di dover rilevare concentrazioni sempre più basse, nell'ordine delle parti per miliardo ( $\mu\text{g/l}$ ) e talvolta parti per trillione ( $\text{ng/l}$ ).

Altri importanti criteri di priorità considerati sono le conoscenze acquisite sulla tossicità, le caratteristiche fisico-chimiche che ne determinano il destino nell'ambiente, le condizioni di utilizzo, le caratteristiche del territorio dove vengono impiegati, i risultati dei precedenti piani di monitoraggio.

## Quale quadro si delinea in Friuli Venezia Giulia?

Per quanto riguarda le vendite in regione i dati degli ultimi anni (2012-2015) segnalano tra le sostanze più vendute i composti di zolfo che costituiscono circa il 30% del totale (fonte ISTAT - Istituto nazionale di statistica). In Figura 1 (Fonte mista dati ISTAT e SIAN - Sistema Informativo Agricolo Nazionale) si riportano le sostanze attive più vendute negli ultimi 10 anni (2005-2015) in percentuale rispetto al totale (sono stati esclusi i composti del rame e gli oli minerali). Tra le sostanze attive spiccano gli erbicidi Mancozeb e Glifosate e il fungicida Folpet, per i quali si riportano nel dettaglio anche i chilogrammi venduti. Nel corso degli anni le sostanze utilizzate sono sempre più diversificate, infatti aumenta la percentuale relativa agli altri prodotti. Tuttavia se si incrociano i dati di vendita con gli altri cri-

**Con il miglioramento delle tecniche analitiche, aumenta la percentuale di residui rilevati, ma non necessariamente aumenta la contaminazione ambientale**

teri sopra descritti, quali tossicità, persistenza nell'ambiente, ecc. si ottiene un nuovo e diverso ordine di priorità che, in questo caso comprende anche i metaboliti. In Figura 2 si riportano i primi 20 pesticidi prioritari con descrizione degli acronimi legati al loro uso principale. Il Mancozeb, che si trova al primo posto nelle vendite, adesso si sposta al trentaquattresimo, il fungicida Folpet passa dal secondo al diciannovesimo, mentre il Glifosate dal terzo passa al primo posto, diventando l'inquinante emergente prioritario.

## Che cosa si cerca e cosa si trova nelle acque superficiali e sotterranee?

Dal 2000 a oggi le sostanze attive e i metaboliti analizzati nelle acque superficiali e sotterranee, il cui elenco è in continuo e costante aggiornamento, sono progressivamente aumentati, fino a superare il centinaio di pesticidi e a comprendere la quasi totalità di quelli previsti dalla normativa.

Inoltre la capacità di rilevare concentrazioni sempre più basse rende il monitoraggio delle nostre acque sempre più approfondito. Infatti una sostanza che oggi è rilevata dalla strumentazione, nel passato poteva risultare assente.

Nelle acque sotterranee e superficiali della regione gli esiti analitici storici dimostrano che solo una bassa percentuale dei campioni analizzati e solo alcune specifi-

Figura 1: sostanze attive più vendute in Friuli Venezia Giulia negli ultimi 10 anni.

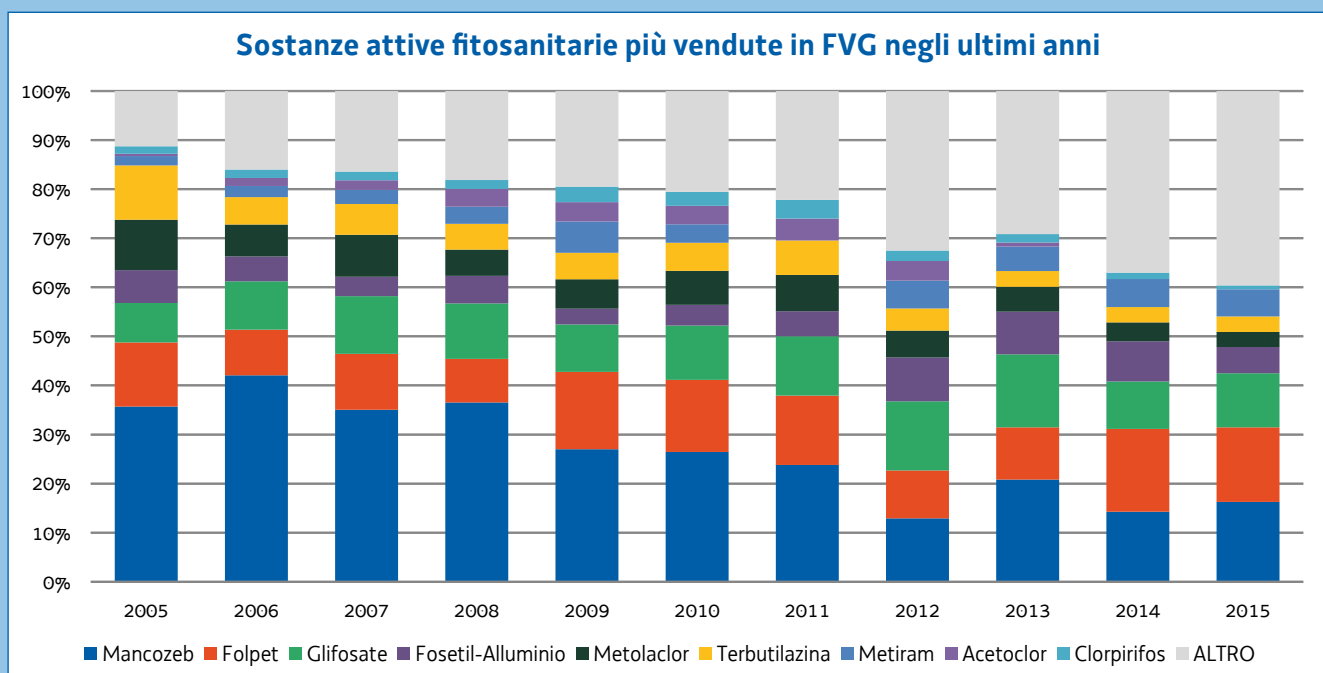


Figura 2: ordine di priorità tenuto conto dei criteri esposti, primi 20 elementi.

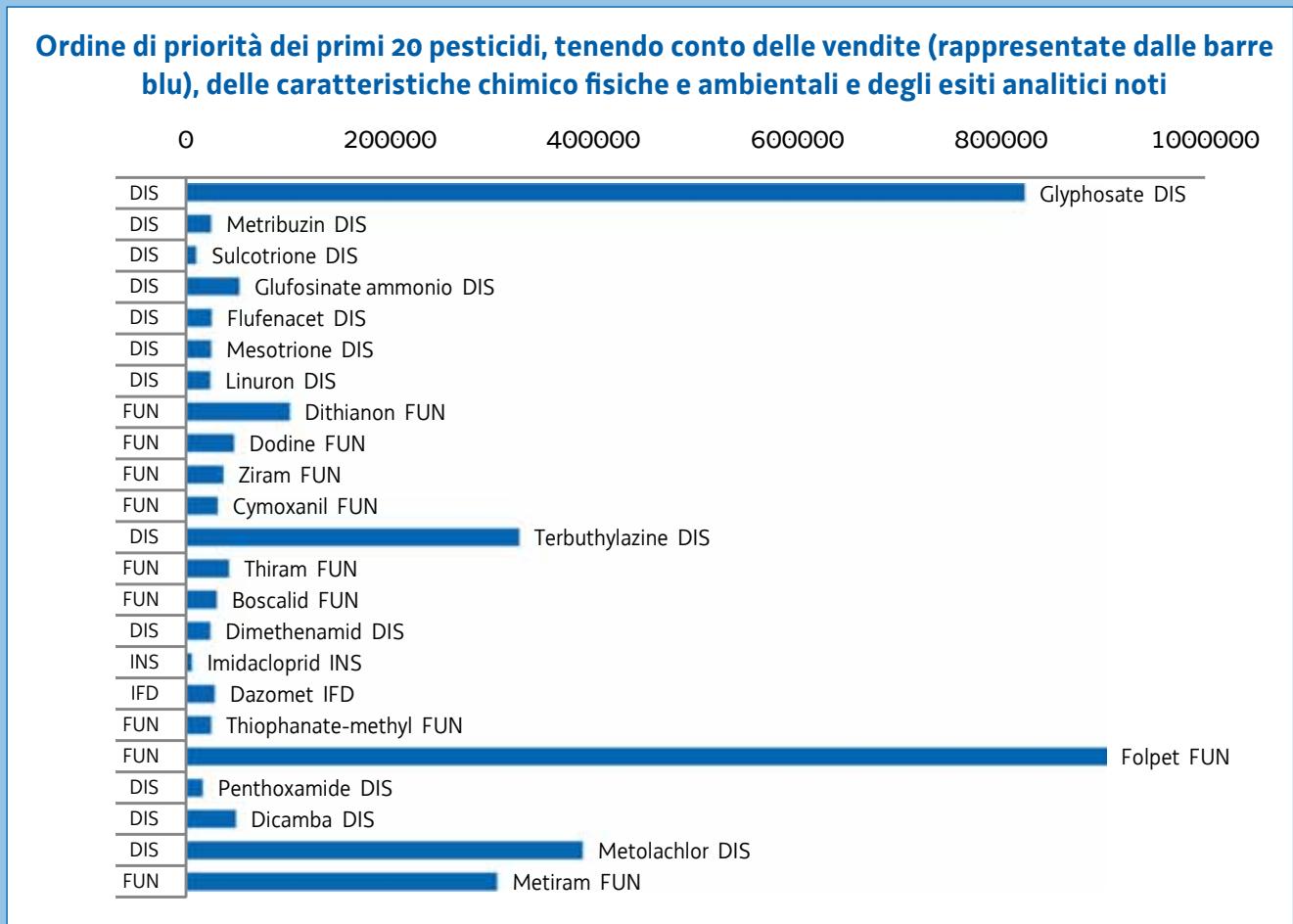
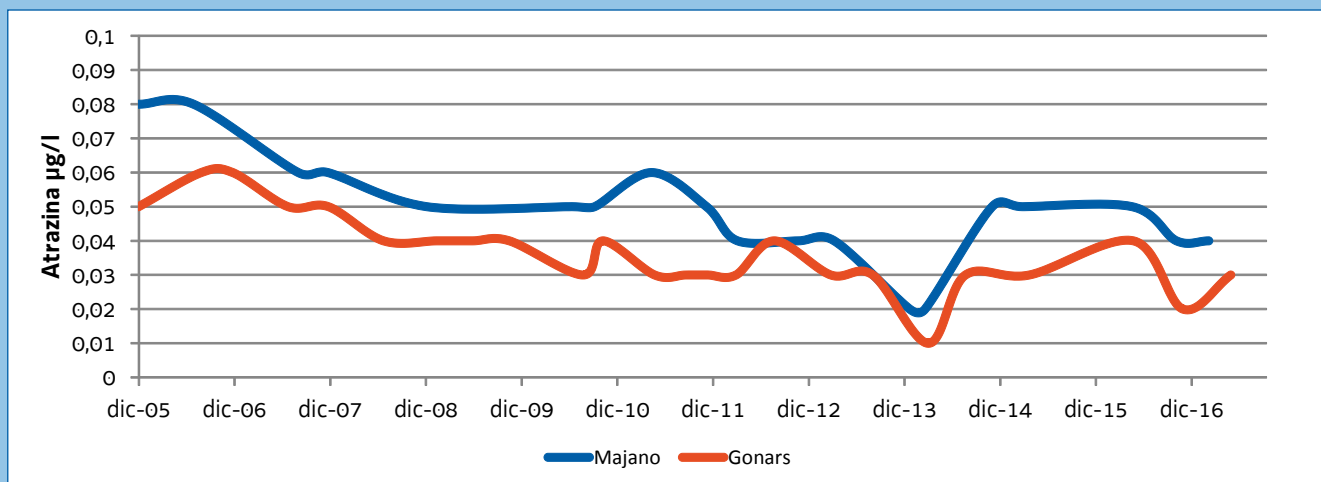


Figura 3: andamento storico dell'atrazina in due pozzi della regione.





che sostanze si riscontrano in concentrazioni rilevabili e quantificabili dalla strumentazione analitica (residui). Ovviamente più gli strumenti sono sensibili, maggiore è la possibilità di rilevare tali sostanze. Questo significa che con il miglioramento delle tecniche analitiche, aumenta la percentuale di residui, ma non necessariamente aumenta la contaminazione ambientale, definita dal superamento dei limiti di legge.

## I pesticidi storici

Questo è proprio il caso del DDT, insetticida clorurato largamente utilizzato dal 1940 per debellare la malaria, vietato in Italia dal 1978. In regione si rilevano ancora diffusamente i suoi residui nelle acque superficiali, poiché vengono ricercati in decimi di nanogrammi su litro ( $10^{-10}$  grammi/litro), ovvero circa un centesimo del limite di legge, ma non si rilevano superamenti.

Anche l'atrazina, diserbante il cui utilizzo è stato vietato in Italia dal 1992 e in Europa dal 2004, si rileva ancora nelle acque superficiali e sotterranee in basse concentrazioni, ma non si riscontrano superamenti dei limiti normativi. In Figura 3 si riportano gli andamenti delle concentrazioni di atrazina dal 2005 a oggi nelle acque sotterranee di due pozzi nei comuni di Majano e Gonars, presi a esempio. La tendenza mostra un lento calo dei valori.

## Gli inquinanti emergenti

Nel 2016 e 2017 spiccano tra le sostanze più rilevate nella matrice acque alcuni diserbanti quali metolachlor, terbutilazina, atrazina e soprattutto i loro metaboliti (metolachlor ESA, desetiladesisopropilatrazina, desetilterbutilazina, desetilatrazina, idrossidi). Certamente questi risultati mettono al primo posto uno dei metaboliti dell'atrazina, la desetiladesisopropilatrazina (DACT) come presenza e superamenti nelle acque sotterranee, seguita dalla desetilatrazina, mentre nelle acque superficiali i più rilevati sono il metolachlor e il suo metabolita metolachlor ESA (Tabelle 1 e 2). Queste sono le sostanze che causano la maggior parte dei superamenti dei limiti normativi e che rendono scarsa la qualità di parte delle nostre acque. Si sottolinea che le percentuali di residui rilevate sono sul numero totale di campioni monitorati, che sono ragionevolmente concentrati nei corpi idrici più a rischio di non raggiungimento dello stato di qualità "buono", e non rappresentano omogeneamente tutte le acque regionali.

Alcune sostanze, pur avendo una bassa percentuale di residui e superamenti in tutta la regione, meritano di essere citate perché se collocate spazialmente si dimostrano tipiche di aree locali, come il bromacile che si trova in una zona ristretta del Pordenonese, altre, con alte percentuali di residui e basse concentrazioni rispetto ai limiti normativi, sono comuni a tutta il territorio regionale.

## Gli inquinanti della Watch List

Tra le sostanze che non hanno ancora un limite normativo rientrano quelle appartenenti all'elenco di controllo denominato *Watch List* (ISPRA, 2017b). Per queste sostanze si effettua una valutazione complessa su dati analitici a scala nazionale ed europea finalizzata a selezionare quelle realmente critiche per il nostro territorio, inserirle nella lista ufficiale delle sostanze prioritarie e definire un limite di legge.

Tra le 20 stazioni individuate a livello nazionale per questo progetto una è situata in Friuli Venezia Giulia. Per questa stazione sono state analizzate sostanze che comprendono sia fitosanitari, quali erbicidi (Oxadiazon, Tri-allate) e insetticidi (Imidacloprid, Thiocloprid, Clothianidin, Thiamethoxam, Acetamiprid, Methiocarb), sia farmaci di comune uso umano, come antibiotici macrolidi (Eritromicina, Claritromicina, Azitromicina), antiinfiammatori (Diclofenac) oltre ad ormoni (Estrone, 17-alfa-Etionelestradiolo, 17-beta-Estradiolo), additivi di cosmetici (4-metossicinnamato di 2-etilesile), antiossidanti per uso alimentare e prodotti per la cura della persona (antiossidante E 321 (2,6-di-terz-butyl-4-metilfenolo) (BHT)). I risultati dei dati raccolti nel 2016 e 2017 per la stazione in oggetto hanno evidenziato la presenza di Estrone, 17-beta-Estradiolo e Diclofenac; solo nel 2017 anche di Claritromicina.

Inoltre nel 2016 e 2017 ARPA FVG ha effettuato le analisi per gli erbicidi e insetticidi soprariportati anche per diversi campioni di acque di mare, transizione e sotterranee. Nelle acque salate sono stati riscontrati residui solo di Oxadiazon in meno del 10% dei campioni, mentre nelle acque dolci sotterranee su 557 campioni sono stati trovati residui di Clothianidin e Imidacloprid rispettivamente nel 3% e 1% dei campioni analizzati.

Nelle acque superficiali, sono stati analizzati anche antibiotici e creme solari e il quadro è più articolato (Tabella 3).

Gli esiti di questi primi due anni di monitoraggio evidenziano come le acque superficiali interne subiscano maggiormente l'impatto di queste sostanze di uso comune introdotte nell'ambiente dall'uomo attraverso le acque di scarico, in particolare del Diclofenac che difficilmente viene trattenuto dai depuratori.

Tra i fitosanitari si riscontrano più volte Oxadiazon e Imidacloprid e si evidenzia come le concentrazioni possano variare nel tempo e nello spazio a seconda dell'utilizzo effettivo di queste sostanze nel territorio.

Tabella 1: acque sotterranee, riassunto degli esiti analitici del laboratorio ARPA FVG del 2016 e 2017 (parziale).

USO	Sostanze attive o metaboliti acque sotterranee	analisi effettuate	residui riscontrati	percentuale residui	percentuale superamenti
MET	Desetildesisopropilatrazina	383	267	70%	<b>21%</b>
MET	Desetilatraxina	383	227	59%	<b>3%</b>
MET	Desetilterbutilazina	383	117	31%	<b>1%</b>
MET	Metolachlor ESA	383	106	28%	<b>1%</b>
DIS VIET	Atrazina	390	95	24%	0,0%
MET	2-OH-Atrazina	377	94	25%	1%
MET	2-OH-Terbutilazina	377	39	10%	0,0%
DIS	Bromacile	383	32	8%	0,0%
DIS	Terbutilazina	383	32	8%	<b>1%</b>
DIS	Metolachlor	383	27	7%	0,0%
DIS	Bentazone	383	20	5%	<b>1%</b>
MET	Desisopropilatrazina	383	16	4%	0,0%
INS	Clothianidin	377	9	2%	0,0%
DIS	Simazina	383	6	2%	0,0%
INS	Imidacloprid	377	4	1%	0,0%
INS	Piperonyl Butoxide	377	4	1%	0,0%
FUN	Boscalid	383	3	1%	0,0%
FUN	Metalaxyl	383	3	1%	0,0%
FUN	Thiophanate Metile	377	2	1%	0,0%

Tabella 2: acque superficiali, riassunto degli esiti analitici del laboratorio ARPA FVG del 2016 e 2017 (parziale).

USO	Sostanze attive o metaboliti acque sotterranee	analisi effettuate	residui riscontrati	percentuale residui	percentuale superamenti
INS VIET	DDT totale	714	678	95%	0,0%
INS VIET	DDD-p,p'	714	354	50%	0,0%
MET	Metolachlor ESA	1199	477	40%	<b>2%</b>
MET	2-OH-Terbutilazina	1200	470	39%	<b>1%</b>
MET	2-OH-Atrazina	1200	413	34%	0,4%
MET	Desetildesisopropilatrazina	1200	372	31%	0,3%
MET	Desetilatraxina	1200	316	26%	0,0%
MET	Desetilterbutilazina	1200	316	26%	0,1%
DIS	Oxadiazon	552	115	21%	0,0%
DIS	Metolachlor	1200	249	21%	<b>1%</b>
DIS	Terbutilazina	1200	224	19%	0,1%
FUN	Boscalid	1200	160	13%	0,3%
DIS	Bentazone	1200	139	12%	0,1%
INS	Imidacloprid	1225	121	10%	0,2%
FUN	Metalaxyl	1200	112	9%	0,3%
DIS VIET	Atrazina	1200	78	7%	0,0%
DIS	Linuron	1200	48	4%	0,0%
DIS	Metribuzin	1200	45	4%	0,1%
FUN	Thiophanate Metile	1200	44	4%	0,0%

Tabella 3: acque superficiali interne: sostanze analizzate, numero di campioni e percentuale di residui.

Prova	Campioni analizzati	percentuale residui(%)
Acetamiprid	1410	0
Eritromicina	60	3
Claritromicina	60	5
Azitromicina	60	3
Diclofenac	60	25
Oxadiazon	579	16
Tri-allate	1410	0
Imidacloprid	1410	9
Thiacloprid	1410	0
Clothianidin	1410	1
Thiamethoxam	1410	0
Methiocarb	1410	1
4-metossicinnamato di 2-etilesile	60	5

## La ricerca continua

Il monitoraggio delle acque richiede la ricerca di un numero sempre crescente di prodotti di sintesi e dei loro metaboliti, in concentrazioni sempre minori; per questo è necessaria una strumentazione sempre più sofisticata. Incrementare il numero di analiti da ricercare e mantenere nel contempo il monitoraggio delle sostanze “storiche” e persistenti richiede uno sforzo economico, tecnico e organizzativo notevole, in particolare quando anche per una sola sostanza si richiedono metodiche e strumenti diversi.

Non tutte le sostanze della lista di priorità riportate in Tabella 2 sono attualmente oggetto di monitoraggio, poiché, dovendo ottimizzare le risorse, si è data la precedenza a quelle esplicitate nelle tabelle normative. L'individuazione del Glifosate, primo di questa lista, a oggi risultava insostenibile data la complessità analitica relativamente alla tecnica e alla strumentazione idonea per la sua ricerca.

Come espressamente richiesto da ISPRA, sarà tuttavia implementata a breve (verosimilmente nei primi mesi del 2018) la metodica analitica per l'individuazione nelle acque regionali del Glifosate (erbicida di ampio utilizzo, dovuto anche alla sua caratteristica di libera vendita) e del suo principale metabolita AMPA; i primi risultati spazializzati sono previsti per l'anno successivo, in modo da poter fornire un primo inquadramento territoriale della distribuzione e concentrazione di queste sostanze nelle acque regionali.

## Bibliografia

- ISPRA, 2014, *Rapporto nazionale pesticidi nelle acque*, Rapporti 208/2014.  
[http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/Rapporto\\_208\\_2014.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/Rapporto_208_2014.pdf)
- ISPRA, 2016, *Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2013-2014*, Rapporti 244/2016.  
[http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rapporto-244/Rapporto\\_244\\_2016.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rapporto-244/Rapporto_244_2016.pdf)
- ISPRA, 2017a, *Monitoraggio nazionale dei pesticidi nelle acque Indicazioni nella scelta delle sostanze*, Rapporti 152/2017.
- ISPRA, 2017b, *Primo Monitoraggio delle sostanze dell'elenco di controllo (Watch List)*, Rapporti 260/2017.
- ISTAT Istituto Nazionale Statistica <http://www.istat.it/it/friuli-venezia-giulia>.
- Linee Guida 74/2011 “Sostanze prioritarie per il monitoraggio dei prodotti fitosanitari nelle acque” del Manuale ISPRA.
- SIAN Sistema Informativo Agricolo Nazionale, <http://www.sian.it/portale-sian/home.jsp>

## 6. Qualità delle acque marine e lagunari

Grazie ai programmi di sorveglianza sanitaria e ambientale negli ambienti lagunari, si osserva una contaminazione microbiologica e delle criticità relative allo stato ecologico, mentre negli ambienti marini la contaminazione è ridotta, e lo stato ecologico è buono.

Ida Floriana Aleffi, Oriana Blasutto, Luigi Del Zotto, Luisella Milani, Claudia Orlandi  
ARPA FVG, Qualità delle acque marine e di transizione

Bruno Zanolin  
ARPA FVG, Laboratorio acque marino costiere e qualità dell'aria

In Italia la Direttiva Quadro sulle Acque - WFD (Direttiva 2000/60/CE) è stata recepita dal D.Lgs. 152/2006 e modifiche successive che, dal punto di vista ambientale, ha definito i metodi per valutare, nel lungo periodo, lo stato ecologico e lo stato chimico delle acque marino costiere e lagunari.

**Lo stato ecologico** è definito attraverso l'analisi degli elementi di qualità biologica (fitoplancton, macrofite, macroinvertebrati bentonici e fauna ittica), degli elementi chimico fisici e idromorfologici.

**Lo stato chimico** si basa, invece, sull'analisi delle sostanze chimiche prioritarie presenti nelle acque, nel biota e nei sedimenti.

Tra gli obiettivi che la Direttiva si pone c'è quello di prevenire il deterioramento delle acque e di migliorarne la qualità. Nel primo sessennio è stato osservato, in diversi corpi idrici sia marini sia lagunari uno stato chimico "non buono", tali corpi idrici non raggiungono nel dicembre 2015 l'obiettivo della Direttiva. L'entrata in vigore del D.Lgs. 190/2010, che recepisce la Direttiva 2008/56/CE - Strategia Marina, ha permesso di ampliare il monitoraggio, tramite indicatori specifici, a tutta l'area marina del FVG permettendo quindi di acquisire informazioni necessarie alla valutazione futura dello stato ambientale delle acque del golfo di Trieste.

Gli indicatori sono parametri chimico-fisici e habitat pelagici nella colonna d'acqua, microplastiche, specie non indigene, rifiuti spiaggiati, contaminanti (trasporto marittimo), input di nutrienti (fonti fluviali), habitat fondi a maerl, habitat sottoposti a danno fisico.

Questa Direttiva integra, quindi, la precedente (WFD) e considera tutte le aree marine del golfo di Trieste; l'elaborato dei dati del triennio 2015-2017 verrà gestito a conclusione del monitoraggio e sarà reso noto dal Mini-

sterio dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Dal punto di vista sanitario i monitoraggi, dettati da specifiche norme finalizzate alla tutela della salute, riguardano il controllo delle acque destinate alla balneazione, che risultano per la maggior parte con qualità "eccellente", e alla vita dei molluschi, dove il 50% delle acque viene classificata e risulta con ridotta contaminazione microbiologica. In entrambi i casi, particolare attenzione viene prestata alle alghe potenzialmente tossiche che possono essere presenti con concentrazioni rilevanti alla fine dell'estate, con conseguenti criticità sanitarie.

### Da un'osservazione puntuale a uno studio di lungo periodo

Il grande cambiamento, avvenuto negli ultimi 10 anni, è stato l'introduzione di lunghi periodi di monitoraggio per il controllo e la verifica costante dell'ambiente acquatico, poiché solo la ripetizione dei valori incontrati in un arco temporale lungo, e non più per periodi brevi, può dare conferma dei fenomeni in atto, sulla base dei risultati ottenuti. Grazie alle nuove normative, si è passati da un'osservazione puntuale del fenomeno, che valutava la possibile presenza di un'alterazione occasionale dello stato ambientale-sanitario, a una ripetizione costante delle osservazioni scientifiche in un arco temporale determinato dalle norme stesse, per valutare in questo modo la possibile tendenza.

**Il grande cambiamento degli ultimi 10 anni: l'introduzione di lunghi periodi di monitoraggio per il controllo e la verifica costante dell'ambiente acquatico**

### La classificazione ambientale delle acque marino costiere e lagunari

Lo studio delle aree marino costiere e lagunari è stato effettuato analizzando elementi di qualità biologica, rappresentati da organismi animali e vegetali, e ha permesso di

## ■ ACQUE

definire lo stato ecologico, mentre, la ricerca delle sostanze chimiche prioritarie, in grado di provocare effetti dannosi agli organismi acquatici o alla salute dell'uomo, ha dato indicazioni sullo stato chimico delle acque, al fine di giungere alla classificazione complessiva dello stato ambientale, che tiene conto pertanto sia degli organismi viventi sia delle sostanze inquinanti.

I corpi idrici individuati nelle aree marino costiere del FVG sono complessivamente 19, di cui due, fortemente modificati dalle attività umane, situati nel porto di Trieste e nella baia di Muggia.

Nelle acque di transizione sono stati definiti 17 corpi idrici, di cui 4 fortemente modificati, e 2 foci fluviali (Isonzo e Tagliamento) (Figura 1). Le Tabelle 1 e 2 riassumono lo stato ecologico e chimico delle acque marine e di transizione del sessennio 2009-2015 (la Tabella 6 riporta una legenda sul modo di valutare le diverse classificazioni).

Si può osservare che nelle acque marino costiere il livello ecologico risulta "buono" mentre nelle acque di transizione, essendo la laguna un ambiente soggetto a forte variabilità, lo stato ecologico appare compromesso; probabilmente anche l'applicazione degli indici tarati su ambienti marini potrebbe essere non idonea per ambienti lagunari.

Per quanto riguarda la classificazione chimica molti corpi idrici, sia di acque lagunari sia marine, risultano in stato "non buono" a causa della presenza di 2 sostanze, (punto 1 e 3, Tabella 2), a cui si aggiungono, solo nell'area portuale triestina, gli idrocarburi policiclici aromatici (punto 2, Tabella 2). I risultati della classificazione 2009-2015 e l'aggiornamento della normativa relativamente alle sostanze prioritarie e non prioritarie sono stati la base della programmazione coordinata con l'Autorità di bacino, per il monitoraggio del prossimo sessennio 2016-2021.

Tabella 1: classificazione secondo il D.M. 260/2010 dei corpi idrici marino costieri e di transizione (2009-2015).

Acque marino costiere e di transizione	Numero corpi idrici	stato ecologico				stato chimico	
		SCARSO	SUFFICIENTE	BUONO	ELEVATO	NON CONFORME LIMITI	CONFORME LIMITI
C.I. marino costieri	19	0	0	19	0	9	10
C.I. lagunari	17	4	10	3	0	11	6
C.I. foci fiumi	2	0	0	0	0	1	1

Tabella 2: stato chimico D.M. 260/2010.

Parametri riscontrati nei corpi idrici marino lagunari del FVG 2009-2015 con valori fuori limite		
1. Tributilstagno composti	2. $\sum$ Benzo(g,h,i)perilene-indeno(1,2,3-cd)pirene;	3. Difeniletere bromato

Tabella 3: percentuale dei livelli di "zona classificata" delle aree marine lagunari del FVG destinate alla molluschicoltura.

Numero di aree designate	Periodo 2012-2015		
	Zona A	Zona B	Zona C
51	53%	45%	2%

Tabella 4: percentuale dei livelli di qualità delle acque di balneazione marine-lagunari del FVG.

Periodo 2013-2016 per classificazione stagione 2017		
Numero Acque di Balneazione	BUONO	ECCELLENTE
57	3%	97%



Figura 1: mappa dei corpi idrici marino costieri e di transizione.

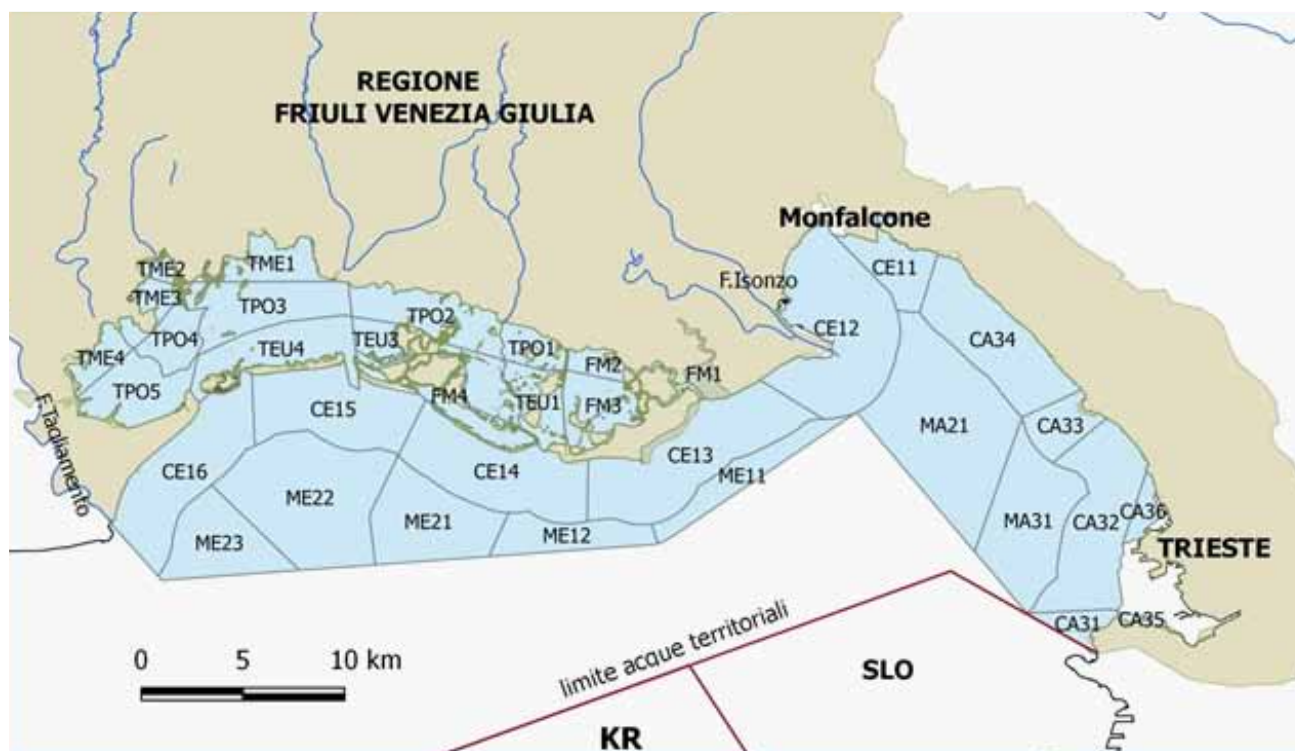


Figura 2: mappa dei punti di campionamento previsti per i Moduli 1, 2, 3, 4, 5I, 5T, 6F per la Strategia Marina (2015-2017).

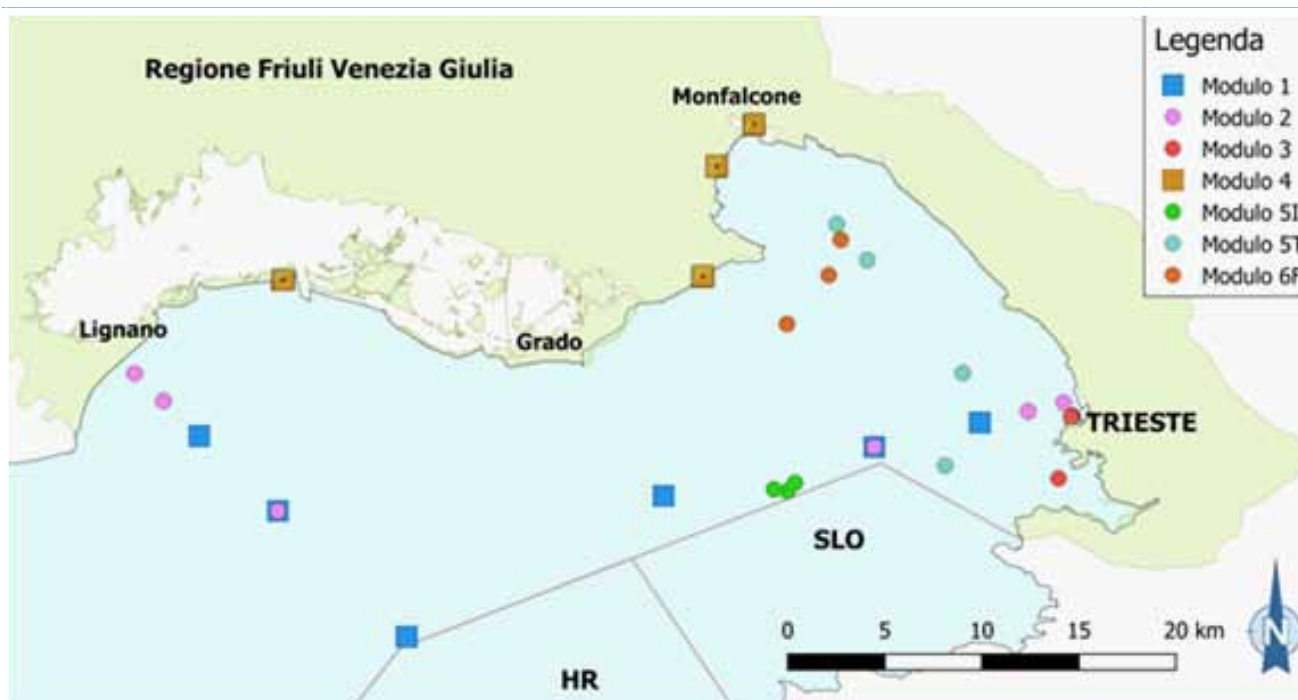
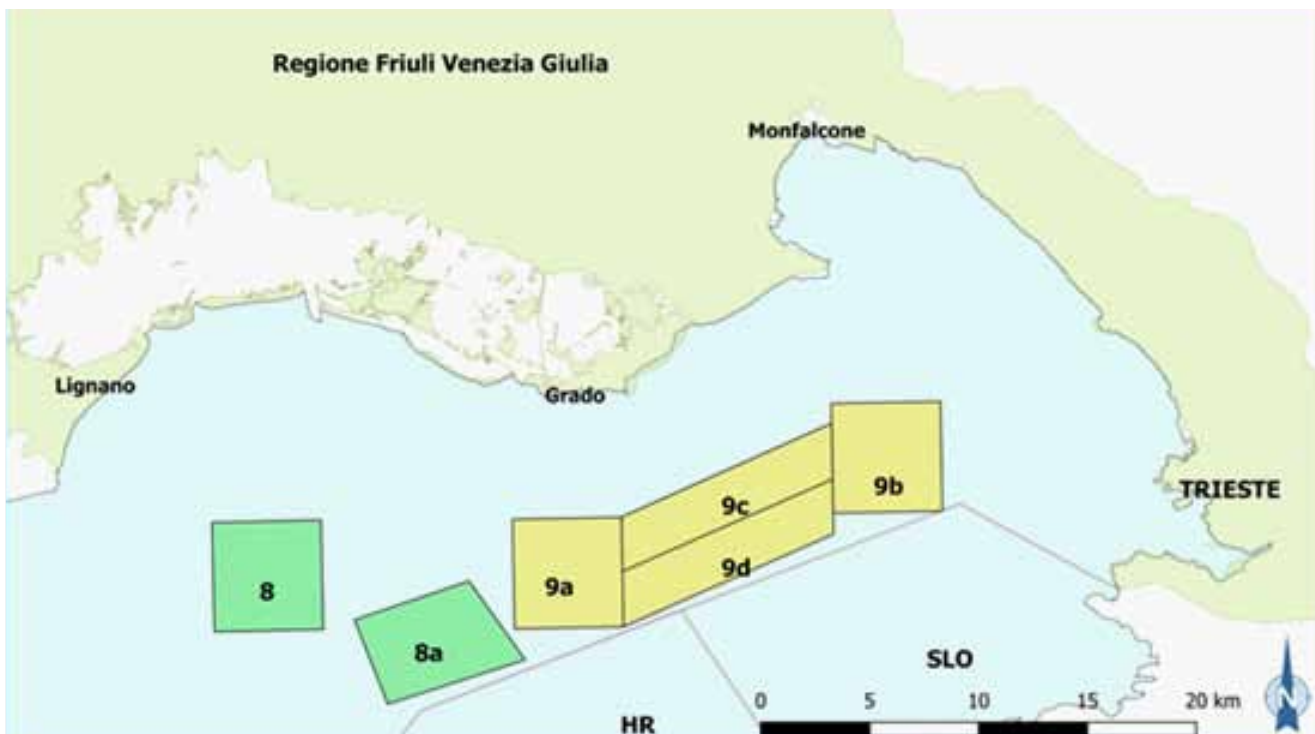


Figura 3: mappa delle aree di indagine dei Moduli 8 e 9 per la Strategia Marina (2015-2017).



## La classificazione sanitaria delle acque di balneazione e della molluschicoltura

Relativamente alla classificazione sanitaria delle acque di balneazione e di quelle destinate alla molluschicoltura, le zone marine lagunari sono classificate con criteri che tengono conto degli indicatori di contaminazione fecale (vedi classificazione sanitaria molluschi e classificazione sanitaria balneazione di Tabella 6).

Nelle Tabelle 3 e 4 vengono evidenziate le percentuali della classificazione sanitaria dei molluschi e delle acque di balneazione: per quanto riguarda i molluschi la maggior contaminazione microbiologica (livello "B") risulta nelle acque lagunari e anche nelle acque costiere nel tratto compreso tra il primo miglio e la costa. Molti dei siti designati alla balneazione appartengono alle stesse aree della molluschicoltura, ma la classificazione delle due attività non è paragonabile in quanto è diverso il livello di contaminazione tra il mollusco e l'acqua.

Nelle 57 stazioni designate alla balneazione l'acqua risulta scarsamente contaminata.

Nel mollusco, oltre alla ricerca microbiologica, viene effettuata anche la ricerca di contaminazioni chimiche previste dalla normativa, le quali negli ultimi anni non hanno dato mai superamenti dei valori limite imposti.

Nelle acque sedi di banchi naturali o di allevamenti di molluschi la ricerca della presenza di microalghe tossiche è molto importante e completa il quadro preventivo sanitario. Episodi di fioriture di solito vengono rilevati alla fine del periodo estivo e determinano il blocco sul mercato alimentare del mollusco allevato/prodotto.

## La Strategia Marina (Marine Strategy)

Dal 2015 per le acque marine, congiuntamente al controllo previsto dalla WFD, è iniziato il monitoraggio definito dalla Strategia Marina.

Le regioni Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia Romagna, Marche, Abruzzo, Molise e Puglia sono state individuate come "sottoregione mare Adriatico" e, per le diverse ARPA regionali, sono stati messi a punto dei Piani Operativi delle Attività (POA) specifici, che prevedono la conclusione del programma di monitoraggi alla fine del 2017 (Tabella 5 e Figure 2 e 3). Le indagini sottolineano la diversa strategia di monitoraggio rispetto a quella prevista dal Piano Regionale di Tutela Acque (PRTA), con l'introduzione delle seguenti problematiche emergenti:

- la presenza di specie animali e vegetali non indigene, dove per specie "non indigena" (aliena) si intende una specie che viene introdotta in un'area diversa da quella della sua distribuzione naturale. Il traffico marittimo attraverso le acque di zavorra e/o gli organismi attac-

Tabella 5: Strategia Marina triennio 2015-2017.

Moduli e aree di monitoraggio eseguite nella regione FVG			
Moduli	N. aree		N. aree
	2015	2016	2017
1. Parametri chimico fisici colonna d'acqua, habitat pelagici, contaminanti acqua	2	2	2
2. Analisi delle microplastiche	2	2	2
3. Specie non indigene	1	1	1
4. Rifiuti spiaggiati	3	4	4
5I. Contaminazione (area di riferimento)	1	1	1
5T. Contaminazione (trasporto marittimo)	2	2	2
6. Input di nutrienti	1	1	1
8. Habitat fondi a Maerl/rodoliti	1	1	
9. Habitat di fondo marino sottoposti a danno fisico	2	2	

Tabella 6: criteri di determinazione della classificazione.

Classificazione <b>Sanitaria balneazione</b>	La <b>SERIE</b> DEI RISULTATI di 24 campionamenti stagionali (4 anni) determina la classificazione				
	<i>Escherichia coli</i> Enterococchi intestinali	scarso	sufficiente	buona	eccellente

Classificazione <b>Sanitaria molluschi</b>	Il <b>livello di concentrazione</b> di <i>Escherichia coli</i> determina la classificazione			
	<i>Escherichia coli</i>	Zona A (E. coli ≤230MPN/100ml)	Zona B (E. coli >230 e ≤4600 MPN/100ml)	Zona C (E. coli >4600 e ≤46000 MPN/100ml)

Classificazione <b>Ambientale</b>	Il <b>peggior risultato</b> determina la classificazione				
	<b>Stato ecologico acque marino costiere</b>	"fitoplancton (clorofilla)"	"macroinvertebrati bentonici (indice M-AMBI)"	indice trofico (TRIX)	Superamenti valori previsti su inquinanti specifici di tab. 1/B D.M. 260/2010
	<b>Stato ecologico acque di transizione</b>	"macrofite (indice MaQI)"	"macroinvertebrati bentonici (indice M-AMBI)"	nutrienti	Superamenti valori previsti su inquinanti specifici di tab. 1/B D.M. 260/2010
	<b>Stato chimico</b>	Superamento valori previsti di tab. 1/A D.M. 260/2010 determina la classificazione			

cati allo scafo, rappresenta uno dei principali vettori di introduzione delle specie aliene. Gli effetti della presenza di specie aliene possono essere vari, dalla modifica dell'habitat, a effetti sulla pesca o sulla salute umana nel caso di introduzione di specie nocive;

- le microplastiche superficiali e i rifiuti spiaggiati. Le microplastiche, con dimensioni comprese tra 0,3 e 5,0 mm, rappresentano un problema rilevante per i nostri mari in quanto possono essere ingerite dai pesci e dalle altre specie acquatiche causando danni chimici, meccanici e fisiologici. La raccolta di dati sui rifiuti spiaggiati permette di acquisire informazioni sulla loro quantità, sul trend e su possibili fonti; queste informazioni sono utili per mettere a punto delle misure tali da poter ridurre la quantità di rifiuti nell'ambiente marino.

Con l'attuazione della Strategia Marina si ha per la prima volta un coordinamento nazionale delle Agenzie e delle Regioni costiere, attraverso una cabina di regia presieduta dal MATM che ha l'esclusiva per la gestione e valutazione dei dati complessivi rilevati dal monitoraggio del mare Adriatico nel triennio 2015-2017.

## Obbligo di monitoraggio e controllo delle ARPA

La programmazione delle Agenzie è soggetta a quanto disposto dalla normativa in vigore, in merito alla quale esiste l'obbligo di due tipologie di attività: monitoraggio e controllo, entrambe le attività hanno la finalità di valutare la qualità delle acque.

Le attività di monitoraggio sono state programmate secondo quanto disposto dalla normativa comunitaria e nazionale, e integrate nel "Piano Regionale di Tutela delle Acque" con l'obiettivo finale di mantenimento o raggiungimento del "buono" stato di qualità ambientale. L'altra norma che obbliga il monitoraggio è dettata dalla Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino, che si pone come finalità quella di preservare la diversità ecologica, la vitalità dei mari e degli oceani affinché siano puliti, sani e produttivi, mantenendo l'utilizzo dell'ambiente marino a un livello sostenibile entro il 2020.

Le attività di controllo riguardano invece prestazioni erogate dalle Agenzie per le acque destinate alla balneazione, nei corpi idrici marino costieri e nelle acque di transizione, le fioriture di alghe tossiche nelle acque marine e di transizione e nelle acque destinate alla vita dei molluschi.

## La necessità di obiettivi di qualità specifici

I due monitoraggi ambientali descritti (WFD e Strategia Marina), vengono integrati dai controlli per la valutazione dello stato di qualità delle acque dei molluschi e delle

acque di balneazione che, per la particolare destinazione d'uso, rientrano nelle aree protette; risulta pertanto necessario stabilire degli obiettivi di qualità specifici. Il D.Lgs. 152/2006 individua i criteri generali e metodologici per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque e per il calcolo della loro conformità o meno alla vita dei molluschi (acque a specifica destinazione). Tali criteri si applicano alle acque costiere e di transizione, sedi di banchi e popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, designate come richiedenti protezione e miglioramento per consentire la vita e lo sviluppo dei molluschi e per contribuire alla buona qualità dei prodotti della molluschicoltura destinati al consumo umano.

I programmi di monitoraggio ambientale delle acque marino costiere e di transizione del FVG, definiti nell'ambito della WFD, comprendono la maggior parte delle aree classificate dalla Sanità regionale per la molluschicoltura, pertanto i monitoraggi ambientali sono stati integrati con quelli definiti dalle norme sanitarie, secondo quanto previsto dal "pacchetto igiene". In particolare alcuni parametri ricercati nelle acque destinate alla molluschicoltura vengono indagati anche nei monitoraggi ambientali, anche se ci possono essere delle difformità determinate dall'evoluzione delle norme sanitarie rispetto a quelle ambientali. Nel caso del parametro specifico di *Escherichia coli*, indicatore per la classificazione delle zone adibite alla molluschicoltura (vedi Tabella 6 classificazione sanitaria molluschi), questo integra e supera l'indicatore Coliforme fecale ritenuto, nella norma ambientale, ancora parametro valido per la classificazione delle acque a specifica destinazione, pertanto, il limite previsto nella legge ambientale di fatto non ha più valore per la classificazione sanitaria delle aree designate alla molluschicoltura.

Dal punto di vista sanitario, a livello di controlli sono molto importanti le norme contenute nel "pacchetto igiene" che prevedono sempre la ricerca delle biotossine algali (nella polpa del mollusco) e di fitoplancton potenzialmente tossico (nella colonna d'acqua); pertanto, per le aree designate alla molluschicoltura è previsto un controllo tossicologico specifico basato sulla capacità di bioaccumulo specie-specifica del mollusco e sulla colonna d'acqua per il fitoplancton potenzialmente tossico. Il controllo sanitario del fitoplancton viene così a integrarsi con il controllo ambientale necessario per definire lo stato ecologico.

Come per la molluschicoltura, anche per la balneazione si prevede una specifica destinazione d'uso delle acque monitorate che rientrano nelle aree protette. La direttiva dedicata e le norme di recepimento indicano che il monitoraggio delle acque destinate all'attività ricreativa della balneazione ha la finalità di confermare l'idoneità del profilo caratteristico dell'area (determinato in base ai monitoraggi ambientali dei corpi idrici marini, lagunari e allo

studio delle pressioni che insistono sul territorio) dando il quadro delle informazioni necessarie a definire l'aggiornamento costante del profilo stesso. Oltre a *Escherichia coli* viene monitorata la presenza degli enterococchi intestinali, in grado di permanere più a lungo nell'acqua marina, rilevando così la presenza di inquinamento pregresso. La valutazione della presenza di batteri fecali nel campionamento puntuale è soggetta a dei valori limite il cui superamento, nella stagione in corso, può portare al divieto temporaneo di balneazione. La classificazione delle acque di balneazione, fornita all'inizio di ciascuna stagione balneare, viene eseguita invece elaborando la serie di dati relativi ai quattro anni precedenti di monitoraggio, mediante un algoritmo di calcolo che definisce quattro livelli di contaminazione (vedi Tabella 6 classificazione sanitaria balneazione). Inoltre, anche per questa attività di controllo, viene focalizzata l'attenzione sul fitoplancton potenzialmente tossico e in particolare su quelle specie che possono arrecare seri problemi sanitari ai bagnanti come l'alga marina *Ostreopsis ovata* e i cianobatteri potenzialmente tossici.

## La prospettiva per i monitoraggi futuri

In base al monitoraggio ambientale effettuato nel periodo precedente 2010-2015 e in considerazione dell'aggiornamento della normativa (D.Lgs. 172/2015) sulle sostanze inquinanti (prioritarie e non prioritarie), è stato definito un nuovo Piano di monitoraggio per il periodo 2016-2021, in linea con quanto disposto dal distretto delle Alpi Orientali di cui la nostra regione fa parte. I risultati del Piano, rivisto e implementato con i nuovi parametri, forniranno una nuova classificazione dello stato ecologico e chimico delle acque marino costiere e lagunari.

Per il monitoraggio relativo alla Strategia Marina, si continueranno le ricerche con l'obiettivo di raggiungere il "buono" stato ambientale entro il 2020. Le indagini finora condotte su alcuni dei "descrittori qualitativi" che permettono di determinare il "buono" stato ambientale, elencati nel D.Lgs. 190/2010, potranno essere ampliate con lo studio dei descrittori non ancora indagati quali, per esempio, le misure del rumore marino o la contaminazione delle microplastiche negli animali marini.

Per le acque destinate alla vita dei molluschi si continuerà il controllo per il triennio 2016-2018, che darà conferma o meno della classificazione attuale.

Relativamente alla balneazione le classificazioni annuali, comprendono i periodi relativi alle serie di dati delle ultime tre stagioni balneari passate più quella dell'anno in corso dando in questo modo, relativamente alla microbiologia delle acque, un aggiornamento delle tendenze possibili.



# Stima del valore di beneficio salutare del selenio nel ghiozzo gò nella laguna di Marano

Alessandro Acquavita, Nicola Bettoso  
ARPA FVG, Qualità delle acque marine e di transizione



By Bjoertvedt (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), via Wikimedia Commons]

## Il selenio: una protezione contro il mercurio

Il bioaccumulo è il processo attraverso cui sostanze tossiche persistenti si accumulano all'interno di un organismo in concentrazioni superiori a quelle riscontrate nell'ambiente circostante. Tale processo avviene attraverso diverse vie di esposizione quali la respirazione, il semplice contatto o l'ingestione. Una volta entrate alla base della catena trofica queste sostanze vengono "biomagnificate", ovvero aumentano esponenzialmente la loro concentrazione fino al consumatore finale che può essere anche l'uomo.

I metalli pesanti sono una classe di sostanze naturalmente presenti nell'ambiente, il cui livello viene incrementato in conseguenza delle attività antropiche. Un particolare interesse da parte della comunità scientifica internazionale riguarda il mercurio (Hg), elemento con spiccata neurotossicità nella sua forma organica: il metilmercurio (MeHg). Quest'ultimo bioaccumula e biomagnifica lungo l'intera catena trofica fino all'uomo (Clarkson, 1999).

Le risorse ittiche rappresentano la principale fonte di esposizione dell'uomo al mercurio. L'US-EPA (United States Environmental Protection Agency) ha proposto un limite restrittivo riguardante la quantità di MeHg assimilabile con la dieta pari a 1.6  $\mu\text{g}$  di MeHg per 1 Kg di peso corporeo alla settimana. Analogamente, allo scopo di proteggere il consumatore, è in vigore il limite legislativo per la commercializzazione del pescato (Reg. CE 1881/2006) che è pari a 0,5 mg di Hg totale su kg di peso umido.

Diversi studi hanno evidenziato che il selenio (Se) fornisce una protezione nei confronti dei metalli pesanti in particolare rispetto al contenuto di Hg (Ralston, 2008). Le carni dei pesci contengono, di solito, una quantità superiore di Se rispetto al Hg (espressa in termini di rapporto molare) suggerendo, pertanto, che l'assunzione di pesce porti a benefici Se-dipendenti (Ralston, 2008). La quantificazione della protezione è stata calcolata mediante l'indice "valore di beneficio salutare da Se (HBVSe)" introdotto da Ralston et al. (2014): valori positivi o negativi rappresenterebbero, rispettivamente, un beneficio o una

potenziale compromissione della salute in seguito all'assunzione dei prodotti ittici.

## Il ghiozzo gò e i limiti legislativi per la commercializzazione

Il ghiozzo gò (*Zosterisessor ophiocephalus*; Figura 1) è una specie ittica caratteristica degli ambienti lagunari dell'area mediterranea. Esso rappresenta una risorsa di pregio nella laguna di Marano (Adriatico Settentrionale) dove viene pescato con diversi metodi artigianali a seconda della stagione: durante il periodo invernale i ghiozzi vengono catturati a mano all'interno delle loro tane di sverno, in primavera si utilizzano i cogolli, mentre nel periodo estivo-autunnale la cattura avviene con delle specifiche nasse. Questi sono sistemi di pesca a bassissimo impatto ambientale ed estremamente selettivi, in quanto orientati alla cattura esclusiva di questa specie. Nella laguna di Marano, durante il periodo 1988-2007, ne sono stati catturati mediamente in quantità pari a 26 t/anno. Attualmente il quantitativo annuale di produzione è in aumento a causa della crescente richiesta di questo prodotto e, soprattutto, a un ritorno dei pescatori verso le attività di pesca tradizionali.

Negli anni '90 alcune analisi condotte sulla specie in oggetto nella laguna di Marano e Grado evidenziarono numerosi superamenti del limite legislativo per la commercializzazione (Brambati, 1996), mentre nel 2010 si osservò che in esemplari di pezzatura inferiore a quella ottimale per la commercializzazione il limite viene solitamente rispettato. Quindi all'interno del sistema lagunare vi è una continua alternanza tra la presenza di prodotti compatibili e incompatibili con la commercializzazione.

In seguito a una comunicazione del sistema di allerta alimenti (Riferimento Regione Veneto 14/113-A- mercurio in ghiozzi) in un campione di ghiozzi, provenienti dalla laguna, venne riscontrata una non conformità per la presenza di Hg.

## Da dove arriva il mercurio in laguna?

L'areale marino-costiero del Friuli Venezia Giulia è interessato da un elevato grado di anomalia per la presenza di Hg a livello dei sedimenti, sia nel golfo di Trieste, che nell'adiacente laguna di Marano e Grado. In quest'ambiente l'origine della contaminazione è duplice essendo causata sia dagli apporti di materiale terrigeno e di sabbie provenienti dal fiume Isonzo, sia da quelli provenienti dal sistema fluviale Aussa-Corno.

Le acque fluviali isontine dilavano i terreni contaminati presenti nel distretto minerario di Idrija (Slovenia occidentale) dove è stata svolta un'importante attività estrattiva per più di 500 anni. Si stima che durante le attività siano state scavate circa 12 milioni di tonnellate di roccia, recuperate 100.000 tonnellate di Hg elementare e 7.000 tonnellate di cinabro ma, allo stesso tempo, 35.000 tonnellate di Hg sono state disperse nell'ambiente (Dizdarevič, 2001). Attraverso il sistema fluviale la contaminazione raggiunge il golfo di Trieste e, sfruttando la circolazione delle acque e il fenomeno delle maree, entra nel sistema lagunare. All'interno della laguna si devono aggiungere i 186.000 kg di Hg sversati nel fiume Aussa, immissario della laguna di Marano, quale conseguenza dell'attività svolta nell'impianto cloro-soda del complesso industriale di Torviscosa. Lo sversamento iniziato nel 1949 si è protratto fino al 1984, anno in cui vennero adottati adeguati metodi di recupero e di depurazione dei reflui.

Attualmente i sedimenti lagunari sono caratterizzati da una contaminazione con un gradiente positivo Ovest-Est. Le concentrazioni di Hg sono comprese tra circa 1 e 12 mg/kg, con accumuli significativi nella zona centrale corrispondente al bacino di Buso (Acquavita *et al.*, 2012) e si approfondano nello spessore del sedimento (Figura 2). È chiaro che la mobilità dell'elemento dal sedimento può portare al suo bioaccumulo lungo la catena trofica.

Figura 1: ghiozzo gò (*Zosterisessor ophiocephalus*).



## Nessun rischio di tossicità nel consumo del ghiozzo gò

L'obiettivo del lavoro condotto è stato quello di effettuare un'indagine ispettiva per stimare l'HBVSe nella polpa edule di esemplari di *Z. ophiocephalus* raccolti nella laguna di Marano durante la stagione primaverile e autunnale 2015, in funzione del periodo riproduttivo della specie. Le analisi di Hg e Se sono state condotte con metodi normati.

Il valore medio della concentrazione di Hg in tutti gli esemplari analizzati è stato di 0,60 mg/kg p.u. (peso umido) (Tabella 1). Negli individui maschili la media è

generalmente inferiore al limite normativo, mentre nelle femmine eccede in circa l'80% degli esemplari analizzati specialmente in primavera (stagione riproduttiva). Nella stagione autunnale, non riproduttiva e caratterizzata dalla prevalenza di individui maschi, il valore medio di Hg si aggira attorno al limite normativo. Comportamento e fisiologia della specie influiscono sul bioaccumulo di Hg tra femmine e maschi. Le femmine infatti hanno una concentrazione di Hg significativamente superiore malgrado i maschi siano di dimensioni maggiori. È stata osservata una relazione, seppur non significativa, con la concentrazione nel sedimento, tipico di una specie che ne vive a contatto (Barhoumi *et al.*, 2014).

Figura 2: distribuzione della concentrazione di Hg (mg/kg s.s.) nei sedimenti superficiali lagunari (tratta da Acquavita *et al.*, 2012).

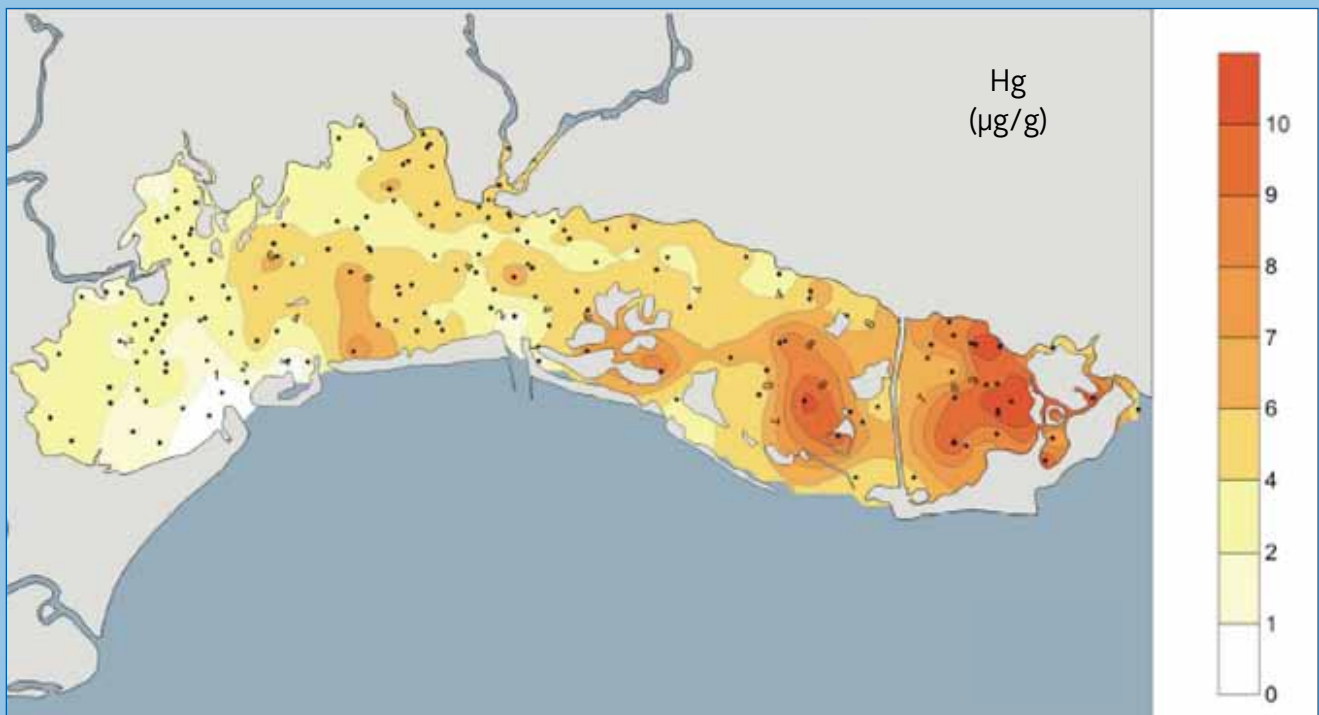


Tabella 1: valore medio della concentrazione di Hg, Se e dell'indice HBVSe in funzione del sesso e della stagione di campionamento.

	Totale individui	Hg	Se	HBVSe
	numero	mg/kg	mg/kg	rapporto molare
maschi ♂	112	0,48	0,21	0,0
femmine ♀	96	0,74	0,20	0,0
primavera ♀+♂	116	0,66	0,19	0,0
autunno ♀+♂	92	0,51	0,22	0,0



Le concentrazioni di Se sono piuttosto costanti e del tutto simili tra maschi e femmine con una media di 0,2 mg/kg p.u. (peso umido). Infatti, al contrario del Hg, il Se è un elemento che viene regolato omeostaticamente dall'organismo (Swanson *et al.*, 2003).

L'indice HBVSe è risultato pari a 0,0 a prescindere dal sesso e dalla stagione di campionamento. Ciò suggerisce che il consumo alimentare della polpa non costituisce un

**Il consumo della polpa del ghiozzo gò non presenta rischi di tossicità da mercurio (Hg)**

surplus di Se per la dieta e, allo stesso tempo, non presenta rischi di tossicità da Hg, in quanto quest'ultimo non eccede la quantità di Se assunta con la polpa del pesce. Bisogna considerare

inoltre che il Se non è l'unico fattore protettivo che si acquisisce nell'assunzione di pesce con la dieta. Per una più completa valutazione dell'analisi di rischio di intossicazione da Hg si dovrebbe comprendere anche la concentrazione nella polpa edule degli acidi grassi omega-3 e omega-6, e delle diverse vitamine con la costruzione di un indice ben più complesso (Reyes *et al.*, 2017).

In futuro, sarebbe plausibile effettuare un'indagine volta alla stima dell'indice HBVSe per le altre specie ittiche di interesse commerciale, al fine di stilare un elenco delle specie più indicate quale fonte di Se da assumere nella dieta.

## Bibliografia

- Acquavita A., Covelli S., Emili A., Berto D., Faganeli J., Giani M., Horvat M., Koron N., Rampazzo F., 2012, *Mercury in the sediments of the Marano and Grado Lagoon (Northern Adriatic Sea): sources, distribution and speciation*, in «Estuarine, Coastal & Shelf Science», 13, 20-31.
- Barhoumi B., Clérandeau C., Gourves P.-Y., Le Menach K., El Megdiche Y., Peluhet L., Budzinski H., Baudrimont M., Ridha Driss M., Cachot J., 2014, *Pollution biomonitoring in the Bizerte lagoon (Tunisia), using combined chemical and biomarker analyses in grass goby, Zosterisessor ophiocephalus (Teleostei, Gobiidae)*, in «Marine Environmental Research», 101, 184-195.
- Brambati, A., 1996, *Metalli pesanti nelle Lagune di Marano e Grado. Piano di studi finalizzato all'accertamento della presenza di eventuali sostanze tossiche persistenti nel bacino lagunare di Marano e Grado ed al suo risanamento*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione dell'ambiente, Servizio dell'idraulica, 174 pp.
- Clarkson T.W., 1999, *Human toxicology of mercury*, in «The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine», 11, 303-317.
- Dizdarevič T., 2001, *The influence of mercury production in Idrija mine on the environment in the Idrija region and over a broad area*, in «RMZ - Materials & Geoenvironment», 48, 56-64.
- Ralston N.V.C., 2008, *Selenium health benefit values as seafood safety criteria*, in «EcoHealth», 5, 442-455.
- Ralston N.V.C., Azenkeng A., Ralston C.R., Lloyd Blackwell III J., Raymond L.J., 2014, *Selenium-Health Benefit Values as seafood safety criteria*, in: *Seafood science – Advances in chemistry, technology and applications*. (Se-Kwon Kim Editor), CRC Press Taylor & Francis Group, 433-455.
- Reyes E.S., Aristizabal Henao J.J., Kornobis K.M., Hanning R.M., Majowicz S.E., Liber K., Stark K.D., Low G., Swanson H.K., Laird B.D., 2017, *Associations between omega-3 fatty acids, selenium content, and mercury levels in wild-harvested fish from the Dehcho Region, Northwest Territories, Canada*, in «Journal of Toxicology and Environmental Health», 80(1), 18-31.
- Swanson H.K., Johnston T.A., Leggett W.C., Bodaly R.A., Doucett R.R., Cunjak R.A., 2003, *Trophic positions and mercury bioaccumulation in rainbow smelt (Osmerus mordax) and native forage fishes in Northwestern Ontario Lakes*, in «Ecosystems», 6, 289-299.

# Rumore subacqueo

Antonio Codarin, Federico Pittaluga  
ARPA FVG, Qualità delle acque marine e di transizione



## Il suono è fondamentale per la vita marina

Sotto la superficie del mare il suono svolge un ruolo fondamentale nella vita di molti organismi marini, in quanto fornisce una "visuale" in tre dimensioni dello spazio circostante il singolo individuo, che si estende spesso ben oltre quello fornito dagli altri sensi. Funge, infatti, da importante canale di comunicazione (Zelick *et al.*, 1999) come preludio o durante l'accoppiamento, nell'aggregazione tra organismi della stessa specie, come avvertimento di pericolo e permette loro di raccogliere anche una grande quantità di informazioni sull'ambiente circostante, grazie anche all'alta velocità di propagazione del suono in acqua (Fay, 2008).

Anche i suoni prodotti dall'uomo, proprio come quelli naturali, si diffondono molto efficacemente sott'acqua, innalzando il livello generale di rumore e sovrapponendosi, parzialmente o totalmente, a quelli biologicamente rilevanti.

Qualsiasi alterazione della capacità di individuare o analizzare il panorama acustico circostante può potenzialmente avere un impatto negativo sulla vita di un animale

e, in termini generali, sulla sopravvivenza delle specie. I suoni, infatti, non interferiscono unicamente con le capacità sensoriali degli animali e con la loro capacità di comunicare (Codarin *et al.*, 2009), ma potrebbero anche avere una gamma più estesa di effetti, dalla morte immediata allo spostamento dai siti in cui gli animali abitualmente si nutrono (Hastings e Popper, 2005) di alterazione del rapporto preda/predatore o dei comportamenti riproduttivi e di orientamento (Gisiner *et al.*, 1998).

**I suoni prodotti dall'uomo si sovrappongono a quelli biologicamente rilevanti**

A livello istituzionale il rumore antropico sottomarino è oggi considerato come vera e propria sorgente inquinante e la direttiva quadro sulla gestione e utilizzo degli ambienti marini (Marine Strategy Framework Directive, Direttiva 2008/56/EC) inserisce il "rumore sottomarino prodotto dall'uomo" all'interno della definizione di "inquinamento" e lo elenca nella lista di pressioni da analizzare e monitorare ai fini della determinazione del "buono" stato ecologico degli ambienti marini e della preparazione delle strategie di tutela. Il documento, inoltre, suddivide il rumore in due tipologie: rumori impulsivi a basse e medie frequenze (attività esplorative a fini estrattivi, installazione di pali per la costruzioni di piattaforme e stazioni eoliche) e rumori continui a bassa frequenza (principalmente dal traspor-



to marittimo). In particolare, per quest'ultima tipologia, è richiesto il monitoraggio dell'intensità di due specifiche frequenze, i 63 e i 125 Hz.

## Quanto rumore sottomarino c'è nel golfo di Trieste

La posizione strategica, le acque relativamente poco profonde e le caratteristiche geomorfologiche del golfo di Trieste hanno permesso lo svilupparsi di molteplici attività dipendenti dal mare, quali quella mercantile, alieutica e diportistica. Questo comporta che le specie che vivono nell'area siano inevitabilmente sottoposte a pressioni di diversa portata, sia di tipo diffuso che puntuale.

ARPA FVG, in collaborazione con l'Area Marina Protetta di Miramare, valuta dal 2012 il rumore di fondo marino in 13 stazioni di registrazione (Figura 1), utilizzando un particolare microfono subacqueo, detto idrofono: si evidenzia un clima acustico dai valori medio-alti e senza apparente stagionalità, con un picco d'intensità alle basse frequenze (Figura 2).

A livello spaziale, le stazioni al largo e in prossimità della costa orientale sono le più rumorose per entrambe le fre-

quenze richieste dalla Marine Strategy (Figure 3 e 4) con i 125 Hz sempre più intensi rispetto ai 63 Hz.

Osservando la Figura 5, infine, non si rileva un chiaro andamento delle intensità delle diverse frequenze nel corso degli anni, tuttavia sembra emergere una leggera tendenza all'innalzamento dei livelli sonori per i 125 Hz nel corso dell'ultimo quinquennio.

I dati attualmente a disposizione non permettono una descrizione dei potenziali effetti sulla fauna locale ad ampia scala, sia spaziale che temporale, ma si può almeno quantificare se il rumore locale possa essere rilevato o meno da specifiche categorie di organismi. La sensibilità uditiva di una specie dipende dal range di frequenze entro le quali l'animale riesce a percepire un suono, e dalla sua soglia uditiva, ovvero il livello sonoro minimo (espresso in decibel) al quale l'organismo risponde. Queste due caratteristiche sono rappresentate mediante un audiogramma, dove a diversi valori di frequenza corrispondono diversi valori di intensità (Figura 6).

Comparandoli con i dati medi registrati tra il 2012 e il 2017 e la registrazione di una nave in transito alla distanza di circa 3,5 miglia nautiche, si evince che le spe-

Figura 1: stazioni di registrazione suddivise per macro-aree sovrapposte a una mappa di densità di traffico marittimo.

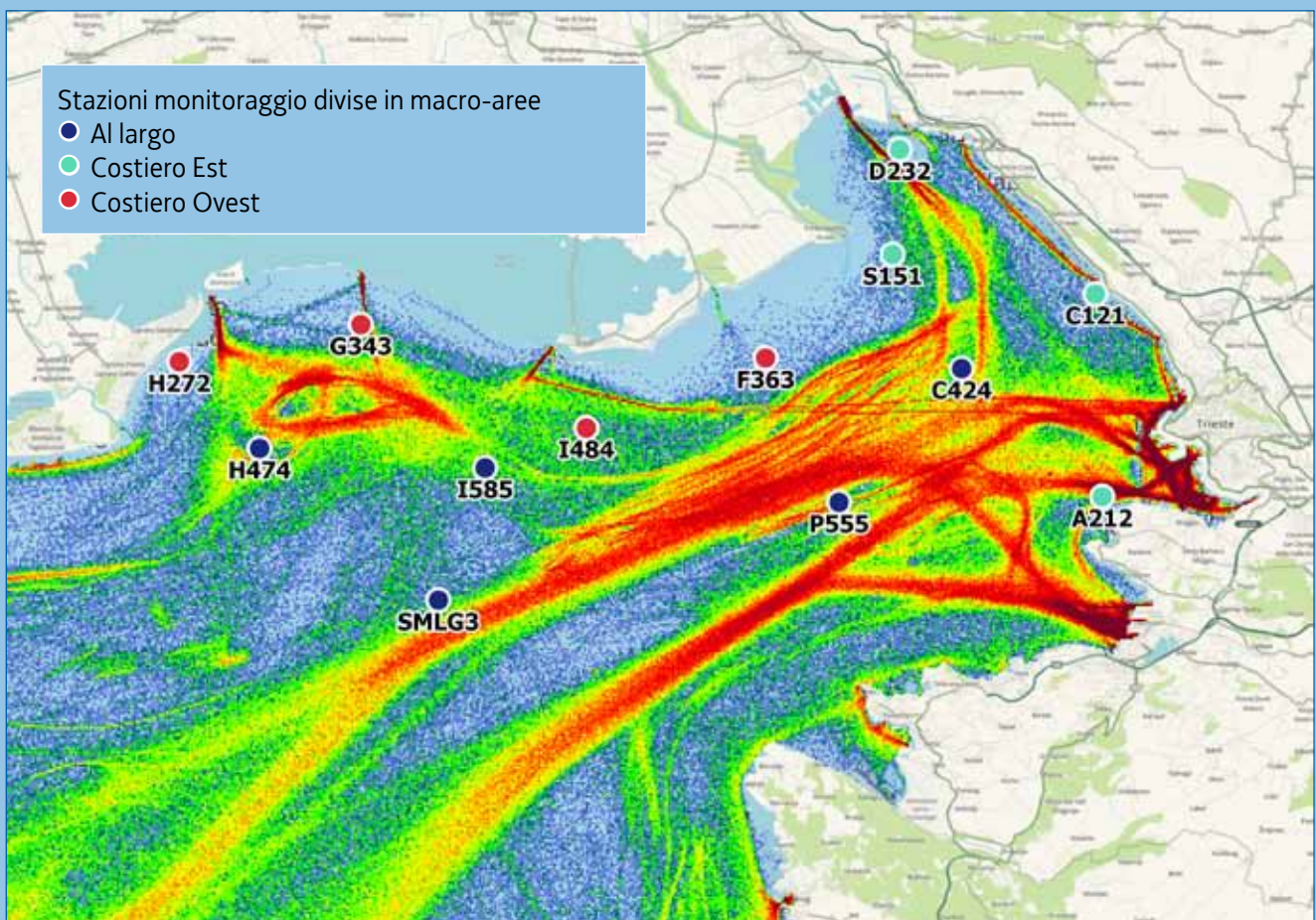


Figura 2: distribuzione in frequenza delle intensità nel periodo 2012-2017.

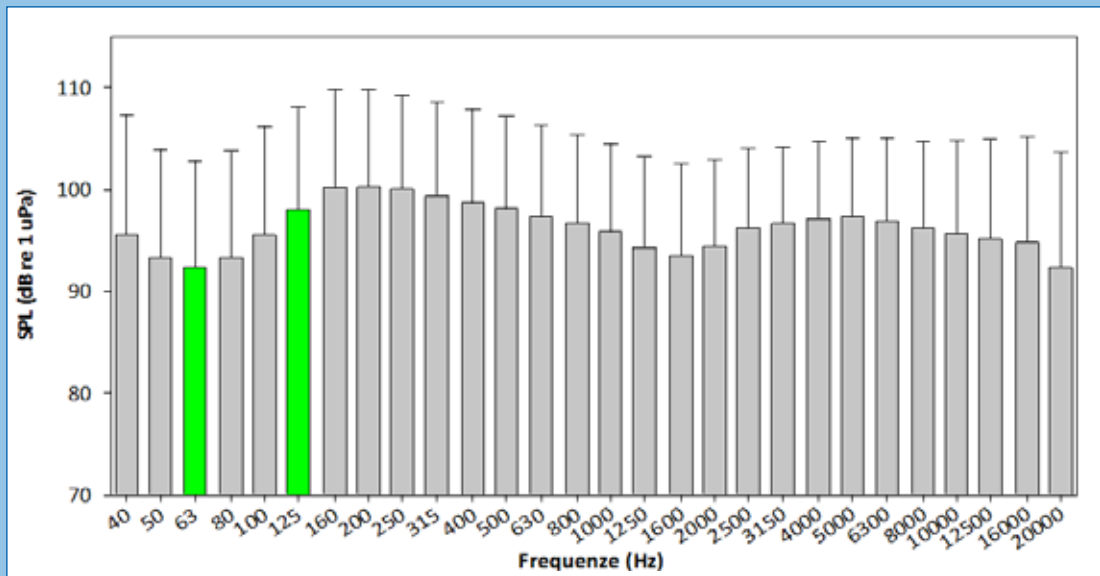
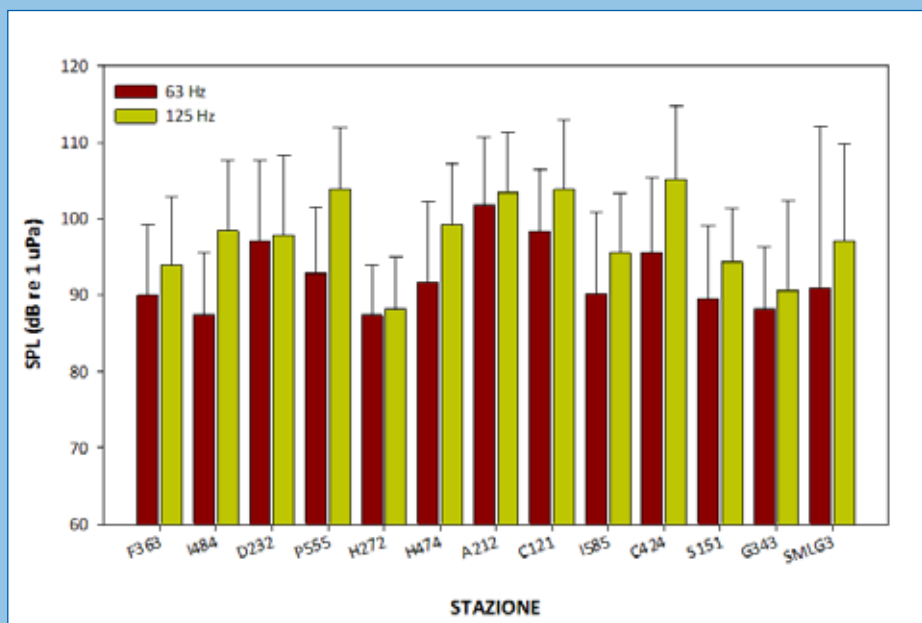


Figura 3: intensità media dei 63 e 125 Hz nelle stazioni di monitoraggio nel periodo 2012-2017.



cie esposte in modo teoricamente maggiore sono quelle che, per loro natura, grazie a particolari strutture anatomiche, riescono a “sentire meglio”, come, ad esempio, le corvine, i moli e le acciughe (Figura 6).

## Che cosa sta causando l'aumento del rumore sottomarino?

A livello mondiale il rumore associato alla navigazione mercantile è il principale responsabile dell'innalzamento del rumore di fondo di tutti gli oceani (Abdulla e Linden, 2008). Tra i rumori legati al passaggio di un'imbarcazione,

il fenomeno della cavitazione genera quello più intenso. Esso è prodotto dalla velocità con la quale le pale delle eliche ruotano nell'acqua: infatti se la parte dell'elica prossima all'asse gira a una data velocità, e generando una spinta ottimale, la parte più esterna della pala gira a velocità maggiore, e crea una turbolenza che causa la formazione di miliardi di bolle d'aria che successivamente implodono, dissipando l'energia di spinta della pala in calore e rumore.

A livello locale l'introduzione di rumore in ambiente sabbacqueo sembra sia generata, dalle navi mercantili e da

pesca, e, in determinati periodi dell'anno, anche dalla navigazione da diporto.

Andando nel dettaglio, confrontando le intensità medie di ogni singola stazione con una mappa di densità delle imbarcazioni con trasponder AIS (Automatic Identification System), si può supporre che le intensità maggiori si riscontrino in quei siti dove l'attività di pesca professionale e il passaggio di imbarcazioni o navi sia più frequente (Figura 1).

## Come si può limitare il fenomeno?

L'Italia ha incominciato a muovere i primi passi per la regolamentazione dell'immissione di rumore in ambiente marino solamente nei primi anni del 2000, adottando

le "Linee Guida per la gestione dell'impatto di rumore antropogenico sui cetacei nell'area ACCOBAMS". La lacuna giuridica è stata colmata nel 2008 con la Direttiva 2008/56 recepita in Italia con il D.Lgs. 190/2010, al fine di ridurre le pressioni antropiche sul biota marino.

A livello pratico si stanno ricercando possibili evoluzioni dei sistemi propulsivi e degli scafi. Il problema del rumore generato dalle eliche dei motori in cavitazione può essere limitato con alcune accortezze tecniche; alcune analisi costi-benefici, per esempio, hanno evidenziato come la modifica del flusso in arrivo alle eliche (modificando la chiglia o creando condotti che incanalano il flusso sulle eliche) sia l'operazione più semplice e con migliori risultati rispetto a ridisegnare il sistema di propulsione o delle

Figura 4: media dei dati dei 63 e 125 Hz suddivise per macro-aree spaziali.

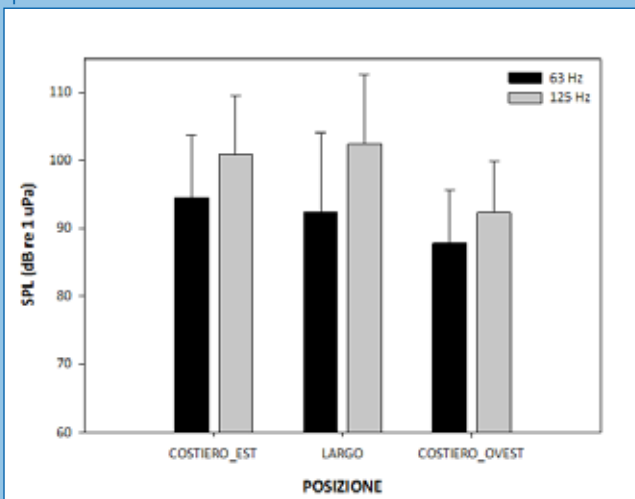


Figura 5: trend dei 63 e 125 Hz nel periodo 2012-2017.

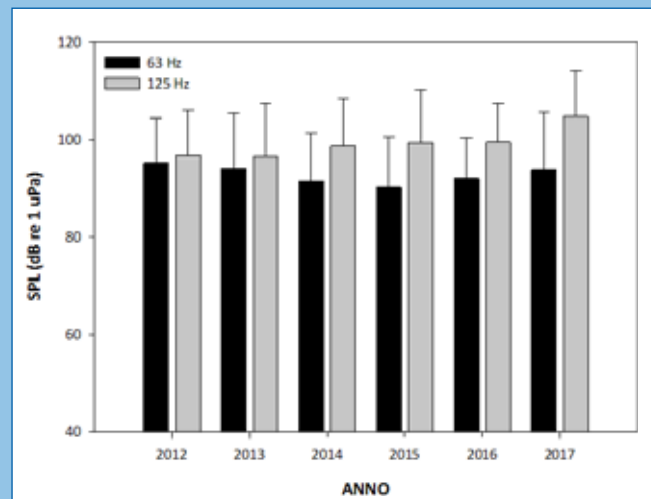
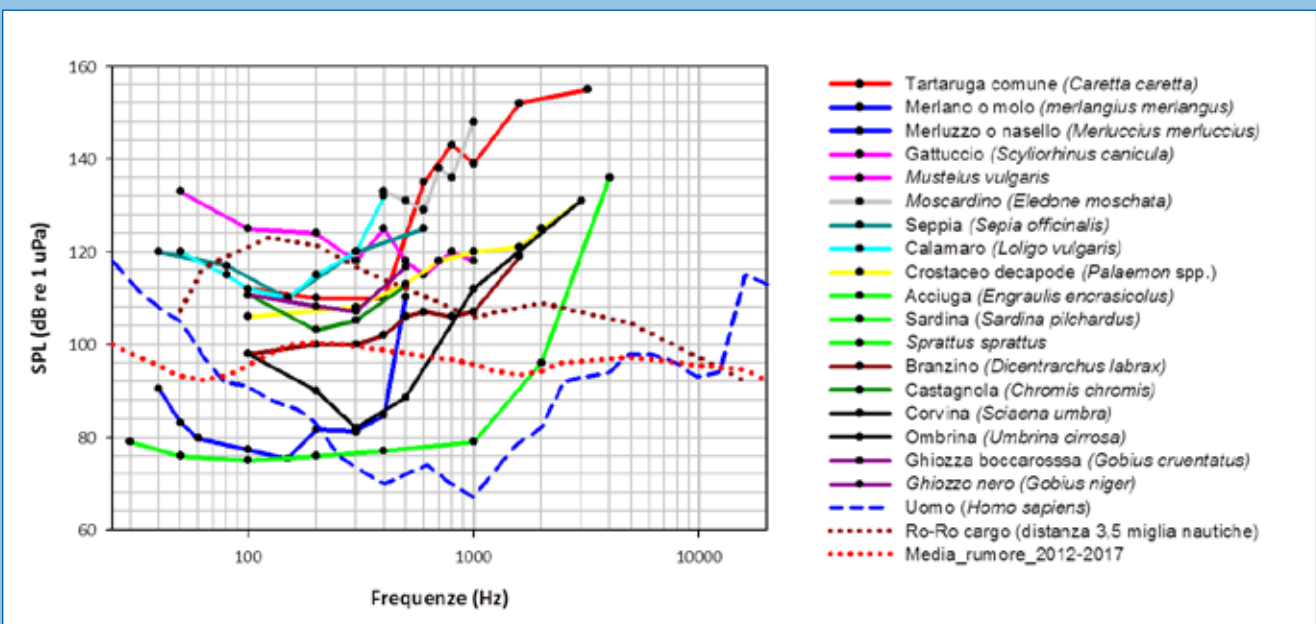


Figura 6: audiogrammi di diverse specie locali comparate a diverse tipologie di rumore. Per confronto, è stato inserito anche l'audiogramma umano ottenuto in acqua.





eliche stesse (Feizi Chekab *et al.*, 2013). Il risultato finale dovrebbe permettere, oltre all'attenuazione del rumore, una migliore efficienza propulsiva che si tradurrebbe in un risparmio di carburante con ovvi vantaggi, sia ambientali che economici.

ARPA FVG, inoltre, al fine di ottenere una misura fedele del rumore ambientale medio subacqueo, ha iniziato, in collaborazione con il CNR-ISMAR (Consiglio Nazionale Delle Ricerche-Istituto di Scienze Marine), una campagna di misure in continuo, al fine di validare le proprie misure puntuali e per ampliare le proprie conoscenze sulle condizioni acustiche cui sono sottoposti gli organismi.

### Prospettive della ricerca

Attualmente le conoscenze sugli effetti dell'esposizione al rumore sono ancora limitate per poter indicare uno specifico valore di rumore di fondo da impostare come soglia di riferimento per questo indicatore (Van der Graaf *et al.*, 2012).

ARPA FVG ha effettuato e continuerà a organizzare in maniera sistematica il monitoraggio e l'archiviazione di dati inerenti al rumore subacqueo generato da fonti antropiche, per determinarne il contributo al rumore di fondo, ma sarà indispensabile affiancare studi sull'esposizione delle specie a tale fenomeno.

Fondamentale sarà determinare se i rumori di genesi antropica interferiscano con la capacità della fauna acquatica di rilevare i suoni biologicamente rilevanti rispetto al background sonoro di fondo. A esso, in seguito a esposizione prolungata, può sommarsi anche un innalzamento della soglia uditiva a specifiche frequenze o un'interferenza con le capacità comunicative nei pesci, che può portare a una incapacità di localizzare i conspecifici, il cibo, o di rilevare la presenza di predatori; si può quindi ipotizzare che il rumore, oltre a ricadute negative a livello individuale, ne abbia anche a livello di popolazione. A oggi, però, è ancora lontana la comprensione della portata di questi effetti e la possibilità di fornire utili modelli che consentano di anticipare tali conseguenze. A complicare ulteriormente il quadro, ci sono evidenze che mostrano come non tutte le specie siano condizionate dal rumore, oppure che per alcune specie solo determinati rumori siano dannosi o lo siano solo in determinati periodi del loro ciclo biologico. In futuro ci sarà bisogno di un vasto set di dati, che esamini sia diversi organismi sia diverse sorgenti sonore, con indagini mirate a trovare una eventuale relazione, sia a breve sia a lungo termine, tra il rumore e la distribuzione e la riproduzione di determinate specie, nonché di mascheramento dei suoni biologicamente utili. Tali studi dovrebbero essere condotti preferibilmente sul campo e con individui liberi di muoversi, in modo da non condizionare in alcun modo la loro risposta.

### Bibliografia

- Zelick R., Mann D.A., Popper A.N., 1999, *Acoustic communication in fishes and frogs*, in *Comparative Hearing: Fish and Amphibians*, Popper, Fay, eds., pp. 363-411, New York, Springer-Verlag.
- Fay R.R., 2008, *Sound source perception and stream segregation in non-human vertebrate animals*, in *Auditory Perception of Sound Sources*, Yost, Popper, Fay, eds., pp. 307-323; New York, Springer Science+Business Media.
- Codarin A., Wysocki L.E., Ladich F., Picciulin M., 2009, *Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area*, Miramare, Italy, in <<Marine Pollution Bulletin>> 58, 1880-1887.
- Hastings M.C., Popper A.N., 2005, *Effects of sound on fish*. California Department of Transportation Contract 43A0139, Task Order 1. [http://www.dot.ca.gov/hq/env/bio/files/Effects\\_of\\_Sound\\_on\\_Fish23Aug05.pdf](http://www.dot.ca.gov/hq/env/bio/files/Effects_of_Sound_on_Fish23Aug05.pdf).
- Gisiner R.C., Cudahy E., Frisk G.V., Gentry R., Hofman R., Popper A.N., Richardson W.J., 1998, *Workshop on the effects of anthropogenic noise in the marine environment*.
- EU, 2008, *Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive)*, in <<Official Journal of the European Union>>, L164, 19-40.
- Abdulla A., Linden O., 2008, *Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and mitigation measures*. International Union for Conservation of Nature Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain.
- Feizi Chekab M., Ghadimi P., Djeddi, S.R., Soroushan M., 2013, *Investigation of different methods of noise reduction for submerged marine propellers and their classification*, in <<American Journal of Mechanical Engineering>>, 1(2), 34-42.
- Van der Graaf A.J., Ainslie M.A., André M., Brensing K., Dalen J., Dekeuling R.P.A., Robinson S., Tasker M.L., Thomsen F., Werner S., 2012, *European Marine Strategy Framework Directive - Good Environmental Status (MSFD GES): report of the technical subgroup on underwater noise and other forms of energy*.

## 7. Dissesto idrogeologico

Il Friuli Venezia Giulia è una regione soggetta a fenomeni di dissesto idrogeologico in virtù delle elevate precipitazioni con valori medi annui tra i più alti d'Italia. Oltre alle misure strutturali per la messa in sicurezza del territorio, sono fondamentali anche quelle non strutturali per ridurre il rischio a livelli accettabili.

Fabrizio Gerd Kranitz

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione centrale ambiente ed energia, Area tutela geologico-idrico-ambientale, Servizio geologico

Gabriele Peressi

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Protezione civile della regione

In Italia, le frane e le inondazioni sono fenomeni diffusi, ricorrenti e pericolosi.

Negli ultimi 50 anni (dal 1964 al 2013) le frane e le inondazioni hanno causato in Italia complessivamente 2007 morti, 87 dispersi e almeno 2578 feriti.

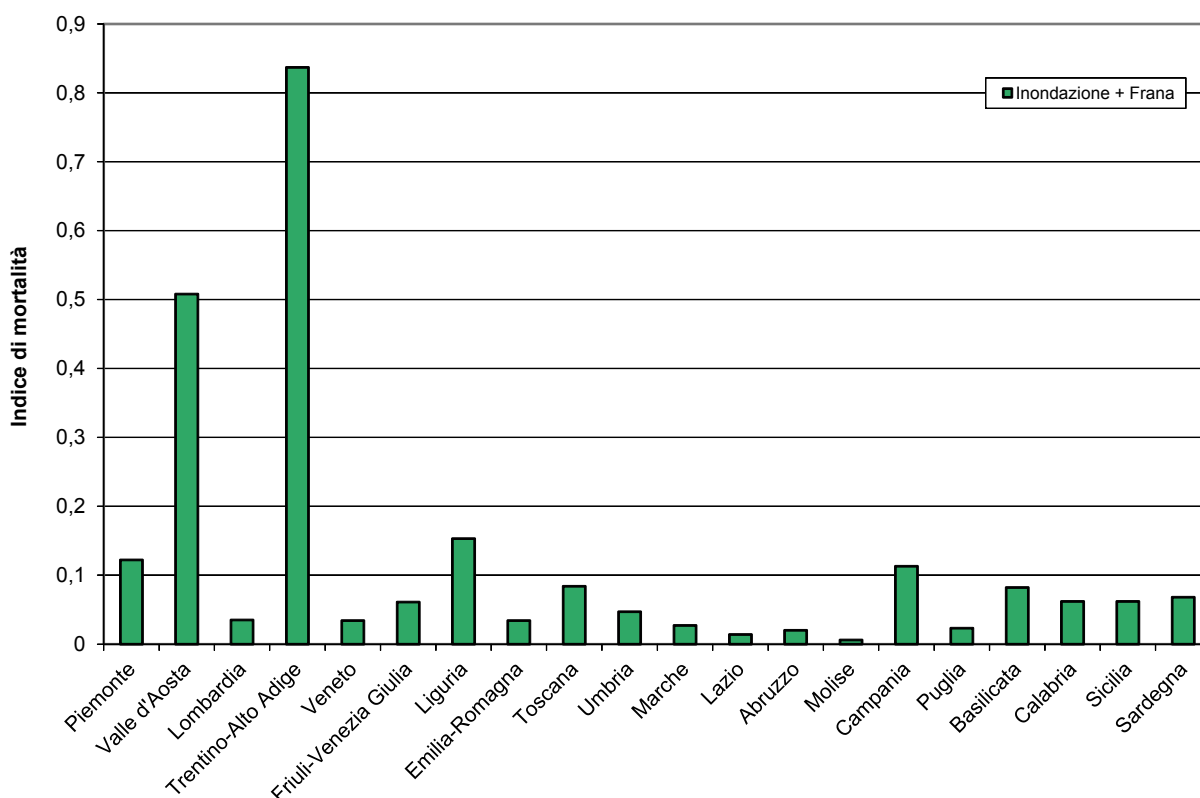
A livello regionale, tra il 1964 e il 2015, il Trentino Alto Adige e la Campania hanno subito il maggior numero di vittime dovute al dissesto idrogeologico; le più colpite, se rapportate alla popolazione, sono le regioni alpine del Trentino

Alto Adige e della Valle d'Aosta. Il Friuli Venezia Giulia si inserisce in una posizione intermedia (Figura 1).

Le cifre provengono dagli studi dell'IRPI, l'Istituto di ricerca del CNR per la protezione idrogeologica, nel rapporto di sintesi sul dissesto idrogeologico in Italia, 2016 redatto per ISPRA.

L'impatto che gli eventi geo-idrologici hanno sulla popolazione è un problema di rilevanza sociale prima ancora che d'interesse scientifico.

Figura 1: indice di mortalità per inondazioni e frane in Italia dal 1964 al 2015.





## La pericolosità e il rischio

I dissesti idrogeologici nella nostra regione sono fenomeni legati alle particolari condizioni geologiche e geomorfologiche dei terreni (cause preparatorie o predisponenti), ma gli elevati valori di sismicità e di piovosità sono poi fattori scatenanti o innescanti.

La fotografia della distribuzione spaziale della pericolosità idraulica e da frana deriva dalle perimetrazioni del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), dove le classi di pericolosità sono individuate in ordine crescente da P1, moderata, a P4, molto elevata.

La pericolosità può essere definita come la probabilità di accadimento di un fenomeno potenzialmente pericoloso in un determinato intervallo di tempo in una certa area (Varnes *et al.*, 1984). Nell'uso comune della terminologia spesso, pericolosità e rischio vengono usate in modo alternativo anche se in realtà nella loro definizione l'una dipende dall'altra. Il rischio dipende dall'interazione tra la probabilità che un evento calamitoso accada (pericolosità) e il danno che questo evento produrrebbe sulla salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. La valutazione del rischio non può, pertanto, prescindere, da un lato, dalla conoscenza delle condizioni di pericolosità del territorio e, dall'altro, dall'individuazione e stima degli elementi presenti e suscettibili a subire danni a seguito di un evento (Regione FVG, 2016).

In Friuli Venezia Giulia, per quanto attiene alla pericolosità idraulica, la superficie delle aree a pericolosità "elevata" P3, con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni, è di 232 km<sup>2</sup> pari al 3% del territorio. La superficie delle aree a pericolosità "media" P2, con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni, è di 590 km<sup>2</sup>, pari al 7,5% del territorio (Figure 2 e 3). La superficie delle aree a pericolosità P1 (scarsa probabilità di alluvioni, o scenari di eventi estremi o storici) è di 676 km<sup>2</sup> pari al 8,6% territorio.

In Friuli Venezia Giulia, la superficie complessiva, delle aree a pericolosità da frana PAI è pari a 207 km<sup>2</sup> (2,6% del territorio regionale) (Figura 4 e 5). Se prendiamo in considerazione le classi a maggiore pericolosità ("elevata" P3 e "molto elevata" P4), assoggettate ai vincoli di utilizzo del territorio più restrittivi, le aree ammontano a 188 km<sup>2</sup>, pari al 2,4% del territorio regionale.

Nel catasto frane regionale, a dicembre 2016, erano censiti 5483 areali di frana. Un areale di frana può corrispondere anche a un intero versante entro cui possono verificarsi uno o più eventi; in tali contesti possono annualmente avvenire singoli episodi di crollo che vengono registrati come eventi di frana e ai fini del catasto frane vanno ad

aggiornare un unico areale di frana. Pertanto il numero apparentemente modesto di 5483 frane contiene un numero molto maggiore di eventi di frana attivati. Se si considera solo la porzione collinare-montana, il 15,59% di territorio è mappato con fenomeni franosi e di questi più di 1/3 ricade in aree antropizzate o interessa infrastrutture.

Le frane sono identificate secondo la nota classificazione di Cruden e Varnes (1994) e sono distinte per tipologie; i crolli e i ribaltamenti unitamente agli scivolamenti sono, in Friuli Venezia Giulia, le classi predominanti seguite dai colamenti rapidi (Figura 6).

## Segnalazioni pervenute alla Protezione Civile

Per analizzare cosa sta succedendo in questi ultimi anni si farà riferimento ai dati in possesso della Direzione Regionale della Protezione Civile, in particolare alle segnalazioni di dissesto pervenute.

Il 2016 è stato un anno abbastanza tranquillo dal punto di vista degli eventi avversi; alla Protezione Civile Regionale sono giunte 153 segnalazioni di dissesti di natura idraulica (allagamenti per lo più associati a fenomeni temporaleschi) e 44 segnalazioni di dissesti franosi.

Analizzando nel dettaglio gli effetti al suolo verificatisi nel territorio regionale nel corso del 2016 in ordine cronologico si segnala la piena del fiume Isonzo del 12 gennaio con superamento del livello di primo presidio (piede delle arginature).

In data 7 e 8 febbraio le piogge intense hanno interessato la pianura friulana e in particolare il bacino del torrente Corno nei pressi di San Daniele del Friuli; in tale occasione è entrato in funzione il canale scolmatore salvaguardando i territori posti a valle; più a est è esondato il torrente Lavia nei pressi di Bressa.

In data 11 e 12 giugno si sono registrati allagamenti nel centro abitato di Nogaredo di Prato.

Le piogge del 5 e 7 novembre, che hanno interessato il settore orientale della nostra regione e anche la Slovenia, hanno causato una piena del fiume Isonzo con superamento del livello di guardia senza causare esondazioni.

Il 18 e 19 novembre si è registrata una situazione simile alla precedente, la piena ha avuto il suo culmine con il superamento del livello di primo presidio arginale del fiume nella sezione di Gradisca d'Isonzo e raggiungendo il picco di 8,89 m alle ore 19:30 del giorno 19. Le abbondanti piogge di tali giornate hanno determinato anche le piene degli affluenti, in territorio italiano, del torrente Torre, del fiume Natisono, del torrente Versa e del torrente Judrio.

**Il territorio regionale è caratterizzato da condizioni geomorfologiche fragili, in più la piovosità è a livelli elevatissimi**

Figura 2: piena dell'Isonzo 22-25 dicembre 2009.



Figura 3: pericolosità idraulica in Friuli Venezia Giulia.

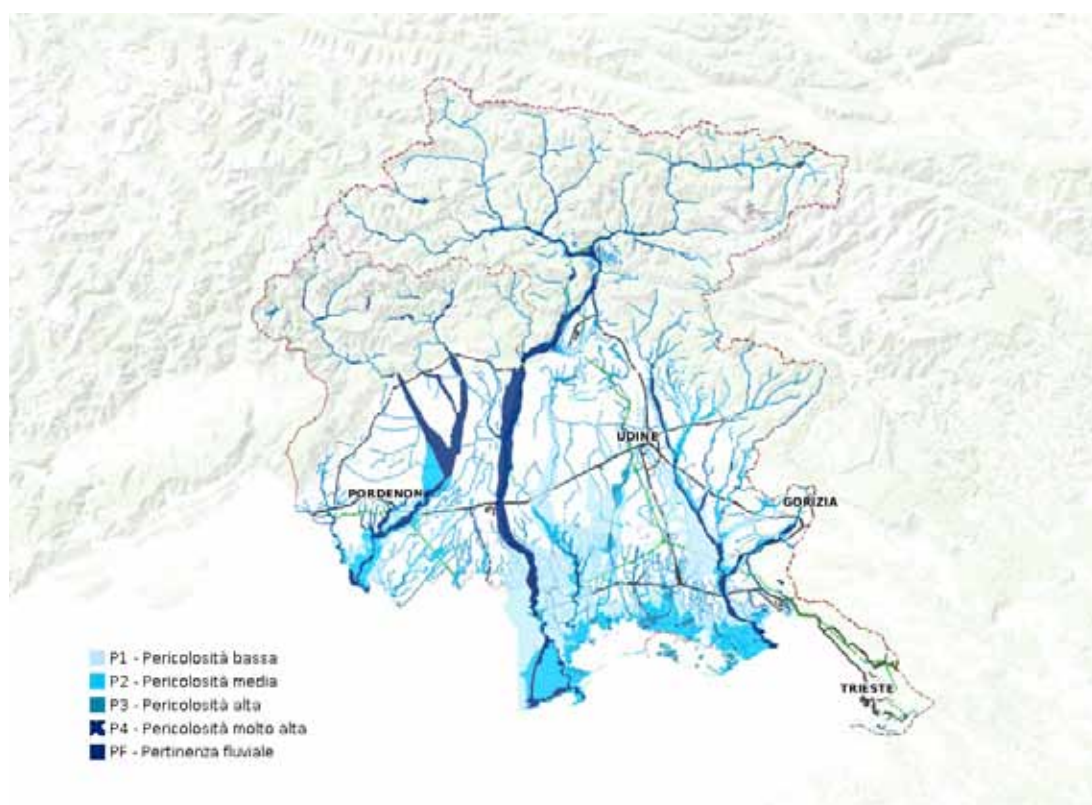


Figura 4: frana di scivolamento Andreis 2002.



Figura 5: distribuzione delle aree in frana in Friuli Venezia Giulia.

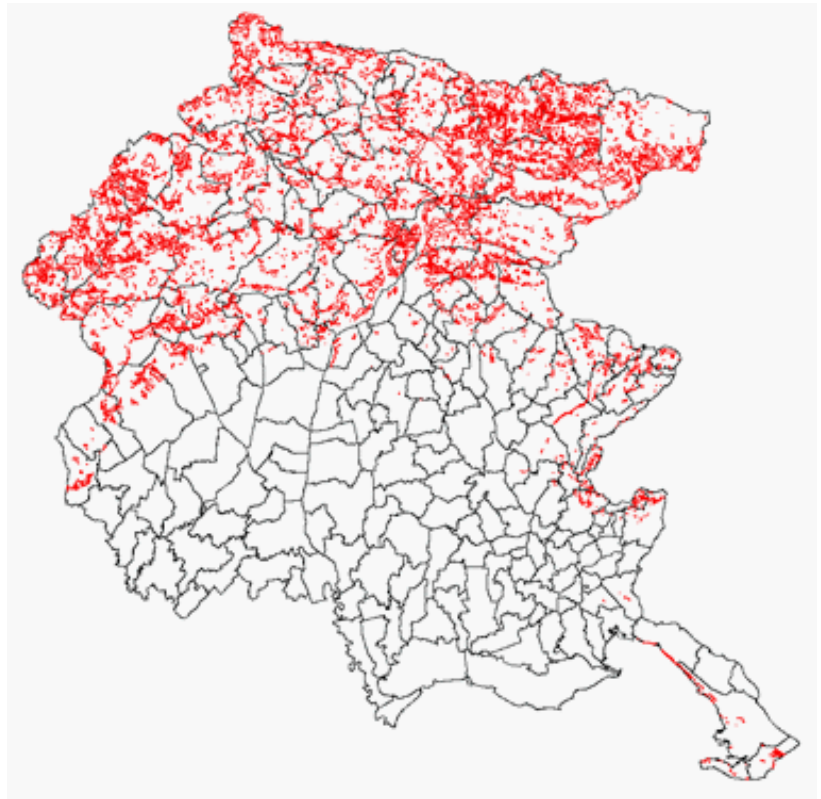


Figura 6: suddivisione in numeri e in percentuale della classificazione dei fenomeni franosi della regione Friuli Venezia Giulia – dicembre 2016.

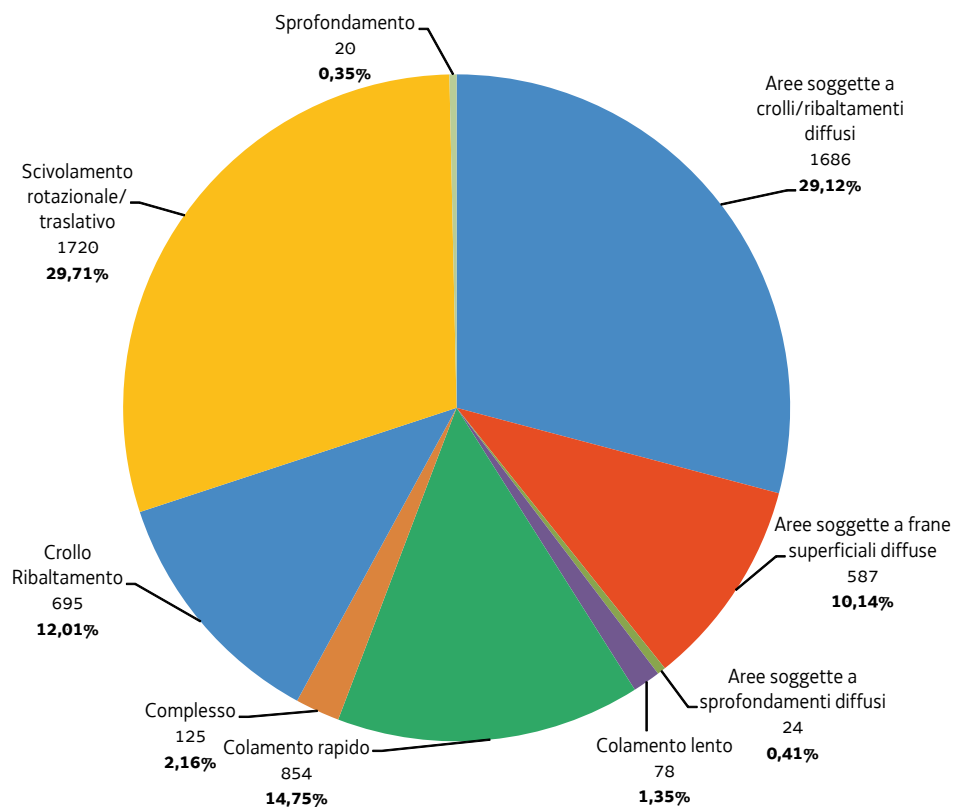


Figura 7: segnalazioni di dissesto pervenute alla Protezione Civile Regionale nel periodo 2012-2016.

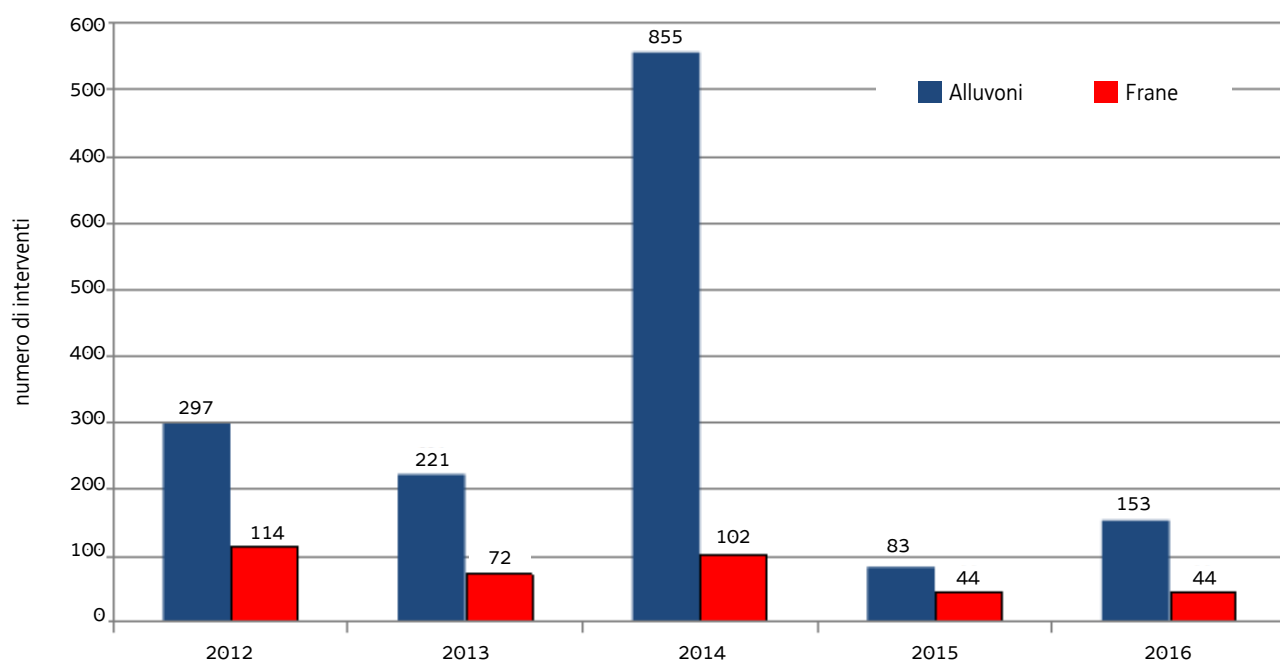
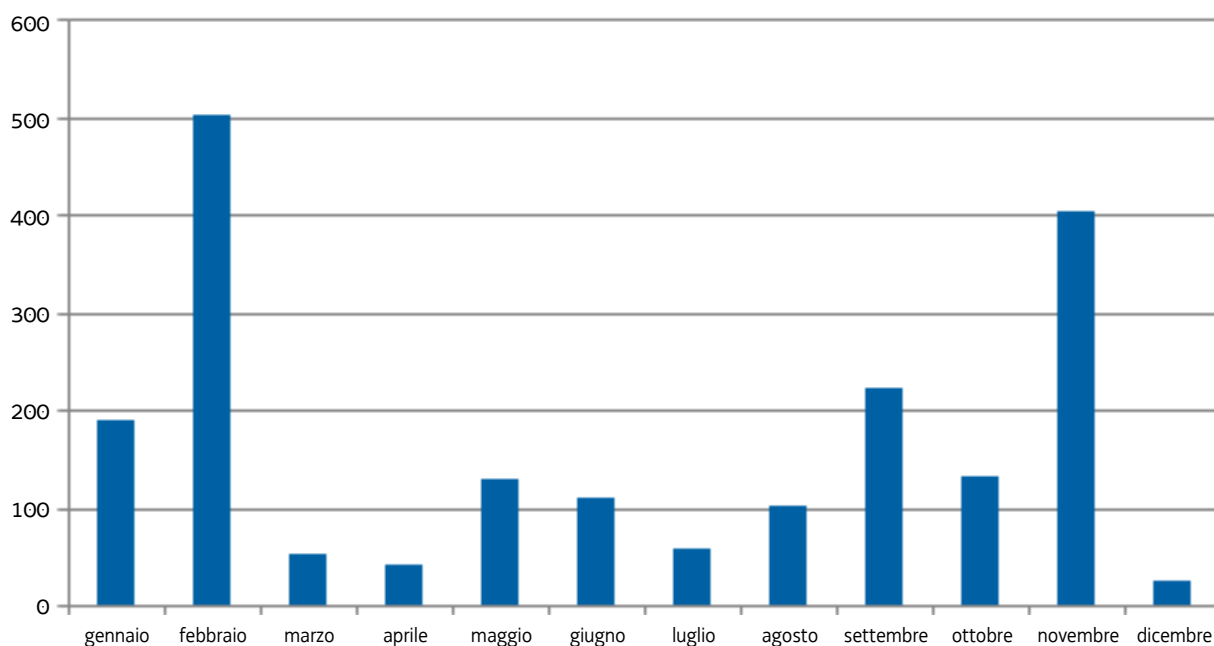


Figura 8: segnalazioni di dissesto pervenute alla Protezione Civile Regionale nel periodo 2012-2016, suddivise per mesi.



Su quest'ultima asta è stata fondamentale la laminazione operata sulle portate del torrente Corno di Cividale (affluente di destra dello Judrio) dalla cassa di espansione realizzata in località Corno di Rosazzo che ha scongiurato effetti ben peggiori sui territori posti a valle.

Gli eventi franosi registrati, pur interessando talvolta viabilità principali o contesti antropizzati, non hanno causato particolari disagi o danneggiamenti trattandosi perlopiù di singoli eventi di crollo in aree già censite o riattivazione di frane di scivolamento già monitorate.

## Cosa causa i fenomeni di dissesto?

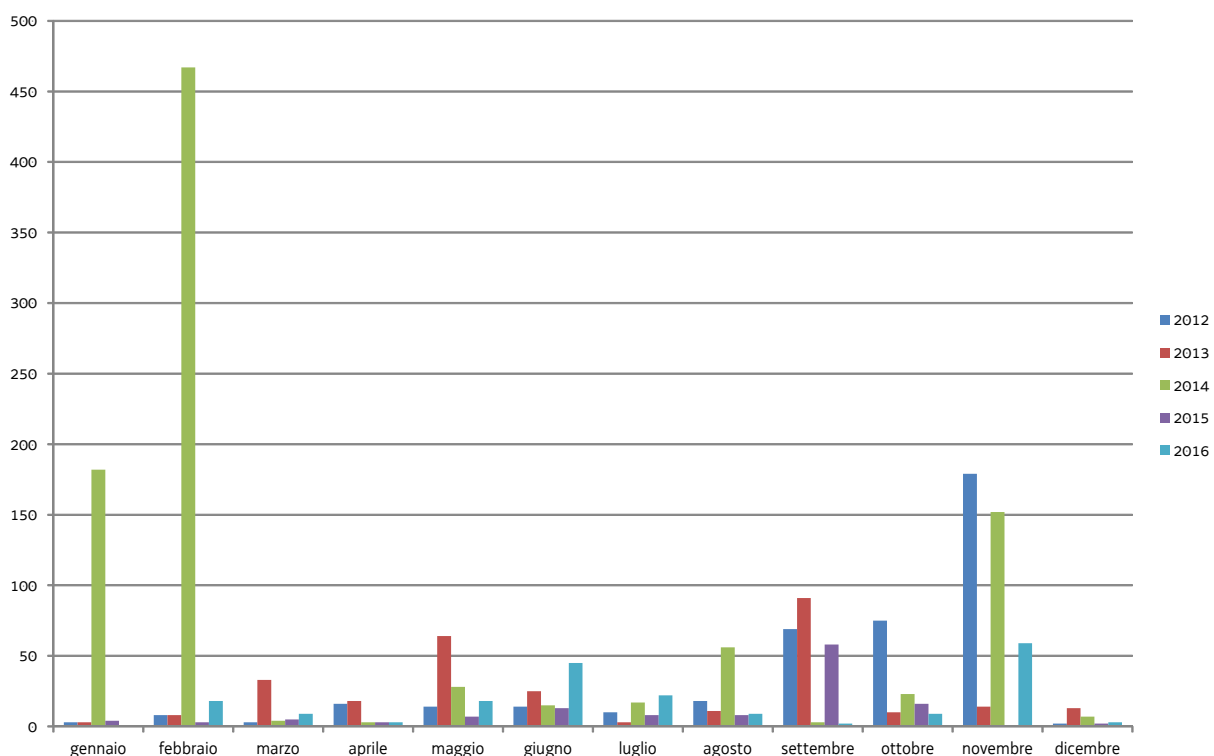
Analizzando gli eventi registrati nel database SEME (Segnalazione EMERgenze) della Protezione Civile Regionale nel 2016 si nota un aumento delle segnalazioni rispetto all'anno precedente, mentre analizzando gli ultimi 5 anni non si nota un chiaro trend (Figura 7).

Se si vuole analizzare quale mese sia più critico, si notano dei massimi in febbraio e novembre (Figura 8); un'analisi più attenta porta però a evidenziare il forte condizionamento da eventi particolari. Nello specifico il picco di febbraio è associato a condizioni meteo particolarmente gravose per il territorio pedecollinare verificatosi nel 2014, condizionando di fatto i trend (Figura 9).

Analizzando il contesto geologico e morfologico regionale siamo in presenza di condizioni territoriali fragili. Le litologie affioranti, per lo più di natura sedimentaria, unitamente ai condizionamenti tettonici dell'area montana e collinare, con la presenza di numerose aree acclivi, presentano le condizioni idonee all'innesco di fenomeni franosi in determinate condizioni metereologiche. Il clima della regione Friuli Venezia Giulia è caratterizzato da valori di piovosità elevatissimi che, sebbene siano concentrati in aree ridotte, mostrano valori medi annui tra i più elevati d'Italia. Spesso, come dimostrato anche dalle alluvioni più recenti, le precipitazioni avvengono con intensità superiori a 40 mm/h, determinando l'innesco di eventi di dissesto idrogeologico. Le intense precipitazioni in tempi ridotti mettono in crisi, in genere, anche il sistema drenante dei corsi d'acqua regionali che perlopiù hanno dei bacini ridotti, con tempi di corrivazione (tempo che occorre alla generica goccia di pioggia, caduta nel punto idraulicamente più lontano, a raggiungere la sezione di chiusura del bacino) mediamente bassi che, unitamente ai condizionamenti antropici in determinati tratti d'alveo, innescano fenomeni esondativi.

Analizzando a grande scala cosa sta succedendo è evidente che spesso l'uso del suolo ha mutato le condizioni di risposta del territorio alle precipitazioni, creando condizioni di pericolosità. Possono essere proposti dei macro

Figura 9: distribuzione delle segnalazioni di dissesto nei vari mesi dell'anno scorporate per annualità.





esempi, non esaustivi e che meriterebbero una trattazione approfondita, per evidenziare come episodi di intense precipitazioni abbiano cambiato l'effetto al suolo, non solo per eventuali mutamenti nel regime di piovosità del nostro territorio. Per esempio, in pianura, i riordini agricoli legati al cambiamento del sistema di irrigazione hanno quasi del tutto eliminato il sistema di distribuzione e convogliamento delle acque superficiali creando le condizioni per potenziali allagamenti in determinate condizioni di piovosità. Nel contesto collinare, in aree a forte vocazione agricola specializzata, la sostituzione di aree boscate con aree coltivate ha creato le condizioni per un più rapido deflusso delle acque di pioggia nei corsi d'acqua naturali, comportando un aumento di portate di tutto il reticolo in tempi tali da non poter essere smaltiti, con la possibilità di inondazioni. In ambito montano l'effetto dell'abbandono e della mancata cura del territorio crea un aumento delle condizioni di fragilità in caso di intense precipitazioni.

Se il mutato uso del territorio ha aumentato le condizioni di pericolosità, l'effetto sulle aree antropizzate, e quindi il rischio per la componente umana, risente dell'aumento di concentrazione di aree urbanizzate o confinamenti dei contesti vocati alla naturalità.

## Le misure per la messa in sicurezza del territorio

Da tempo vengono fatti investimenti per la sicurezza del territorio che in genere si concretizzano in interventi strutturali per difendere i contesti urbani e le infrastrutture presenti sul territorio. Dalla lista degli investimenti contenuti nella banca dati RenDiS (Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo), nata nel 2005, si evince che sono registrati 5500 interventi finanziati, per un importo complessivo di 5,5 miliardi di euro.

A livello nazionale sono stati conclusi oltre il 42% degli interventi registrati, mentre a livello regionale hanno visto la conclusione ben il 64% dei 77 cantieri finanziati per un totale di 86 milioni di euro.

Oltre al quadro di finanziamenti nazionali, le singole strutture regionali che si occupano di difesa del suolo programmano annualmente interventi, sia in regime di pronto intervento (Protezione civile della Regione) che in regime ordinario (Direzione centrale Ambiente ed Energia e Direzione Centrale Risorse Agricole, Forestali e Ittiche).

Oltre agli interventi infrastrutturali, che sono quelli maggiormente visibili, ci si deve muovere e ci si è mossi anche sul piano educativo attraverso la formazione di una cultura della prevenzione, formando cittadini più consapevoli e capaci di acquisire un ruolo attivo nella riduzione dei rischi. Sono questi gli obiettivi seguiti dalla campagna informativa nazionale "Io Non Rischio" realizzata grazie al fondamentale apporto dei volontari dei gruppi comunali

di protezione civile che solo nel 2016 ha interessato oltre 700 comuni in tutta Italia.

Nella nostra Regione i punti informativi allestiti sono stati ben 13: Sacile, San Vito al Tagliamento, Latisana, Gradisca D'Isonzo, Cividale del Friuli, Villa Santina, Udine, Gorizia, Reana del Rojale, Cormons, Maniago, Casarsa della Delizia e Pordenone.

Sarebbe necessario, inoltre, incrementare la consapevolezza all'uso sostenibile del territorio, ma soprattutto incentivare una corretta pianificazione territoriale che eviti di aumentare la pressione antropica in contesti geologicamente e idraulicamente fragili.

I Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), in qualità di piani sovraordinati ai Piani regolatori comunali, che forniscono un quadro delle pericolosità del territorio, prevedono limitazioni d'uso del territorio in funzione delle classi di pericolosità individuate, fornendo un primo strumento di prevenzione.

## L'importanza degli interventi non strutturali

La gestione del rischio idrogeologico è una questione di grande complessità. Si tratta di prevedere processi fortemente "non lineari", spesso irriducibili a qualsiasi semplificazione a partire dal clima che costituisce la forzante primaria.

Se le opere strutturali costituiscono spesso l'opzione irrinunciabile alla lotta al dissesto, gli effetti del cambiamento climatico, d'altro canto, potrebbero determinare, in tempi confrontabili con quelli del ciclo di vita dell'intervento, variazioni nella frequenza corrispondente alla sollecitazione prevista.

Risulta pertanto strategico ricorrere a interventi non strutturali al fine di ridurre il rischio a livelli accettabili; in questo senso anche la politica ha modificato i propri obiettivi verso un approccio che diventa così più sostenibile anche dal punto di vista ambientale.

Il decreto legislativo 49/2010 in attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni afferma che nei piani di gestione ciascuna Regione definisce i propri obiettivi attraverso il rafforzamento del sistema di protezione civile e l'incremento della resilienza delle comunità, raggiungibili attraverso l'adozione di interventi non strutturali.

In particolare, gli obiettivi devono essere focalizzati sull'utilizzo e il miglioramento continuo di misure non strutturali, tra cui:

- la previsione e la gestione in tempo reale delle piene attraverso il sistema di allertamento;
- la pianificazione di emergenza e le relative attività esercitative di verifica;

- la formazione degli operatori di protezione civile;
- l'informazione alla popolazione sul rischio, sulle azioni di prevenzione e autoprotezione da adottare e sui piani di emergenza.

La nostra Regione, in quest'ottica ha istituito (ai sensi dell'art. 1 della L.R. 3/2014 del 26/3/2014) il Centro Funzionale Decentrato che attua a livello regionale il sistema di allerta nazionale per il rischio meteo-idrogeologico e, attraverso il Piano tecnico annuale di Protezione Civile, ha posto particolare attenzione alla formazione, alla dotazione e all'operatività dei volontari dei gruppi comunali.

Per quanto riguarda i fenomeni franosi non sono disponibili attualmente modelli previsionali in grado di monitorare l'evoluzione dei fenomeni nel tempo. È possibile ipotizzare che in caso di cambiamenti nei fattori che influenzano l'innescò delle frane, a parità di condizioni al contorno, possano cambiare i trend degli inneschi dei fenomeni franosi. Oltre a fattori sismici, indipendenti dal clima, le piogge sono uno dei fattori di innesco delle frane, pertanto, un mutamento nel regime di piovosità influenzerà necessariamente il numero di frane che possono innescarsi in un determinato territorio.

## Bibliografia

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, 2016, *Rapporto Periodico sul Rischio posto alla Popolazione italiana da Frane e Inondazioni*, Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica.

ISPRA, 2016, *Rapporto di sintesi sul dissesto idrogeologico in Italia*.

*Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo* (<http://www.rendis.isprambiente.it/rendisweb/>), giugno 2017.

Cruden D.M. e Varnes D.J., 1994, *Landslide types and process*, in: "Landslide: investigation & mitigation. Transportation research board. Natural Academy of Science".

Regione Autonoma FVG, 2016, *Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale (PAIR)*. Relazione tecnica.

Varnes D.J., 1984, *The principles and practice of landslide hazard zonation*, IAEG Commission on Landslides and other Mass Movements. Unesco press, Paris.



# ■ SUOLO





## 8. Il carbonio organico nei suoli: proprietà, funzioni e realtà in Friuli Venezia Giulia

A parità di condizioni ambientali e di utilizzo, un'adeguata dotazione di carbonio organico contribuisce a mantenere attivi i cicli ecologici del suolo e dei comparti ambientali ad esso collegati. Il territorio della nostra regione è caratterizzato da una dotazione di carbonio organico, nel complesso, moderata.

Stefano Barbieri, Davide Bianco

Agenzia Regionale per lo Sviluppo Rurale (ERSA), Servizio fitosanitario e chimico, ricerca, sperimentazione e assistenza tecnica

Laura Catalano

ARPA FVG, Pressioni sull'ambiente

La concezione del suolo ha subito recentemente un'evoluzione importante: da una visione tipicamente passiva del suolo inteso come una copertura inerte del nostro pianeta da utilizzare incondizionatamente, si è passati a una concezione attiva, in cui il suolo viene considerato una componente essenziale per il funzionamento dell'ecosistema terrestre. A ciò si è aggiunta anche la consapevolezza che il suolo rappresenta una risorsa sostanzialmente non rinnovabile, nel senso che la velocità di degradazione è potenzialmente rapida, mentre i processi di formazione e rigenerazione sono estremamente lenti, se paragonati alla scala temporale dell'uomo (si passa da velocità di formazione di poche decine di anni/cm, per suoli facilmente alterabili, a 500-1000 anni/cm per quelli più stabili) (Cacco e Gelsomino, 2005).

Inoltre, per comprendere quali sono i fattori che governano le funzioni svolte dai suoli e i fenomeni di degradazione, oltre che per individuare e attuare azioni rivolte a migliorarne la qualità, è necessario pensare al suolo come a un sistema aperto che, attraverso scambi di materia, è in equilibrio dinamico con le altre componenti ambientali e, quindi, in continua evoluzione (Benedetti e Mocali, 2009).

Contrariamente a quanto si è soliti ritenere, il suolo è prima di tutto un articolato sistema biologico, regolato da meccanismi metabolici complessi e ancora non completamente compresi, che influenza in modo diretto altri comparti quali le acque superficiali e sotterranee, la salute umana, il clima, la biodiversità, la sicurezza alimentare (Benedetti e Mocali, 2009; Montanarella, 2011).

Le componenti organiche del suolo, spesso denominate nel loro insieme "**sostanza organica**" (**SO**), sono costituenti tipici del suolo in quanto tale e rappresentano un utile indicatore di qualità.

La SO è costituita dalla miscela eterogenea ed estrema-

mente complessa di tutti i materiali organici presenti in qualsiasi forma negli strati superficiali del suolo (prevalentemente nei primi 30-50 cm di profondità). Escludendo la macrofauna e la macroflora, le componenti organiche del suolo possono essere suddivise in due grandi categorie: la SO vivente ("biomassa"), di tipo vegetale, animale e microbico; la SO non vivente, costituita da materiali non ancora decomposti, in via di decomposizione e da molecole di colore scuro ("humus"), sintetizzate nel suolo attraverso reazioni chimiche di varia natura che possono essere influenzate da fattori locali quali la temperatura e l'umidità (Senesi e Miano, 2005).

La SO del suolo, pertanto, è costituita da vari elementi quali idrogeno, azoto, ossigeno, zolfo e, per il 58%, da carbonio; di regola il contenuto di SO è stimato indirettamente moltiplicando la quantità misurata di "**carbonio organico**" (**CO**) nel suolo per un coefficiente di conversione (Dell'Abate *et al.*, 2003). Tenendo presente che il contenuto di SO e il contenuto di CO sono due quantità legate tra loro da un fattore di proporzionalità diretta, per descrivere i fenomeni che avvengono nel suolo solitamente si fa riferimento alla presenza di CO.

Il CO influenza in modo marcato le proprietà del suolo: esso rappresenta un substrato nutritivo ed energetico per gli organismi e una fonte di nutrienti per le piante, migliora la permeabilità e regola la ritenzione dell'acqua, influenza la biodegradabilità, la persistenza e la reattività degli inquinanti, contribuisce a limitare il fenomeno dell'erosione stabilizzando la struttura del suolo (Dell'Abate, 2000).

A parità di condizioni ambientali (clima, vegetazione, topografia, materiale d'origine) e di utilizzo (pratiche agronomiche), un'adeguata presenza di CO nel suolo contribuisce a limitare i fenomeni di degradazione, aumentare



la produttività, mantenere attivi i cicli ecologici del suolo e dei comparti ambientali ad esso collegati. Si ritiene che suoli con un contenuto di CO inferiore al 2% perdano la loro funzionalità ecologica ottimale, mentre sotto la soglia dell'1% si creino squilibri tali nella dinamica nutrizionale delle piante da comportare vere e proprie perdite di fertilità (Miano e Senesi, 2005).

La Commissione Europea nella Comunicazione COM(2002)179 ha individuato le otto principali forme di degradazione del suolo che colpiscono l'Unione Europea; esse sono di tipo fisico (erosione, compattazione, inondazioni/smottamenti, impermeabilizzazione), di tipo chimico (diminuzione del CO, contaminazione, salinizzazione) e di tipo biologico (diminuzione della biodiversità).

Mentre la degradazione fisica appare con effetti evidenti, a volte spettacolari, la degradazione chimica e, soprattutto, quella biologica, possono produrre effetti latenti e differiti nel tempo e, pertanto, sfuggire a un monitoraggio puntuale e tempestivo (Cacco e Gelsomino, 2005).

La normativa vigente non fissa alcun limite né regola il quantitativo di CO presente nei suoli (ISPRA, 2016). In base alle indicazioni fornite dalla Commissione Europea (COM(2002)179, COM(2006)231) per alcuni fattori di degradazione, fra cui la diminuzione del CO, è comunque utile procedere all'identificazione delle aree a rischio.

Le stime effettuate indicano che il 45% dei suoli europei presenta uno scarso contenuto di CO; questa situazione riguarda in particolare l'Europa meridionale, Italia compresa, e anche zone della Francia, della Germania e del Regno Unito (EEA, 2010).

A livello nazionale, negli ultimi tempi si sta assistendo a una riduzione graduale e generalizzata del contenuto di CO nei suoli. Le cause di questo fenomeno sono molteplici e spesso interconnesse fra loro: alcune sono collegate alla riduzione degli apporti di CO (per esempio: estrema specializzazione delle colture, utilizzo quasi esclusivo di fertilizzanti inorganici), altre sono dovute all'aumento della velocità di trasformazione del CO in anidride carbonica (per esempio: esecuzione di lavorazioni sempre più frequenti e profonde). Si valuta che circa l'80% dei suoli italiani abbia un tenore di CO minore del 2%, di cui una percentuale consistente presenta valori di CO inferiori all'1% (Di Fabbio e Fumanti, 2008) (Figura 1).

Un altro aspetto importante da evidenziare è il ruolo del suolo quale serbatoio di carbonio, in equilibrio dinamico con gli altri comparti nell'ambito del ciclo globale del carbonio.

Il suolo, tra tutti gli ecosistemi terrestri, è quello che contiene la massima riserva di CO. Il CO, prima di essere completamente trasformato in anidride carbonica rilasciata in atmosfera, viene trattenuto nel suolo sotto diverse forme chiamate, per esempio, "biomassa" e "humus"; la riserva di CO nel suolo è inferiore soltanto a quella degli oceani, ma è comunque pari a circa quattro volte quella presente nei vegetali (Dell'Abate, 2000; Brady and Weil, 2008).

L'ONU ha dichiarato il 2015 l'Anno Internazionale dei Suoli; sono stati numerosi gli eventi e le attività scientifiche organizzate allo scopo di sensibilizzare e promuovere un uso sostenibile del suolo.

La FAO ha avviato oltre 120 progetti in tutto il mondo. Tra le priorità vi è quella di aggiornare, standardizzare e rendere accessibili le conoscenze disponibili sui tipi di suolo e sulla loro distribuzione, di elaborare modelli per stimare l'evoluzione dei fenomeni; attualmente, infatti, i dati sono spesso obsoleti, di copertura limitata e frammentari. Una delle iniziative della FAO riguarda il Partenariato Globale per i Suoli, nell'ambito del quale recentemente anche l'Italia è stata chiamata a fornire il proprio contributo in termini di misura, mappatura, monitoraggio e raccolta dei dati sul CO dei suoli. I dati ottenuti potranno essere utilizzati per calcolare quanto CO è immagazzinato nei suoli italiani, per definire meglio gli inventari nazionali di gas serra e per valutare la sensibilità dei suoli alla degradazione e al cambiamento climatico.

## I suoli del Friuli Venezia Giulia

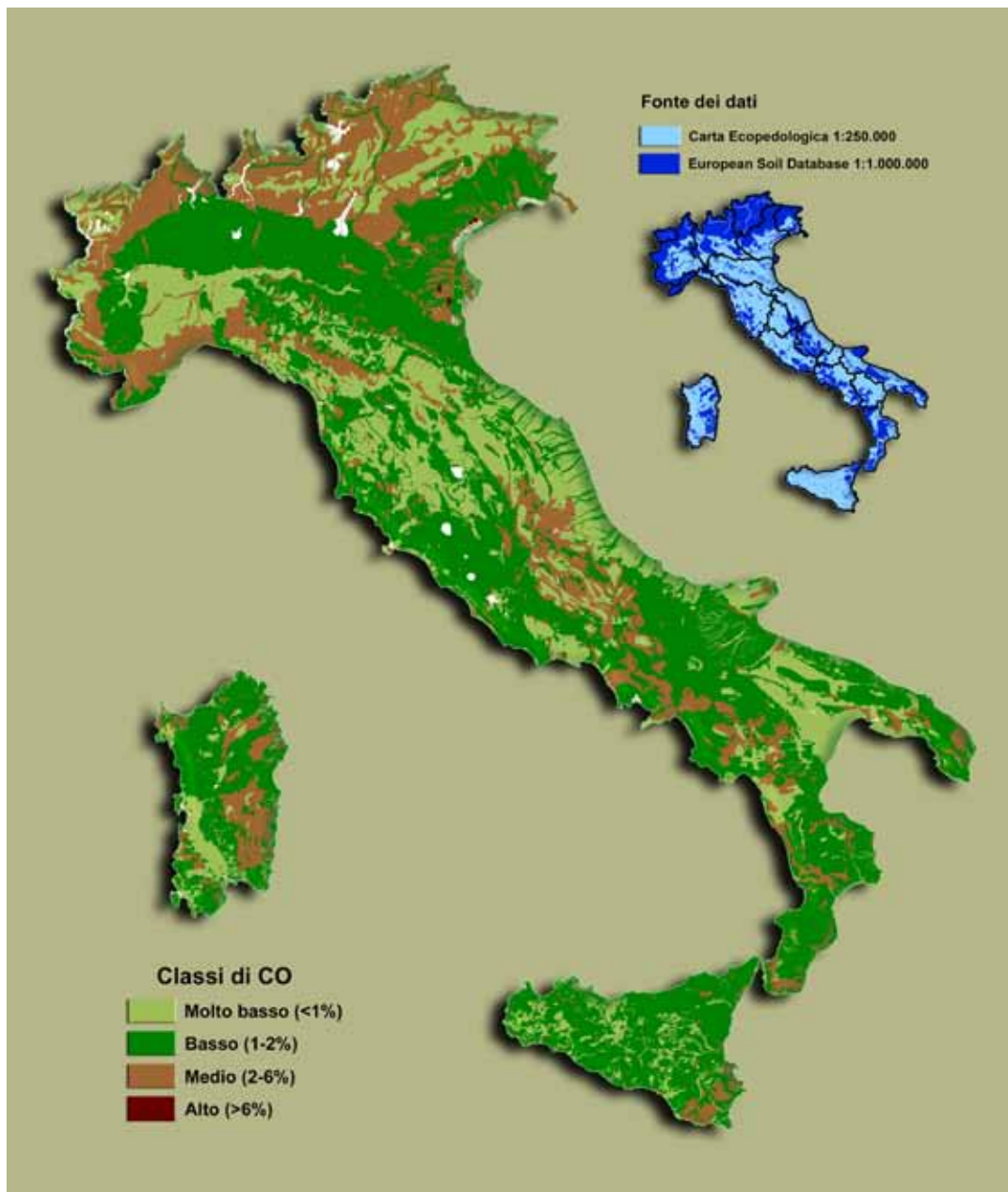
L'informazione pedologica in Friuli Venezia Giulia è gestita dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo Rurale (ERSA). I dati relativi ai suoli (tipologie, distribuzione sul territorio, caratteristiche, qualità) sono contenuti in una banca dati e divulgati attraverso le Carte pedologiche e le relative note illustrative (Michelutti *et al.*, 2003; Michelutti *et al.*, 2006). Nell'ambito dei rilevamenti effettuati per la stesura delle carte pedologiche relative ai settori di pianura e collina della Regione, ERSA ha determinato anche il contenuto di CO dei suoli attraverso campionamenti, effettuati a diverse profondità, e analisi; i dati raccolti durante queste attività si riferiscono a un intervallo temporale piuttosto lungo che comprende circa 20 anni (1994-2017).

Come già detto, il contenuto di CO nel suolo è generalmente più elevato negli strati superficiali e decresce all'aumentare della profondità. Per ottenere dati confrontabili tra loro, il contenuto di CO nei suoli è descritto riferendosi a due profondità standard: 0-30 cm e 0-100 cm. Questo tipo di rappresentazione convenzionale, utilizzato anche da ERSA, è in linea con quanto prodotto da altre Regioni italiane e con quanto richiesto dagli Organismi

**La sostanza organica (SO) è un ottimo indicatore di qualità dei suoli**

**Suoli ricchi di carbonio organico (CO) sono più produttivi**

Figura 1: stima del carbonio organico presente nei primi 30 cm dei suoli italiani (fonte: Di Fabbio A., Fumanti F., 2008, Il suolo. La radice della vita, APAT, Roma).



sovrannazionali; su queste basi metodologiche ERSA ha predisposto il contributo regionale che concorrerà alla stesura della "Mappa Mondiale del Carbonio Organico dei Suoli" nell'ambito del Partenariato Globale per i Suoli.

Nella nostra regione l'analisi del contenuto di CO negli strati superficiali di suolo (0-30 cm) (Figura 2) evidenzia che nella gran parte della pianura regionale la dotazione sia moderata, con valori compresi nell'intervallo 1-2% (Figura 4), e vi siano alcune aree, in corrispondenza dei settori più ghiaiosi dell'alta pianura, con dotazione bassa (inferiore all'1%). Si distinguono solo alcuni territori caratterizzati da contenuti più elevati: si tratta di zone della bassa pianura in cui sono presenti strati torbosi, delle depressioni comprese tra i rilievi delle colline moreniche, di

aree palustri, oggi di estensione limitata, lungo la fascia delle risorgive (in particolare tra Codroipo e Palmanova).

Lo studio condotto nell'altopiano carsico, caratterizzato in gran parte dalla landa, e nei rilievi in cui prevale il bosco mostra come queste aree abbiano un contenuto chiaramente elevato di CO negli strati superficiali, dovuto alla presenza di materiale vegetale e animale poco decomposto e a una minore trasformazione del CO in anidride carbonica. Nell'ambiente carsico, tuttavia, questo effetto è ridimensionato se si analizza il suolo compreso fra 0 e 100 cm di profondità (Figura 3), a causa della presenza di materiale roccioso.

Nelle zone perilagunari, osservando il suolo presente fra 0 e 100 cm di profondità, si può notare una discreta esten-

Figura 2: contenuto medio di carbonio organico dei suoli di pianura e collina alla profondità 0-30 cm (fonte: ERSA).

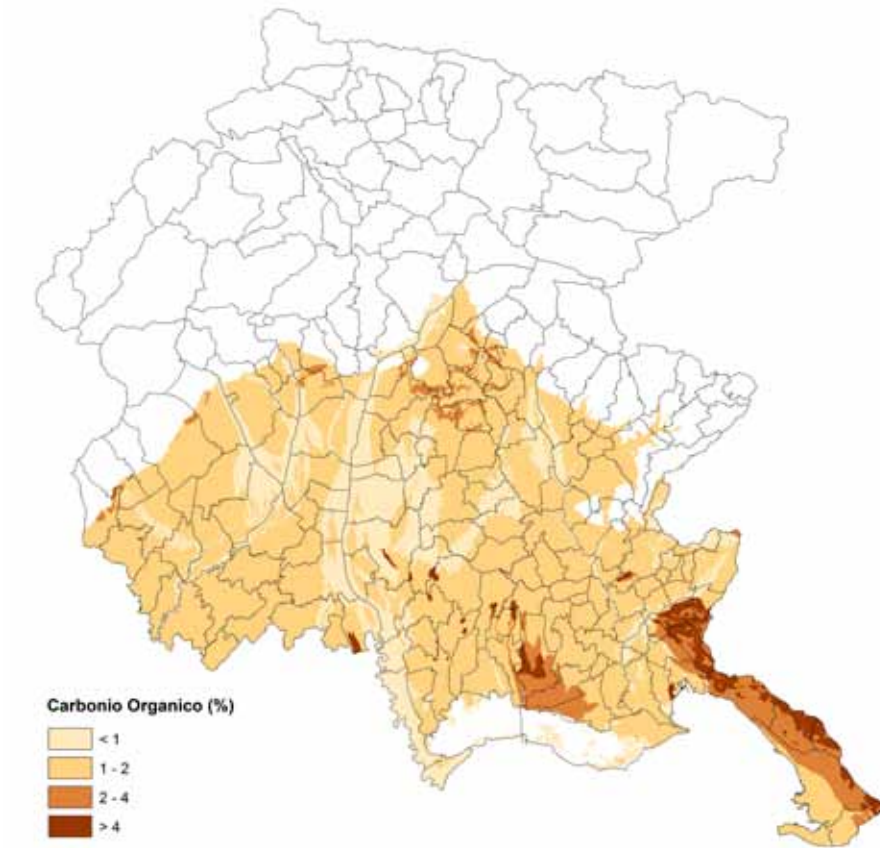
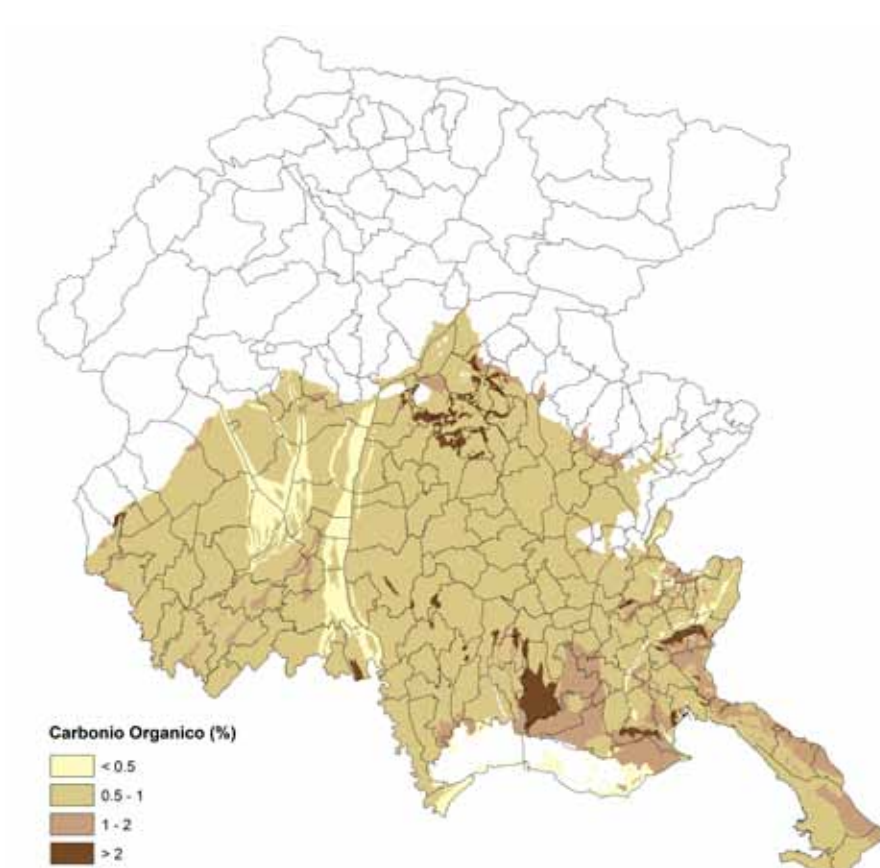


Figura 3: contenuto medio di carbonio organico dei suoli di pianura e collina alla profondità 0-100 cm (fonte: ERSA).





sione delle aree caratterizzate da contenuti medio-elevati di CO; ciò è dovuto alla presenza di strati torbosi, anche profondi, in cui il CO accumulato non viene trasformato in anidride carbonica a causa dell'assenza di ossigeno.

È importante ricordare che, a differenza di quanto accade per altre matrici quali l'aria e l'acqua, non è ancora stata pianificata un'attività di monitoraggio nel lungo termine (campionamenti ripetuti negli stessi siti a intervalli di tempo prestabiliti) che consenta di valutare l'evoluzione della qualità dei suoli.

In termini generali e nel medio-lungo periodo, tuttavia, è possibile individuare alcune variazioni intervenute proprio nei suoli che presentavano in passato i livelli più elevati di CO. Guardando la cartografia storica di inizio '900 e i successivi studi pedologici del secolo scorso (Comel, 1954, 1955, 1956), si può notare una progressiva diminuzione tanto delle aree a magredi quanto delle zone umide. I magredi, che occupavano ampi settori dell'alta pianura, erano caratterizzati dalla presenza di prati e, pertanto, gli strati superficiali di suolo erano ricchi di CO (Figura 5). Le aree umide erano molto più diffuse sia nei settori di media pianura, caratterizzati da fenomeni di risorgiva, sia nei settori di bassa pianura, non ancora bonificati; si tratta di ambienti in cui la scarsa circolazione di ossigeno, dovuta alla costante presenza dell'acqua, favoriva l'accumulo di CO che veniva decomposto molto lentamente (Figura 6). Queste tipologie di suoli sono presenti ancora oggi, ma, come si può osservare nella cartografia (Figure 2 e 3), con estensioni molto limitate.

## L'evoluzione nel tempo del contenuto di carbonio organico nei suoli regionali

Pur non disponendo, come detto, di un vero e proprio sistema di monitoraggio, si possono individuare alcuni processi che nel tempo hanno influito sul mutamento del contenuto di CO nei suoli.

In Friuli Venezia Giulia l'attività di bonifica delle zone umide, iniziata già a fine '800 e proseguita fino alla seconda metà del secolo scorso per contrastare la malaria, ha comportato indubbiamente una sensibile diminuzione del contenuto di CO. Il processo, infatti, ha consentito di prosciugare i suoli paludosi e di mettere a coltura estese porzioni di territorio, ma ha avuto come conseguenza un aumento della velocità di trasformazione del CO in anidride carbonica.

Una situazione analoga è avvenuta nei settori dell'alta pianura a causa dell'intensificarsi delle lavorazioni agrarie e, di conseguenza, della riduzione delle aree a prato nelle zone dei magredi. Anche la crescente meccanizzazione dell'agricoltura, che ha consentito di approfondire note-

Figura 4: suolo con contenuto di carbonio organico moderatamente basso lungo tutta la profondità (fonte: ERSA).



Figura 5: suolo dei magredi con, in evidenza, lo strato superficiale ricco di carbonio organico (fonte: ERSA).



Figura 6: suolo torboso in ambiente umido della bassa pianura, con buona presenza di carbonio organico (fonte: ERSA).



volmente la lavorazione del suolo con effetti inizialmente positivi, nel lungo termine ha comportato una progressiva diminuzione del CO.

In tempi più recenti la diminuzione del CO nei suoli della nostra regione è imputabile ad altre cause, quali:

- una generale diminuzione della fertilizzazione organica effettuata mediante spandimenti di letame, dovuta sia alla riduzione numerica del comparto bovino sia alle modifiche strutturali di alcuni allevamenti, orientati verso forme di gestione del bestiame in cui prevale la produzione di liquame piuttosto che di letame;
- il passaggio dai sistemi agricoli complessi, caratterizzati da rotazioni e diversificazione delle colture, alle pratiche agricole intensive, con un utilizzo preponderante della concimazione minerale e delle monoculture.

Si può ritenere, tuttavia, che questi processi abbiano già raggiunto un equilibrio e che ulteriori variazioni in termini di perdita di CO potranno essere molto contenute.

## La necessità di un aumento di carbonio organico nei suoli per un futuro migliore

Da diversi anni le politiche ambientali dell'Unione Europea hanno evidenziato l'importanza di raggiungere e mantenere buoni livelli di CO nel suolo; ciò si traduce, in particolare, nell'emanazione di provvedimenti riguardanti

la Politica Agricola Comune (PAC) e i Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) e nell'attuazione di misure, incentivate economicamente, atte a mantenere o incrementare il contenuto di CO nei suoli (ISPRA, 2016).

Di conseguenza, sia nella pianificazione 2007-2013 che in quella attuale (2014-2020), anche il PSR della Regione FVG riporta, quale priorità, l'attuazione di azioni volte a reintegrare il CO nei suoli e a favorirne il sequestro, così da ridurre il rilascio di anidride carbonica in atmosfera.

Nella passata programmazione, all'interno della misura detta "Pagamenti agroambientali", per contrastare l'impoverimento di CO dei suoli erano previsti interventi volti al mantenimento dei prati e dei pascoli e all'incremento dell'utilizzo di letame, in particolare nelle aree dove i livelli di CO risultavano più bassi.

Le priorità attuali dell'Unione Europea in materia di sviluppo rurale sono volte, invece, a prevenire l'erosione e a migliorare la gestione dei suoli, a promuovere la conservazione e il sequestro del CO nel settore agricolo e forestale. Tali priorità sono state declinate all'interno del PSR regionale in una molteplicità di misure in cui vengono incentivate azioni volte allo sviluppo delle aree forestali e dell'agricoltura biologica, all'incremento della capacità dei sistemi agricoli di adattarsi ai cambiamenti climatici, alla salvaguardia, ripristino e miglioramento della biodiversità nelle zone di pregio, soggette a vincoli.

Dal punto di vista delle tecniche agronomiche, l'Agricoltura Conservativa, promossa anche dal PSR regionale, opera per favorire il mantenimento e, possibilmente, l'aumento del CO nei suoli; tali tecniche non prevedono l'aratura e si basano sull'applicazione di lavorazioni del suolo il più possibile ridotte, sulla semina diretta e sul mantenimento in superficie dei residui delle colture. Allo stato attuale delle conoscenze (Brenna e Tabaglio, 2017), si ritiene che adottando le pratiche conservative, in assenza di lavorazioni, si possa arrivare a incorporare negli strati superficiali del suolo fino a 0,2-0,5 t/ha all'anno di CO; in generale il potenziale di accumulo del CO risulta maggiore nei suoli più degradati e impoveriti.

Le variazioni del contenuto di CO nei suoli sono legate principalmente ai cambiamenti d'uso dei suoli stessi; in termini generali, infatti, il contenuto di CO aumenta se si passa da colture a seminativo (cereali, leguminose) a colture legnose (vigneti e frutteti) inerbite, a prati e, in ultimo, a bosco.

Aumenti del contenuto di CO possono essere raggiunti grazie a una gestione virtuosa dei terreni agrari, usando tecniche di tipo conservativo o apportando letami e ammendanti organici, quali il compost (vedi approfondimento del capitolo Rifiuti), utili anche per migliorare la struttura del suolo.



Si ritiene che i suoli caratterizzati, allo stato attuale, da un basso contenuto di CO difficilmente andranno incontro a un ulteriore impoverimento, dovendo essere mantenuta una soglia minima di fertilità indispensabile per lo svolgimento delle pratiche agricole.

In futuro diminuzioni consistenti del contenuto di CO nei suoli potrebbero derivare dalla conversione ad altri usi di aree in cui sono presenti ecosistemi naturali e forestali.

## Bibliografia

Benedetti A., Mocali S., 2009, *Analisi a livello di suolo*, in «Indicatori di biodiversità per la sostenibilità in agricoltura», ISPRA, 159-208.

Brady N.C., Weil R.R., 2008, *Soil Organic Matter*, in «The Nature and Properties of Soils», Pearson, Prentice Hall, 495-541.

Brenna S., Tabaglio V. (a cura di), 2017, *Linee guida per l'applicazione e la diffusione dell'agricoltura conservativa. Progetto LIFE HelpSoil*. Milano.

Cacco G., Gelsomino A., 2005, *Suolo e ambiente* in «Fondamenti di chimica del suolo», a cura di P. Sequi, Patron Editore.

Comel A., 1954, *Monografia sui terreni della pianura friulana. I. Genesi della pianura orientale costruita dall'Isonzo e dai suoi affluenti*. Nuovi Annali dell'Istituto Chimico-Agrario sperimentale di Gorizia, vol. V. Gorizia.

Comel A., 1955, *Monografia sui terreni della pianura friulana. II. Genesi della pianura centrale connessa all'antico sistema fluvioglaciale del Tagliamento*. Nuovi Annali dell'Istituto Chimico-Agrario sperimentale di Gorizia, vol. VI. Gorizia.

Comel A., 1956, *Monografia sui terreni della pianura friulana. III. Genesi della pianura occidentale costruita dal Cellina, dal Meduna e da corsi minori*. Nuovi Annali dell'Istituto Chimico-Agrario sperimentale di Gorizia, vol. VII. Gorizia.

Di Fabbio A., Fumanti F. (a cura di), 2008, *Il suolo. La radice della vita*, APAT, Roma.

Dell'Abate M.T., 2000, *La sostanza organica del suolo quale indicatore di qualità*, in «Indicatori per la qualità del suolo», Atti del Convegno, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Roma, 285-298.

Dell'Abate M.T., Benedetti A., Trinchera A., de Bertoldi S., 2003, *Indicatori chimici per la qualità del suolo* in «Atlante di indicatori della qualità del suolo», CRA-Istituto sperimentale per la nutrizione delle piante, 41-61.

EEA (European Environment Agency), 2010, *The European Environment. State And Outlook 2010–Soil*. Luxembourg.

ISPRA, 2016, *Annuario dei dati ambientali. Percentuale di Carbonio Organico (CO) presente negli orizzonti superficiali (30 cm) dei suoli*, <http://annuario.isprambiente.it/entityada/basic/6130>, ultimo accesso 15/11/2017.

Miano T.M., Senesi N., 2005, *Sostanza organica e ciclo del carbonio* in «Fondamenti di chimica del suolo», a cura di P. Sequi, Patron Editore, 207-227.

Michelutti G., Zanolla S., Barbieri S., 2003, *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia - 1. Pianura e colline del pordenonese*. ERSA, Servizio sperimentazione agraria.

Michelutti G., Barbieri S., Bianco D., Zanolla S., Casagrande G., 2006, *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia - 2. Province di Gorizia e Trieste*. ERSA, Servizio ricerca e sperimentazione.

Montanarella L., 2011, *La percezione del suolo nella Comunità Europea*, in «La percezione del suolo», Atti del Convegno, Brienza, Le Penseur, 94-99.

Senesi N., Miano T.M., 2005, *Fasi solide* in «Fondamenti di chimica del suolo», a cura di P. Sequi, Patron Editore, 55-93.

## 9. Inquinamento diffuso dei suoli: il caso dell'area metropolitana di Trieste

Solo in tempi relativamente recenti è stata prestata attenzione ai fenomeni di inquinamento diffuso dei suoli, con particolare riguardo alle aree urbane. Nell'area metropolitana di Trieste è stato condotto, con la collaborazione dell'Istituto Superiore di Sanità, uno specifico studio sui suoli che ha evidenziato la presenza di aree su cui è necessario attuare misure di mitigazione del rischio sanitario.

Laura Catalano  
ARPA FVG, Pressioni sull'ambiente

L'inquinamento diffuso è definito (art. 240 D. Lgs. 152/2006) come la contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili a una singola origine. I casi individuabili in questa tipologia di inquinamento rappresentano fenomeni complessi e multidisciplinari per i quali risulta necessario applicare un approccio integrato, al fine di valutarne compiutamente gli aspetti sanitari e ambientali e determinare le ricadute socio-economiche sul territorio.

La vigente normativa nazionale non prevede criteri per la gestione di tale problematica e assegna alle Regioni, attraverso la stesura di specifici Piani di Gestione, la disciplina delle situazioni di inquinamento diffuso e l'applicazione degli interventi di mitigazione e ripristino ambientale.

Solo in tempi relativamente recenti (fine del secolo scorso) è stata prestata attenzione ai fenomeni di inquinamento diffuso dei suoli, con particolare riguardo alle aree metropolitane. Studi e approfondimenti sono stati condotti soprattutto negli USA, in Cina e India. In Italia studi sono stati effettuati a Palermo (Manta *et al.*, 2002), Napoli (Albanese *et al.*, 2015), Catania (De Guidi *et al.*, 2012); anche in Europa, nell'ambito del progetto URB-SOIL (periodo 2002-2004), è stata indagata la presenza di un'ampia serie di contaminanti organici e inorganici in città quali Lubiana, Siviglia, Glasgow, Aveiro, Torino.

Per quanto riguarda la città di Torino la finalità dello studio è stata quella di fornire una visione d'insieme sui fenomeni imputabili alla contaminazione diffusa e, nel contempo, mettere in relazione tale contaminazione con possibili fonti presenti e passate. È emerso che nei parchi può essere presente un incremento di alcuni contaminanti dovuto anche al fatto che i suoli non sono soggetti

a lavorazioni e rimaneggiamenti; i parchi cosiddetti "storici", inoltre, rivelano un grado di contaminazione più alto suggerendo che uno dei fattori chiave che governa questo tipo di inquinamento non è solo la vicinanza alle fonti emissive, ma anche l'età del suolo (Biasioli e Ajmone-Marsan, 2007).

### I contaminanti che raggiungono il suolo tendono ad accumularsi e a permanere per lungo tempo

Diversamente da quanto accade per l'atmosfera e l'idrosfera, i contaminanti che giungono al suolo tendono ad accumularsi e a permanere per lunghi periodi di tempo, subendo in alcuni casi delle modificazioni nella struttura dovute a reazioni di tipo chimico e fisico. Metalli, diossine, furani, IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), PCB (bifenili policlorurati) sono un gruppo di sostanze chimiche tossiche e persistenti che hanno effetti negativi sulla salute umana; la loro presenza nell'ambiente è determinata dall'emissione di una pluralità di inquinanti che derivano da fonti civili, industriali e naturali per le quali è difficile stabilire un contributo specifico. Le particelle di terreno, assorbendo gli inquinanti, esercitano un'efficace azione protettiva nei confronti degli altri comparti ambientali poiché limitano in modo significativo la lisciviazione (movimento da strati superficiali a strati profondi) e l'evaporazione degli inquinanti stessi (Brady e Weil, 2002; Sequi, 2005).

Il suolo urbano si differenzia dagli altri tipi di suolo perché è influenzato nella sua composizione soprattutto dall'azione umana, piuttosto che dai fattori naturali che normalmente governano i processi di formazione del suolo stesso. Nel caso delle aree urbane, contraddistinte da un'alta densità insediativa e un intenso sviluppo industriale, i suoli possono essere considerati di origine quasi completamente antropica.

In questi contesti l'uso del suolo risulta estremamente diversificato proprio in relazione alle differenti esigenze

di sfruttamento del territorio; possono essere presenti aree industriali e impianti di pubblico servizio, giardini pubblici e privati, campi da gioco e parchi, orti, aiuole spartitraffico, tratte ferroviarie. Ciò comporta il fatto che il suolo urbano è caratterizzato da una grande variabilità sia verticale sia orizzontale dovuta, per esempio, alla presenza di resti di scavi di fondamenta, alla stratificazione di detriti, materiali di riporto ed edili (Figura 1) (Torretta *et al.*, 2005; Barberis *et al.*, 2008).

A questa variabilità spaziale, orizzontale e verticale, si aggiunge una distribuzione generalmente discontinua: gran parte della superficie di una città è coperta da edifici, strade e infrastrutture cosicché le superfici di suolo esposte sono di dimensioni molto variabili e distribuite in modo imprevedibile. Il campionamento risulta, pertanto, forzatamente limitato alle aree esposte e ciò rende talvolta difficile stabilire la rappresentatività di un sito rispetto all'intera area urbana; un'ulteriore criticità è rappresentata dal fatto che, a differenza di altri comparti ambientali quali l'acqua e l'aria, il suolo è solitamente oggetto di proprietà privata (Ajmone-Marsan, 2008).

Le caratteristiche dei suoli urbani rendono spesso non applicabile anche un altro strumento di indagine molto usato per valutare l'inquinamento diffuso dei suoli ovvero il cosiddetto "fattore di arricchimento superficiale", calcolato

come il rapporto fra la quantità di inquinante riscontrata nello strato superficiale di terreno rispetto agli strati sottostanti. Questo fattore si basa, infatti, sull'assunzione che gli inquinanti si accumulino principalmente nello strato superficiale del suolo, determinandone un arricchimento rispetto agli strati inferiori; ciò non risulta necessariamente vero nel caso dei suoli urbani, che possono subire frequenti miscele o rivoltamenti e a cui spesso sono aggiunti strati di riporto mescolati a materiali di demolizione (Bia-sioli e Ajmone-Marsan, 2007; Barberis *et al.*, 2008).

**In una città la maggior parte della superficie è coperta da strade ed edifici riducendo notevolmente le superfici campionabili**

Recentemente proprio il caso dell'area metropolitana di Trieste, che la Regione FVG e ARPA FVG hanno affrontato in sinergia con l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), ha suscitato a livello nazionale una nuova e maggiore attenzione riguardo agli aspetti ambientali e sanitari connessi ai fenomeni di inquinamento diffuso nelle aree urbane.

L'ISS ha emanato, infatti, una prima proposta di "Linee di indirizzo sulla valutazione e gestione dei rischi sanitari connessi alle situazioni di inquinamento diffuso" (ISS, 2017), da contestualizzare in una panoramica più ampia già delineata dal documento emanato dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale (SNPA) "Criteri per la elaborazione dei piani di gestione dell'inquinamento diffuso" (SNPA, 2016).

Figura 1: esempio di suolo urbano. Fonte: Lawrence Morris, University of Georgia, Bugwood.org.





Inoltre, in seguito alle numerose richieste formulate da alcune Regioni e dalle Amministrazioni locali, a livello nazionale il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha istituito uno specifico Tavolo Tecnico a cui partecipano rappresentanti dell'ISS, dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), delle Regioni e delle ARPA. Lo scopo del Tavolo Tecnico ministeriale è quello di raccogliere le diverse esperienze maturate in campo nazionale e fornire indirizzi amministrativi omogenei, senza interferire con le specifiche competenze che la normativa nazionale attribuisce alle Regioni.

Una volta definita la presenza di situazioni di inquinamento diffuso, le linee di indirizzo dell'ISS affermano che il primo obiettivo deve essere quello di individuare i cosiddetti "inquinanti indicatori", che consentono di orientare correttamente la gestione delle aree interessate, quindi identificare la via di esposizione (ingestione, inalazione, contatto dermico) in grado di contribuire maggiormente al rischio sanitario; in seguito l'ISS ritiene necessario definire la priorità delle azioni da attuare oltre che individuare le misure di intervento e mitigazione.

Le priorità d'azione devono essere basate sulla modalità ed entità di fruizione delle aree, nonché sulle caratteristiche morfologiche e vegetazionali, al fine di rendere tali aree agibili in sicurezza.

Le tipologie di intervento possono comprendere attività di vario genere quali, ad esempio, nel caso di aree di tipo urbano/verde/residenziale, la totale sostituzione dello strato di terreno superficiale o la costituzione di un nuovo tappeto erboso, che può prevedere anche la semina di alcune specie ritenute utili ad abbassare il grado di inquinamento; altre soluzioni possono essere la posa di un tappeto erboso pronto oppure la stesa di uno strato di ghiaia. Un'altra tipologia di intervento attuabile nelle aree verdi è costituita dal fitorimediazione e dal biorisanamento (rispettivamente uso di piante e di microrganismi in grado di detossificare il suolo), tenendo presente, tuttavia, che tali tecniche sono idonee soprattutto per interventi di mitigazione a medio-lungo termine.

L'ISS, inoltre, evidenzia che fra le modalità di gestione del rischio occorre prevedere anche la restrizione d'uso delle aree, prescritta mediante emanazione di opportune ordinanze sindacali, e l'attuazione, nell'ambito dei piani di gestione dell'inquinamento diffuso, di piani di monitoraggio sito specifici, stabiliti per valutare nel tempo l'efficacia delle misure di intervento e mitigazione.

Infine l'ISS pone l'accento sulla "comunicazione del rischio sanitario" che risulta fondamentale per discriminare fra percezione del rischio e rischio reale, così da ren-

dere i cittadini consapevoli riguardo alle scelte operate dalle amministrazioni o alle azioni virtuose che essi stessi possono attuare.

## L'area metropolitana di Trieste: campionamenti e interventi di mitigazione

Su richiesta del Comune di Trieste e dell'Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste (ASUITs), ARPA FVG e ASUITs hanno messo a punto uno specifico protocollo operativo per l'esecuzione di indagini, condotte a titolo conoscitivo, sulla valutazione della presenza di alcuni IPA (idrocarburi policiclici aromatici) negli strati superficiali del terreno quale eventuale contributo delle polveri aerodisperse emesse nel corso degli anni dallo stabilimento siderurgico di Servola; successivamente è emersa la necessità di approfondire il quadro analitico eseguendo, sugli stessi campioni già oggetto di indagine, anche la determinazione di metalli, PCB (bifenili policlorurati), diossine/furani, clorobenzeni.

Sono stati eseguiti dei campionamenti di terreno superficiale (primi 10 cm di suolo) in diverse aree cittadine riscontrando superamenti dei limiti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) – colonna A, Tab. 1, All. 5, Titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/2006 – riferite a metalli, diossine e IPA. Si segnala, in particolare, il superamento della CSC per il benzo(a)pirene, sostanza cancerogena per l'uomo, nei seguenti siti comunali (Figure 2 e 3):

- area a verde pubblico urbano di piazzale Antonio Rosmini;
  - pineta Stefano Miniussi, via di Servola;
  - area a verde del giardino comunale Muzio De Tommasini di via Giulia;
  - area a verde della scuola dell'infanzia Don Dario Chalcien, via Italo Svevo n. 21/1;
  - area a verde della scuola elementare Biagio Marin, via M. Praga n. 6;
- e nei siti di proprietà privata denominati:
- Chiesa di San Lorenzo;
  - Associazione "Amici del presepe", via dei Giardini.

In base alle prime risultanze sugli IPA e alla disamina della letteratura di settore, è stata ipotizzata la presenza di una situazione di inquinamento diffuso di origine antropica in ambito metropolitano, originatasi da molteplici concause quali attività produttive, riscaldamento domestico, traffico veicolare e navale.

A seguito degli approfondimenti analitici condotti sui metalli e sugli altri inquinanti organici, considerate l'estensione dell'area investigata e le elaborazioni statistiche

**L'inquinamento diffuso è originato da diverse cause: attività produttive, riscaldamento domestico, traffico veicolare e navale**



Figura 2: punti di campionamento di *top soil* prelevati nelle aree urbane di Trieste; in rosa e in blu i punti con concentrazioni di benzo(a)pirene rispettivamente superiori e inferiori ai limiti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di colonna A, Tab. 1, All. 5, Titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/2006.

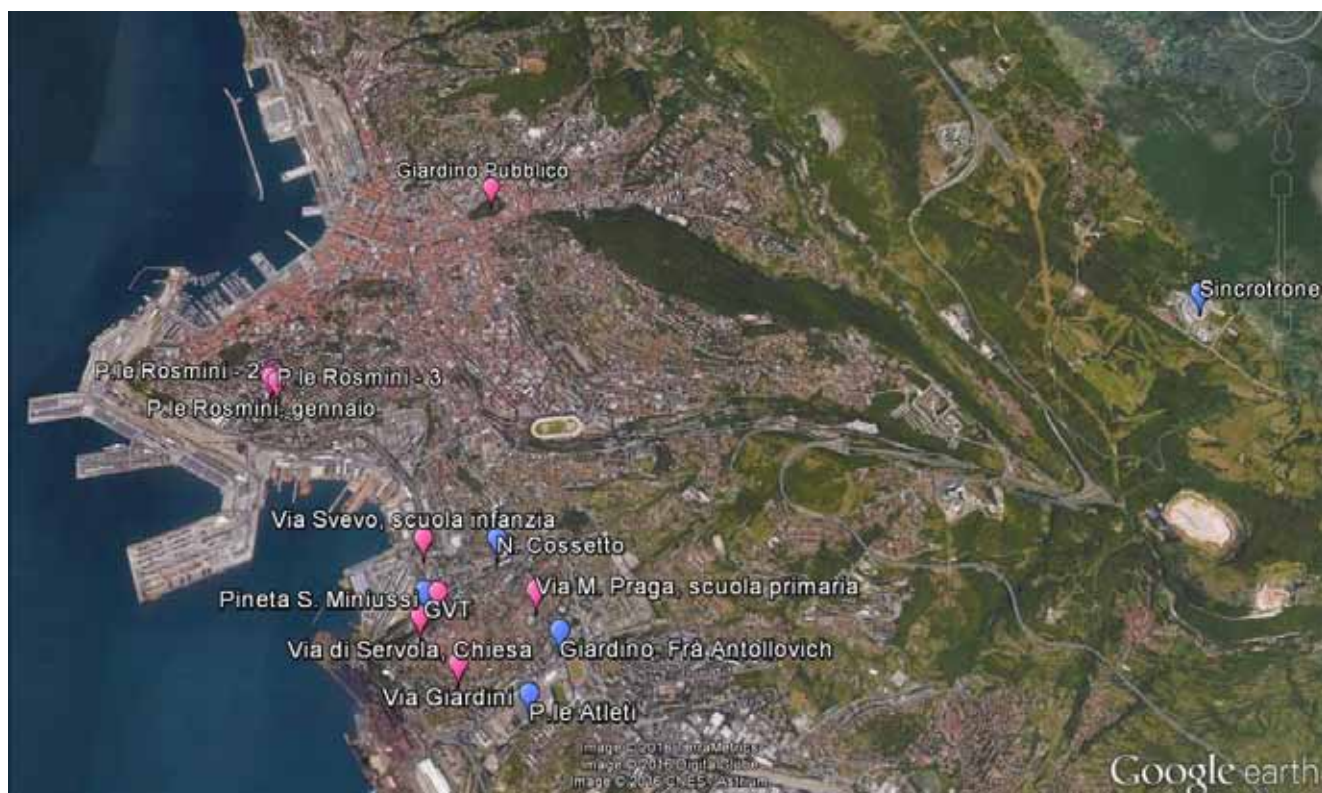
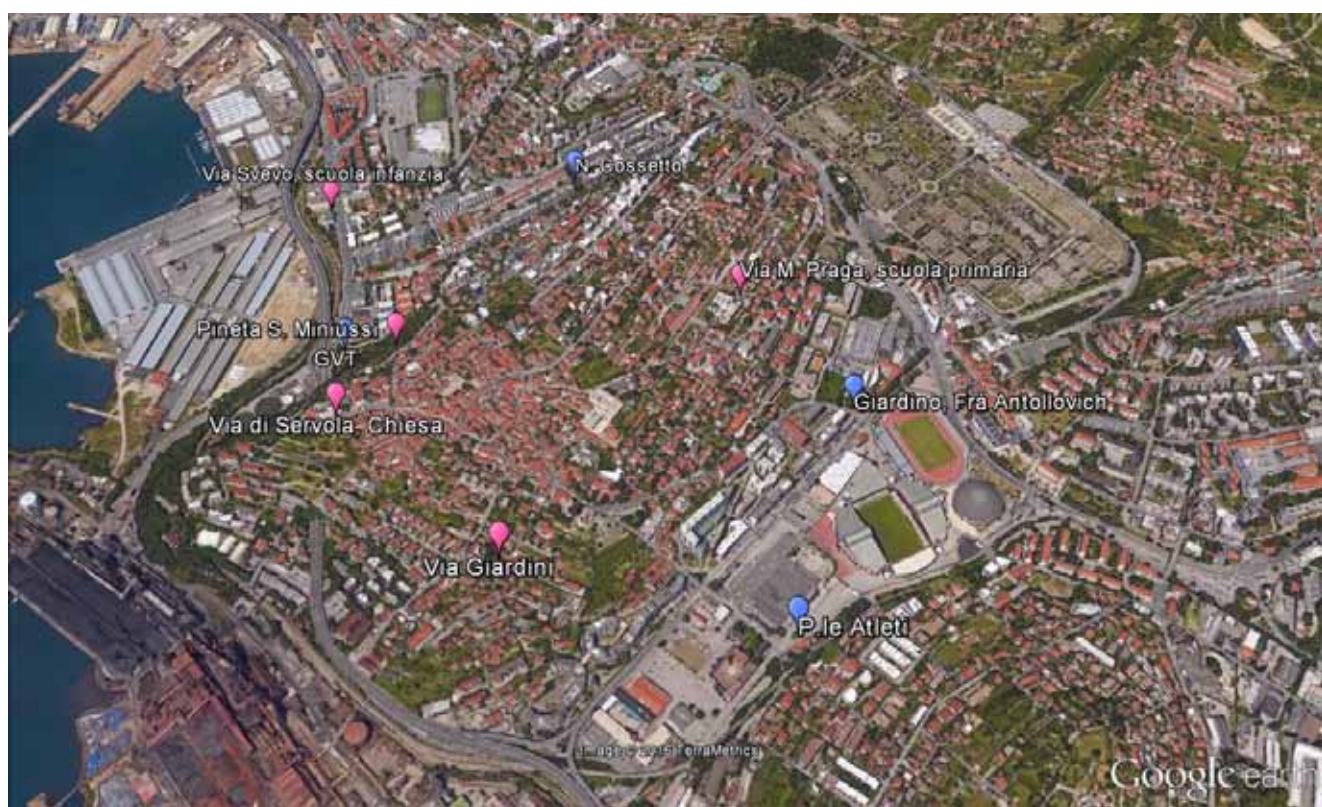


Figura 3: dettaglio riferito all'area dell'abitato di Servola; in rosa e in blu i punti con concentrazioni di benzo(a)pirene rispettivamente superiori e inferiori ai limiti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di colonna A, Tab. 1, All. 5, Titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/2006.



associate alla presenza di tutti gli inquinanti rilevati, è stato possibile confermare l'ipotesi iniziale ovvero che le aree di Trieste oggetto dell'attività di campionamento prevista dal protocollo operativo sono caratterizzate da un articolato inquinamento diffuso di origine antropica.

Il Tavolo tecnico regionale, al quale partecipano tutti i soggetti competenti in ambito ambientale e sanitario, appositamente istituito con DGR n. 1074 dd. 13/06/2016 per gestire la situazione della città di Trieste, ha preso atto di alcune importanti evidenze, avvalendosi anche del supporto dell'Istituto Superiore di Sanità:

- la presenza, allo stato attuale delle conoscenze, verificate anche su base statistica, di una situazione di inquinamento diffuso derivante da molteplici sorgenti attive nel passato e attuali;
- l'individuazione del superamento della CSC del benzo(a)pirene quale fattore di decisione per stabilire interventi a protezione della popolazione;
- la necessità di fissare un ordine di priorità per l'attuazione degli interventi di azione e prevenzione;
- l'esigenza di redigere un "Piano Stralcio per le Aree Sensibili", che non sia rivolto a caratterizzare in modo compiuto l'intera area metropolitana di Trieste, ma consenta di guidare le azioni di risanamento nelle zone a elevata priorità e di monitorare l'efficacia degli interventi adottati.

Per la definizione degli interventi da attuare nell'ambito del "Piano Stralcio per le Aree Sensibili", il Tavolo tecnico regionale, in sinergia con l'ISS, ha individuato le misure di mitigazione del rischio sanitario da realizzare nel breve termine e nel medio-lungo periodo, sulla base del tipo di fruizione e delle caratteristiche morfologiche e fisiche delle aree. Devono essere valutati, inoltre, gli strumenti e gli indicatori per monitorare l'efficacia delle misure di mitigazione in modo da garantire il mantenimento nel tempo dei presidi igienico-sanitari; ciò risulta importante anche a causa della promiscuità e vicinanza delle aree inquinate con altre di libero accesso per i frequentatori.

Nel Piano Stralcio per le Aree Sensibili le aree a verde investigate sono state suddivise in tre tipologie denominate A, B e C, di seguito individuate e descritte con le misure di intervento associate.

#### 1) Tipologia A: aree "a verde scolastiche"

Aree a gioco scolastiche, a elevata fruizione di bambini per una durata temporale prolungata, di ridotta superficie, con necessità di rendere l'area sicura e utilizzabile in tempi molto brevi:

- area a verde della scuola dell'infanzia Don Dario Chavien, via Italo Svevo n. 21/1 (circa 800 m<sup>2</sup> di intervento);
- area a verde della scuola elementare Biagio Marin, via M. Praga n. 6 (circa 2 000 m<sup>2</sup> di intervento).

L'intervento ritenuto più opportuno è la totale sostituzione

ne dello strato di terreno superficiale (15-20 cm di profondità).

In attesa della sostituzione dello strato di terreno superficiale, al fine di impedire il contatto con il terreno inquinato e rendere le aree immediatamente fruibili ai bambini, è prevista la copertura mediante la posa di un tappeto erboso pronto o la stesa di uno strato di ghiaia; tale copertura può comprendere anche aree adiacenti a quelle direttamente interessate dalle misure di intervento.

#### 2) Tipologia B: aree "giardini pubblici"

Giardini pubblici, a elevata fruizione per una durata di tempo variabile, con grandi superfici prative e numerose alberature, presenza di aree a gioco pavimentate, ma circondate da aiuole prative (circa 20 000 m<sup>2</sup> di intervento):

- giardino pubblico M. De Tommasini (circa 17 000 m<sup>2</sup> di intervento);
- giardino di Piazzale Rosmini (circa 3 500 m<sup>2</sup> di intervento).

I giardini pubblici sono molto utilizzati dalla popolazione residente, tuttavia le misure di intervento non presentano le stesse caratteristiche di urgenza delle aree scolastiche a verde fruite dai bambini.

Nei giardini pubblici è proposto il fitorimedio quale misura di intervento e mitigazione; contestualmente è prevista la posa di un tappeto erboso pronto o la stesa di uno strato di ghiaia le aree a verde immediatamente adiacenti per coprire le aree a gioco dei giardini, così da garantire una fruizione in sicurezza da parte dei bambini.

#### 3) Tipologia C: aree "giardini pubblici a bassa fruizione"

Giardini pubblici, a bassa fruizione per una durata di tempo variabile, con superfici prative coperte da alberature, assenza di aree a gioco:

- pineta Miniussi di Servola (circa 5 000 m<sup>2</sup> di intervento).

Anche per questa tipologia di area a verde la soluzione proposta è il fitorimedio anche se, considerato il tipo di fruizione, non sono previsti interventi nel breve termine.

## Quali sono le cause?

Nelle aree metropolitane è estremamente difficile discriminare le singole cause che danno origine a situazioni di inquinamento diffuso dei suoli poiché si tratta spesso di una molteplicità indifferenziata di sorgenti attive nel presente o nel passato, quali, ad esempio, il traffico veicolare, i processi di combustione domestica, l'utilizzo di materiali di riporto e di scarti di fonderia, la presenza di insediamenti industriali.

Il Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale (SNPA) nel documento "Criteri per la elaborazione dei piani di gestione dell'inquinamento diffuso" (SNPA, 2016) ha individuato due casistiche:



**Caso generale.** Sorgenti già connotabili come diffuse e comunque riferibili a una collettività relativamente indifferenziata. In tale tipologia di sorgenti possono rientrare, per esempio, nutrienti e fitofarmaci di origine agricola (impatto: terreni e acque sotterranee), fenomeni di ricarica da corpi idrici compromessi (impatto: acque sotterranee), traffico urbano (impatto: terreni).

**Caso limite.** Più sorgenti puntuali, per le quali non sia possibile discriminare il contributo delle singole fonti alla contaminazione diffusa.

## L'intervento delle amministrazioni e la sensibilizzazione del cittadino

L'Amministrazione Comunale, considerati i risultati delle analisi effettuate, nelle more della definizione di ulteriori interventi da parte della Regione FVG, ad aprile e a maggio 2016, ha emanato due ordinanze sindacali di limitazione all'uso delle aree interessate.

La Regione FVG con DGR n. 1074 dd. 13/06/2016 ha istituito un Tavolo tecnico dedicato alla situazione della città di Trieste, che coinvolge tutti i soggetti competenti in ambito ambientale e sanitario.

Il Tavolo tecnico regionale svolge una funzione importante in quanto rappresenta il momento di concertazione per la condivisione delle scelte, l'individuazione delle attività da sviluppare e delle modalità di realizzazione, l'organizzazione delle attività di tutti i soggetti a vario titolo coinvolti, la valutazione dei risultati.

Più in generale si può dire che rispetto al passato le Amministrazioni e i cittadini stanno dimostrando una maggiore attenzione nei confronti delle caratteristiche dei

**Oggi le  
Amministrazioni  
riconoscono il  
ruolo chiave del  
suolo anche in  
ambito urbano**

suoli presenti nelle aree metropolitane, riconoscendo ad essi un ruolo chiave nell'ambito dell'ecosistema urbano e per la salvaguardia della qualità della vita dei cittadini stessi.

Pertanto è auspicabile che a livello nazionale, attraverso un coordinamento centralizzato, sia pianificato e realizzato uno

studio sull'inquinamento diffuso dei suoli presenti nelle maggiori aree metropolitane nazionali; tale studio, mettendo in rete Amministrazioni, Enti locali, ISPRA e Istituti di ricerca, potrebbe fornire per la prima volta una visione organica su ampia scala, rappresentativa di questo fenomeno.

Al momento la Regione FVG sta definendo un protocollo operativo per l'elaborazione dei Piani di gestione dell'inquinamento diffuso dei suoli, così da fornire una guida generale per la caratterizzazione delle aree interessate,

per la definizione delle fonti di inquinamento, degli interventi di mitigazione, del monitoraggio ambientale.

Nel caso di Trieste l'approccio metodologico da applicare sull'intera area metropolitana dovrà considerare diversi fattori: le caratteristiche dei suoli urbani in termini di composizione e origine, le fonti emmissive passate e attuali, i risultati delle indagini svolte presso altre città metropolitane oltre quanto già rilevato in via preliminare nel Piano Stralcio per le Aree sensibili, gli strumenti e gli indicatori per monitorare l'efficacia delle misure di mitigazione del rischio sanitario, la divulgazione e l'aggiornamento delle informazioni ambientali e sanitarie.

Presso gli Enti che si occupano di tutelare l'ambiente e la salute umana, in Friuli Venezia Giulia e a livello nazionale, sta crescendo la consapevolezza di quanto sia importante studiare e caratterizzare i suoli urbani, anche attraverso azioni di monitoraggio pianificate nel tempo.

I suoli urbani, infatti, risultano spesso più contaminati di quelli che si trovano all'esterno delle aree metropolitane; considerando la particolare vicinanza tra suolo contaminato ed esseri umani che si verifica in una città, ne possono derivare situazioni potenzialmente critiche. Ciò nonostante vi è ancora un lungo cammino da percorrere che passa attraverso la definizione e l'approvazione di nuovi approcci concettuali, di nuove metodologie, di programmi di intervento condivisi che sottintendono, da parte degli Enti, una visione organizzata e coerente, integrata con tutte le discipline che trattano l'ambiente urbano (Ajmone-Marsan, 2008).

## Bibliografia

Albanese S., Fontaine B., Chen Wei, Lima A. Cannatelli C., Piccolo A., Qi S., Wang M., De Vivo B., 2015, *Polycyclic aromatic hydrocarbons in the soils of a densely populated region and associated human health risks: the Campania Plain (Southern Italy) case study*, in «Environmental Geochemistry and Health», 37, 1-20.

Ajmone-Marsan F., 2008, *Introduzione ai suoli urbani*, in «Qualità dell'ambiente urbano-V Rapporto ISPRA», Focus su «Il suolo, il sottosuolo e la città», ISPRA, 31-32.

Barberis R., Fabietti G., Biasioli M., 2008, *La contaminazione diffusa dei suoli torinesi*, in «Qualità dell'ambiente urbano-V Rapporto ISPRA», Focus su «Il suolo, il sottosuolo e la città», ISPRA, 49-56.

Biasioli M., Barberis R. e Ajmone-Marsan F., 2006, *The influence of a large city on some soil properties and metal content*, in «Science of Total Environment», 356, 154-164.

Biasioli M. e Ajmone-Marsan F., 2007, *Organic and inorganic diffuse contamination in urban soils: the case of Torino (Italy)*, in «Journal of Environmental Monitoring», 9(8), 862-868.

Brady N.C. e Weil R.R., 2002, *The nature and properties of soils*, 13th edition, New Jersey, Prentice Hall.

De Guidi G., Librando V., Minniti Z., Bolzacchini E., Perrini G., Bracchitta G., Alparone A., Catalfo A., 2012, *The PAH and Nitro-PAH concentration profiles in size-segregated urban particulate matter and soil in traffic-related sites in Catania, Italy*, 2012, in «Polycyclic Aromatic Compounds», 32, 439-456.

ISS, 2017, *Linee di indirizzo sulla valutazione e gestione dei rischi sanitari connessi alle situazioni di inquinamento diffuso*, [http://www.bonifiche.minambiente.it/inquinamento\\_diffuso.html](http://www.bonifiche.minambiente.it/inquinamento_diffuso.html), ultimo accesso 18/09/2017.

Manta D.S., Angelone M., Bellanca A., Neri R., Sprovieri M., 2002, *Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy*, in «The Science of the Total Environment», 33, 229-243.

Sequi P. (a cura di), 2005, *Fondamenti di chimica del suolo*, Bologna, Patron.

SNPA, 2016, *Criteri per la elaborazione dei piani di gestione dell'inquinamento diffuso*, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/criteri-per-la-elaborazione-di-piani-di-gestione-dell2019inquinamento-diffuso>, ultimo accesso 18/09/2017.

Torretta M., Confalonieri M., Zangari R., 2005, *Influenza delle attività antropiche sulla concentrazione di metalli pesanti nei suoli di un'area urbana*, in «Siti Contaminati n. 2/2005». Studio Aglietto s.r.l., 132-145.



## 10. I siti contaminati del Friuli Venezia Giulia

Ad oggi in regione sono in fase istruttoria 179 procedimenti di bonifica di siti contaminati. L'Amministrazione regionale sta attualmente predisponendo un nuovo Piano di bonifica che conterrà le indicazioni per arrivare alla chiusura dei procedimenti e alla restituzione delle aree contaminate agli usi legittimi.

Isabella Garbino, Flavio Gabrielcig, Micaela Budai, Francesca Martinis  
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio disciplina gestione rifiuti e siti inquinati

Un sito contaminato è una parte di territorio all'interno del quale le concentrazioni di contaminanti nelle diverse matrici ambientali (suolo, sottosuolo, acque sotterranee e superficiali) sono tali da determinare un rischio sanitario-ambientale non accettabile in funzione della destinazione d'uso e dello specifico utilizzo.

In particolare, un sito viene definito "contaminato" se i valori delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), determinati con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, risultano superati.

Un sito contaminato richiede un intervento di bonifica finalizzato all'eliminazione delle fonti inquinanti, fino al raggiungimento di valori di concentrazione corrispondenti ad un rischio accettabile. In attesa del raggiungimento degli obiettivi di bonifica, sul sito devono essere poste limitazioni di utilizzo tali da garantire la salute dei fruitori e devono essere attivate misure di messa in sicurezza tali da impedire l'espansione della contaminazione al di fuori dei confini del sito.

Quasi la totalità dei siti deve la propria contaminazione ad attività di natura antropica. La procedura che porta alla bonifica delle aree contaminate interdice l'utilizzo delle stesse e pertanto, in alcuni casi, sono divenute oggetto di degrado e abbandono.

La legislazione italiana prevede che ad occuparsi del ripristino delle condizioni ottimali per le aree contaminate sia proprio il responsabile della contaminazione e, solo qualora questi non provveda, possa provvedere il proprietario incolpevole. Se neanche quest'ultimo provvede, spetta di provvedere al Comune territorialmente competente sostituendosi al privato e rivalendosi poi verso il colpevole, delle spese sostenute (potere sostitutivo). Ad oggi in regione i Comuni fanno spesso difficoltà a intraprendere tale percorso per carenza di fondi propri e pertanto l'Amministrazione regionale destina annualmente dei contri-

buti a favore degli stessi per sanare almeno in parte le aree interessate.

A livello nazionale, l'obiettivo principale individuato dalla normativa, può essere identificato come la bonifica delle aree contaminate e la restituzione delle stesse alla fruibilità del territorio.

A livello comunitario, gli obiettivi per gli interventi di bonifica sono volti a eliminare, contenere o ridurre le sostanze inquinanti in modo da prevenire e/o limitare efficacemente i rischi per la salute umana e per l'ambiente dovuti alla contaminazione del suolo. Il ripristino dei suoli degradati deve essere portato a un livello di funzionalità tale da essere almeno compatibile con l'utilizzo attuale e futuro della risorsa.

Inoltre, l'Unione europea ritiene che il pubblico sia scarsamente sensibilizzato in merito all'importanza della protezione del suolo e sia pertanto necessario introdurre misure per migliorare le conoscenze, lo scambio di informazioni e le buone pratiche.

### La situazione in Friuli Venezia Giulia

Dall'istituzione dell'Anagrafe regionale dei siti da bonificare (SIQUI) e sulla base dei dati aggiornati alla fine del 2016, in regione e per quanto di competenza regionale, si sono conclusi 451 procedimenti di bonifica; risultano pertanto 179 siti in fase di istruttoria, per una superficie complessiva superiore a 5000 ettari. In Figura 1 si riportano i baricentri dei siti presenti in anagrafe.

Per i siti attualmente in fase di istruttoria, per cui sia stato presentato almeno il Piano della caratterizzazione, la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia sta attualmente predisponendo un nuovo Piano regionale di bonifica dei siti contaminati che conterrà le indicazioni per ottenere la restituzione agli usi legittimi dei territori contaminati.

**La popolazione è scarsamente sensibilizzata in merito all'importanza della protezione del suolo**

Figura 1: stato della procedura di bonifica dei siti contaminati in Friuli Venezia Giulia.

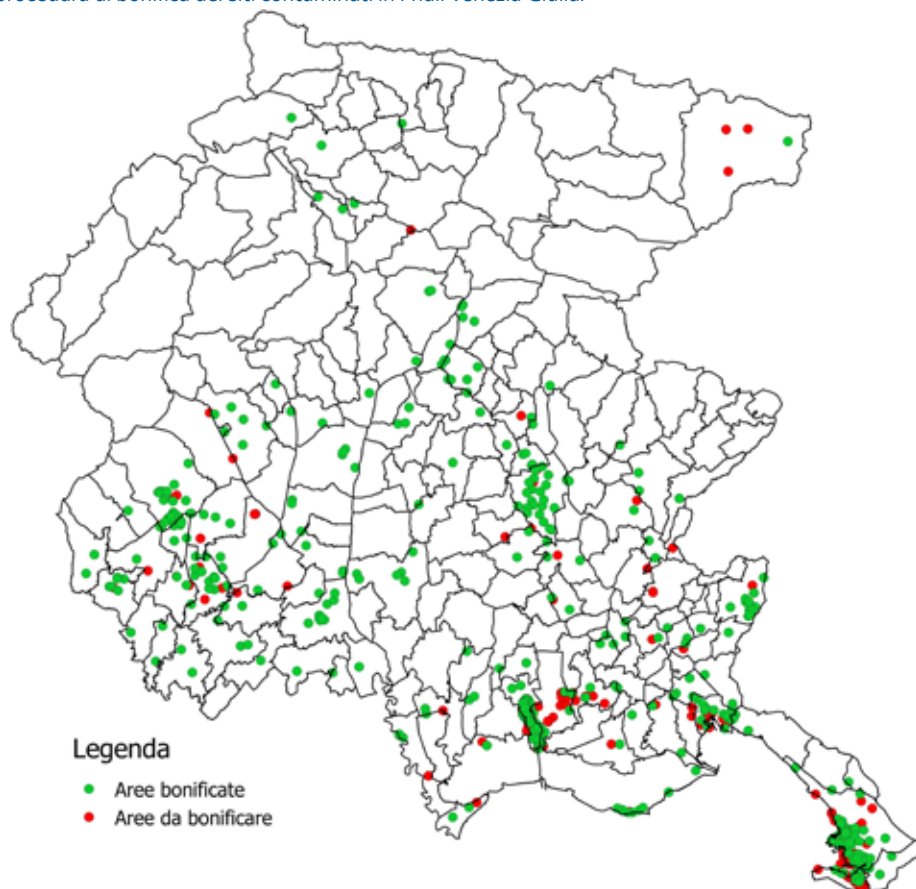


Tabella 1: frequenza delle dimensioni dei siti contaminati per provincia.

Dimensioni superficie	numero di siti Provincia di Gorizia	numero di siti Provincia di Pordenone	numero di siti Provincia di Trieste	numero di siti Provincia di Udine
$S \leq 1000 \text{ m}^2$	3	6	4	7
$1000 < S \leq 10000 \text{ m}^2$	7	8	26	12
$10000 \leq S < 100000 \text{ m}^2$	6	4	36	21
$S > 100000 \text{ m}^2$	1	2	16	20

Per quanto riguarda le caratteristiche delle aree contaminate attualmente presenti sul territorio regionale, dall'analisi dei dati del SIQUI, si rileva che la maggior parte dei siti presenta dimensioni intermedie (tra 1000 e 100000 m<sup>2</sup>) mentre i siti di dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup> o superiori a 100000 m<sup>2</sup> sono relativamente meno numerosi:

- Superficie  $\leq 1000 \text{ m}^2$ : 20 siti;
- $1000 < \text{Superficie} \leq 10000 \text{ m}^2$ : 53 siti;
- $10000 \leq \text{Superficie} < 100000 \text{ m}^2$ : 67 siti
- Superficie  $> 100000 \text{ m}^2$ : 39 siti

Per i siti con dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup> si applicano le procedure semplificate di bonifica (di cui all'art. 249 e all'allegato 4 alla parte quarta del d.lgs. 152/2006). I siti con dimensioni considerevoli, che in genere comprendono territori che ricadono su più comuni oppure in siti di interesse nazionale, sono in molti casi oggetto di specifici accordi di programma mentre per i siti di dimensioni intermedie si applicano le procedure standard, tranne che per i punti vendita carburante di limitata estensione (non superiore a 5000 m<sup>2</sup>) per i quali si applicano i criteri semplificati di cui al DM31/2015.

Con riguardo alla dimensione, la distribuzione territoriale dei siti per singola provincia riflette l'andamento complessivo che si riscontra per il territorio regionale, fatta eccezione per i siti di grandi dimensioni che sono per la maggior parte ubicati nelle province di Trieste e Udine, peraltro interessate dalla presenza di due Siti di interesse nazionale (SIN). Inoltre, i siti ricadono principalmente in prossimità delle aree più densamente popolate e in prossimità di aree a vocazione produttiva.

La natura della potenziale contaminazione si può ricondurre alle categorie di inquinanti tabellate nell'allegato 5

### La contaminazione di solito è legata a più tipi di inquinanti

al titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/06 (composti inorganici, policiclici aromatici, alifatici clorurati non cancerogeni, nitrobenzeni, fenoli clorurati e non, fitofarmaci, idrocarburi, più tipi non cancerogeni, più tipi fra cui cancerogeni, non nota).

Nella Figura 2 sono riportate le tipologie prevalenti di inquinanti presenti per i siti in anagrafe.

Si osserva che la contaminazione è per la maggior parte legata a più tipi di inquinanti, fra i quali anche composti cancerogeni. Tale situazione, strettamente connessa alla presenza di siti in cui la contaminazione deriva da discariche incontrollate e abbandoni di rifiuti/riporti storici/

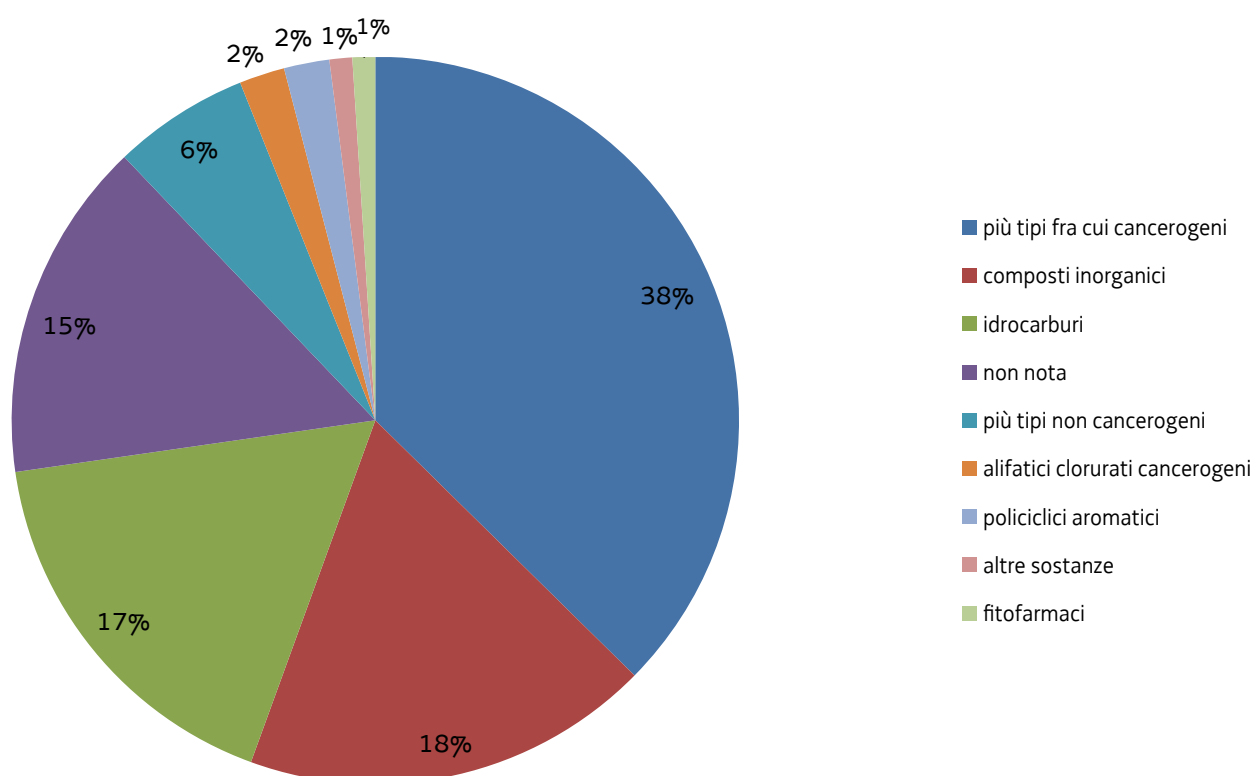
discariche storiche, comporta ovvie difficoltà nell'individuazione di tecnologie di bonifica efficaci per situazioni molto eterogenee quali quelle presenti sul territorio regionale.

Per quanto riguarda le matrici ambientali coinvolte dall'inquinamento sono:

top soil (primi 30 cm di terreno)	0 siti
solo suolo superficiale (<1 m)	22 siti
solo suolo profondo (> 1m)	12 siti
solo acqua sotterranea	36 siti
più matrici	83 siti
più matrici nel suolo insaturo (top soil, suolo superficiale, suolo profondo)	14 siti

Come si osserva non vi sono siti in cui la contaminazione sia presente solo nel top soil. Inoltre il numero di siti in cui la contaminazione è limitata a una sola matrice ambientale o al solo suolo insaturo è basso e riguarda per lo più siti con presenza di contaminazione nelle sole acque sotterranee. Nella maggior parte dei casi la contaminazione si estende su più matrici ambientali, ossia tanto nelle acque sotterranee che in una delle componenti del suolo insaturo (top soil e/o suolo superficiale e/o suolo profondo).

Figura 2: natura della potenziale contaminazione.



## I principali tipi di sito

Le principali tipologie di sito presenti in Friuli Venezia Giulia sono identificabili come:

- aree produttive dismesse/inquinamento storico da aree produttive: le aree produttive dismesse o con passività ambientali ereditate dal passato (situazione di contaminazione legata a precedenti insediamenti o a gestioni storiche di aziende ancora attive) costituiscono la categoria di siti più numerosa; in questa tipologia di sito rientrano aree di vaste dimensioni, per la maggior parte ubicate all'interno dei SIN ed ex SIN; in parte sono oggetto di intervento pubblico in via sostitutiva o avviato in base a specifici accordi di programma;
- aree produttive in attività: non molto numerose sul territorio regionale ma per la maggior parte sono di grandi dimensioni e legate a situazioni ambientali estremamente complesse; vedono generalmente il privato operare per il risanamento del sito;
- discariche incontrollate e abbandoni di rifiuti/riporti storici/discariche storiche (rifiuti solidi urbani, rifiuti speciali e inerti ante DPR 915/82): in questa categoria rientrano sia le discariche abusive sia quelle di rifiuti speciali e di rifiuti solidi urbani realizzate prima dell'emanazione della normativa di settore, nonché i riporti storici; si tratta di aree generalmente di grandi dimensioni, diverse dai SIN e per le quali sta operando la pubblica amministrazione in via sostitutiva o in base a specifici accordi di programma;
- stoccaggio/adduzione carburante (punti vendita carburante): rappresentano poco più del 10% del totale dei siti contaminati; presentano peculiarità specifiche, quali tipologia di contaminanti (idrocarburi e sostanze non tabellate dagli allegati al D.Lgs. 152/2006, che vengono confrontati con i limiti proposti dall'Istituto Superiore di Sanità); sono frequentemente ubicati in contesti urbanizzati e hanno limitata estensione areale, che comporta una gestione in procedura semplificata;
- discariche autorizzate: presentano problemi di contaminazione delle matrici ambientali (suolo e/o acque sotterranee); le 5 discariche autorizzate che presentano tali criticità hanno dimensioni variabili tra i 2 e gli 8 ettari; gli interventi per il ripristino delle condizioni di sicurezza rientrano nella disciplina sui rifiuti, mentre quelli per il risanamento delle matrici contaminate rientrano nella bonifica dei siti contaminati;
- rilasci accidentali di sostanze pericolose (incidenti): sebbene le notifiche di siti potenzialmente contaminati dovute a rilasci accidentali siano numerose, essi rappresentano solo il 5% dei siti contaminati, in quanto l'attivazione tempestiva di misure di prevenzione e di interventi di messa in sicurezza di emergenza permette di risanare

e ripristinare le condizioni originali di un'area senza effettuare interventi di bonifica;

- aree agricole: rappresentano casi sporadici e sono i siti meno numerosi fra quelli censiti;
- serbatoi interrati: poco numerosi, presentano caratteristiche, relative alla tipologia di contaminanti, simili ai punti vendita carburante e come questi vengono gestiti in procedura semplificata;
- altre tipologie di sito: rappresentano le tipologie residuali di sito non ricomprese nelle precedenti (infrastrutture, aree per attività sportive/ricreative, aree militari, ecc.).

## La bonifica dei siti

Gli interventi di bonifica necessari per ciascun'area sono diversificati a seconda delle caratteristiche intrinseche specifiche del sito nel quale si deve intervenire, con particolare riferimento ai contaminanti da rimuovere e alle matrici ambientali impattate.

È possibile rilevare che, in caso di inquinamento della falda, l'azione più adottata è quella del *Pump & Treat* (P&T), consistente nel pompaggio delle acque di falda inquinate con successivo trattamento delle stesse in loco (*on site*) e scarico delle acque depurate. Tale tecnica viene utilizzata soprattutto per i punti vendita di carburanti o come misura di prevenzione/messa in sicurezza delle acque sotterranee. Una variante a tale tipologia di intervento sovente utilizzata è il *Pump & Stock*, in cui le acque vengono raccolte in sito per poi essere avviate a trattamento o smaltimento in impianto.

Altre tipologie di interventi adottate sui suoli insaturi sono quelle denominate *Soil Vapor Extraction* (SVE) che, tramite un flusso controllato di aria nel sottosuolo, permette la rimozione di contaminanti organici volatili.

Nelle zone di ex discarica e nelle aree con presenza di rifiuti interrati o di riporti antropici non assimilabili ai suoli (con test di cessione non conforme) la metodologia più frequente è quella della messa in sicurezza permanente, che consiste nell'isolamento dei rifiuti *in situ* in modo che gli stessi non abbiano effetti sulle matrici ambientali circostanti. Questa tipologia di intervento è opportuno venga associata a un periodo di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee.

Soprattutto nei siti di interesse nazionale e nelle aree industriali la tipologia più attuata per i suoli è stata quella dell'escavo e successivo smaltimento dei materiali risultati inquinati, con verifica delle pareti e fondo scavo al fine di accertarsi di aver rimosso tutta la contaminazione presente.

In generale, nei casi in cui l'inquinamento interessi la matrice acqua sotterranea, a conclusione del procedimento



di bonifica viene di norma effettuato un periodo di monitoraggio per verificare l'efficacia e il permanere nel tempo dei risultati raggiunti.

## La pianificazione regionale

La Regione Friuli Venezia Giulia si è dotata di un primo Piano regionale di bonifica delle aree inquinate approvato con Deliberazione di Giunta Regionale di data 28 aprile 1995.

Tale piano venne redatto con la previgente legislazione per la quale erano ipotizzabili potenziali contaminazioni da sversamento diretto, da deposito non autorizzato o da ricadute di sostanze pericolose solide, liquide o aeriformi individuate così come indicate dalla norma. Fra tali aree rientravano i siti interessati da attività minerarie in corso o dismessi, attività industriali dismesse, rilasci accidentali o dolosi di sostanze pericolose, discariche non autorizzate, operazioni di adozione e stoccaggio di idrocarburi o gassificazione di combustibili solidi, nonché aree, anche a destinazione agricola, interessate da spandimento non autorizzato di fanghi e residui speciali o tossici e nocivi. Fra gli elementi costitutivi del piano erano richiesti l'individuazione, il censimento, la mappatura e l'archiviazione informatizzata dei dati relativi alle aree potenzialmente contaminate. Si sottolinea che tale norma non prevedeva tuttavia alcun limite di concentrazione ai fini della definizione della contaminazione del sito.

Il piano individuò 151 siti potenzialmente contaminati a seguito del contatto accidentale o continuativo con attività o sostanze elencate dal D.M. 16/05/89. Per questi 151 siti, sulla base di una serie di verifiche effettuate ai fini della redazione del nuovo Piano di bonifica, attualmente in fase di predisposizione da parte della Regione, i Comuni hanno risolto la maggior parte delle criticità in essere.

Ad oggi rimangono undici i siti per i quali è necessario verificare la potenziale contaminazione ai sensi del D.Lgs. 152/2006. Ciò sarà oggetto di approfondimento da parte di ARPA FVG.

La Regione sta attualmente predisponendo il nuovo Piano di bonifica dei siti contaminati dove verranno identificati, in ottemperanza alle disposizioni normative:

- l'ordine di priorità degli interventi di bonifica;
- i siti da bonificare e le caratteristiche generali degli inquinamenti presenti;
- le modalità degli interventi di bonifica e risanamento ambientale, che privilegino prioritariamente l'impiego di materiali provenienti da attività di recupero;

- la stima degli oneri finanziari;
- le modalità di smaltimento dei materiali da asportare.

In particolare l'amministrazione Regionale sta predisponendo un metodo per determinare l'ordine di priorità con cui effettuare gli interventi di bonifica, sulla base di criteri che descrivono con dei punteggi lo stato della potenziale contaminazione e l'interferenza di questa sulla eventuale presenza di popolazione e sull'ambiente circostante, inteso come veicolo di migrazione della contaminazione dal terreno all'uomo.

Il metodo si propone di ottenere la massimizzazione della salvaguardia della salute umana ma nel contempo tiene

sotto controllo anche gli aspetti dell'interazione fra i siti contaminati e la loro ubicazione geografica sul territorio regionale, con particolare riguardo alle aree naturali e alla conservazione delle risorse idriche.

### La Regione sta predisponendo un nuovo Piano di bonifica dei siti contaminati che propone diverse linee di azione

Inoltre il medesimo piano propone diverse linee di azione per ottenere gli obiettivi prefissati, ovvero:

- la definizione dei contenuti delle schede dei siti da bonificare ai fini del PBSC (Piano di bonifica dei siti contaminati);
- l'analisi delle criticità e l'ottimizzazione dell'anagrafe dei siti da bonificare;
- demandare ad ARPA FVG l'investigazione dei siti del Piano (approvato con deliberazione della Giunta regionale n. 1976 di data 28 aprile 1995) di cui non è certa la potenziale contaminazione;
- la definizione dei criteri per stabilire la priorità di bonifica;
- la definizione della modalità di aggiornamento della graduatoria di priorità e l'applicazione dei criteri di priorità;
- l'individuazione delle migliori tecnologie disponibili applicabili ai siti da bonificare individuati;
- la stima economica degli interventi necessari ai siti afferenti alla graduatoria di priorità;
- promuovere la gestione sostenibile dei rifiuti prodotti nel corso degli interventi di bonifica;
- promuovere attività di ricerca, procedure e progetti comunitari per la sperimentazione di nuove tecnologie;
- aderire alla Rete nazionale sulla gestione e la bonifica dei siti contaminati;
- incentivare tecniche di bonifica a basso impatto ambientale;
- sviluppare l'attività normativa, di indirizzo e di coordinamento;
- l'individuazione dei soggetti di cui avvalersi per l'esecuzione degli interventi;
- la definizione delle linee di azione per affrontare la pro-

blematica dell'inquinamento diffuso;

- la realizzazione di uno studio per la definizione dell'impatto dell'inquinamento di area vasta da mercurio su ricettori non antropici.

A valle dell'approvazione del Piano, sulla base dell'ordine di priorità di intervento così come ottenuto dall'applicazione del criterio predisposto nel documento, con atti successivi, verrà stabilito come procedere al finanziamento delle attività per i siti di proprietà pubblica e per i siti per cui è stato attivato quanto disposto dall'art. 250 del D.Lgs. 152/06 (potere sostitutivo).

La graduatoria dei siti, unitamente alla stima degli oneri, verrà aggiornata con cadenza annuale così da tener conto di nuovi siti e degli interventi realizzati nei siti già in fase di procedura di bonifica.

# Il SIN di Torviscosa

Stefano Biasiol

ARPA FVG, Bonifiche e rifiuti



Foto: <https://commons.wikimedia.org/>

## Cosa accade nella laguna di Grado e Marano

I Siti di bonifica d'Interesse Nazionale (SIN) sono siti contaminati, individuati in relazione alle caratteristiche dell'area, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali e ambientali. La Legge n. 134/2012 ha apportato delle modifiche ai criteri di individuazione dei SIN nel territorio nazionale. Sulla base di tali criteri è stata effettuata una ricognizione dei 57 siti inizialmente classificati di interesse nazionale e, con il D.M. 11 gennaio 2013, il numero dei SIN è stato ridotto agli attuali 39, di cui 2 in FVG.

Il perimetro del SIN Laguna di Grado e Marano è stato definito inizialmente nel 2003 e occupava in origine una superficie di oltre 11 000 ettari, di cui quasi

7 000 in area lagunare. La parte in terraferma comprendeva tra l'altro la zona industriale Aussa Corno di San Giorgio di Nogaro, lo stabilimento Caffaro di Torviscosa (Figura 1) e la zona industriale di Cervignano, oltre che numerose aree agricole. In seguito alla caratterizzazione

**I Siti di bonifica d'Interesse Nazionale (SIN) sono siti contaminati individuati mediante diversi atti normativi**

**La laguna di Grado e Marano è uno dei due SIN del FVG**

di gran parte dei siti, nel 2012 il perimetro del SIN è stato ridimensionato, risultando costituito prevalentemente dalle aree di pertinenza dell'industria chimica Caffaro. I siti ancora contaminati che sono stati così esclusi dal perimetro del SIN sono passati alla competenza della Regione FVG (e non più del Ministero dell'Ambiente) per il completamento dell'iter delle bonifiche. Sempre nel 2012 è stata inoltre dichiarata la fine dello "stato di emergenza socio-economica ambientale" a carico della laguna ed è stata pertanto revocata la figura del Commissario Delegato per l'Emergenza

determinatasi nella laguna di Marano e Grado.

Infine, l'attuale SIN Caffaro di Torviscosa deriva dall'ulte-

Figura 1: stabilimento Caffaro di Torviscosa.



riore ridefinizione del perimetro effettuata nel 2017 e dal contestuale cambio di denominazione. Al suo interno si trova il sito Caffaro, la Lavanderia Adriatica (attualmente in monitoraggio per una modesta contaminazione della falda) e il Canale Banduzzi. Del sito Caffaro fanno parte impianti chimici in attività e dismessi, sette discariche ubicate a ridosso dello stabilimento e un'altra situata alla confluenza tra i fiumi Aussa e Corno, e tre casse di colmata che costeggiano il canale Banduzzi prima della sua immissione nel fiume Aussa.

La storia dell'insediamento industriale di Torviscosa ha origine nel 1938 con la realizzazione dei primi impianti per l'estrazione della cellulosa dalla canna gentile (*Arun-do donax*), pianta coltivata per la produzione tessile. Nel 1950 venne avviato l'impianto di elettrolisi (della salamoia di cloruro di sodio) a celle di mercurio per la produzione di cloro, soda, ipoclorito di sodio e acido cloridrico, in parte materie ausiliarie nella produzione di cellulosa e di fibre artificiali (viscosa).

Negli anni '60, a seguito dello sviluppo di più impianti chimici, Torviscosa divenne uno dei maggiori centri nazionali del settore. Insieme alla messa in esercizio della centrale elettrica a carbone, infatti, si avviarono le prime linee produttive di intermedi di chimica fine ovvero dei derivati dell'ossidazione del toluene (acido benzoico e benzaldeide).

Agli inizi degli anni '90 fu chiusa la produzione della cellulosa e della pasta semichimica. Nel 1996 subentrò nella proprietà aziendale la Caffaro e fu avviato l'impianto per la produzione di cloroparaffine (con il cloro prodotto dalle celle a mercurio).

Nel SIN Caffaro di Torviscosa i fenomeni di contaminazione sono stati determinati dalle diverse attività di produzione di sostanze chimiche avvenute nel sito industriale e dal deposito di rifiuti e scarti di produzione in vasche e in discariche non definitivamente chiuse e messe in sicurezza.

L'inquinamento ha interessato pertanto principalmente il suolo, le acque sotterranee e i sedimenti del vicino canale Banduzzi. Inoltre, attraverso l'idrografia superficiale, la contaminazione da mercurio (proveniente dal vecchio impianto cloro-soda, ora chiuso e sotto sequestro dal 2008, che in passato scaricava nel Banduzzi) ha interessato anche la laguna di Grado e Marano, aggiungendosi al mercurio proveniente dalle miniere di Idrja attraverso l'Isonzo.

Nel sito sono attive alcune "Messe in Sicurezza d'Emergenza" (prime misure attuate non appena si rileva lo stato di contaminazione), costituite da coperture con teli in polietilene di terreni inquinati e depositi di rifiuti industriali (per evitare la diffusione di vapori e la lisciviazione in falda con le precipitazioni) e dall'emungimento delle acque freatiche a valle dell'area. Questa barriera idraulica è però al momento in gran parte inattiva a causa del malfunzionamento delle pompe. Dai recenti monitoraggi condotti da ARPA FVG non si ravvisa comunque il sussistere di rischi sanitari dovuti alla contaminazione delle acque sotterranee.

### Monitoraggi e indagini di ARPA FVG dal 2000 a oggi

Negli ultimi anni ARPA FVG ha collaborato con l'Università di Udine per eseguire dei monitoraggi relativamente alla diffusione della contaminazione da mercurio, nell'ambito di due tesi di laurea magistrale.

In particolare, uno studio condotto con muschi acquatici ha evidenziato il rilascio di piccole quantità di mercurio (e anche di diossine e PCB) nelle acque del canale Banduzzi da parte dei sedimenti contaminati; queste sostanze si possono bioaccumulare nella vegetazione acquatica (Biasiol, 2015).

Inoltre, nel corso di un altro studio sono state eseguite misure del mercurio volatile presente in aria. Nonostante le concentrazioni molto elevate riscontrate in prossimità del vecchio impianto cloro-soda (che andrebbe pertanto smantellato), le concentrazioni molto inferiori misurate nel centro abitato di Torviscosa non determinano un rischio per la salute dei residenti (Lizzi, 2016).

La situazione ambientale è nota già da tempo, grazie alle numerose indagini di caratterizzazione e ai monitoraggi eseguiti nel sito a partire dai primi anni 2000, ma al momento il completo risanamento dell'area appare ancora lontano.

Dopo la dichiarazione dello stato di insolvenza della società Caffaro Chimica Srl avvenuta nel 2009 e la conseguente crisi anche sul piano occupazionale, l'azienda proprietaria degli impianti chimici è ora la Caffaro Industrie SpA (attualmente produttiva), mentre il soggetto



proprietario del suolo e del sottosuolo contaminato, e pertanto responsabile della bonifica, è la Caffaro Chimica in Amministrazione Straordinaria. Per il recupero ambientale del sito Caffaro sono stati presentati due progetti di bonifica: il primo, da parte del Commissario Delegato per l'Emergenza in laguna nel 2009, è stato approvato dal Ministero dell'Ambiente ma poi ritenuto superato (anche in seguito alla revoca dello stato di emergenza in laguna e del relativo Commissario Delegato) dal progetto presentato nel 2011 dal Commissario Straordinario della Caffaro. Tale progetto, sottoposto a diverse revisioni, integrazioni e stralci, è stato definito in parte approvabile dal Ministero, ma al momento l'iter amministrativo non si è ancora concluso. Inoltre, anche a causa della limitata disponibilità di fondi del Commissario Straordinario, non sono ancora state realizzate le rimozioni di rifiuti e terreni contaminati già approvate e la barriera idraulica a valle del sito è stata in buona parte disattivata.

Le attività finora svolte, grazie anche all'impegno di ARPA FVG, hanno comunque permesso la restituzione agli usi legittimi di alcune aree che sono risultate non contaminate e utilizzabili per gli scopi industriali: in particolare le proprietà della SPIN SpA (alcune aree poste all'interno del sito Caffaro) e la cosiddetta Area 7, dove è stato recentemente ultimato il nuovo impianto cloro-soda. Tale impianto si avvale della tecnologia a celle elettrolitiche a membrana, che non prevede l'utilizzo del catodo a mercurio come nel vecchio impianto.

Inoltre, grazie ai fondi residui dell'attività del Commissario Delegato per l'Emergenza in laguna, sono iniziate nel corso del 2017, per conto della Regione FVG, le indagini ambientali finalizzate alla rimozione di un vasto deposito di rifiuti pericolosi, costituiti da peci benzoiche (scarti di lavorazione di processi chimici).

Con il Decreto del Presidente della Regione 30 giugno 2017, n. 0153/Pres. è stato approvato l'Accordo di programma per il ripristino della piena e completa funzionalità e manutenzione straordinaria della barriera idraulica dello stabilimento Caffaro; tale intervento, che sarà realizzato anche secondo le indicazioni di ARPA FVG sul posizionamento della serie di pozzi, permetterà di ripristinare il contenimento all'interno del sito delle acque sotterranee contaminate. ARPA FVG proseguirà nel frattempo i monitoraggi della falda a valle del sito per verificare l'instaurarsi di eventuali situazioni di pericolo.

In questo contesto si evidenzia il supporto che ARPA FVG ha assicurato alla "Commissione parlamentare di inchiesta sulle attività illecite connesse al ciclo dei rifiuti e su illeciti ambientali ad esse correlati" che, nel corso del 2016, ha approfondito le problematiche inerenti il SIN

della Laguna di Grado e Marano attraverso audizioni e sopralluoghi nel sito.

## Messa in sicurezza e bonifica del sito Caffaro

Infine, con lo scopo di intraprendere un progetto integrato per la messa in sicurezza e la bonifica del sito Caffaro, nonché per la riconversione e lo sviluppo economico dell'area, è stato firmato a fine 2016 un protocollo d'intesa che si potrà avvalere di una dote finanziaria di 40

milioni di euro, di cui 35 milioni da parte ministeriale e 5 milioni dalla Regione Friuli Venezia Giulia. Le attività previste dal documento sottoscritto sono finanziate e realizzate in danno dei soggetti responsabili nei cui confronti si agirà per il risarcimento delle somme sostenute per gli interventi.

La sottoscrizione del documento consente di definire quali debbano essere le modalità di intervento nell'area Caffaro di Torviscosa per il risanamento ambientale secondo i

canoni e i principi dello sviluppo sostenibile, superando così definitivamente le criticità connesse all'inquinamento dell'ambiente che hanno interessato il sito. A questo obiettivo prioritario se ne associa poi un secondo altrettanto importante anche sotto il profilo economico e occupazionale che tende a favorire la riqualificazione industriale.

L'attuazione del progetto di bonifica comporterebbe interventi come l'impermeabilizzazione superficiale delle discariche esistenti e di altre aree contaminate, la rimozione e lo smaltimento di rifiuti e terreni inquinati e il ricorso a tecniche come l'insufflazione nel terreno e in falda di ossigeno per degradare determinate classi di contaminanti. Si rende ancora necessaria, però, la progettazione di un intervento che possa essere allo stesso tempo realizzabile ed efficace per il risanamento dei sedimenti nel Canale Banduzzi, interrompendo così anche il flusso di contaminanti dal SIN verso la laguna.

## Bibliografia

Biasiol S., 2015, *Utilizzo di moss bags per il monitoraggio della contaminazione da mercurio nel canale Banduzzi (Torviscosa)*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli studi di Udine.

Lizzi D., 2016, *Dinamiche nella distribuzione del mercurio aerodisperso in un sito contaminato: il caso dell'impianto cloro-soda di Torviscosa*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli studi di Udine.

# Il SIN di Trieste

Laura Schiozzi

ARPA FVG, Bonifiche e rifiuti

Figura 1: foto aerea della parte del Sito di Interesse Nazionale di Trieste (nel comune di Trieste).



## L'area del SIN di Trieste

Il D.M. 468/2001 "Regolamento recante Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale" individua l'area del porto industriale di Trieste fra i siti inquinati a cui si applicano gli interventi di interesse nazionale ai sensi dell'art. 15 del D.M. 471/99 allora vigente. La sua perimetrazione viene individuata ai sensi del D.M. 639/2003.

Il sito è ubicato a sud-est della città di Trieste e comprende un'area di circa 1700 ettari (Figure 1 e 2). La parte a terra del sito occupa una superficie di circa 500 ettari, ricadente nei territori dei Comuni di Trieste e Muggia e confina a est con il Comune di San Dorligo della Valle; la parte a mare comprende 1200 ettari e si trova compresa entro la parte più orientale del golfo di Trieste, coinciden-

te con l'area portuale che si estende dal Molo V del Porto Franco Nuovo fino a Punta Ronco ed è delimitata verso il largo dalle dighe foranee.

Da un punto di vista morfologico, la parte a terra del sito occupa un'area prevalentemente pianeggiante, che risulta essere il frutto delle modificazioni antropiche che a partire dall'800 sono state volte al recupero di porzioni di territorio al mare per lo sviluppo portuale e industriale della città di Trieste.

## La storia dell'area del SIN

L'originaria conformazione della zona costiera oggi inserita entro il Sito di Interesse Nazionale di Trieste permetteva il solo sviluppo delle saline, la cui chiusura venne imposta nel 1827. Nel 1887 con l'istituzione dei Punti



Figura 2: perimetro del Sito di Interesse Nazionale di Trieste.



Franchi di Scalo Legnami e del Porto Petroli e la costruzione della Ferriera di Servola nel 1896, vennero eseguiti, per successivi stralci rispettivamente per le due aree fino al 1960 e al 2001, imponenti interventi di rinterro in questa porzione del Sito di Interesse Nazionale di Trieste. Tuttavia va precisato che queste opere furono presumibilmente realizzate, almeno nei periodi compresi fra la fine dell'800 e gli anni settanta, attraverso materiali di risulta sia degli sbancamenti effettuati sugli originali promontori (Colle di San Vito, Colle di Servola e Monte San Pantaleone), sia con materiali da demolizione, sia con scarti di processo come le loppe d'altoforno.

Altra attività sviluppatasi a partire dalla metà dell'800 è quella cantieristica, che ha interessato più punti entro il Sito di Interesse Nazionale e anche in questo caso si sono rese necessarie opere di rinterro, di cui la più estesa risulta essere quella dei Cantieri Alto Adriatico alle porte di Muggia. Solo con la costruzione delle dighe foranee si sviluppa l'interesse da parte degli industriali triestini per adibire la Piana di Zaule, ovvero la zona a nord del Torrente Rosandra, a sede di nuovi insediamenti produttivi. Stimolo all'industrializzazione dell'area fu anche il primo progetto per la costruzione del Canale Navigabile, risalente agli anni venti, e che prevedeva che il materiale scavato per la sua realizzazione sarebbe stato impiegato per

la bonifica di parte della valle.

Di estremo interesse per la storia del Sito di Trieste è, però, nel 1934 a seguito dell'emanazione della "legge petrolifera che agevola la creazione di impianti industriali a ciclo integrale per la distillazione del greggio" la costituzione della Società Aquila, che inizia la sua attività nel 1937. Essa rappresenta il più grande complesso industriale che preesista all'istituzione della "zona industriale" nel 1949 e arriva a coprire un'area complessiva di 1186000 m<sup>2</sup>, rappresentando fino al 1985, anno della sua dismissione, l'industria con la maggiore estensione in tutta la Provincia di Trieste. Per il suo sviluppo negli

anni cinquanta si realizzarono diverse opere di rinterro, mentre il Parco Serbatoi Noghere, l'ultimo a essere realizzato negli anni settanta, si trova a occupare un'area in precedenza paludosa e che venne ampliata solo nella seconda metà del '900, insieme a quella della Valle dell'Ospo.

Come precedentemente esposto lo sviluppo dell'intera zona industriale di Trieste avvenne verso il mare attraverso opere di interrimento. Se in taluni casi, tuttavia, i materiali per l'imbonimento di porzioni di costa o per le opere di bonifica idraulica della Valle di Zaule e delle Noghere provennero dallo sbancamento degli originari promontori antistanti la città, o da quello frutto dei lavori per

**A partire dall'800  
ci sono state  
importanti  
modificazioni  
antropiche per lo  
sviluppo portuale  
e industriale di  
Trieste**

l'insediamento della Grandi Motori Trieste, in altri queste opere avvennero attraverso l'impiego di rifiuti, sia inerti, come per esempio le macerie derivanti dai bombardamenti subiti dalla città nel corso dell'ultimo conflitto mondiale, sia pericolosi, come per esempio le ceneri generate dagli impianti di incenerimento rifiuti presenti in città. È importante sottolineare che ben sette aree su cui si è sviluppata la zona industriale, e oggi presenti entro il Sito di Interesse Nazionale, furono sede di discarica autorizzata, ovvero la Piana di Zaule, la Valle delle Noghère (Figura 3), il Terrapieno di Via Errera, la Foce del Rio Ospio, la vasta area ex-Esso, la discarica di Monte San Giovanni e l'ex inceneritore di Via Giarizzole.

### Le criticità ambientali

Da quanto sopra esposto si evince, di conseguenza, che le criticità ambientali legate alla contaminazione delle matrici suolo, sottosuolo e acque sotterranee sono da un lato legate alle attività svolte e in corso sul Sito di Interesse Nazionale, dall'altro alla presenza di rifiuti. I risultati delle indagini di caratterizzazione già condotte nel sito hanno evidenziato per i terreni contaminazioni dovute in larga misura a idrocarburi, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli, mentre la presenza di diossine e furani, PCB, amianto, fitofarmaci e fenoli è limitata ad aree specifiche. Per quanto riguarda, invece, le acque sotterranee si evidenzia una contaminazione arealmente diffusa da metalli, seguono gli idrocarburi, i composti organici aromatici e gli IPA, che si rinvenivano con frequenza minore,

**Le contaminazioni dei terreni sono dovute in larga misura a idrocarburi, IPA e metalli**

**Nelle acque sotterranee si evidenzia una contaminazione diffusa da metalli**

per quanto su buona parte del Sito, in misura arealmente più limitata alifatici clorurati cancerogeni e fenoli.

Alla luce del contesto evolutivo del Sito di Interesse Nazionale sopraesposto, in questa porzione di territorio risulta ampiamente diffusa la presenza di materiali di riporto (così come definiti dall' art. 3 del D.L. 2/12 convertito con Legge 28/12 e s.m.i.), ovvero una miscela eterogenea di materiali di origine antropica, quali residui e scarti di produzione e di consumo, e di terreno, che compone un orizzonte stratigrafico specifico rispetto alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche naturali del terreno del sito, e utilizzate per la realizzazione di riempimenti, rilevati e reinterri. Per corrispondere quindi ai disposti dell'art.

41, comma 3 del D.L. 69/2013, con la Legge 98/2013 ARPA FVG ha predisposto nel 2015 un Protocollo tecnico-operativo per l'esecuzione del test di cessione su questa matrice ambientale al fine di poterla considerare matrice suolo. Il medesimo protocollo è ad oggi applicato anche in altri Siti di Interesse Nazionale oltre che nei procedimenti di bonifica della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

### Gli interventi di bonifica

Ad oggi, nell'ambito del Sito di Interesse Nazionale di Trieste si evidenzia il seguente stato di attuazione degli interventi previsti dalla vigente normativa in tema di bonifiche (in percentuale rispetto all'estensione – fonte verbale della Conferenza di Servizi Istruttoria del SIN di Trieste dell'11 aprile 2016):

- aree con Piano di caratterizzazione approvato: 83%;

Figura 3: foto aerea dell'area della Valle delle Noghère.





Figura 4: campionamento terreni presso la piattaforma logistica.



- aree per le quali sono stati presentati i risultati della caratterizzazione: 80%;
- aree contaminate con Progetto di bonifica approvato: 15%;
- aree contaminate con Progetto di bonifica della falda approvato: 5%.

Di rilevante interesse sono il Progetto di Bonifica propedeutico agli interventi di adeguamento e potenziamento dell'impianto di depurazione di Servola per i quali è in corso di affinamento la procedura per la certificazione finale di avvenuta bonifica da parte della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e gli interventi di bonifica propedeutici all'infrastrutturazione portuale dell'area della piattaforma logistica (Primo stralcio) (Figura 4) per i quali il programma strategico di ARPA FVG prevede il supporto tecnico per le attività di bonifica propedeutiche alla realizzazione dell'opera.

## Gli atti di programmazione negoziata

Per il Sito di Interesse Nazionale di Trieste sono stati sottoscritti i seguenti Atti di programmazione negoziata entro i quali si inseriscono anche attività proprie di ARPA FVG:

- Accordo di Programma "Interventi di riqualificazione ambientale funzionali alla reindustrializzazione e infrastrutturazione delle aree comprese nel Sito di Interesse Nazionale di Trieste", sottoscritto il 25 maggio 2012 fra

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Provincia di Trieste, Comune di Trieste, Comune di Muggia, Autorità Portuale di Trieste ed Ente Zona Industriale di Trieste (EZIT), per un valore complessivo di € 13 432 000,00 a intero carico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare a valere su quota parte delle risorse assentite dal D.M. 468/04 e da ulteriori risorse ordinarie.

L'accordo è finalizzato alla riqualificazione ambientale delle aree ricadenti nel Sito di Interesse Nazionale di Trieste funzionali agli obiettivi di sviluppo produttivo dell'area e di infrastrutturazione portuale.

Per quanto riguarda l'attuazione di detto accordo la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia deve definire le modalità di attuazione e i termini delle attività ivi disciplinate sottoscrivendo apposite convenzioni con i soggetti attuatori degli interventi.

A oggi il Piano di caratterizzazione generale delle aree a terra del SIN di Trieste per l'area "piccoli operatori" non è ancora stato eseguito. È stato, infatti, necessario integrare il Piano per procedere alla caratterizzazione della matrice materiali di riporto ai sensi dell'art. 41, comma 3 del D.L. 69/13 recepito con L. 98/2013; suddette integrazioni sono state approvate nel corso della Conferenza di Servizi del 25/11/2015. Nel medesimo periodo l'Ente Zona Industriale di Trieste (EZIT), individuato quale soggetto attuatore degli interventi, è stato messo in

liquidazione; con deliberazione n. 2272 dd. 13 novembre 2015 e ai sensi dell'art. 2, comma 41 della L.R. 34 del 29 dicembre 2015, le competenze dell'EZIT afferenti alla riqualificazione del SIN di Trieste sono svolte dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

In questo contesto ARPA FVG nel proprio programma strategico ha previsto di eseguire le attività di validazione per la caratterizzazione dell'area compresa nel comparto "piccoli operatori".

- Accordo di Programma "Disciplina degli interventi relativi alla riqualificazione delle attività industriali e portuali e del recupero ambientale nell'area di crisi industriale complessa di Trieste", sottoscritto il 30 gennaio 2014 fra Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ministero per la Coesione Territoriale, Ministero del Lavoro e della Politiche Sociali, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Provincia di Trieste, Comune di Trieste, Autorità Portuale di Trieste e Agenzia Nazionale per l'Attrazione degli Investimenti e lo Sviluppo di Impresa. L'Accordo prevede un onere finanziario per il Soggetto privato che intendesse aderire pari a € 16 410 000,00, necessari a garantire la sicurezza e la fruibilità delle aree interessate e un finanziamento pubblico di € 41 500 000,00, di cui € 15 400 000,00 a carico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare su risorse FSC 2014/2020 e € 26 100 000,00 a carico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, destinati alla realizzazione del marginamento fisico e della barriera idraulica nonché alla costruzione dell'impianto di depurazione delle acque di falda contaminate a servizio degli stessi.

- Accordo di Programma "Attuazione del progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico e produttivo nell'area della Ferriera di Servola", sottoscritto ai sensi dell'art. 252-bis del D.Lgs. 152/2006 il 21 novembre 2014 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Autorità Portuale di Trieste d'intesa con la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e Siderurgica Triestina s.r.l.. L'accordo ha l'obiettivo di disciplinare l'attuazione di un progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area dello stabilimento siderurgico, promuovendo il riutilizzo di tali aree in condizioni di sicurezza sanitaria e ambientale.

In data 2 novembre 2015 con Decreto Interministeriale n. 233 è stato approvato il "Progetto Integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo dell'area della Ferriera di Servola" (Figure 5, 6, 7, 8).

Nell'ambito di detto progetto ARPA FVG nel proprio pro-

gramma strategico assicura le proprie attività.

- Accordo di Programma Quadro "Progetto integrato di messa in sicurezza, bonifica e reindustrializzazione dello stabilimento della Ferriera di Servola di cui all'Accordo di programma ex art. 252-bis del D. Lgs. 152/2006-Asse I, Azione II: Programma degli interventi di messa in sicurezza dell'area da realizzare con finanziamento pubblico", stipulato il 7 agosto 2015 per la realizzazione del marginamento fisico fronte mare dell'area demaniale dello stabilimento siderurgico e dell'impianto di depurazione delle acque sotterranee intercettate dallo stesso. Il finanziamento pubblico ammonta a €41 500 000,00, di cui €15 400 000,00 a carico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e € 26 100 000,00 a carico della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

A oggi la Struttura del Commissario per la Ferriera di Servola ha affidato le gare per l'esecuzione delle indagini integrative volte alla progettazione del caso e alla progettazione stessa. Le indagini sono di prossimo avvio e per le stesse ARPA FVG assicurerà le previste attività di controllo e validazione.

Di particolare interesse è comunque la richiesta di ridefinizione del perimetro del Sito di Interesse Nazionale di Trieste da parte della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, ove si prevede di escludere dal perimetro un insieme di aree prospicienti il Canale Navigabile. Questa proposta è stata discussa nel corso della Conferenza di Servizi del 24 agosto 2017 ed è stata approvata al momento della stampa di questo volume da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Figura 5: attività di rimozione rifiuti nell'area dello stabilimento di Servola.



Figura 6: rifiuti rimossi nell'area dello stabilimento di Servola.





Figura 7: aree pavimentate nello stabilimento di Servola come attività di messa in sicurezza operativa dei suoli.



Figura 8: realizzazione del depuratore di Servola successivo alle operazioni di bonifica dei suoli.







# ■ AGENTI FISICI



## 11. La variabilità e le alte concentrazioni del radon in regione: misure e soluzioni

Dall'analisi delle misure di concentrazione di radon indoor effettuate in abitazioni o in luoghi di lavoro, sono state riscontrate forti variabilità sulla distribuzione dei valori e la presenza di criticità molto significative, ma sono anche state individuate numerose soluzioni e strategie per ridurre il problema.

Silvia Pividore, Concettina Giovani  
ARPA FVG, Centro Regionale per la Radioprotezione

Il radon è un gas radioattivo naturale, inodore e incolore, prodotto dal decadimento dell'uranio. L'uranio è fra i più antichi elementi naturali esistenti ed è distribuito più o meno ovunque sulla crosta terrestre, perciò anche il radon è presente in tracce nel sottosuolo quasi dappertutto.

Nel suolo generalmente le concentrazioni di radon sono più elevate mentre all'aperto il radon si diluisce rapidamente; negli ambienti chiusi invece, soprattutto in conseguenza del ridotto ricambio d'aria, il radon può concentrarsi, raggiungendo talvolta valori anche molto elevati.

Il radon è quindi un gas naturale, non causato dall'inquinamento, tuttavia è molto pericoloso per la salute: l'Organizzazione Mondiale della Sanità l'ha classificato come cancerogeno certo ed è ritenuto essere la seconda causa di tumore ai polmoni dopo il fumo di sigaretta.

La Commissione Europea, con la Raccomandazione 143/Euratom del 1990, ha fissato dei valori di riferimento della concentrazione di radon negli ambienti chiusi, oltre i quali raccomanda interventi di bonifica per la sua riduzione: 400 Bq/m<sup>3</sup> per edifici esistenti e 200 Bq/m<sup>3</sup> per edifici da costruire (come parametro di progetto).

Il D. Lgs. 241/00 ha introdotto la valutazione e il controllo dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro. Nel decreto sono individuate, in una prima fase, alcune tipologie di luoghi di lavoro per i quali i datori di lavoro hanno l'obbligo di effettuare misure e valutazioni. Il decreto fissa un livello di riferimento di 500 Bq/m<sup>3</sup>, oltre il quale il datore di lavoro deve intervenire con più approfondite valutazioni ed eventualmente con azioni di bonifica.

Il D.Lgs. 241/00 prevedeva inoltre che le Regioni, entro 5 anni dalla data di pubblicazione, quindi entro il 31 agosto 2005 (art. 10-sexies e art. 37, comma 5), definissero le aree a elevata probabilità di alte concentrazioni di attività

di radon (radon-prone areas) all'interno del proprio territorio e che l'elenco di tali aree venisse pubblicato nella Gazzetta Ufficiale. Il D.Lgs. 241/00 prevede che un'apposita commissione tecnica definisca criteri e modalità di definizione di tali radon-prone areas oltre che le modalità di misura della concentrazione di radon indoor. In assenza, non solo delle indicazioni di tale commissione, ma anche dell'insediamento della commissione stessa, a tutt'oggi non ancora avvenuto, gli unici documenti al momento pubblicati sono: una bozza del Piano nazionale radon e "le linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei" approvate dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano il 6 febbraio 2003.

A livello regionale è stata inoltre promulgata una legge che, attraverso un regolamento attuativo, prevede, per i soli asili nido, l'obbligo di effettuare misurazioni di radon ai fini di ottenere il rilascio dell'autorizzazione definitiva al funzionamento, imponendo il rispetto dei limiti fissati dalla Raccomandazione Europea (400 Bq/m<sup>3</sup>); per le strutture scolastiche valgono invece i limiti stabiliti dal D. Lgs. 241/00 (500 Bq/m<sup>3</sup>).

### Come viene misurato il radon

L'unico modo per accertare se si è in presenza di elevati valori di radon è fare una misurazione.

ARPA FVG, grazie al proprio laboratorio per la misura del radon, da sempre è fortemente impegnata nel campo della misura del radon indoor: in particolare è stata eseguita una campagna di misura in tutte le strutture scolastiche, pubbliche e private, di ogni ordine e grado, nelle scuole dell'infanzia e negli asili nido della regione. Nuove misurazioni vengono effettuate gratuitamente ogni anno presso nuove strutture (anche nidi familiari), oppure presso strutture che sono state oggetto di

**L'OMS ha  
classificato il  
radon come  
cancerogeno  
certo**

ampliamenti o ristrutturazioni. In Figura 1 viene riportata la distribuzione delle strutture scolastiche con indicazione della conformità ai valori previsti dalla normativa vigente.

In ogni scuola sono state effettuate misure in più locali, il cui numero è dipeso dalla dimensione della scuola e dalle sue caratteristiche costruttive. Le conoscenze, maturate negli anni, sulla distribuzione del radon all'interno degli edifici, hanno portato a intensificare il numero di locali oggetto di indagine fino a comprendere la totalità dei locali della struttura ai piani più bassi dell'edificio (piano terra o rialzato più eventuali piani interrati/seminterrati).

Un numero significativo di strutture scolastiche risulta avere almeno un locale abitabile con concentrazione media superiore a  $500 \text{ Bq/m}^3$ , attuale livello di Azione stabilito dal D. Lgs. 241/00. In molti casi gli interventi vengono intrapresi a distanza di alcuni anni dalla comunicazione della criticità. Attualmente le strutture presenti in regione sono 1413: di queste 37 devono ancora essere risanate, mentre 56 sono state oggetto di interventi di risanamento la cui validità è stata attestata da misure annue, così come previsto dal D. Lgs. 241/00.

Anche per quanto riguarda le abitazioni, ARPA FVG ha effettuato diverse campagne di misura in oltre 3000 edifici. In Figura 2 viene riportata la mappa ricavata dai risultati dell'indagine: per ogni quadrante della carta tecnica regionale viene riportata la media aritmetica dei risultati delle misure contenute.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle misure di concentrazione di radon indoor effettuate in tutte le scuole della regione e in molte abitazioni, è emersa una forte variabilità sulla distribuzione dei valori e la presenza di criticità molto significative.

Per quanto riguarda la variabilità è stato accertato che i valori di concentrazione di radon possono differire di molto anche in abitazioni adiacenti, anche se edificate secondo la stessa tipologia, così come nel caso di villette a schiera. Le variazioni nello spazio sono legate, da un punto di vista geologico, alla diversa composizione mineralogica delle rocce, alla loro permeabilità e alla loro stratificazione, ma anche le diverse modalità di utilizzo degli edifici possono incidere molto (condizioni di riscaldamento, ventilazione, abitudini di utilizzo).

Le mappe che vengono prodotte per presentare i dati regionali hanno un valore indicativo e sono volte a far conoscere la presenza di aree con valori critici di concentrazione di radon ma non possono in alcun modo fornire un'indicazione affidabile riguardo al livello di radon della propria abitazione o nel proprio luogo di lavoro, per

conoscere il quale è sempre necessario effettuare una misurazione.

## Quanto è pericoloso il radon?

Non è nota una concentrazione di radon al di sotto della quale l'esposizione non presenta alcun rischio. Anche basse concentrazioni di radon possono portare a un piccolo aumento del rischio di cancro ai polmoni. Le analisi indicano che il rischio di tumore ai polmoni aumenta in proporzione all'aumento di esposizione al radon, ma la maggior parte dei tumori al polmone connessi al radon sono causati da concentrazioni basse e moderate perché, in genere, meno persone sono esposte a elevate concentrazioni di radon in ambienti chiusi.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità, nell'ambito del progetto "International Radon Project" a cui hanno partecipato oltre 100 esperti di 35 Paesi di diversi continenti, ha elaborato un documento dal titolo "WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective" (settembre 2009) da cui emerge che il radon provoca un incremento di rischio di tumore polmonare statisticamente significativo anche per esposizioni relativamente basse e interagisce marcatamente con il fumo di sigaretta esponendo a un più alto rischio di tumore al polmone i soggetti che consumano o hanno consumato tabacco.

A fronte di queste nuove ricerche emerge quindi la necessità di tenere sempre più in considerazione questa tematica per ridurre sia il numero di persone a rischio sia il rischio individuale per chi vive in zone con alte concentrazioni.

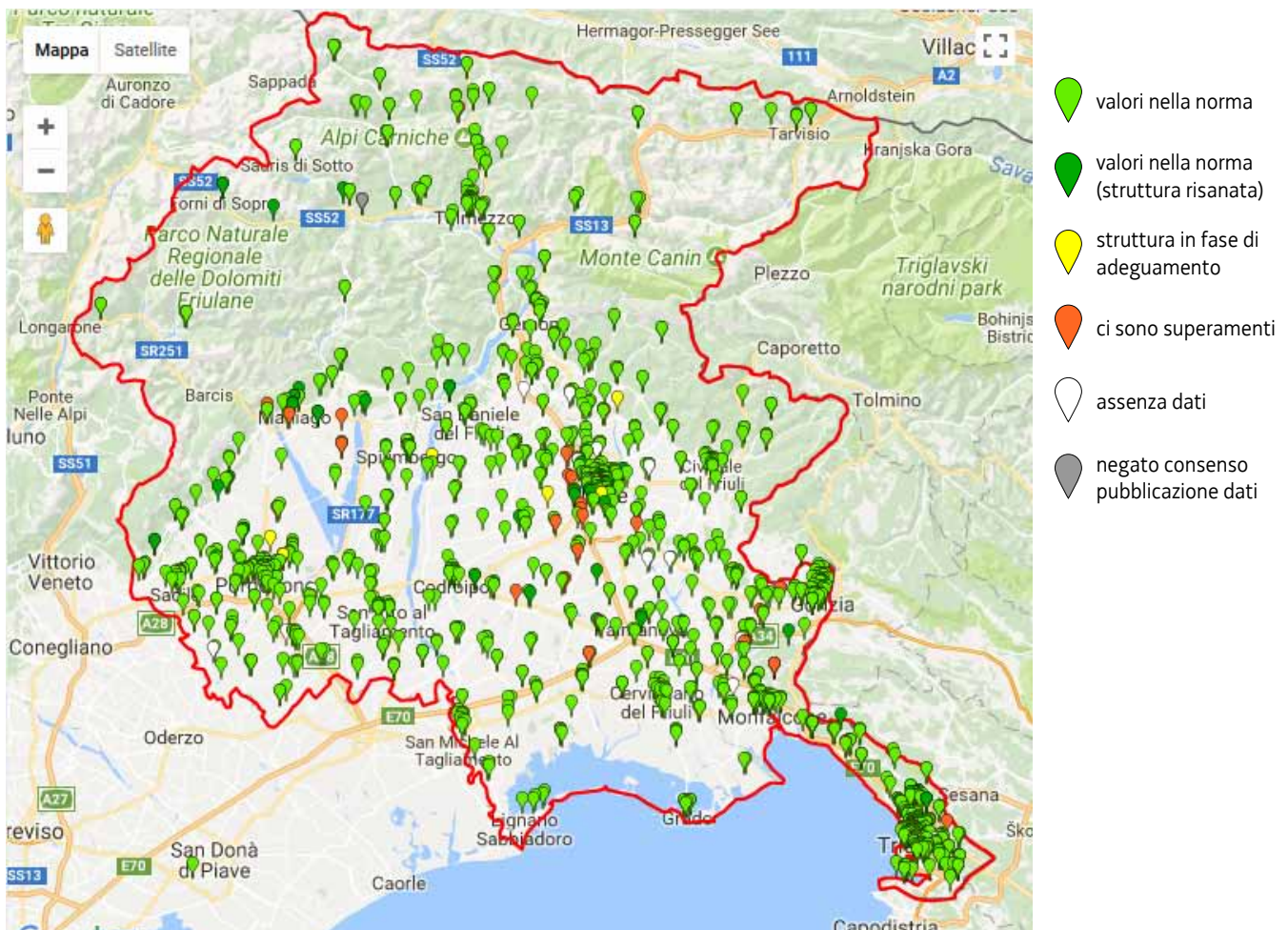
Un altro aspetto che porta ad avere una crescente attenzione per i livelli di radon indoor è legato al miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, con particolare attenzione alla riduzione della dispersione energetica: queste migliorie, se non applicate con attenzione, portano a un possibile accumulo dei valori di radon indoor.

## L'attività di ARPA FVG

Presso gli edifici che hanno evidenziato criticità sono stati effettuati approfonditi sopralluoghi al fine di indicare, dal punto di vista fisico, gli interventi ritenuti più opportuni per ridurre i livelli di concentrazione di radon indoor. La scelta del metodo per la riduzione della concentrazione di radon indoor più adatto al singolo edificio dipende da molti fattori e deve essere oggetto di discussione e di accordo di tutti i soggetti interessati. L'intervento sull'edificio rappresenta un compromesso tra efficienza del sistema di abbattimento del radon,



Figura 1: misure di concentrazione di radon in tutte le strutture scolastiche (Fonte: sito web ARPA FVG).



costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita e durata nel tempo.

La regione Friuli Venezia Giulia, che presenta all'interno del suo territorio notevoli variazioni nel parco edilizio e nella consistenza del substrato (suoli sciolti con diverse porosità, calcari fessurati, fenomeni di carsismo, ecc.), offre la possibilità di validare l'applicabilità e l'efficacia di diverse metodologie di intervento, dopo averle opportunamente adattate al singolo caso.

Negli ultimi anni, ARPA FVG ha acquisito molta esperienza nel campo delle azioni di rimedio per la mitigazione della concentrazione di radon in edifici pubblici e privati.

Molto spesso le azioni di rimedio vengono eseguite in fasi successive, partendo da una configurazione base che tipicamente consiste nell'apertura di alcuni fori per la ventilazione del vespaio o nella creazione di condotte di aerazione naturale nel sottosuolo, per poi procedere, nel caso l'intervento non

risulti sufficiente, con l'aumento del numero di fori o di condotte di ventilazione o con l'applicazione di un certo numero di aspiratori per la depressurizzazione. Il numero di aspiratori, e la potenza degli stessi, possono essere anch'essi implementati fino al raggiungimento di risultati soddisfacenti.

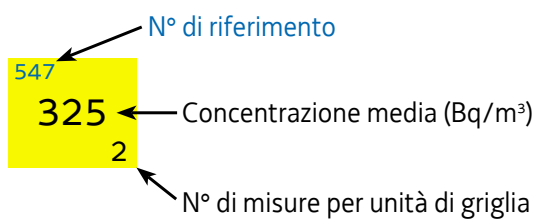
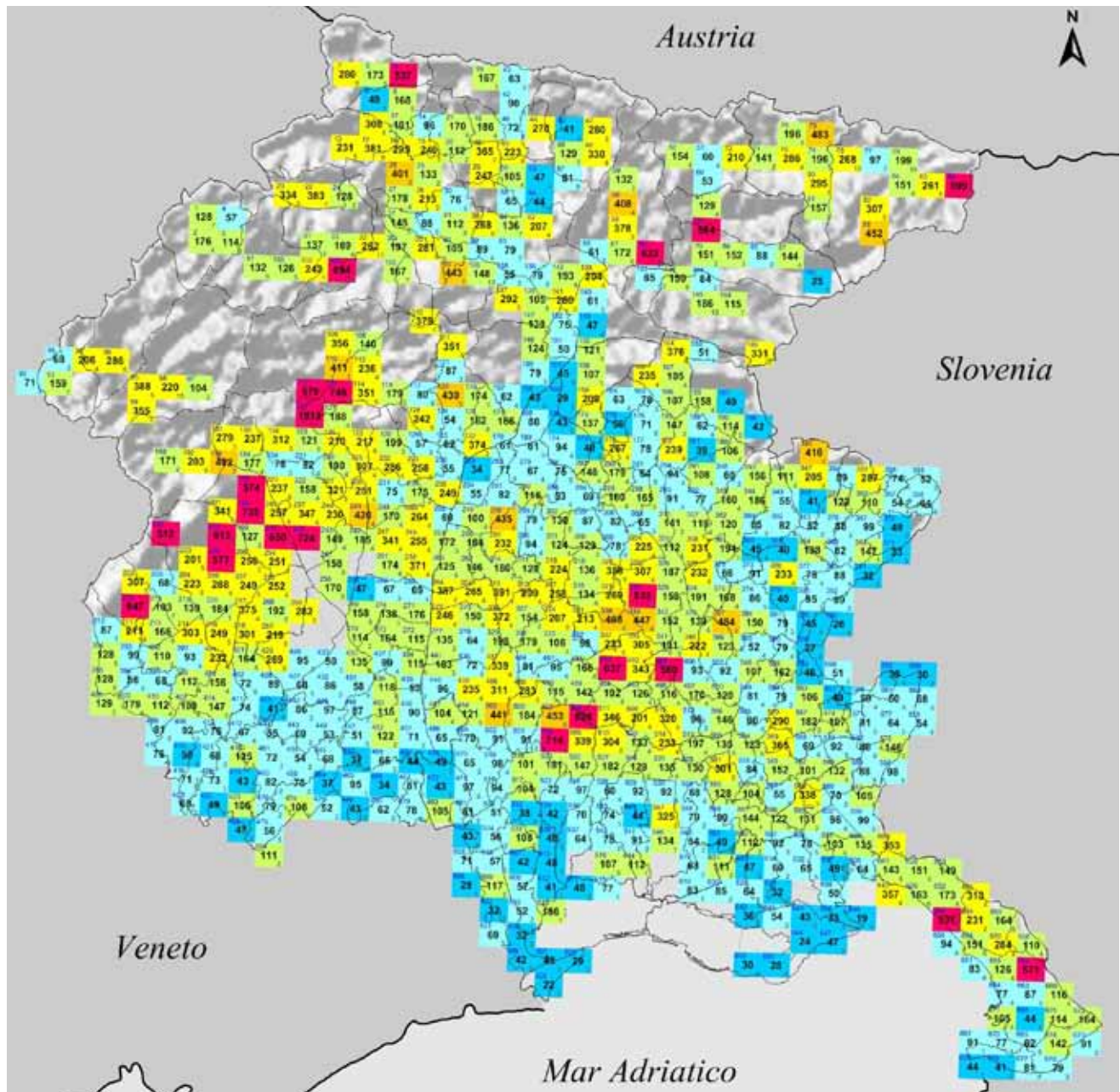
**L'OMS sostiene che il radon aumenta il rischio di tumore polmonare anche a basse esposizioni**

Affrontare il problema radon è importante sia nella costruzione di nuovi edifici (prevenzione) che nel risanamento (o bonifica) di quelli esistenti. Per ridurre il rischio per la popolazione, le norme dell'edilizia dovrebbero essere ripensate per comprendere misure di prevenzione del radon nelle case in costruzione. Le misurazioni saranno comunque necessarie sia per verificare l'efficacia delle azioni preventive sia per dare eventuale attuazione alla predisposizione di azioni per la riduzione del radon, in modo che le concentrazioni si mantengano al di sotto del limite di riferimento.

A questo proposito a livello normativo è stata pubblicata una nuova Direttiva della Comunità Europea "Direttiva 2013/59/Euratom" dove si indica il livello di riferimento

## AGENTI FISICI

Figura 2: misure di concentrazione di radon presso abitazioni: per ogni quadrante della carta tecnica regionale in scala 1:5000 è riportata la media aritmetica delle misure contenute (Fonte: sito web ARPA FVG).



Concentrazione di radon (Bq/m<sup>3</sup>)

- da 0 a 50
- da 50 a 100
- da 100 a 200
- da 200 a 400
- da 400 a 500
- da 500 a 2000



oltre il quale si suggerisce di intraprendere azioni di risanamento. Tale livello è fissato a 300 Bq/m<sup>3</sup> (come media annua) per tutti gli ambienti chiusi, incluse le abitazioni.

Questa Direttiva dovrà essere recepita dalla normativa nazionale, e dovrebbe quindi portare a una riduzione del limite da 500 a 300 Bq/m<sup>3</sup> nei luoghi di lavoro (attualmente non su tutti vige l'obbligo di misura) e l'obbligatorietà di rispetto del suddetto valore per le abitazioni (a oggi si fa riferimento a un valore raccomandato inferiore a 400 Bq/m<sup>3</sup>).

Questo implicherà quindi la necessità di estendere sempre più il numero di edifici coinvolti nelle indagini e anche il numero di interventi volti a ridurre i valori di concentrazione di radon indoor.

## Prospettive future

ARPA FVG ha intrapreso negli anni numerose attività nel campo del controllo, della prevenzione e della riduzione del rischio dovuto al radon. Molte iniziative sono state svolte anche per la diffusione della conoscenza del problema, sia a livello dei cittadini che dei diversi enti preposti; questo lavoro ha portato all'inserimento, all'interno del regolamento regionale per il funzionamento degli asili nido, di una richiesta specifica per quanto riguarda i livelli di concentrazione di radon.

A livello della popolazione, tuttavia, la percezione del rischio non è ancora molto estesa, e il numero di privati che scelgono di effettuare un'indagine non ha subito un aumento nel corso degli anni, nonostante diversi interventi volti proprio ad aumentare la sensibilità legata alla tematica.

È auspicabile pensare che, anche grazie al recepimento della Direttiva Europea, previsto entro febbraio 2018, il radon venga sempre più conosciuto e riconosciuto come rischio per la salute. La Direttiva, come già accennato, indica per i luoghi di lavoro un livello di riferimento inferiore a quello previsto dalla normativa attuale (300 Bq/m<sup>3</sup> anziché 500 Bq/m<sup>3</sup>) ma soprattutto estende questo livello anche alle abitazioni. È possibile pensare che un domani le abitazioni, oltre che dalle certificazioni energetiche, debbano essere caratterizzate anche dal certificato inerente i valori di concentrazione di radon indoor.

Molti sono gli incontri che sono stati effettuati e sono ancora in programma per la formazione di diverse fasce di professionisti, sia per gli operatori di Aziende Sanitarie coinvolti nelle attività di vigilanza e controllo sanitario sui luoghi di lavoro, sia per specifici ordini professionali (geometri, architetti, ingegneri, ecc.) al fine di interagire in

maniera costruttiva per uno scambio di conoscenze e per una corretta informazione sui meccanismi di diffusione del radon all'interno degli edifici. Questi interventi sono anche finalizzati a prevenire il problema radon cercando di diffondere la conoscenza su come intervenire negli edifici di nuova costruzione, o nelle ristrutturazioni, per limitare la presenza del gas all'interno degli edifici stessi.

Per quanto riguarda la popolazione, per il 2017 ARPA FVG ha organizzato un ulteriore progetto informativo in cui sono stati distribuiti gratuitamente quasi 2000 dosimetri. "Radon per 1000 famiglie" è stato pensato come un vero e proprio progetto di "Citizen science", che coinvolge i cittadini nelle attività di ricerca e sperimentazione: ognuno infatti ha potuto dare un contributo significativo alla ricerca, anche se non è esperto del settore, aumentando così le proprie competenze scientifiche. Anche attraverso questo progetto, ARPA FVG ha voluto promuovere la consapevolezza e l'attenzione per la tematica radon.

**ARPA FVG negli ultimi anni ha acquisito molta esperienza nella mitigazione della concentrazione di radon indoor**

# Il ruolo di ARPA FVG nel sistema di risposta alle emergenze radiologiche e nucleari

Concettina Giovani, Massimo Garavaglia  
ARPA FVG, Centro Regionale per la Radioprotezione



## Il ruolo di ARPA FVG nel sistema di risposta

Il Centro Regionale per la Radioprotezione (CRR) di ARPA FVG si occupa di tutti gli aspetti che riguardano il controllo della radioattività ambientale, sia che essa sia di origine artificiale che naturale, sul proprio territorio. Il CRR fa parte della rete nazionale per il controllo della radioattività ambientale e i dati che vengono da esso forniti alla rete nazionale entrano a far parte del più complesso sistema europeo di controllo della radioattività.

Il controllo della radioattività viene effettuato con monitoraggi periodici sugli alimenti quali lattici, carni, frutta e verdura, e su matrici ambientali quali aria, deposizione al suolo, suoli e muschi, secondo precisi piani e protocolli di campionamento e misura definiti a vari livelli: regionale, nazionale ed europeo. I risultati di tutte le misure effettuate vengono inseriti nel data base nazionale e possono essere utilizzati a livello europeo. Ciò avviene sia durante il monitoraggio or-

**Il CRR effettua periodicamente monitoraggi su alimenti come latte, carne, frutta, verdura oltre che aria, suolo e muschi**

dinario sia in caso di incidente/emergenza radiologica o nucleare.

Il ruolo del CRR in caso di incidente o emergenze, presunti o reali, radiologici o nucleari transfrontalieri è disciplinato in diversi Piani di intervento redatti allo scopo di fronteggiare tali eventi.

## L'importanza del controllo in Friuli Venezia Giulia

Il CRR si trova a operare in un contesto ambientale e territoriale peculiare per almeno tre aspetti. Innanzitutto, come peraltro anche in altre regioni del nord Italia, la contaminazione del territorio regionale dovuta all'incidente di Chernobyl è stata importante e ancora oggi in alcune zone limitate, le matrici ambientali presentano concentrazioni di Cs-137 (cesio-137) che meritano attenzione. Inoltre, attraverso i confini regionali, vengono importati alimenti quali, in particolare funghi e altri prodotti del bosco, di provenienza extraeuropea, che vengono controllati al



momento dell'ingresso in Italia.

In secondo luogo, dai confini regionali transita una grande quantità di rottami metallici che provengono dai paesi dell'est europeo. Non è infrequente, in questo ambito, il rinvenimento di anomalie radiometriche sia direttamente alla frontiera sia all'ingresso degli impianti che fondono questi rottami. Inoltre, sul territorio regionale sono presenti molte sorgenti radioattive, alcune posizionate all'interno di aziende e altre trasportate su appositi mezzi, utilizzate per effettuare controlli in ambito industriale. A ciò si aggiungono numerosi rinvenimenti di "anomalie radiometriche" all'interno degli impianti di trattamento rifiuti, che spesso sono generate da vecchi oggetti di uso comune, quali sveglie o bussole che nel passato contenevano radionuclidi, o da rifiuti provenienti da abitazioni di pazienti trattati con radiofarmaci.

L'ultimo aspetto che rende peculiare l'attività del CRR è la vicinanza con l'impianto nucleare per la produzione di energia elettrica di Krsko, in Slovenia. La centrale si trova in linea d'aria a meno di 130 km dai confini nazionali e a meno di 150 km dalla città di Trieste.

## I rifiuti radioattivi

L'utilizzo di sorgenti radioattive per usi civili, sanitari e industriali, è molto frequente. Sorgenti radioattive vengono utilizzate in ambito industriale per misurare spessori, densità, livelli, bontà delle saldature, ecc.. Inoltre sorgenti radioattive sono impiegate in ambito sanitario sia a scopo terapeutico sia diagnostico.

Molti oggetti di uso comune, prodotti nel passato, contenevano radionuclidi allo scopo di rendere fluorescenti, e quindi visibili al buio, parti degli oggetti stessi, quali parti finali di lancette di orologi, sveglie e bussole con i relativi quadranti; anche molta strumentazione militare sfruttava le stesse caratteristiche (cruscotti di aerei o altri mezzi militari, bussole e strumentazioni di bordo in genere). Tutti questi oggetti, che non vengono più prodotti con aggiunta di radionuclidi, nel tempo vengono dismessi e spesso mandati a smaltimento rifiuti senza tener conto di questa loro caratteristica. Per tale motivo possono essere rinvenuti all'interno di carichi o parchi di rottami metallici o su mezzi che trasportano rifiuti di vario genere, compresi quelli urbani. Può succedere inoltre che vecchi parafulmini, anch'essi nel passato costruiti con aggiunta di radionuclidi, vengano smaltiti in maniera scorretta e conseguentemente rinvenuti negli ambiti già indicati.

Sul territorio del Friuli Venezia Giulia normalmente transitano sorgenti radioattive, di diversa intensità, quali

radiofarmaci prodotti in regione e distribuiti in Italia e all'estero, o sorgenti utilizzate per eseguire controlli su saldature di grandi spessori di metalli quali tubazioni per il trasporto del metano, parti di navi o di ponti ecc..

Più raramente possono transitare trasporti di combustibili nucleari esausti che vengono imbarcati, per lo smaltimento definitivo, nel porto di Trieste o nei porti della vicina Slovenia.

Infine, poiché in ambito militare estero, è previsto l'utilizzo di combustibile nucleare, va considerato che il golfo di Trieste è uno dei siti italiani in cui è prevista la sosta di navigli a propulsione nucleare.

## Come opera il CRR

Il CRR, che ha una pronta disponibilità radiologica h24, è dotato di strumentazioni in grado di rilevare bassissime concentrazioni di radioattività in aria, nel particolato atmosferico e nella deposizione al suolo (ciò che per gravità si deposita al suolo sotto forma umida e/o secca) (Figura 1). Si tratta, in particolare, di una centralina per la misura della radiazione gamma in aria, di un campionario di particolato atmosferico e di un sistema di campionamento della deposizione umida, tutti in funzione h24. La misura sul campione di particolato atmosferico viene normalmente fatta tutti i giorni feriali, mentre quella sulla deposizione al suolo mensilmente. In caso di emergenza le misure possono però essere fatte in qualunque momento e la frequenza può essere variata secondo le necessità.

In caso di incidente transfrontaliero le procedure sono dettate dal Piano nazionale di emergenza radiologica.

Durante un'eventuale emergenza, i risultati delle misure effettuate dal CRR vengono inseriti nella banca dati nazionale secondo opportuni protocolli e tempestivamente pubblicati sul sito di ARPA FVG.

Per quanto riguarda la risposta a segnalazioni di presunti incidenti radiologici, il ruolo di ARPA FVG è definito all'interno di Piani di intervento Prefettizi specifici che coinvolgono numerosi altri attori quali, ad esempio, i Vigili del Fuoco.

Ne esistono per i casi di rinvenimento delle sorgenti orfane o presunte tali, per i trasporti di materiali radioattivi, per la sosta in rada di Trieste di navigli a propulsione nucleare. L'intervento dei tecnici dell'Agenzia è previsto sia in fase di conferma delle anomalie radiometriche sia di supervisione alle operazioni di bonifica volte all'individuazione e alla messa in sicurezza della sorgente fonte dell'anomalia stessa.

Sono inoltre opportunamente disciplinate le attività di ARPA FVG anche all'interno dei Piani Prefettizi di difesa

**Durante un'eventuale emergenza il CRR pubblica tempestivamente i risultati sul sito web ARPA FVG**

Figura 1: stazione ARPA FVG per la misura di irraggiamento, per la raccolta del particolato atmosferico e della deposizione al suolo.



civile che prevedono ad esempio la possibilità dell'utilizzo, da parte di terroristi, di sorgenti radioattive.

Periodicamente sono previste esercitazioni a livello locale, nazionale e internazionale per testare l'efficienza di tutte le fasi di risposta previste all'interno dei piani di intervento o emergenza. Questa attività è di fondamentale importanza sia per mantenere efficiente il sistema di risposta all'emergenza, correggendone tempestivamente eventuali difetti o carenze, sia per valutare la necessità di aggiornamento dei diversi piani.

A livello internazionale si sta cercando l'armonizzazione tra i diversi piani nazionali di emergenza, in particolare modo tra quelli relativi a paesi confinanti. Nello stesso modo sarà opportuna la revisione e l'armonizzazione di tutti i piani presenti a livello regionale.

### Rapporti Italia-Slovenia

Allo scopo di ottimizzare il proprio sistema di monitoraggio della radioattività ambientale, anche con riferimento ad un eventuale incidente alla vicina centrale di Krsko, sono state effettuate numerose attività di collaborazione

con la Slovenia: tra queste possiamo citare la recente firma di un protocollo di collaborazione tra l'ARPA FVG e lo Jožef Stefan Institute (JSI) di Lubiana e la partecipazione, per la prima volta, agli incontri periodici previsti dall'accordo bilaterale tra l'autorità di sicurezza nucleare italiana e slovena (ISPRA e SNSA).

L'accordo con lo Jožef Stefan Institute, presso cui sono presenti i laboratori sloveni per la misura della radioattività, consentirà di sviluppare e potenziare lo scambio di dati e di informazioni ambientali, in particolare nel campo della radioprotezione e delle misurazioni radiologiche.

All'interno dell'accordo bilaterale è stato stabilito un regolare calendario di incontri, il cui scopo è il costante aggiornamento sugli avanzamenti nei sistemi di sicurezza e radioprotezione sia italiani che sloveni e il confronto per la loro gestione ottimale.

Si prevede di stipulare, nei prossimi mesi, un accordo con l'autorità Nazionale Slovena per la Sicurezza Nucleare (SNSA). Tale accordo sarà effettuato tenendo conto anche della recente istituzione in Italia dell'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN).

## 12. Evoluzione nel tempo dei livelli di campo elettromagnetico a radiofrequenza presso gli impianti di telefonia mobile

Negli ultimi dieci anni il numero delle antenne di telefonia è aumentato di una volta e mezza, mentre la loro potenza totale di ben sei volte. Nonostante ciò, la crescita del campo elettrico medio è stata solo del 20%, mantenendosi a livelli molto inferiori ai limiti di legge.

Anna Bampo, Salvatore Barba, Massimiliano Benes, Marco Marzona, Arturo Merlino, Chiara Montefusco, Mauro Moretuzzo, Nicola Poles, Lucia Tramontin  
ARPA FVG, Protezione dall'inquinamento elettromagnetico

Le tipologie d'impianto più importanti per quanto riguarda le emissioni elettromagnetiche ad alta frequenza sono le Radio-TV e le antenne per la telefonia (le Stazioni Radiobase o SRB), se le prime sono rimaste sostanzialmente stabili nel tempo, le seconde hanno subito un notevole aumento nel corso degli anni sia in termini di numero di siti che in termini di potenza trasmittiva.

Infatti l'aumento della telefonia mobile è un fenomeno piuttosto recente, basti pensare all'emergere dell'uso del telefono cellulare e all'evoluzione del suo utilizzo. Per rispondere alle esigenze di connettività la rete degli impianti a servizio della telefonia ha dovuto svilupparsi di pari passo. I gestori di telefonia, seguendo le regole del mercato, operano privilegiando nel tempo alcune aree piuttosto che altre e colmando il divario magari successivamente. Le nuove tecniche impiegate per la codifica del segnale (per esempio: 3G o 4G) vengono generalmente implementate prima nelle città, maggiormente popolate, per poi estendersi anche alle aree periferiche.

A fronte di tale evoluzione è possibile valutare la variazione dei livelli di campo elettromagnetico sul territorio regionale al fine di monitorare l'andamento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici (CEM).

### Numero e potenza delle antenne di telefonia dal 2006 al 2016

Il confronto tra le informazioni presenti negli archivi dell'Agenzia relativi agli impianti di telefonia mobile e le misure acquisite nel corso degli anni ha fatto emergere che mentre il valore della potenza degli impianti SRB negli ultimi 10 anni (2006-2016) è aumentato di sei volte e il numero degli impianti è aumentato di più di una volta e mezza, non si ha analogo riscontro nell'aumento dei valori misurati (variazione massima del 20%).

Nella Figura 1 è riportato l'andamento della potenza e del numero di stazioni radio base dal 2001 a oggi.

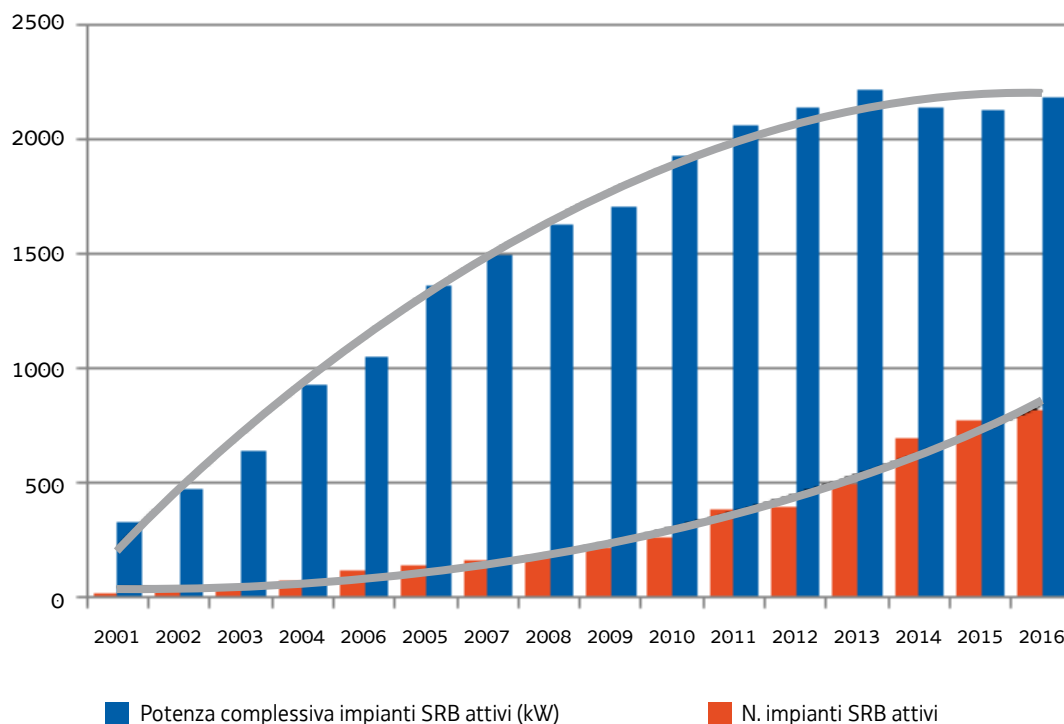
La crescita negli anni risulta evidente per entrambi i parametri rappresentati: l'andamento del numero degli impianti ha subito un rallentamento nell'ultimo periodo (indicativamente dal 2011) mentre la potenza totale ha continuato ad aumentare. Questo è presumibilmente legato al fatto che la rete per la telefonia mobile è ormai sufficientemente completa e l'attività dei gestori si è concentrata maggiormente sulla riconfigurazione degli impianti esistenti e l'attivazione su questi delle nuove tecnologie di trasmissione (UMTS-3G, LTE-4G, ecc.).

In considerazione di tale evoluzione si è ritenuto interessante valutare lo stato e la variazione nel tempo dei livelli di campo elettromagnetico presenti in regione, a partire dal 2001 fino ai giorni nostri; è stata effettuata un'analisi statistica suddividendo la regione in quattro macro-aree corrispondenti alle ex province. Su ogni porzione di territorio sono presenti migliaia di misure di campo elettrico svolte in diverse occasioni mediante strumentazione in grado di rilevare, pur senza distinguerli, tutti i contributi al campo elettrico derivanti dalle diverse sorgenti presenti (radio-televisioni, telefonia mobile, Wi-Fi, ecc.).

Per garantire omogeneità nella tipologia di misurazioni si sono quindi selezionate le misure effettuate nei pressi degli impianti di telefonia mobile (misure entro 300 metri da esse) escludendo quelle effettuate in condizioni particolari (quelle eseguite ai piani alti, all'interno di abitazioni o in occasioni di verifiche su singoli impianti), e operando un'aggregazione delle misure in classi di circa 4 anni.

In tal modo si sono ottenuti più di 20 000 dati di misura su cui effettuare l'analisi; essi in virtù dell'uniformità di condizioni di misura, dell'ampia diffusione che copre in particolare la parte abitata del territorio regionale (le

Figura 1: andamento del numero degli impianti di telefonia (stazioni radio base - SRB) e della potenza totale in regione dal 2001 a oggi.



SRB, a oggi oltre 2000 impianti, vengono installate proprio dove è concentrata l’utenza: città, paesi, località abitate), forniscono una buona rappresentazione dell’esposizione media della popolazione del FVG.

Nella Figura 2 è riportato l’andamento del campo elettrico medio (viene calcolata la media quadratica tra le misure) sulle classi quadriennali su tutto il territorio regionale (la prima e l’ultima classe risultano di 5 anni per compensare la scarsità di misure del 2000 e del 2017 – al momento dell’analisi erano disponibili solo le misure del primo trimestre). Appare evidente l’andamento di crescita del campo elettrico medio che si attesta intorno al 20%, pur mantenendosi a livelli assoluti molto inferiori ai limiti di legge, che nelle aree a permanenza prolungata sono 6 V/m.

In Figura 3 vengono evidenziati gli andamenti nelle singole macro-aree provinciali.

Si osserva che le variazioni del campo elettrico negli anni sono presenti per ognuna delle aree analizzate anche se risultano poco rilevanti: la linea d’interpolazione dei dati evidenzia, per i territori corrispondenti alle ex province di Udine, Pordenone e Gorizia, una debole tendenza all’aumento complessivo dei livelli medi di campo elettrico, mentre per la provincia di Trieste si riscontrano valori sostanzialmente costanti nel corso degli anni.

Come già sottolineato l’analisi effettuata è indirizzata a evidenziare l’andamento nel tempo del campo elettrico sul territorio, per fornire il quadro dell’esposizione media della popolazione. Pertanto non sono state considerate le situazioni di criticità puntuali.

Tali situazioni di criticità relative all’esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza sono attentamente monitorate da ARPA FVG e sono state inserite nel Piano Regionale di Risanamento degli Impianti Radioelettrici (PRRIR) della Regione.

### Alcune precisazioni sulle misure effettuate

Emerge, quindi, che il significativo aumento dei fattori di pressione (numero impianti e potenza degli stessi) non si riflette sulla variazione dello stato del campo elettrico e la conseguente esposizione della popolazione.

**La potenza disponibile delle antenne resta in gran parte inutilizzata**

Ciò probabilmente è dovuto al fatto che l’aumento degli impianti e delle potenze è un’informazione proveniente dalle richieste di installazione/modifica delle SRB nelle quali viene fornita per legge la potenza massima delle antenne. Si tratta quindi di un dato “massimo” teorico.

Nella realtà alcuni impianti potrebbero non essere stati ancora realizzati oppure funzionare a potenze inferiori a



Figura 2: evoluzione negli anni del campo elettrico medio sul territorio regionale.

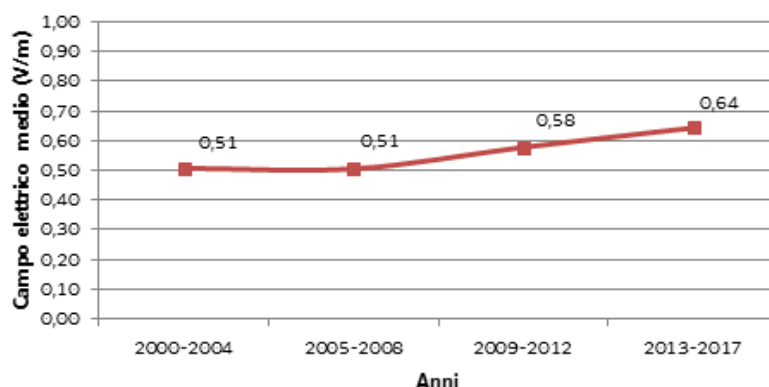


Figura 3: evoluzione negli anni del campo elettrico medio sul territorio di ciascuna ex provincia.

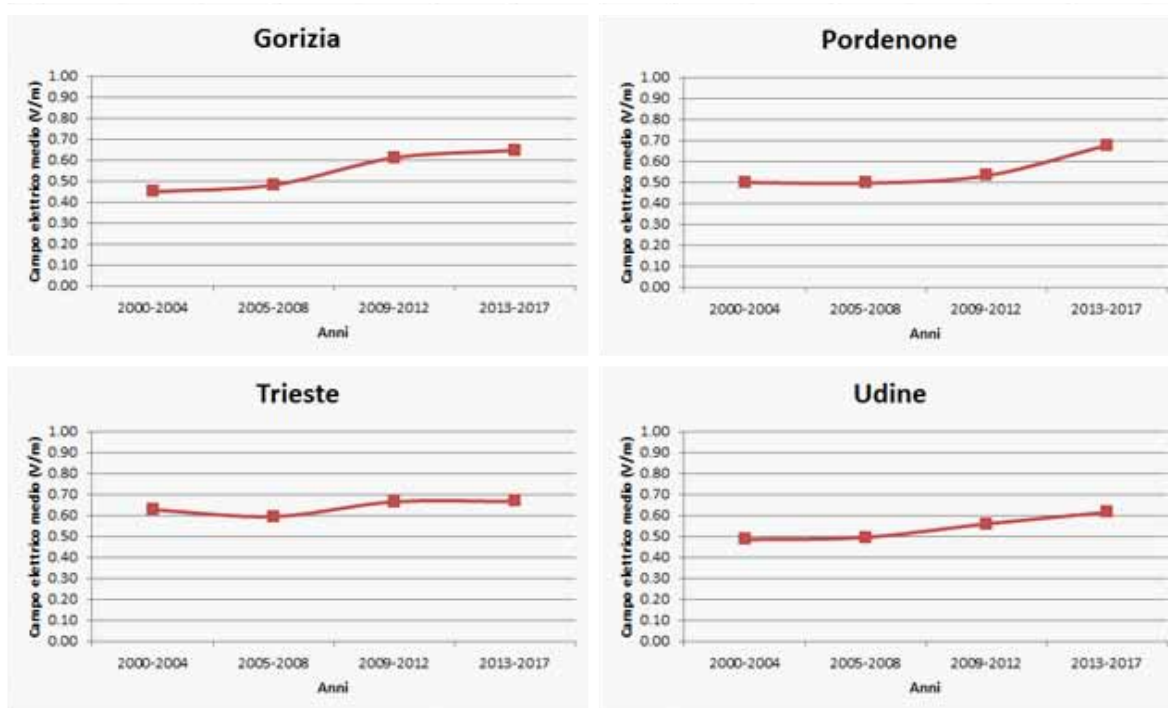
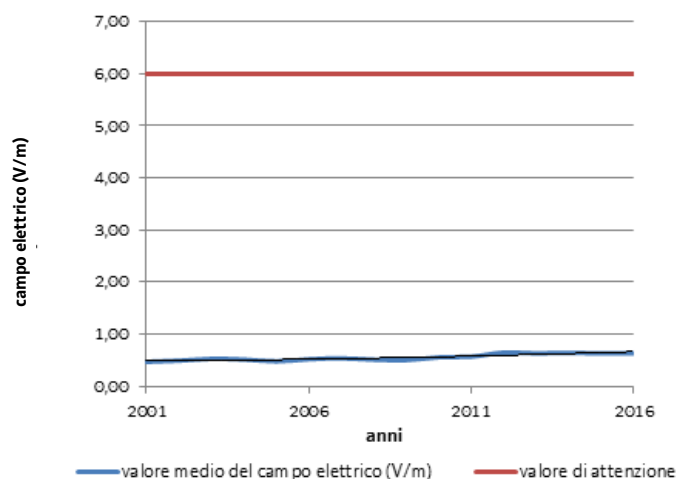


Figura 4: evoluzione negli anni del campo elettrico medio sul territorio regionale confrontato con il valore di attenzione fissato dal DPCM 08.07.03.



quelle di progetto; ne consegue che quella rappresentata è una condizione ipotetica e cautelativa.

Le misure rappresentano, invece, il livello di esposizione "reale", in quanto rilevano le emissioni effettivamente presenti sul territorio.

È importante inoltre ricordare che il funzionamento di ogni antenna di telefonia, e quindi le sue emissioni, è legato al numero di utenti connessi in quel momento e alla tecnologia che utilizzano. In generale l'utilizzo delle nuove tecnologie potrebbe essere in ritardo rispetto alla disponibilità messa in campo dai gestori e, analogamente, potrebbe verificarsi che l'offerta dei gestori è talmente ampia che l'utente medio non riesce a sfruttarla completamente preferendo solo alcune tecnologie di trasmissione. Pertanto la "potenza" disponibile sulle antenne resta in gran parte non utilizzata.

Un ulteriore elemento interpretativo è la localizzazione dei punti di misura: essi sono collocati generalmente a livello del terreno e quindi in una condizione in cui è possibile la presenza di ostacoli (edifici, alberi, terrapieni, ecc.) che si frappongono tra lo strumento di misurazione e l'antenna. Ossia una situazione che non permette di cogliere appieno la variazione dei valori di campo.

Tale situazione è più evidente per la ex provincia di Trieste nella quale l'area cittadina, più intensamente edificata, è predominante rispetto all'estensione del territorio provinciale; in essa l'effetto distorsivo/schermante degli edifici è sicuramente presente.

Certamente misure in quota all'altezza degli impianti potrebbero evidenziare maggiormente le variazioni delle emissioni delle antenne, ma così esse non rappresenterebbero adeguatamente l'esposizione della popolazione che non è presente in tali aree (si consideri che nel caso di appartamenti ai piani alti degli edifici si deve tener conto della schermatura delle pareti dell'abitazione).

Un'analisi più approfondita dell'esposizione potrebbe considerare non solo l'aumento medio dei valori di campo misurati, ma l'aumento delle aree in cui si riscontrano valori non nulli di campo elettrico, quindi sarebbe interessante verificare se negli anni sono aumentate le aree in cui si registrano tali valori. Infine un altro aspetto da considerare potrebbe essere la distribuzione nell'arco della giornata dei valori di campo elettrico che potrebbe essere diversa rispetto al passato.

ARPA FVG sta comunque effettuando un'analisi più puntuale e di maggior dettaglio dell'evoluzione dei valori di campo.

## Gli effetti della normativa regionale

Nella nostra regione è vigente la legge regionale 3 del 2011 che deriva da una legge precedente del 2004. Tale legge disciplina lo sviluppo ordinato delle reti di telefonia mobile, degli impianti radiotelevisivi e della banda larga.

Si tratta di una norma ormai consolidata e seguita proficuamente dai gestori che riesce a garantire in modo efficace la protezione della popolazione.

Per i Comuni la stessa norma prevede uno strumento urbanistico per la scelta concertata dei siti di installazione definito "Regolamento comunale per la telefonia mobile".

Si può constatare che l'aver mantenuto, fino dal 2004, un elevato livello di attenzione sia nella fase autorizzativa (verifica della conformità ai limiti di legge) che di misurazione (controllo sul territorio) si è rivelata una ricetta efficace per limitare l'aumento dei livelli di campo e quindi di esposizione della popolazione.

## Prospettive future

Sulla base di quanto descritto con riferimento alla natura delle sorgenti di telefonia mobile si possono prospettare degli scenari futuri abbastanza rassicuranti per l'evoluzione nel tempo dei livelli medi di campo elettrico. Se si confronta l'andamento dei valori medi misurati nei vari anni con il minore tra i limiti di legge applicabili (6 V/m valore di attenzione) non si apprezzano variazioni significative (Figura 4).

La situazione potrebbe però evolvere con l'introduzione da parte dei gestori della quinta generazione (5G), chiamata anche *Internet of things* (Internet degli oggetti), che prevede collegamenti alla rete non più da parte delle sole persone, ma anche da parte delle cose (elettrodomestici, automobili, sistemi di allarme, ecc.), il cambio della tipologia dell'utenza potrebbe modificare la situazione attuale più di quanto ha fatto l'evoluzione della tecnologia dei telefoni cellulari.

**L'elevato livello di attenzione esercitato ha limitato i livelli di esposizione della popolazione**

## Bibliografia

Adda S., Anglesio L., 2015, *Esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza nelle aree urbane del Piemonte: evoluzione normativa e variazione dei livelli di campo*, ISPRA Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 169-186.

Bampo A. et al., 2012, *Catasto degli impianti radioelettrici per telecomunicazioni: un nuovo approccio per la comunicazione dei dati*. AIRP Atti del XXXV Congresso Nazionale di Radioprotezione, Venezia, 17-19 ottobre 2012.

Bampo A. et al., 2015, *Analisi dei dati storici delle Stazioni radio base (SRB) e delle misure in radiofrequenza (RF) in tre città della Regione Friuli Venezia Giulia (Pordenone, Udine, Trieste)*, ISPRA Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 133-142.

De Donato S.R. et al., 2015, *Confronto fra i livelli stimati di campo elettrico prodotti da antenne di telefonia mobile su edifici residenziali della provincia di Rimini negli anni 2014 e 2009*, ISPRA, Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 75-81.

ISPRA, 2015, *Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano*, [http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/stato-ambiente/Focus\\_CEM\\_def.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/stato-ambiente/Focus_CEM_def.pdf)

Ministero dell'Ambiente, 2016, *Relazione sullo Stato dell'Ambiente* (pagg. 132-145), [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio\\_immagini/Galletti/rsa\\_2016\\_170601\\_web\\_o.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/Galletti/rsa_2016_170601_web_o.pdf)

Poli S. et al., 2015, *Esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle stazioni radio base: risultati per i comuni capoluogo del Veneto*, ISPRA Focus su inquinamento elettromagnetico e ambiente urbano, XI Rapporto, 122-132.

Regione FVG, 2015, *Piano Regionale di Risanamento degli Impianti Radioelettrici*, [http://mtom.regione.fvg.it/storage//2015\\_614/Allegato%201%20alla%20Delibera%20614-2015.pdf](http://mtom.regione.fvg.it/storage//2015_614/Allegato%201%20alla%20Delibera%20614-2015.pdf)

## 13. Impatto acustico da infrastrutture di trasporto: il rumore da traffico stradale transfrontaliero e il rumore aeroportuale

Nei paesi industrializzati le infrastrutture di trasporto costituiscono la principale sorgente di inquinamento acustico, con importanti risvolti socio-sanitari: il traffico su gomma lungo i corridoi europei e lo sviluppo aeroportuale giocano un ruolo chiave in Friuli Venezia Giulia per la mobilità di merci e persone.

Stefano Favretto, Tommaso Pinat, Vinicio Rorato, Marco Battistutta, Valerio Cipriani, Daniela Domevscek  
ARPA FVG, Rumore e vibrazioni

### Il traffico stradale

Il traffico stradale rappresenta allo stato attuale in Europa la sorgente predominante di rumore ambientale e spicca, se comparato alle altre infrastrutture di trasporto, per l'elevata diffusione del fenomeno, che interessa tanto i centri urbani quanto le aree extraurbane spesso attraversate da reti di collegamento nazionali e sovranazionali strategiche. Ciò espone una gran parte della popolazione a livelli sonori superiori alle soglie ritenute significative per gli effetti nocivi sulla salute e, più in generale, per la qualità della vita.

La ripresa dei fattori economici porta come conseguenza l'incremento dei traffici, in particolare su gomma stante l'attuale assetto della logistica di scambio delle merci, e impone il potenziamento delle infrastrutture esistenti, prima ancora della costruzione di nuove, in maniera da ampliare la connettività e l'intermodalità fra le stesse.

**Le peculiarità del territorio alpino ne fanno una zona sensibile all'impatto acustico**

Nell'ambito della rete di trasporto della nostra regione, che si è ritrovata a occupare una posizione centrale rispetto alle rotte europee di transito sugli assi nord-sud ed est-ovest, l'area alpina riveste senz'altro un ruolo di rilevante importanza, riscontrabile nell'aumento del traffico transfrontaliero registrato nell'ultimo decennio; purtroppo, le peculiarità del territorio alpino ne fanno una zona particolarmente sensibile all'impatto acustico da traffico e rendono ulteriormente complessa la gestione delle problematiche di rumore, sia per la conformazione morfologica, che offre limitata disponibilità di spazi e di soluzioni progettuali ottimali, sia per la frequente presenza di fenomeni meteorologici capaci di influire sulla propagazione/attenuazione del rumore prodotto.

### Il traffico aereo

Anche il traffico aereo negli ultimi decenni, tanto passeggeri che cargo, risulta in Europa e nel mondo in generale in costante incremento, dimostrando una buona resilienza agli eventi esterni destabilizzanti, come crisi economica, attacchi terroristici, conflitti bellici, allarmi sanitari, ecc. (EASA, EEA, EUROCONTROL, 2016). L'aumento si rivela sensibile non solo in termini di numero di passeggeri e volume di merci trasportate ma anche, seppur in maniera più contenuta e differenziata in base a categoria e rotta, per numero di voli.

Si è inoltre recentemente assistito a un'espansione dei collegamenti, soprattutto per l'affermarsi delle compagnie low-cost, che hanno ampliato l'offerta di voli nazionali e extra-nazionali dando vita a una rete di connessioni aeroportuali più estesa e capillare che coinvolge anche gli aeroporti minori e modifica notevolmente la diffusione degli impatti connessi.

Ciò impegna a mantenere elevata l'attenzione sulle correlate problematiche di tipo ambientale, tra cui l'impatto del rumore aeroportuale su una fetta di popolazione sempre più ampia che si trova esposta a livelli sonori ritenuti significativi dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per i potenziali effetti negativi sulla salute (Ancona *et al.*, 2014).

**Con il costante incremento del traffico aereo, una fetta sempre più ampia della popolazione si trova esposta a livelli sonori significativi**

### Cosa fa ARPA FVG?

La Struttura Rumore e vibrazioni di ARPA FVG svolge attività di consulenza, di supporto tecnico-scientifico e ana-



Tabella 1: sintesi dei risultati ottenuti nell'ambito del monitoraggio acustico del rumore autostradale transfrontaliero lungo la A23: per ogni campagna di misura è riportata la media settimanale, feriale e del fine settimana del livello equivalente di pressione sonora nel tempo di riferimento diurno e notturno, espressa in decibel.

Anno di monitoraggio	Valori medi $L_{Aeq}$ [dB(A)]					
	settimanali		fine settimana		feriali	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
2011 - estate	67,3	64,1	69,2	64,2	66,2	64,0
2011 - inverno	63,3	59,6	61,2	59,4	63,9	59,7
2013 - inverno	64,4	61,0	62,0	60,0	65,0	61,3
2015 - estate	65,0	62,7	64,3	60,9	65,3	63,2
2015 - inverno	60,8	61,7	59,7	61,4	61,2	61,7
2016 - inverno	62,5	59,3	59,8	57,6	63,3	59,8
2017 - estate	63,8	61,2	64,2	60,9	63,9	61,3

litico per gli enti locali ai sensi dell'art. 5 della LR n. 6 del 3 marzo 1998, ovvero opera fornendo il proprio supporto tecnico-scientifico alle autorità giudiziarie.

L'attività prevalentemente si esplica attraverso verifiche e controlli puntuali sugli elementi di pressione che insistono sul territorio, mentre risulta più limitato il monitoraggio dello stato dell'ambiente. Con riferimento alle infrastrutture di trasporto sono tuttavia disponibili, in alcuni casi, delle serie di dati raccolte nel tempo che possono essere utilizzate per considerazioni sull'evoluzione del fenomeno acustico.

## Il rumore dovuto all'autostrada A23

Con riguardo al traffico stradale transfrontaliero, i dati disponibili fanno riferimento al progetto iMonitraf!, nato per analizzare l'impatto sul territorio e sulla popolazione dell'inquinamento acustico generato dal traffico che viaggia su gomma e rotaia in diversi corridoi di transito dell'arco alpino. Uno di questi corridoi è stato individuato nell'autostrada A23 che collega l'Austria all'Italia passando per Tarvisio. L'arteria, assieme alle infrastrutture stradali afferenti al cosiddetto Corridoio V, costituisce la principale via di accesso transfrontaliero per la regione FVG.

Nonostante il progetto iMonitraf! si sia concluso nel giugno 2012, l'attività di ARPA FVG è proseguita per fornire i dati ambientali al gruppo di lavoro europeo. L'ultima campagna di misura si è svolta nel luglio 2017.

Dai dati raccolti emerge che durante il giorno i limiti acustici sono sempre rispettati, mentre di notte si verificano ripetuti superamenti del valore limite, a eccezione di due campagne di misura svolte in inverno.

Si è scelto di confrontare, quale dato comune a tutte le

campagne, il valore medio settimanale dei livelli sonori calcolati nei tempi di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), espressi nella scala logaritmica dei decibel (dB) e corretti, come richiesto dalla normativa nazionale, attraverso l'applicazione del filtraggio con curva di ponderazione "A" per ricalcare la sensibilità dell'orecchio umano. Trattandosi di settimane complete, si è deciso di analizzare separatamente anche gli intervalli costituiti dai soli giorni feriali e quelli costituiti dai giorni prefestivi e festivi, onde differenziare le casistiche in funzione della presenza o meno di traffico lavorativo/commerciale (Tabella 1).

Osservando i dati riscontrati si evince che, salvo in un caso nell'estate 2011, l'andamento dei valori non appare né crescente né decrescente. Così non è se si considerano i soli dati estivi, che presentano nel tempo una progressiva decrescita. Sono dunque i dati invernali che, non avendo un andamento definito, contribuiscono a rendere tale anche l'andamento del dato globale (Figura 1).

È inoltre evidente come durante l'inverno la rumorosità maggiore è prevalente nei giorni feriali, mentre in estate, in generale, tale distinzione non si presenta, lasciando supporre che la riduzione del traffico commerciale nel fine settimana venga compensata da un incremento del traffico privato.

Si può sottolineare poi l'anomalia, rispetto a tutti i casi analizzati, riscontrata nella sola campagna invernale del 2015, in cui il valore della media notturna è risultato superiore a quella diurna.

**Durante il giorno i limiti acustici sono sempre rispettati, mentre di notte si verificano ripetuti superamenti**

## AGENTI FISICI

Figura 1: andamento della media settimanale del livello equivalente di pressione sonora nei tempi di riferimento diurno e notturno, distinta fra campagne di misura estive e invernali, e confronto coi limiti applicabili.

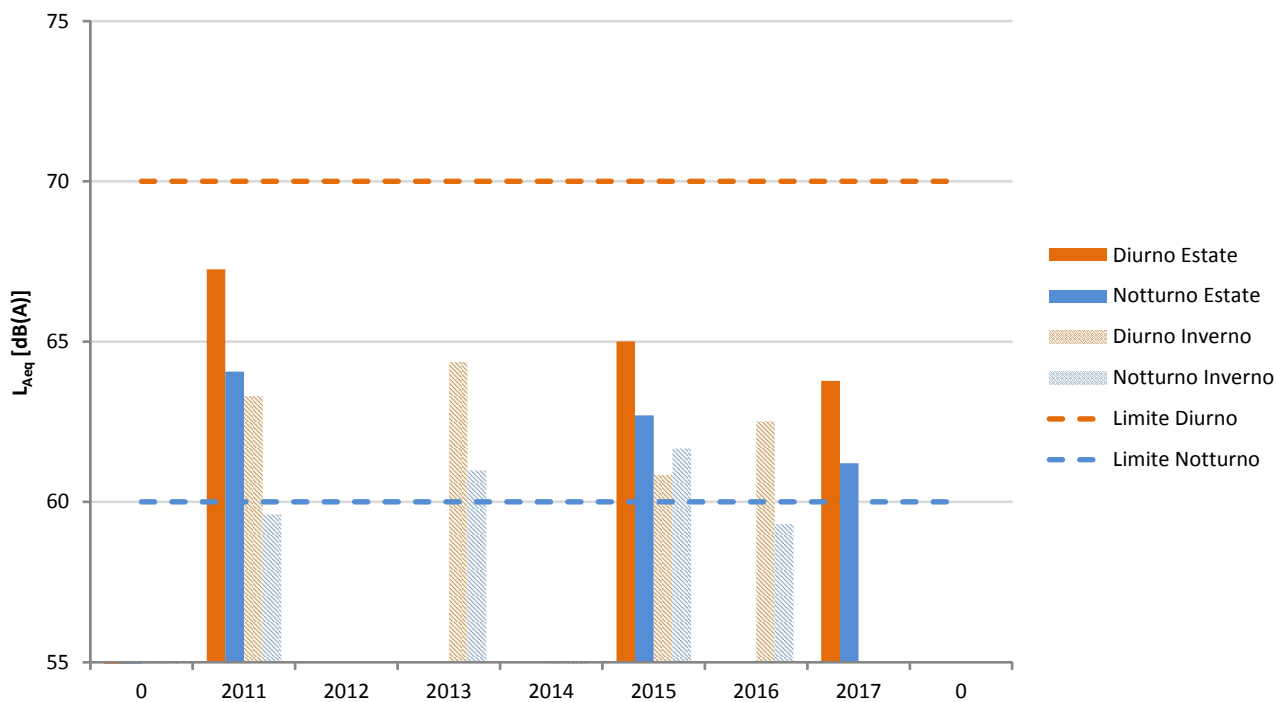


Figura 2: inquadramento del tratto autostradale della A23 in comune di Tarvisio, con indicazione del punto di misura iMonitraf!.



## Quali sono i limiti di legge?

Per quanto riguarda le infrastrutture autostradali esistenti, i limiti di immissione acustica sono definiti all'art. 5 e relativa tabella 2 dell'allegato 1 del DPR 30 marzo 2004, n. 142, e nella fattispecie risultano pari, all'interno di una fascia di pertinenza acustica ampia 100 metri, a 70 dB(A) in periodo diurno e a 60 dB(A) in periodo notturno. I valori di immissione stabiliti dal DPR sono verificati in corrispondenza dei punti di maggior esposizione e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

Essendo il traffico stradale un fenomeno avente carattere di casualità o pseudocasualità, il monitoraggio del rumore da esso prodotto deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore a una settimana, ritenuto un periodo adeguato a rappresentare in modo completo ed esaustivo le variazioni giornaliere dei flussi di traffico.

## Le campagne di misura del traffico autostradale

Fra gli obiettivi del progetto europeo iMonitraf! per le regioni coinvolte, vi era l'elaborazione di una prospettiva comune di gestione del traffico interalpino e transalpino, in grado di superare le attuali logiche di azione impostate su misure individuali che però si ripercuotono negativamente sui volumi di traffico degli altri trafori alpini.

Vista l'importanza degli obiettivi da raggiungere, ARPA FVG, come già riportato, ha proseguito il lavoro iniziato con il progetto europeo.

I dati complessivamente disponibili sono relativi a 7 campagne di misura, 4 invernali (2011, 2013, 2015 e 2016) e 3 estive (2011, 2015 e 2017), coprendo un intervallo che va dal 2011 al 2017, con l'eccezione degli anni 2012 e 2014 in cui non si sono svolte indagini, mentre negli anni 2011 e 2015 sono state svolte 2 campagne.

Le misure fonometriche significative per una valutazione dell'evoluzione temporale del fenomeno sono state eseguite nella medesima collocazione, presso la recinzione dell'autostrada A23 in località Rutte di Camporosso nel Comune di Tarvisio (coordinate geografiche WGS84: N 46° 30' 35" – E 13° 33' 08"). Il punto risulta trovarsi a circa 30 metri lineari dal sedime autostradale (Figura 2).

Trattandosi di misure prolungate nel tempo (misure su lungo periodo), i rilievi sono stati effettuati con una strumentazione che acquisisce i dati in forma automatica e non presidiata.

## Il rumore dovuto all'Aeroporto di Trieste

In tema di rumore aeroportuale, invece, le osservazioni disponibili si riferiscono all'Aeroporto di Trieste, sito nel Comune di Ronchi dei Legionari (GO), che è l'unico aereo-

porto regionale del Friuli Venezia Giulia aperto al traffico commerciale; l'infrastruttura è dotata di una pista con orientamento RWY 09-27 (est-ovest). La prossima realizzazione dell'annesso polo intermodale nell'area antistante l'attuale aerostazione consentirà lo sviluppo della connettività con le altre infrastrutture logistiche di superficie (autobus, auto e rete ferroviaria), realizzando un sistema di interscambio strategico su vasta area adeguato a supportare una futura crescita della capacità operativa dello scalo aeroportuale.

Già nella sua attuale configurazione, l'aeroporto espone le popolazioni dei comuni di Turriaco, San Pier d'Isonzo e, in misura minore, Ronchi dei Legionari alle immissioni rumorose associate agli eventi di decollo e di atterraggio, pur nel quadro di una generale conformità ai limiti di legge.

Nelle normali condizioni operative, lo scalo prevede che una parte preponderante degli eventi aeronautici avvenga con arrivi da ovest verso est e viceversa partenze da est verso ovest, fatta eccezione nel caso di movimenti concomitanti o condizioni meteo particolari (vento di bora).

La Tabella 2 propone una sintesi dei valori riscontrati sia in termini di indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  previsto dalla normativa nazionale per la specifica sorgente di rumore, che in sostanza rappresenta l'energia sonora associata al complesso dei soli eventi di origine aeronautica, sia in termini di livello sonoro medio  $L_{Aeq}$  comprensivo di tutte le sorgenti concorrenti in un'area, calcolato sull'intero tempo di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00).

Si può innanzitutto constatare come l'indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  si mantenga sostanzialmente stabile nel tempo e al di sotto del valore limite previsto dalla normativa italiana, valido per zone esterne all'intorno aeroportuale.

Anche i livelli sonori  $L_{Aeq}$ , che però risentono della rumorosità di tutte le sorgenti concorrenti nell'area, si dimostrano sostanzialmente stabili nel tempo, in particolare per quel che riguarda il tempo di riferimento diurno.

## Limiti di legge

Il DM 31 ottobre 1997 delinea le modalità per la caratterizzazione acustica del cosiddetto "intorno aeroportuale", ossia del territorio circostante l'aeroporto il cui stato dell'ambiente è influenzato dalle attività aeroportuali, introducendo tre zone di rispetto definite sulla base del livello di valutazione del rumore aeroportuale ( $L_{VA}$ ).

**L'indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  si mantiene al di sotto del valore limite previsto dalla legge**

## AGENTI FISICI

Per tali zone, da un lato sono stabilite le attività consentite con riguardo alla pianificazione urbanistica, dall'altro si fissano i limiti dell'indice  $L_{VA}$  (Tabella 3).

Per le postazioni di misura eventualmente collocate al di fuori dell'intorno aeroportuale, oltre alla verifica del rispetto dei limiti dell'infrastruttura al di fuori delle fasce di pertinenza (ISPRA, 2013), è possibile il confronto con i limiti assoluti di immissione introdotti dalla zonizzazione acustica del territorio comunale (Tabella 4), espressi in termini di livello equivalente di pressione sonora nei tempi di riferimento diurno e notturno ( $L_{Aeq,TR}$ ).

A livello normativo europeo d'altro canto sono stati introdotti, con la Direttiva 2002/49/CE che dovrà essere recepita anche dallo Stato italiano, il descrittore acustico giorno-sera-notte  $L_{den}$  usato per qualificare il disturbo legato all'esposizione al rumore e il descrittore acustico notturno  $L_{night}$  relativo ai disturbi del sonno; le raccomandazioni dell'OMS sull'esposizione a rumore stabiliscono che, a tutela della salute della popolazione, nelle aree residenziali non debbano verificarsi valori dei descrittori acustici  $L_{den}$  superiori a 55 dB(A) e  $L_{night}$  superiori a 40 dB(A) (WHO Regional Office for Europe, 2009).

### Come ARPA FVG misura il rumore dell'aeroporto di Trieste

ARPA FVG ha scelto un punto di monitoraggio rappresentativo posto al di fuori delle zone A, B e C dell'intorno aeroportuale, presso un'area del Comune di Turriaco inserita sotto il profilo acustico in classe III dal PCCA, non significativamente influenzata dalla rumorosità di altre infrastrutture e/o attività umane.

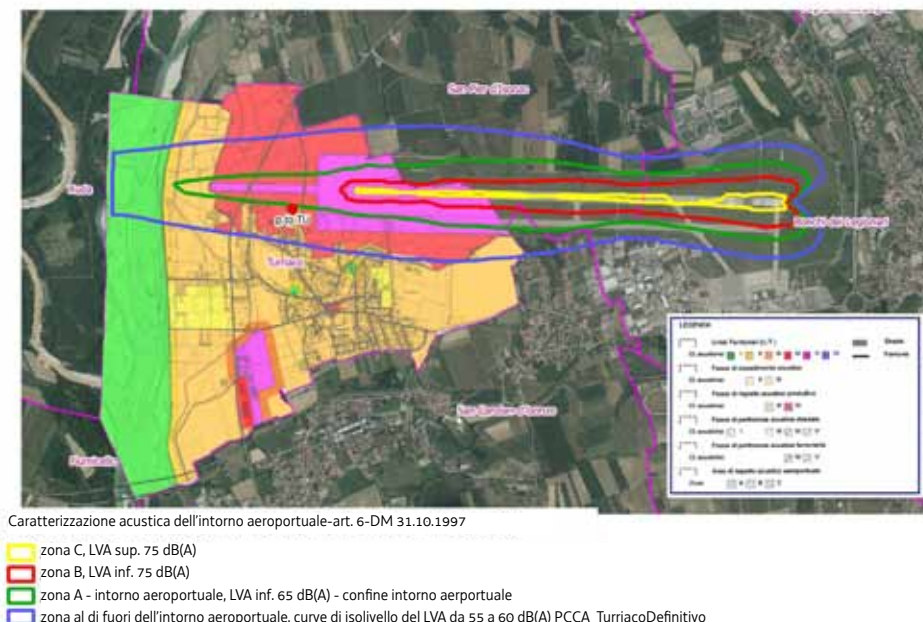
La postazione di misura risulta comunque situata nella posizione più vicina alle proiezioni al suolo delle rotte di avvicinamento e di allontanamento degli aeromobili, compatibilmente con i vincoli di sicurezza dei movimenti aeronautici (coordinate geografiche WGS84: N 45° 49' 36,2" - E 13° 26' 32,8") (Figura 3).

Le misure hanno previsto il riconoscimento di ogni singolo evento di origine aeronautica sulla base delle indicazioni (database) fornite da ENAV, incrociate con quelle trasmesse dal gestore dell'aeroporto, nonché coi tracciati delle storie temporali del rilevamento e/o delle registrazioni audio degli eventi. Sono stati così determinati gli archi di tempo all'interno dei quali, al verificarsi di ogni evento, è stato calcolato il SEL (Sound Exposure Level, p.to 4 - allegato B del DM 31 ottobre 1997), parametro da cui poi è stato possibile determinare l'indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  dell'intero periodo di misura.

Nell'attività di monitoraggio sono stati inclusi i numerosi eventi associati al decollo, atterraggio, sorvolo o "touch&go" eseguiti da parte di velivoli turistici, anche in addestramento, come pure le eventuali operazioni di prova motori. Inoltre sono state trattate nel calcolo del SEL le fasi di rullaggio in pista e di attivazione della modalità "reverse" dei motori dopo l'atterraggio, ove riconoscibili.

Sono stati invece eliminati gli eventi sonori legati allo svolgimento di attività aeree di emergenza, pubblica sicurezza, soccorso e protezione civile, espressamente escluse dal campo di applicazione del DM 31 ottobre 1997, così come pure è stato fatto per gli eventuali eventi aeronautici di origine militare.

Figura 3: inquadramento dell'area aeroportuale, con riportata la classificazione acustica del territorio del comune di Turriaco e la caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale.





Per quel che concerne i limiti imposti dalla classificazione acustica del territorio comunale, i risultati ottenuti e sotto rappresentati (Tabella 2) non consentono di stabilire, tenuto conto dell'incertezza di misura associata, la conformità certa al valore limite assoluto di immissione. Va rilevato che il valore riscontrato nel tempo di riferimento notturno nel corso dell'ultima campagna di misura, parti-

colarmamente elevato, è stato determinato dalla presenza occasionale di voli di emergenza/soccorso avvenuti proprio in quel periodo.

ARPA FVG è componente della commissione ambientale dell'aeroporto di Trieste istituita ai sensi dell'art. 5 del DM 31 ottobre 1997, in seno alla quale ha fornito il proprio contributo per la definizione di procedure di decollo e

Tabella 2: sintesi dei risultati ottenuti nell'ambito del monitoraggio acustico del rumore aeroportuale, sia in termini di indice di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$  previsto dalla normativa nazionale per la specifica sorgente di rumore, che in sostanza rappresenta l'energia sonora associata al complesso dei soli eventi di origine aeronautica, sia in termini di livello sonoro medio  $L_{Aeq}$ , comprensivo di tutte le sorgenti concorrenti in un'area, calcolato sull'intero tempo di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00). L'incertezza, riportata laddove disponibile, è espressa come incertezza estesa: livello di fiducia del 95%, fattore di copertura  $k = 2,2$ .

Campagna di misura (1 settimana)	$L_{VA}$ (valore settimanale)		$L_{Aeq}$ (valore max nella settimana)*		
	$L_{VA}$ [dB(A)]	Incertezza [dB(A)]	$T_R$ diurno [dB(A)]	$T_R$ notturno [dB(A)]	Incertezza [dB(A)]
aprile 2007	56,7	---	59,5	52,0	---
marzo 2012	55,0	---	---	---	---
maggio 2012	56,3	±1,8	59,5**	49,0	±1,7
ottobre 2014	56,2	±1,6	59,0	51,5	±1,5
settembre 2015	56,6	±1,6***	59,5	50,5	±1,5
ottobre 2016	57,0	±1,8	59,0	54,0	±1,8

\* I valori di  $L_{Aeq}$ , come previsto al p.to 3 - all. B al DM 16 marzo 1998, sono arrotondati a 0,5 dB.

\*\* Valore ricavato escludendo gli eventi aeronautici di origine militare (nel caso in cui si considerassero tali eventi, il valore del  $L_{Aeq}$  nello stesso  $T_R$  risulterebbe pari a 64,5 dB(A).

\*\*\* Valore stimato mediante misura di un'unica giornata.

Tabella 3: sintesi delle disposizioni di cui all'art. 6 del DM 31 ottobre 1997 - caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale.

ZONA (art. 6 DM 31.10.1997)	Indice $L_{VA}$	Attività consentita
<b>A</b>	Non può superare il valore di 65 dB(A)	Nessuna limitazione
<b>B</b>	Non può superare il valore di 75 dB(A)	Attività agricole e di allevamento, attività industriali, uffici e servizi con adeguate misure di isolamento acustico
<b>C</b>	Può superare il valore di 75 dB(A)	Attività funzionalmente connesse all'aeroporto
<b>al di fuori delle zone A, B, C</b>	Non può superare il valore di 60 dB(A)	-

Tabella 4: sintesi dei limiti introdotti dal Piano comunale di classificazione acustica di cui al DPCM 14 novembre 1997, applicabili per la valutazione del rumore esistente, con il concorso delle sorgenti di origine aeronautica, nelle zone esterne all'intorno aeroportuale.

Classificazione del territorio comunale	Valori limite assoluti di immissioni $L_{eq}$ dB(A)	
	$T_R$ diurno (06.00 - 22.00)	$T_R$ notturno (22.00 - 06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

atterraggio atte a limitare l'impatto acustico sugli abitati contermini l'intorno aeroportuale. Il documento fa parte delle più generali procedure antirumore adottate dallo scalo e pubblicate sul volume AIP-Italia messo a disposizione dall'ENAV.

Tali procedure, fra l'altro, mirano all'ottimizzazione delle traiettorie di decollo e atterraggio allo scopo di ridurre l'impatto acustico sui ricettori più esposti, evitando in particolare il sorvolo dell'abitato di Turriaco, e definiscono un corridoio di dispersione attorno alla rotta nominale all'interno del quale sono consentiti gli effettivi movimenti di allontanamento/avvicinamento, tenuto anche conto del profilo di salita/discesa tenuto dall'aeromobile.

In attesa dell'installazione di una rete fissa di monitoraggio del rumore prodotto dagli eventi aeroportuali (come disposto dal DPR 11 dicembre 1997, n. 496), il gestore dell'Aeroporto di Trieste ha affidato ad ARPA FVG l'esecuzione periodica, con cadenza biennale, di campagne di misura volte a verificare l'adeguatezza nel tempo del modello matematico di simulazione dell'impronta al suolo del rumore aeronautico nelle aree esterne al sedime aeroportuale.

In questo contesto, la Struttura Rumore e vibrazioni di ARPA FVG, a oggi unico Laboratorio in Italia accreditato ISO 17025 (LAB. n. 1306) per le misure del rumore aeroportuale, ha eseguito puntualmente dei rilievi fonometrici, della durata almeno settimanale, per ogni biennio a partire dall'anno 2012.

## Quali sono le prospettive future?

Per quel che concerne il **rumore stradale**, in prospettiva futura, a fronte di elementi senz'altro positivi in relazione alle emissioni acustiche quali un progressivo rinnovamento del parco veicoli circolante accompagnato da una più sensibile attenzione nell'attuare azioni di mitigazione dell'impatto, vi sono aspetti di preoccupazione legati all'incremento dei volumi di traffico e all'evoluzione delle esigenze del mercato di scambio delle merci nell'assetto attuale delle infrastrutture di trasporto regionale, in un contesto internazionale che prevede obiettivi sempre più ambiziosi nell'ottica di tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

Con riguardo al monitoraggio del rumore stradale transfrontaliero lungo l'autostrada A23, le attività già avviate col progetto iMonitraf! e poi proseguite dall'Agenzia di iniziativa hanno dimostrato l'interesse a mantenere il presidio di misura, e suggeriscono l'opportunità di essere proseguite auspicabilmente con frequenza sempre semestrale (estate/inverno). Un aspetto meritevole di futuro approfondimento è il raffronto dei dati di rumore con i flussi e la composizione reali del traffico durante la campagna di misura.

Va ricordato in ogni caso come la L. 447/95, all'art. 10 comma 5, stabilisca che le società e gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, nel caso di superamento dei valori limite, hanno l'obbligo di predisporre e presentare al Comune un Piano di contenimento e abbattimento del rumore (PCAR) e Piani d'azione.

Nel caso del **rumore aeroportuale**, i risultati delle analisi, degni di attenzione per le opportune valutazioni sia in sede di Commissione Ambiente dell'aeroporto sia da parte dell'autorità amministrativa comunale interessata, consentono, fra l'altro, di monitorare nel tempo la congruità del modello matematico di simulazione del rumore già approvato e di stabilire se vi siano criticità rispetto alla zonizzazione acustica dell'intorno aeroportuale. Anche in vista di un prossimo significativo sviluppo dello scalo aeroportuale e in attesa di definire la realizzazione di un impianto fisso di monitoraggio del rumore ambientale comprensivo delle tracce radar per la verifica delle procedure anti-rumore, appare importante che l'attività di misura del rumore aeroportuale sia mantenuta, con le attuali modalità, quale riferimento nel tempo.

## Bibliografia

EASA, EEA, EUROCONTROL, 2016, *European Aviation Environmental Report 2016*.

Ancona C., Golini M.N., Mataloni F., Camerino D., Chiusolo M., Licitra G., Ottino M., Pisani S., Cestari L., Vigotti M.A., Davoli M., Forastiere F., 2014, *Valutazione dell'impatto del rumore aeroportuale sulla salute della popolazione residente nelle vicinanze di sei aeroporti italiani*, in «Epidemiol Prev», 38 (3-4), 227-236.

ISPRA, 2013, *Linee Guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale*, Rapporto ISPRA 102/2013, Roma, Italia.

WHO Regional Office for Europe, 2009, *Night Noise Guidelines for Europe*, Copenhagen, Denmark.





# INDUSTRIA





## 14. L’Autorizzazione Integrata Ambientale in Friuli Venezia Giulia

Nella nostra regione ci sono numerose realtà industriali che sono soggette all’ Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA). ARPA FVG è impegnata in più aspetti della “vita” di un’AIA: dalla fase istruttoria a tutto il periodo della validità dell’autorizzazione, fino all’interruzione dell’attività produttiva.

Annamaria Manfrin

ARPA FVG, Pareri e supporto per le valutazioni ambientali

IPPC è l’acronimo di “**Integrated Pollution Prevention and Control**” ovvero Controllo e Prevenzione Integrata dell’Inquinamento: questo concetto è stato introdotto per la prima volta con la direttiva 96/61/CE (conosciuta come direttiva IPPC). La direttiva IPPC prevede un approccio innovativo per la riduzione degli impatti ambientali con la graduale applicazione di un insieme di soluzioni tecniche (impiantistiche, gestionali e di controllo) presenti sul mercato, al fine di evitare, o qualora non fosse possibile, di ridurre le emissioni nell’aria, nell’acqua, nel suolo, comprese le misure relative ai rifiuti.

La direttiva IPPC introduce una nuova filosofia di autorizzazione ambientale e di sua gestione, prevedendo:

- un approccio integrato sia nel coordinamento tra i vari soggetti sia nella valutazione dei diversi aspetti ambientali per limitare il trasferimento dell’inquinamento da un comparto all’altro;
- il superamento dell’approccio *command and control* con il coinvolgimento del gestore dell’impianto, quale soggetto attivo e propositivo;
- la messa a punto di un piano di monitoraggio, da parte dell’azienda, per tutta la validità dell’Autorizzazione, che permetta di tenere sotto costante controllo gli impatti sull’ambiente dell’attività produttiva;
- la trasparenza del procedimento amministrativo e il coinvolgimento del pubblico e di tutti i portatori di interesse attraverso la pubblicazione anche on-line della documentazione principale e degli atti autorizzativi;
- la possibilità da parte del pubblico di accedere, ai risultati dei controlli e dei monitoraggi.

Quest’autorizzazione promuove la progressiva adozione delle migliori tecniche disponibili (fissate in documenti tecnici che la normativa definisce **BAT - Best Available Technique** o **MTD - Migliori Tecniche Disponibili**) in

fase di progettazione, gestione, manutenzione e dismissione dei processi industriali. Il fine è di ottenere un alto livello di protezione dell’ambiente nel suo complesso e di prevenire, ridurre e, per quanto possibile, eliminare l’inquinamento con interventi alla fonte nonché garantire una gestione accorta delle risorse naturali spingendo i processi verso livelli di efficienza sempre più elevati.

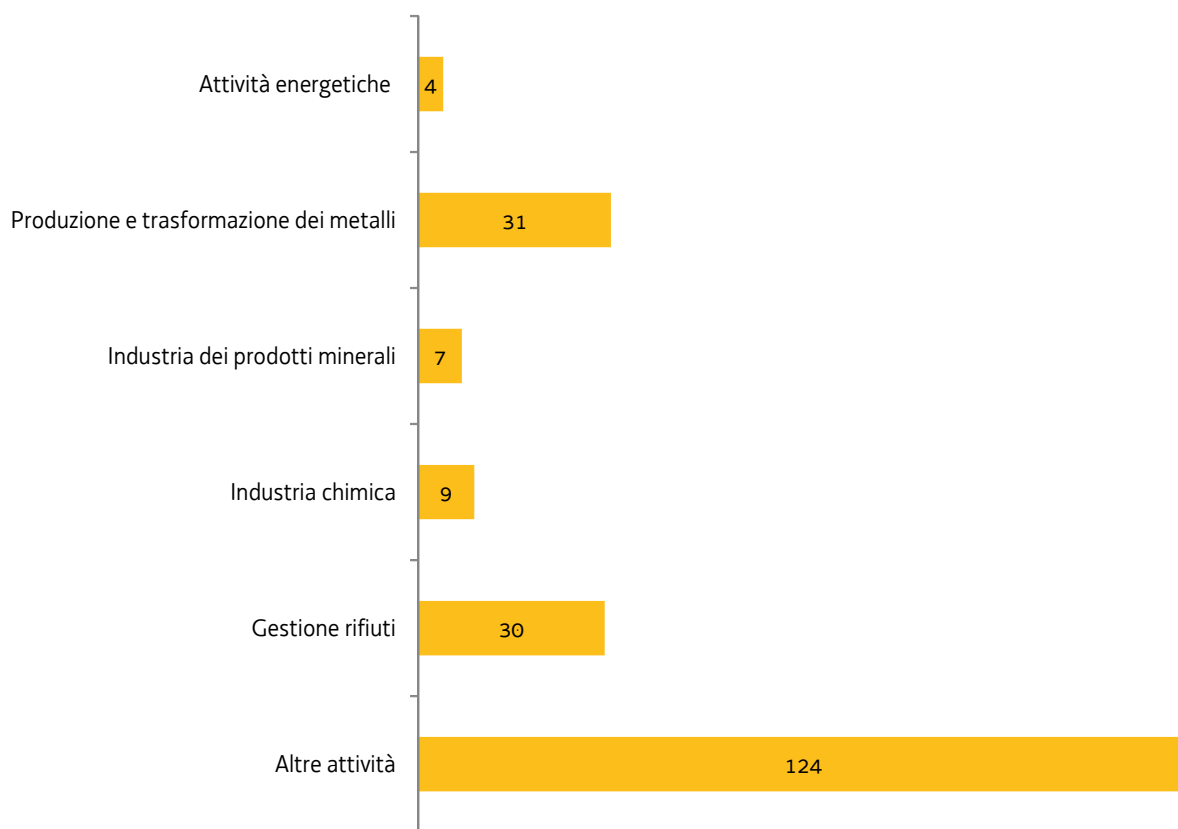
**La direttiva IPPC prevede un approccio innovativo per la riduzione degli impatti ambientali**

L’Italia ha recepito, inizialmente, la direttiva IPPC con il D.Lgs. 372/99 che ha introdotto nell’ordinamento nazionale l’**Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)** limitatamente agli impianti industriali esistenti. In seguito il decreto viene parzialmente abrogato dal D.Lgs. 59/05 che estende il campo di applicazione dell’AIA agli impianti nuovi e alle modifiche sostanziali apportate a quelli esistenti. Ulteriori modifiche sono state introdotte dal D.Lgs. 152/06 e dal D.Lgs. 4/08. Infine, il D.Lgs. 59/05 è stato inglobato dal D.Lgs. 128/10 (entrato in vigore dalla fine di agosto del 2010) nella Parte Seconda del D.Lgs. 152/06. Nell’aprile 2014 è entrato in vigore il D.Lgs. 46/14 recepimento della Direttiva Europea 2010/75/EU, che modifica la normativa in materia di Autorizzazione Integrata Ambientale nonché sostituisce il D.Lgs. 133/05 (impianti incenerimento e co-incenerimento) e apporta variazioni al D.Lgs. 152/06 per quanto concerne i grandi impianti di combustione ed emissioni di COV (composti organici volatili).

I principali concetti innovativi introdotti dal D.Lgs. 46/14 sono:

- l’estensione del campo di applicazione della norma per diverse attività;
- l’emanazione delle “BAT conclusion” (documenti di riferimento - Decisioni EU che fissano le nuove condizioni di esercizi e i relativi valori limite);
- la frequenza delle ispezioni ambientali regolata sul-

Figura 1: impianti AIA in regione, anno 2016.



la valutazione del rischio ambientale, quantificato per ogni singolo impianto produttivo;

- l'introduzione di sanzioni amministrative e penali differenziate in base alle diverse tipologie di violazione, uniformandosi così, a quanto previsto dalle norme specifiche di settore;
- il superamento del concetto di rinnovo a favore di quello di "riesame con valenza di rinnovo" che è disposto dalla Autorità competente.

## Le aziende in possesso di AIA in regione

Sul territorio regionale, le aziende in possesso di Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dall'Autorità competente, in esercizio e che stanno esercendo attività IPPC, alla data del 01.12.16 sono risultate essere complessivamente 205.

In Figura 1 si riporta la distribuzione dei 205 impianti autorizzati in esercizio, in funzione della categoria predominante di attività industriale svolta dagli stessi, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/06 parte II allegato VIII e s.m.i..

In generale, escluse le attività di allevamento, in regione

predominano gli insediamenti industriali che svolgono attività di produzione e trasformazione dei metalli (31), di cui in particolare galvaniche (14) e fonderie, realtà industriali assai spesso diversificate per dimensioni, tipologia di lavorazione e prodotto finito. Numerosi sono anche gli insediamenti con attività di gestione rifiuti (30), di cui 2 con attività di accumulo temporaneo di rifiuti, 5 discariche, 16 con attività di smaltimento o recupero di rifiuti non pericolosi e 7 di smaltimento o recupero di rifiuti pericolosi. In riferimento agli altri codici autorizzativi, sono presenti 9 industrie chimiche (fabbricazione di prodotti chimici organici e inorganici di base, produzione di fertilizzanti), realtà produttive caratterizzate da elevata complessità e significativi impatti ambientali, 4 attività energetiche (3 impianti di combustione di combustibili, 1 impianto di produzione di coke) e 124 attività varie (altre attività) di cui 92 allevamenti intensivi di pollame o di suini.

**Sono 205 le aziende in regione in possesso di AIA a fine 2016**

In Figura 2 è riportato il dettaglio delle attività definite dal codice 6 dell'Allegato VII del D.Lgs. 152/06 "Altre attività", tra le quali si evidenzia la presenza di 11 opifici con attività di trattamento di superficie di materie, oggetti o prodotti utilizzando solventi organici, oltre ai 92 allevamenti intensivi di pollame o di suini.

Figura 2: impianti AIA in regione che ricadono in "altre attività", anno 2016.

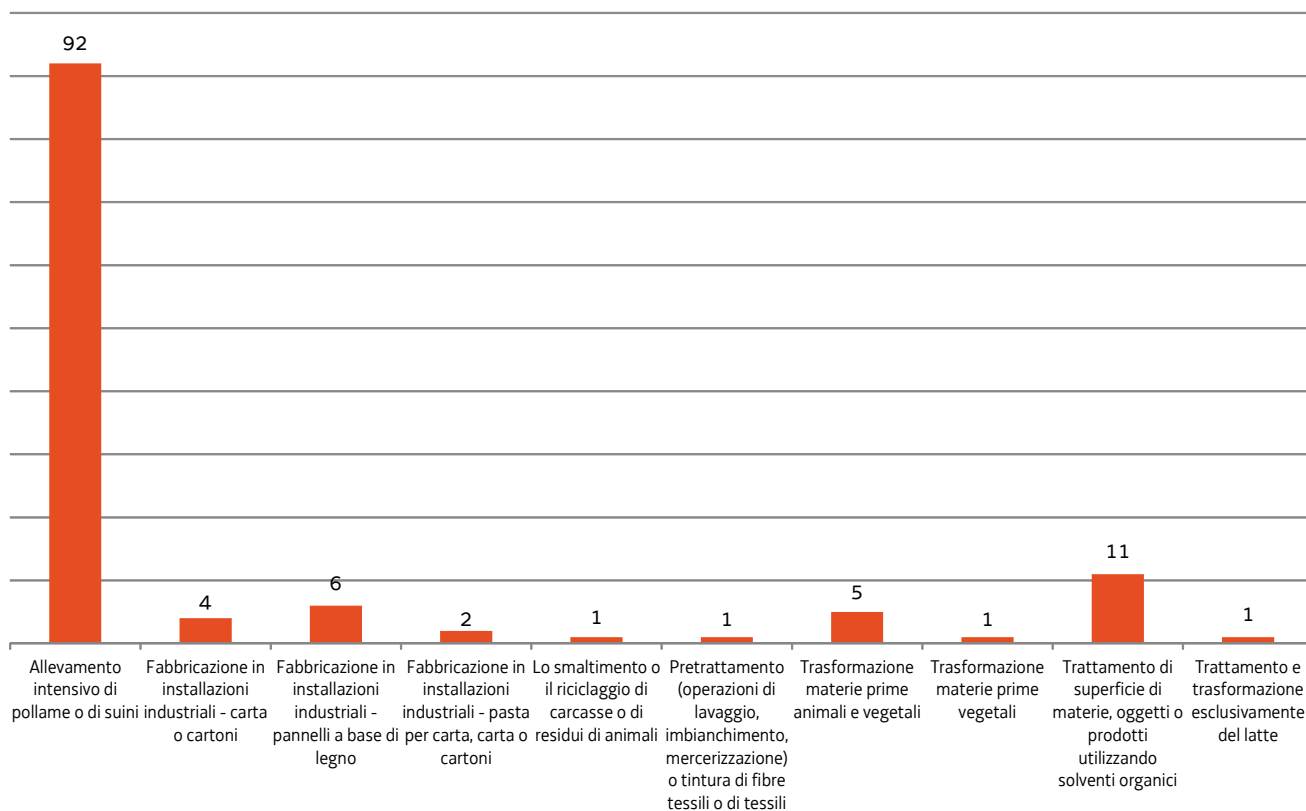
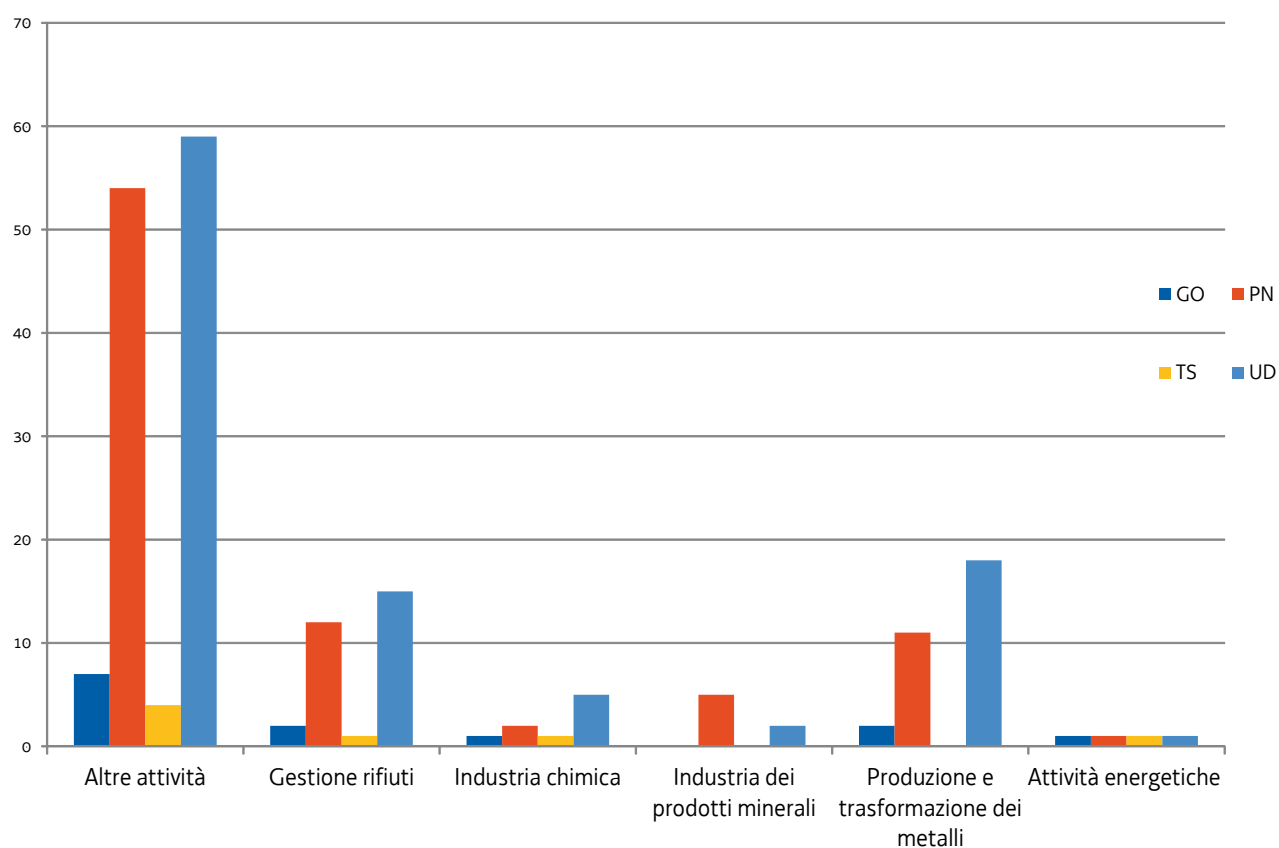


Figura 3: impianti AIA in regione (esclusi allevamenti) e loro distribuzione sul territorio.



Gli impianti ricadono principalmente nelle province di Udine e Pordenone come riportato nella Figura 3; i comuni con più di 3 impianti sono 14 (7 in provincia di Udine, 4 in provincia di Pordenone, 2 in provincia di Gorizia e 1 in provincia di Trieste), come riportato nella Tabella 1.

## Il ruolo di ARPA FVG

ARPA FVG ha un ruolo attivo sia durante la fase istruttoria delle pratiche AIA, sia nella verifica degli adempimenti previsti dall'atto autorizzativo, ai sensi dell'articolo 29 decies del D. Lgs. 152/06 e s.m.i..

Per quanto riguarda il controllo ordinario e/o straordinario presso le installazioni, lo stesso è finalizzato ad accertare:

- il rispetto delle condizioni dell'Autorizzazione Integrata Ambientale;
- la regolarità dei controlli a carico del gestore, con particolare riferimento alla regolarità delle misure e dei dispositivi di prevenzione dell'inquinamento nonché al rispetto dei valori limite di emissione;
- che il gestore abbia ottemperato ai propri obblighi di comunicazione e in particolare che abbia informato l'autorità competente regolarmente e, in caso di inconveniente o incidente che influiscono in modo significativo sull'ambiente, tempestivamente dei risultati della sorveglianza delle emissioni del proprio impianto;
- validazione dei dati di autocontrollo effettuato dal gestore attraverso campionamenti delle diverse matrici.

La frequenza delle attività (controlli documentali, sopralluoghi e campionamenti) di ARPA FVG presso gli stabilimenti AIA veniva, in prima battuta, decisa durante la Conferenza dei Servizi atta a rilasciare l'autorizzazione. Con l'avvento della normativa recepita dall'Italia con il D.Lgs. 46/14, tale decisione viene rimandata a un Piano triennale redatto dall'Autorità competente (Regione FVG) in accordo con ARPA FVG, periodicamente aggiornato, caratterizzato dai seguenti elementi:

- un'analisi generale dei principali problemi ambientali pertinenti;
- l'identificazione della zona geografica coperta dal piano d'ispezione;
- un registro delle installazioni coperte dal piano;
- le procedure per l'elaborazione dei programmi per le ispezioni ambientali ordinarie;
- le procedure per le ispezioni straordinarie, effettuate per indagare nel più breve tempo possibile e, se necessario, prima del rilascio, del riesame o dell'aggiornamento di un'autorizzazione, le denunce e i casi gravi di incidenti, di guasti e di infrazione in materia ambientale;
- se necessario, le disposizioni riguardanti la cooperazione tra le varie autorità d'ispezione.

Tabella 1: impianti AIA che ricadono in "altre attività" (esclusi allevamenti) suddivisi per comune.

COMUNE	NUMERO IMPIANTI INSEDIATI
San Vito al Tagliamento	13
San Giorgio di Nogaro	11
Maniago	10
Pavia di Udine	6
Povoletto	6
Fagagna	5
Fiume Veneto	5
Pozzuolo del Friuli	5
San Quirino	5
Sesto al Reghena	5
Aviano	4
Buja	4
Cividale del Friuli	4
San Giorgio della Richinvelda	4
Santa Maria La Longa	4
Trieste	4
Arzene	3
Castions di Strada	3
Gorizia	3
Monfalcone	3
Montereale Valcellina	3
Porcia	3
Remanzacco	3
Sacile	3
San Martino al Tagliamento	3
Spilimbergo	3
Udine	3

Legenda	
	Comune con più di 10 impianti AIA
	Comune con impianti AIA tra 5 e 10
	Comune con impianti AIA tra 3 e 5



Il periodo tra due visite in loco non deve superare un anno per le installazioni che presentano i rischi più elevati, tre anni per le installazioni che presentano i rischi meno elevati, sei mesi per installazioni per le quali la precedente ispezione ha evidenziato una grave inosservanza delle condizioni di autorizzazione.

Tale periodo è determinato, tenendo conto delle procedure utilizzate per l'elaborazione dei programmi per le ispezioni ambientali ordinarie, sulla base di una valutazione sistematica effettuata dalla Regione sui rischi ambientali delle installazioni interessate, che considera almeno:

- gli impatti potenziali e reali delle installazioni interessate sulla salute umana e sull'ambiente, tenendo conto dei livelli e dei tipi di emissioni, della sensibilità dell'ambiente locale e del rischio di incidenti;
- il livello di osservanza delle condizioni di autorizzazione;
- la partecipazione del gestore al sistema dell'Unione di ecogestione e audit (EMAS) (a norma del regolamento (CE) n. 1221/2009).

Al fine di garantire l'opportuna imparzialità secondo i principi sopracitati e una valutazione sistematica degli eventuali rischi, ARPA FVG ha deciso di adottare la versione operativa dell'applicativo SSPC redatto dall'ARPA Lombardia. Infatti nel corso del 2013 ARPA Lombardia aveva posto le basi per lo sviluppo di un metodo di supporto alla stesura del Programma dei Controlli nelle aziende soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale, nel quadro delle indicazioni contenute nella direttiva europea IED, allora in corso di recepimento.

Tale metodo (identificato con l'acronimo SSPC – Sistema di Supporto alla Programmazione dei Controlli) è stato sviluppato ispirandosi alle indicazioni emerse in ambito IMPEL (European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law) nel contesto del programma Do the Right Things (IRAM Environmental inspections of industrial installations in accordance with the Industrial Emissions Directive). L'attività svolta da alcune ARPA e Ispra è stata inoltre riconosciuta come riferimento in seno al Coordinamento Nazionale di cui all'art. 29 quinquies del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., ascrivendo ARPA Lombardia al ruolo di "rapporteur". La presentazione a tale Coordinamento della versione operativa di SSPC è avvenuta nel corso del mese di ottobre 2014. Il metodo SSPC, è basato sull'identificazione di parametri assegnati a ogni azienda e raggruppati in insiemi logici: da un lato l'insieme dei parametri che esprimono il rischio aziendale intrinseco, suddiviso a sua volta in rischio potenziale e reale, e dall'altro l'insieme dei parametri che esprimono la vulnerabilità del territorio. Attraverso un opportuno

algoritmo di calcolo (Modello SSPC), i parametri appartenenti ai tre insiemi vengono combinati per produrre le componenti di uno spazio vettoriale tridimensionale, detto "spazio del rischio", in cui ogni azienda è rappresentata dalla lunghezza del "vettore di rischio", risultante dalla composizione vettoriale delle tre componenti. Nel calcolo vengono inoltre inseriti degli elementi di ponderazione che tengono conto sia della qualità dell'ambiente nella quale l'azienda si trova a operare, sia delle caratteristiche dell'operatore aziendale, sia dalle modalità gestionali.

Mediante questa tecnica, ogni azienda è caratterizzata da un proprio indice di rischio; la graduatoria delle aziende secondo questo indice di rischio viene proposta quale base per la programmazione dei controlli ordinari previsti dalla normativa.

Per la pianificazione dei controlli ordinari da effettuarsi nel corso del 2016, ARPA FVG ha deciso di utilizzare il modello SSPC al fine di estrarre una "graduatoria" con l'indicazione delle attività AIA, più a rischio in termini di impatto ambientale. Pertanto la pianificazione proposta, oltre a tener conto di quanto previsto dai singoli decreti autorizzativi è stata valutata, e in taluni casi modificata alla luce dei dati della simulazione.

## L'introduzione dell'applicativo AICA

Nel corso del 2016 la Regione FVG ha introdotto nei nuovi atti autorizzativi l'obbligo, per il gestore dell'attività produttiva, esclusi gli allevamenti intensivi di polli o suini, della trasmissione dei dati relativi al Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) attraverso l'Applicativo Informativo per la Conduzione degli Autocontrolli (AICA). Tale software è stato sviluppato interamente da ARPA FVG e consente alle aziende di caricare, e pertanto, rendere visibile a tutti gli enti, l'evidenza dell'ottemperanza delle seguenti prescrizioni:

- il preavviso, indicativamente 15 giorni prima, di esecuzione degli autocontrolli;
- i risultati analitici degli autocontrolli verificandone preventivamente l'adeguatezza sia in termini di rispetto dei limiti di legge, sia di frequenza di esecuzione;
- la relazione di conformità di conduzione degli impianti da inviare entro il 30.04 di ogni anno, come previsto dal D.Lgs. 152/06;
- altre relazioni richieste dall'atto autorizzativo.

L'introduzione di AICA consente di monitorare, in tempi relativamente ristretti (circa 90 giorni), l'andamento delle emissioni per ogni singola attività produttiva rendendo

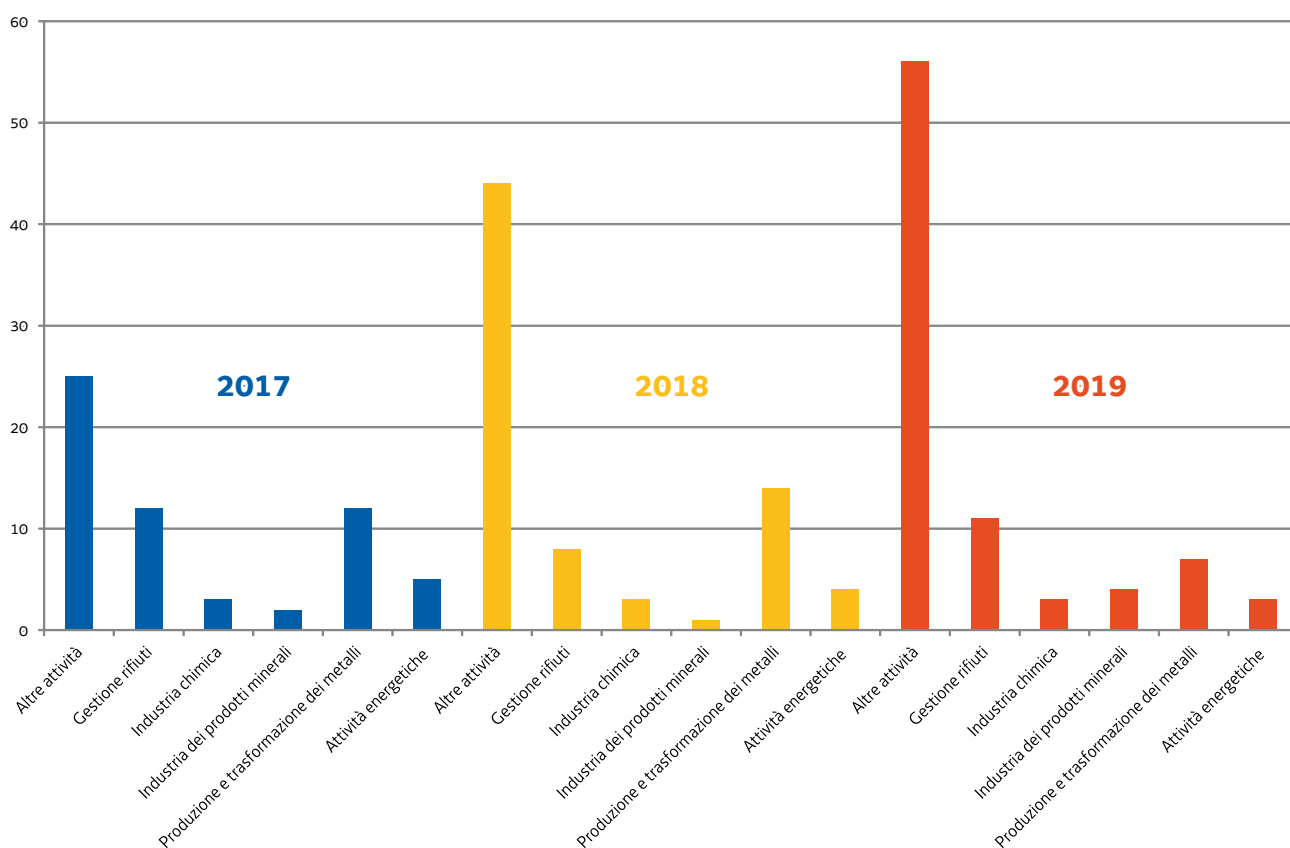
così più fruibili i dati di autocontrollo imposti alle aziende all'interno del PMC.

## Scenari previsionali

Nel corso del 2016 è stato messo a punto il modello SSPC per la definizione del grado di rischio di ogni azienda provvista di Autorizzazione Integrata Ambientale, dal quale è stato possibile definire i requisiti minimi, superiori alla normativa nazionale, di frequenza di controllo. A gennaio 2017 è stato approvato dalla Regione FVG, in qualità di Autorità competente il piano triennale (2017-2019) delle ispezioni (Figura 4); da tale documento si evince che in Regione sono presenti due installazioni con controlli ordinari annuali, tre opifici con frequenza biennale, mentre per i restanti impianti è previsto il rispetto della frequenza triennale, come da normativa nazionale (D.Lgs. 46/14).

Nel corso del 2017 sono previste 59 visite ispettive ordinarie, per poi crescere progressivamente, nel 2018, a 74 aziende controllate sino al raggiungimento nel 2019, di 84 realtà. In questo piano non sono tuttavia considerate altre attività che vengono comunque effettuate nei pressi di insediamenti produttivi in AIA quali campionamento di emissioni di varia natura (scarichi, emissioni in atmosfera, verifiche di livelli di emissioni sonore e dei livelli di radioattività delle ceneri provenienti ai forni di alcune produzioni).

Figura 4: visite ispettive ordinarie, in base alla tipologia di impianti, previste per il 2017, 2018, 2019.





**ENERGIA**





## 15. Il Piano Energetico Regionale del Friuli Venezia Giulia

La Regione Friuli Venezia Giulia si è dotata di un Piano Energetico Regionale (PER) che contiene indirizzi e obiettivi in campo energetico. Il PER fornisce un quadro dello stato dei flussi energetici in regione e permette di delineare i possibili scenari futuri.

Daniela Pietropoli, Sebastiano Cacciaguerra

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione centrale ambiente ed energia, Servizio energia

L'energia è una "materia" trasversale e multilivello: trasversale perché interferisce e si interconnette con l'Ambiente e con tutte le discipline che ne regolamentano gli usi, dall'urbanistica intesa come uso del suolo, fino all'agricoltura e alla sanità, passando per gli usi delle acque e dei rifiuti; multilivello poiché alla sua regolamentazione concorrono necessariamente diversi livelli normativi, da quello internazionale (Protocollo di Kyoto e Accordo di Parigi), al livello europeo (Europa 2020) fino al livello nazionale e locale/regionale.

In tema di energia, si ricorda che la regione Friuli Venezia Giulia è una regione compresa nell'arco alpino e pertanto ha una forte predisposizione per la produzione di energia da fonte rinnovabile quale l'idroelettrico (fatti salvi andamenti meteorologici che ne riducono la produttività, tipo la siccità degli ultimi anni) e le biomasse forestali. Attualmente, per ciò che concerne l'energia da fonti rinnovabili, le performance migliori a livello regionale risultano essere quelle della produzione e consumo di fotovoltaico, oltre che dell'idroelettrico.

### Piano Energetico Regionale

Il PER è un documento di programmazione strategica e, di conseguenza, non definisce in modo puntuale singoli progetti o realizzazioni sul territorio, ma contiene indirizzi e obiettivi in campo energetico, sia generali che specifici. Di conseguenza, individua le linee di intervento da attuare nel campo dell'energia (infrastrutture, energia rinnovabile, efficienza energetica, risparmio energetico, produzione e consumo di energia da fonte rinnovabile) e costituisce il quadro di riferimento per chiunque assuma, sul territorio della regione Friuli Venezia Giulia, iniziative riguardanti l'energia.

L'obiettivo finale del PER è una sintesi che coniughi la salvaguardia ambientale con la riduzione degli inquinanti e

dei gas serra, tramite il rilancio di un modello di sviluppo economico sostenibile. Il PER è il risultato di un processo decisionale, politico e tecnico, e serve a comprendere come l'energia elettrica, termica e per i trasporti, sia stata utilizzata e come potrà essere utilizzata in modo sostenibile nel territorio regionale.

**L'obiettivo del PER è la salvaguardia ambientale tramite il rilancio di un modello di sviluppo economico sostenibile**

Il PER deriva dalla L.r. n. 19 dell'11 ottobre 2012 ed è stato approvato con delibera della Giunta regionale n. 2564 del 22 dicembre 2015. È stato reso esecutivo dal decreto del Presidente della Regione n. 260 del 23 dicembre 2015 e pubblicato sul supplemento ordinario n. 47 al BUR n. 52 del 30 dicembre 2015.

Per la costruzione del PER è stato fondamentale analizzare lo stato dei flussi energetici, ottenendo il Bilancio Energetico Regionale (BER). Il BER descrive la domanda e l'offerta di energia in regione, distinguendo le fonti di provenienza e le destinazioni d'uso, evidenziando i

flussi energetici in ingresso e in uscita, cioè la produzione (comprese le importazioni) e il consumo di energia.

### Situazione energetica regionale riportata nel PER

Lo stato attuale è rappresentato dai dati energetici reali regionali riferiti al BER disponibile più recente che, nella fattispecie, è quello riferito all'anno 2008 (Tabella 1) predisposto dall'ENEA (Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile). Oltre ai dati dell'ENEA, la Regione ha proposto nel PER delle proprie rielaborazioni, utilizzando altre banche dati (GSE, Simeri, Terna S.p.A., Rapporti statistici regionali) aggiornate al 2015.

Dalla analisi dei dati ufficiali dei bilanci energetici risulta che in regione il consumo di rinnovabili, dal 2008 al 2012, ha avuto una crescita significativa pari a quasi il 40% e il trend è ancora in aumento. Sempre dal 2008 al 2012 risulta una contrazione dei consumi finali pari a circa il 15%.

Tabella 1: BER - Bilancio Energetico Regionale al 2008.

Fonte: rielaborazione dati ENEA, BER e Statistiche Energetiche Regionali 1988-2008, Friuli Venezia Giulia.

Valori in \000 tonnellate equivalenti di petrolio (Ktep) e GWh	Combu- stibili solidi	Lignite	Petrolio	Gas naturale	Rinno- vabili	Calore	Energia elettrica	Totale ktep	Totale GWh
Produzione interna	0	-	0	0	316		-	316	3676
Saldo import-export	691	0	1539	2248	-1		25	4502	52347
Bunkeraggi internazionali	-	-	385	-	-		-	385	4471
Variazioni delle scorte	-32	-	0	-	-		-	-32	-367
<b>Disponibilità interna lorda</b>	<b>722</b>	<b>0</b>	<b>1154</b>	<b>2248</b>	<b>315</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>4465</b>	<b>51919</b>
<b>Ingressi in trasformazione</b>	<b>924</b>	<b>0</b>	<b>176</b>	<b>908</b>	<b>217</b>		<b>0</b>	<b>2226</b>	<b>25879</b>
Centrali elettriche	530	0	176	908	216			1830	21281
Cokerie	351	-	-	-	-			351	4087
Raffinerie	-	-	0	-	-			0	0
Altri impianti	43	-	0	-	1			44	511
<b>Uscite dalla trasformazione</b>	<b>387</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		<b>923</b>	<b>1311</b>	<b>15240</b>
Centrali elettriche							923	923	10734
Cokerie	344							344	4002
Raffinerie	-		0	0	-			0	0
Altri impianti	43		0	0	1		-	43	503
<b>Trasferimenti</b>	<b>-213</b>	<b>0</b>	<b>-64</b>	<b>-485</b>	<b>-170</b>		<b>932</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Energia elettrica	-214	0	-64	-485	-170		932	0	0
Calore								0	0
Altro	1		0	0	-1			0	0
<b>Consumi e perdite</b>	<b>51</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>53</b>		<b>84</b>	<b>198</b>	<b>2306</b>
<b>Disponibilità interna netta</b>	<b>135</b>	<b>0</b>	<b>978</b>	<b>1330</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>864</b>	<b>3352</b>	<b>38973</b>
<b>Usi non energetici</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			<b>13</b>	<b>152</b>
<b>Consumi finali</b>	<b>122</b>	<b>0</b>	<b>978</b>	<b>1330</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>864</b>	<b>3339</b>	<b>38821</b>
<b>Industria</b>	<b>121</b>	<b>0</b>	<b>144</b>	<b>634</b>	<b>14</b>		<b>525</b>	<b>1438</b>	<b>16726</b>
Industria manifatturiera di base	119	-	31	464	14		310	939	10915
Industria manifatturiera non di base	2	0	112	170	0		212	495	5760
<b>Trasporti</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>692</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		<b>14</b>	<b>710</b>	<b>8257</b>
Stradali	-	-	687	4	-		0	691	8030
Altre modalità di trasporto	-	-	6	0	-		14	19	227
<b>Residenziale</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	<b>383</b>	<b>30</b>		<b>120</b>	<b>622</b>	<b>7238</b>
<b>Terziario</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>306</b>	<b>0</b>		<b>194</b>	<b>520</b>	<b>6050</b>
<b>Agricoltura, Silvicoltura e Pesca</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>0</b>		<b>10</b>	<b>47</b>	<b>551</b>
<b>Produzione di energia elettrica - GWh</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>402</b>	<b>17156</b>	<b>6137</b>			<b>23717</b>	<b>23717</b>
Produzione di calore - PJ									

Le contrazioni maggiori sono relative al settore trasporti (-18%) e al settore industriale (-17%), in particolare risulta una diminuzione dei consumi dei principali vettori energetici fossili (gas naturale -15% e i prodotti petroliferi -19%).

Le uniche fonti energetiche regionali sono le fonti rinnovabili. In particolare si segnalano la risorsa energetica idroelettrica, le biomasse, l'utilizzo di rifiuti e la produzione di biogas. È utile sottolineare come la fonte solare fotovoltaica al 2008 costituisse ancora una risorsa di poco rilievo. Le principali fonti di energia importate in regione sono costituite da combustibili solidi, liquidi e gassosi, a cui si affiancano le importazioni di energia elettrica. Fra i combustibili solidi importati spicca il carbone di cui il 76,7% è

usato come combustibile nelle centrali termoelettriche, mentre quelli gassosi sono costituiti esclusivamente dal gas naturale di cui il 59% è utilizzato direttamente per i consumi finali e il 41% è impiegato nella produzione termoelettrica. Del totale di energia disponibile oltre la metà è impegnata come combustibile nelle centrali di produzione termoelettrica, per ottenere energia elettrica. Sul totale dell'energia elettrica disponibile in regione nel 2008 il 73% proviene da produzione termoelettrica, l'11% da fonti energetiche rinnovabili e un 16% da importazione.

Per quanto riguarda l'energia elettrica, dall'analisi dei dati a consuntivo relativi all'anno 2013, si evidenzia come la richiesta complessiva di energia sia

**La richiesta di energia elettrica nel 2013 è stata soddisfatta al 91% dalla produzione interna**

stata parzialmente soddisfatta dalla produzione interna, costituita da impianti a fonti rinnovabili, principalmente idroelettrico e termoelettrico di tipo tradizionale. Questi impianti hanno coperto il 91% della domanda regionale. Il rimanente 9% del fabbisogno totale è stato soddisfatto attraverso le importazioni dall'estero.

La domanda di energia elettrica regionale rappresenta il 3,1% del totale nazionale. Tuttavia, riferendo i consumi elettrici alla popolazione residente, il Friuli Venezia Giulia è stato caratterizzato nel 2013 da un consumo specifico pari 7 827 kWh/abitante, valore superiore del 58% a quello medio nazionale (4 967 kWh/abitante). Tali dati indicano la marcata caratterizzazione *energy intensive* della regione, imputabile in larga misura al settore industriale. Analizzando la domanda di energia elettrica, emerge come, anche qui, il settore economico più energivoro sia il comparto industriale. Il terziario costituisce il secondo settore in termini di consumi di elettricità, segue il settore domestico e poi l'agricoltura e le ferrovie.

Sul fronte della produzione, il Friuli Venezia Giulia concorre per circa il 3,3% alla formazione dell'offerta di energia a livello nazionale e, accanto alle centrali termoelettriche tradizionali, un'importante realtà regionale è costituita dagli impianti idroelettrici.

## Scenari energetici ed emissivi previsti dal PER

Il PER esamina lo scenario *baseline* che corrisponde allo scenario che si avrebbe in assenza di Piano. Lo scenario analizza i vettori energetici e le attività connesse, concludendo con una analisi dei gas climalteranti, per gli anni dal 1990 al 2030.

Una prima valutazione delle ricadute ambientali, economiche e occupazionali delle Misure del PER è stata determinata con una ricognizione e riclassificazione delle stesse sulla base della loro performance strategica, identificando quali potrebbero essere di traino per l'economia e la società e quindi debbano essere messe in campo per prime.

Sulla base di questa prima classificazione e ricognizione, sono state individuate alcune "misure tecniche ad altissima potenzialità" che favoriscono il risparmio energetico, con relativa ricaduta in termini di riduzioni di inquinanti e di emissioni di gas serra e di consumo finale lordo di energia. Queste misure riguardano il settore industriale (in particolare a progetti di efficientamento del settore siderurgico) e il settore civile (in particolare progetti di riduzione del consumo di energia negli agglomerati urbani) (Tabella 2). Dalle misure ad altissima potenzialità posso-

Tabella 2: classificazione delle Misure più rilevanti (Molto rilevante = altissima potenzialità) per settore di attività.

Settore	Attività/Comparto	Energetico	Ambientale	Fonti rinnovabili	Efficienza	Strategico	Economico-occupazionale	Infrastrutture
Industriale	Siderurgia	Molto rilevante	Molto rilevante	Poco rilevante	Molto rilevante	Molto rilevante	Molto rilevante	Molto rilevante
	Altre attività industriali energivore	Rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Rilevante	Rilevante	Poco rilevante
	Distribuzione energia	Rilevante	Rilevante	Molto rilevante	Rilevante	Molto rilevante	Poco rilevante	Molto rilevante
	Altre attività industriali non energivore	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Rilevante	Rilevante	Poco rilevante
Civile	Conurbazioni e reti di teleriscaldamento	Molto rilevante	Molto rilevante	Rilevante	Molto rilevante	Rilevante	Rilevante	Molto rilevante
	Conurbazioni e illuminazione pubblica	Molto rilevante	Rilevante	Rilevante	Molto rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Rilevante
	Comparto residenziale	Rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante
	Comparto terziario privato	Rilevante	Rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Poco rilevante
	Comparto terziario pubblico	Molto rilevante	Molto rilevante	Rilevante	Rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante
Trasporti	-	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Molto rilevante	Poco rilevante	Rilevante
Agricolo	Agricoltura a punto fisso	Rilevante	Molto rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Rilevante	Rilevante
	Agricoltura di campo	Poco rilevante	Rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante
	Pesca	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante	Poco rilevante

Potenzialità delle misure per attività/comparto

Figura 1: confronto tra le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente previste per lo scenario BASELINE (linea continua azzurra), e le emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente dello scenario calcolato considerando le Misure a altissima potenzialità riportate nella pagina precedente (linea tratteggiata rossa). La variazione totale di emissioni ammonta a circa 600 kton/anno.

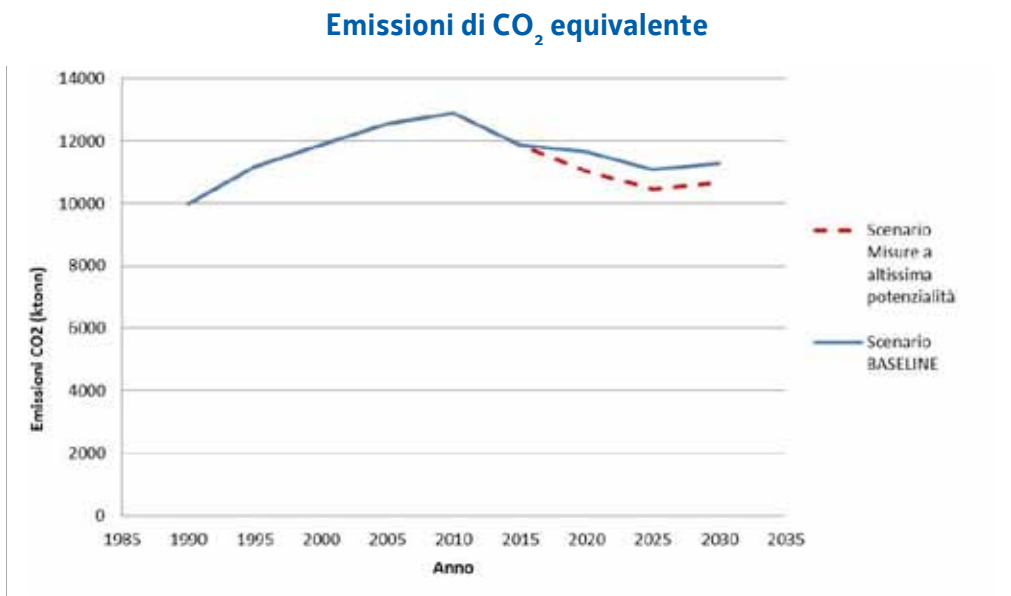
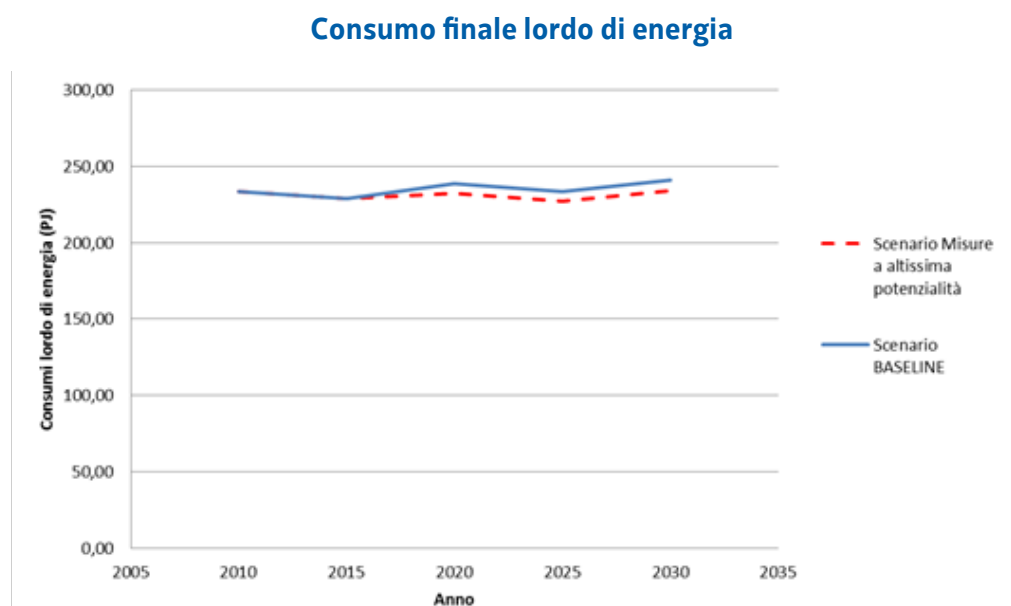


Figura 2: confronto tra i consumi energetici lordi previsti per lo scenario BASELINE (linea continua azzurra), e i consumi energetici lordi dello scenario calcolato considerando le Misure a altissima potenzialità riportate nella pagina precedente (linea tratteggiata rossa). La variazione totale nel consumo di energia ammonta a circa 6 PJ/anno.





no derivare interventi legati alla realizzazione di reti di teleriscaldamento, abbinati all'efficientamento energetico delle attività più energivore, nonché interventi di generazione energetica ad alte performance come le *smart grid*.

Altri temi emersi sono l'uso efficiente delle risorse energetiche disponibili a livello locale (come le biomasse agricole e forestali), l'aggiornamento della formazione per gli installatori di impianti a fonti energetiche rinnovabili (FER) e per gli operatori del settore energetico e la partenza della infrastrutturizzazione per la ricarica elettrica nonché la spinta alla sostituzione con auto elettriche delle flotte degli enti pubblici.

Lo scenario energetico ed emissivo, derivante dall'applicazione delle misure ad altissima potenzialità selezionate, è rappresentato nei due grafici riportati (Figura 1 e Figura 2).

## Burden Sharing in Friuli Venezia Giulia

Il *Burden Sharing* è la ripartizione degli impegni tra le regioni per raggiungere l'obiettivo nazionale di riduzione delle emissioni inquinanti. Questa riduzione si ottiene innanzitutto aumentando la percentuale di consumo energetico garantita da fonti rinnovabili. L'energia da produrre con le fonti rinnovabili è sia elettrica sia termica. Il calcolo finale del raggiungimento del *Burden Sharing* da parte di ogni regione è in capo al MISE (Ministero dello sviluppo economico) con la metodologia indicata nel DM 15.03.2012.

Il PER prosegue valutando lo stato di raggiungimento dell'obiettivo del *Burden Sharing*, la percentuale di consumo energetico garantita in regione da fonti rinnovabili per il 2020. Questo obiettivo derivante dalla direttiva comunitaria 2009/28/CE, e definito a livello nazionale con il DM 15.03.12, prevede il raggiungimento di una per-

tuale regionale di consumo da fonti rinnovabili del 12,7% al 2020. L'obiettivo del *Burden Sharing* in Friuli Venezia Giulia è già raggiunto e descritto dallo scenario *baseline* (Figura 3).

I dati definitivi del monitoraggio del GSE S.p.A. rilevano che nel 2012 la quota raggiunta è del 16,7% dei consumi finali lordi di energia da FER/consumi finali lordi di energia, mentre la previsione, ai sensi del DM 11 marzo 2012 per il 2012, era del 7,6%.

Gli stessi dati definitivi del GSE al 2014, rilevano che la quota raggiunta è del 19,5% dei consumi finali lordi di energia con una previsione del 8,5%.

## Le Misure del PER attuate a oggi

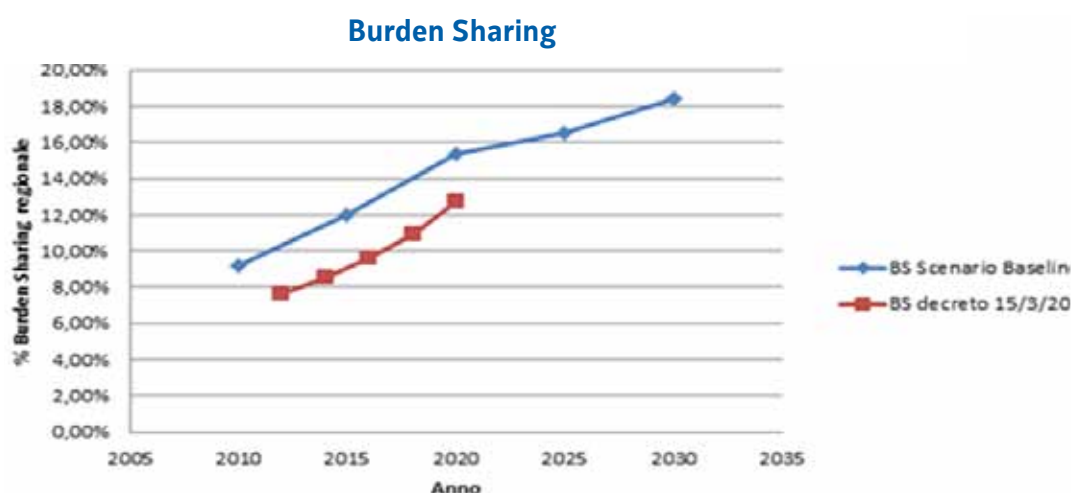
Le Misure del PER in fase di attuazione a oggi, pur sapendo che il processo amministrativo sarà piuttosto lungo (accordi, ricerca di finanziamenti, azioni operative sul territorio, autorizzazioni, realizzazione e gestione dell'opera con relativo monitoraggio), sono quelle che tendono a spingere verso il risparmio e l'efficientamento energetico, sia negli edifici pubblici sia negli edifici privati.

Le misure in atto sono:

- **Misura 3b** *Disporre, con Regolamenti, criteri premiali per contribuire all'installazione di caldaie e centrali di cogenerazione anche alimentati a fonti rinnovabili purché prevedano l'utilizzo del calore generato in % variabile a seconda della tecnologia, al fine di massimizzare anche l'efficienza termica. La cogenerazione dovrà accrescere l'efficienza media annua complessiva.*

La D.C. Risorse agricole, forestali e ittiche ha emanato un bando all'interno del PSR 14/20 con criteri premiali per il recupero di energia termica da biomasse forestali e un Regolamento per la concessione di contributi per impianti a biomassa legnosa.

Figura 3: confronto tra i valori del *Burden Sharing* calcolati a partire dai dati dello scenario e la traiettoria dei valori per la regione indicata nel DM 15.03.12.



- **Misura 10a** Realizzare e finanziare un inventario/catasto energetico degli edifici pubblici, a partire dal patrimonio regionale, per stabilire obiettivi regionali di riqualificazione energetica e priorità di finanziamento degli interventi (art. 5 comma 16 del D.Lgs. 102/14). Parallelamente prevedere la realizzazione di un sistema regionale informatizzato di raccolta dati sui contributi regionali concessi in tema di efficienza energetica, risparmio energetico e utilizzo di FER e sui risparmi di energia conseguiti (art.7 comma 7 del D.Lgs. 102/14).

La D.C. Salute, integrazione socio sanitaria, politiche sociali e famiglia, al fine della riduzione di consumi di energia primaria ha attivato un bando nel POR FESR 14/20 per la riduzione dei consumi di energia primaria negli hub ospedalieri di Trieste e Pordenone. La D.C. Infrastrutture, al fine della riduzione di consumi di energia primaria ha attivato un bando nel POR FESR 14/20 per la riduzione dei consumi di energia primaria negli edifici di edilizia scolastica.

- **Misura 10b** Prevedere un ordine di priorità nella destinazione degli spazi finanziari regionali verso gli EELL e le P.A. a favore del settore del risparmio energetico e dell'efficienza energetica.

La Regione sta valutando le richieste degli enti territoriali regionali in merito a necessità di efficientamento energetico, in modo da inviare alla BEI (Banca Europea per gli Investimenti) la richiesta di utilizzo dello strumento finanziario ELENA (European Local Energy Assistance) per la predisposizione dei progetti tecnici e, in seguito, attivare un bando per la realizzazione di questi progetti tramite le ESCo, per un totale di 50/80 milioni di euro di opere.

- **Misura 11a** Attivare, anche con l'apporto dei Consorzi di Sviluppo Economico Locale, le politiche di audit e di management energetico verso le PMI, affinché si dotino della Certificazione Sistema Gestione Energia ISO 50001, e in questo senso istituire un registro regionale di tali attestati.

Con DGR n. 705/2016 la Giunta Regionale ha approvato lo schema di convenzione per l'attuazione del programma ministeriale del MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) di concerto con il MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) per la realizzazione di diagnosi energetiche nelle piccole e medie imprese (PMI) o l'adozione, nelle stesse, di sistemi di gestione dell'energia conformi alle norme ISO 50001 ai sensi dell'articolo 8, comma 9, del D.Lgs. 102/14. Sulla base di una convenzione con l'ex Unioncamere, le camere di commercio provinciali stanno gestendo i fondi, pur con criticità rilevate in tutto il Paese a causa della crisi finanziaria ed economica delle PMI. Tale processo proseguirà fino al 2020.

- **Misura 13a** Promuovere formazione e campagne di informazione per gli installatori di impianti a FER e per gli operatori del settore, anche mediante il riconoscimento di fornitori di formazione ai fini del risparmio energetico e per l'autodiagnosi ambientale per aziende e insediamenti produttivi, nonché attività formative per le diverse categorie socio-economiche, anche mediante accordi/intese/convenzioni, per incentivare studi e ricerche finalizzati all'innovazione tecnologica nei settori energetici, da parte degli istituti di ricerca regionali e nazionali. Tale azione deve essere estesa, oltre che agli operatori del settore energetico, anche alle imprese in generale in funzione della diffusione della sensibilità responsabile al tema dell'efficienza energetica al fine di favorire l'incontro tra domanda e offerta.

La D.C. Lavoro, formazione, istruzione, pari opportunità, politiche giovanili, ricerca e università, nell'ambito del FSE 14/20 ha istituito percorsi di formazione per la riqualificazione di lavoratori occupati nell'ambito delle tecnologie per l'efficientamento energetico degli edifici e delle tecnologie "green". Parimenti la medesima D.C. ha attivato, ai sensi della legge regionale 76/1982, corsi di qualificazione e aggiornamento per gli installatori di impianti FER ai sensi del D.M. 22 gennaio 2008 n. 37 e del D.Lgs. 28/11.

- **Misura 19a** Realizzare strutture di ricarica per auto elettriche riferite a uno standard unificato a livello nazionale e individuato dalla normativa nazionale e comunitaria (standardizzazione della spina di presa all'interno dell'Europa).

Con DGR n. 1113/2016 la Giunta Regionale ha approvato lo schema di convenzione con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, relativa alla domanda di finanziamento per il progetto presentato dal Comune di Udine che prevede la realizzazione di stazioni di car sharing ecologico (condivisione di auto elettriche) in parcheggi in struttura, come da PNIRE (Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati da energia Elettrica, 2014). Con DGR n. 999/2016 la Giunta ha altresì approvato il progetto previsto dall'articolo 3 del decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 503/2015 e richiesta l'assegnazione delle risorse previste in cofinanziamento per l'acquisto e installazione degli impianti relativi allo sviluppo delle reti infrastrutturali per la ricarica dei veicoli alimentati a energia elettrica.

- **Misura 24b** Introdurre un'incentivazione negli edifici nuovi e negli edifici esistenti per attuare un miglioramento della prestazione energetica, per installare impianti e microimpianti a FER o per un aumento dell'approvvigionamento da FER, rispetto al minimo già previsto dagli obblighi nazionali. Inoltre introdurre una forma di incen-

tivazione anche per il recupero a fini residenziali degli ex opifici collocati all'interno delle fasce urbanistiche residenziali. Gli incentivi potranno essere di tipo urbanistico e edilizio o di tipo finanziario mirato. Questa misura favorirebbe il riuso di immobili attualmente inutilizzati con un doppio beneficio in termini di contenimento del consumo del suolo e di miglioramento dell'efficienza energetica.

La D.C. Infrastrutture ha emanato un regolamento per fornire contributi per interventi di manutenzione della prima casa al fine di ottenere risparmi energetici (anche domotica) ai sensi della legge regionale 17/2008 e DPRReg. 175/2011. Due progetti INTERREG della D.C. Finanze, patrimonio, coordinamento e programmazione politiche economiche e comunitarie prevedono network di ricerca per la progettazione integrata di sistemi energetici efficienti in aree urbane e la massimizzazione dell'efficienza energetica, sfruttando il potenziale di sinergie dei gruppi di edifici, con misure di attuazione a livello di quartiere quali il teleriscaldamento, gli impianti fotovoltaici, ecc..

- **Misura 32a** Incentivazione sia con misure regolamentari e sia con stipula di accordi/protocolli/convenzioni tra Pubbliche Amministrazioni coinvolte (Regione, Provincie, Comuni), tra Rappresentanti degli operatori del settore e parti interessate del settore privato al fine di realizzare una rete di metanizzazione per autotrazione aumentando il numero di aree di servizio dedicate.

Con Decreto del Presidente della Regione 7 settembre 2016, n. 0168/Pres. è stato emanato il "Regolamento

per la concessione di contributi finalizzati all'installazione di apparecchiature di erogazione di carburante a basso impatto ambientale per autotrazione" ai sensi dell'art. 17 della legge regionale 11 agosto 2010, n. 14, a favore delle piccole e medie imprese (PMI) operanti sul territorio regionale.

Le misure attuate sino a oggi assicurano un maggior ritorno in termini di riduzione di utilizzo di combustibili fossili e conseguentemente in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>.

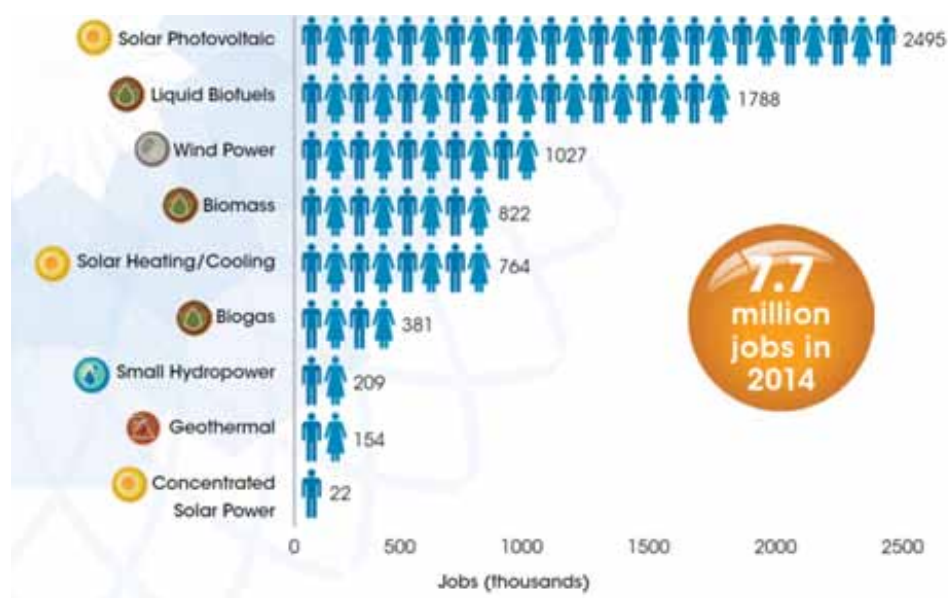
## Green job e creazione di nuovi posti di lavoro

L'efficientamento energetico e l'uso delle fonti energetiche rinnovabili non solo riducono le emissioni di gas serra ma producono anche ricadute economiche e occupazionali significative in un momento di grave congiuntura economica come quella che stiamo vivendo.

Sono stati esaminati quattro studi reperibili in letteratura, tre documenti nazionali e uno internazionale, che affrontano questa tematica. In particolare, i documenti nazionali, se opportunamente adattati alla realtà economico sociale della nostra regione, potrebbero fungere da punto di partenza per l'analisi costi-benefici, necessaria per definire le potenzialità d'azione nel campo energetico. Gli studi analizzati sono i seguenti:

- Le ricadute economiche delle energie rinnovabili in Italia – ottobre 2014, di Greenpeace;
- Stato e prospettive dell'efficienza energetica in Italia – 2013, di Enel Foundation;

Figura 4: occupazione nelle Fonti Energetiche Rinnovabili a livello globale a seconda della tecnologia. Fonte: Renewable Energy and Jobs – Annual review 2015 – IRENA (International Renewable Energy Agency).



- Lo sviluppo delle fonti rinnovabili in Italia verso gli obiettivi 2020–La valutazione delle ricadute economiche e occupazionali–Convegno GSE, Roma 26 giugno 2013, di Alessandro Pellini;
- Renewable Energy and Jobs–Annual review 2015–IRENA (International Renewable Energy Agency).

Le ricadute occupazionali al 2020, indicano a livello nazionale, da 100 000 a 300 000 nuove Unità Lavorative Annuie (ULA), solo per il settore dell'efficientamento energetico con tecnologie con potenziale a breve termine e a tecnologie diffuse, come caldaie a biomassa e sistemi per l'illuminazione. Altre tecnologie diffuse e sostenibili come le pompe di calore, le caldaie a condensazione, le superfici opache degli edifici e il fotovoltaico necessitano di incentivi, anche per sostenere la filiera e la ricerca in Italia. Tutte queste tecnologie contribuiscono da sole al raggiungimento del 75% dell'obiettivo.

Il Servizio energia della Direzione Centrale Ambiente ed Energia, il Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche e il Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Udine, hanno integrato gli aspetti strategici del PER con delle valutazioni di tipo metodologico e quali-quantitativo, approfondendo in particolare le possibili ricadute occupazionali ed economiche a fronte di investimenti annuali.

Tale ricerca è stata orientata alla promozione dell'efficientamento energetico e dell'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel massimo rispetto della sostenibilità ambientale della regione, con particolare riferimento alle Misure di Efficientamento Energetico (MEE) individuate dal PER aventi maggiore potenzialità strategica.

I livelli di approfondimento sviluppati nella ricerca sono due: il primo riguarda le MEE relative alle fonti energetiche rinnovabili, con riferimento agli impianti di piccola potenza diffusi sul territorio, considerando le stime a livello nazionale; il secondo riguarda le MEE riferite a due progetti pilota collocabili tra il 2015 e il 2020 che entrano nel merito della specifica struttura socio-economica e naturale della regione .

I due progetti pilota sopra citati sono: la rete di teleriscaldamento nella zona di Udine sud e la bacinizzazione energetica dell'area industriale dei prosciuttifici di San Daniele del Friuli con un sistema di trigenerazione.

Le conclusioni sulle ricadute occupazionali di tali valutazioni hanno dato un buon risultato espresso in ULA (Unità Lavorativa Annuia), sia in termini di ricadute temporanee (attività lavorative che si esauriscono nell'arco dell'anno) sia in termini di ricadute permanenti (attività lavorative che permangono nel tempo e si sommano a quelle degli anni successivi).





# ■ RIFIUTI



## 16. Composizione merceologica dei rifiuti urbani: stato di fatto e prospettive di miglioramento

In Friuli Venezia Giulia i rifiuti urbani si sono ridotti del 50% nell'ultimo ventennio e, nel 2016, la raccolta differenziata ha raggiunto il 65%. Esistono però ancora grandi margini di miglioramento che possono essere messi in luce attraverso l'analisi merceologica dei rifiuti.

Cristina Sgubin, Claudia Orlandi, Lorenza Bevilacqua  
ARPA FVG, Osservatorio dei rifiuti, dei materiali e dei sottoprodotti

La regione Friuli Venezia Giulia si caratterizza per una produzione di rifiuti urbani di 550-600 mila tonnellate annue con un andamento pressoché costante nell'ultimo ventennio nonostante la crescita della popolazione; in tale arco temporale i rifiuti urbani indifferenziati si sono ridotti del 50%, (Figura 1) mentre il dato procapite di produzione non ha mostrato sensibili variazioni.

I rifiuti urbani prodotti in regione vengono trattati e gestiti per il 94% all'interno del territorio regionale, il restante 6% viene destinato principalmente a impianti della vicina regione Veneto: le frazioni differenziate vengono avviate ad attività di stoccaggio e selezione finalizzata al recupero, i rifiuti indifferenziati invece per il 54% vengono inceneriti mentre il restante 46%, attraverso processi selettivi, viene utilizzato

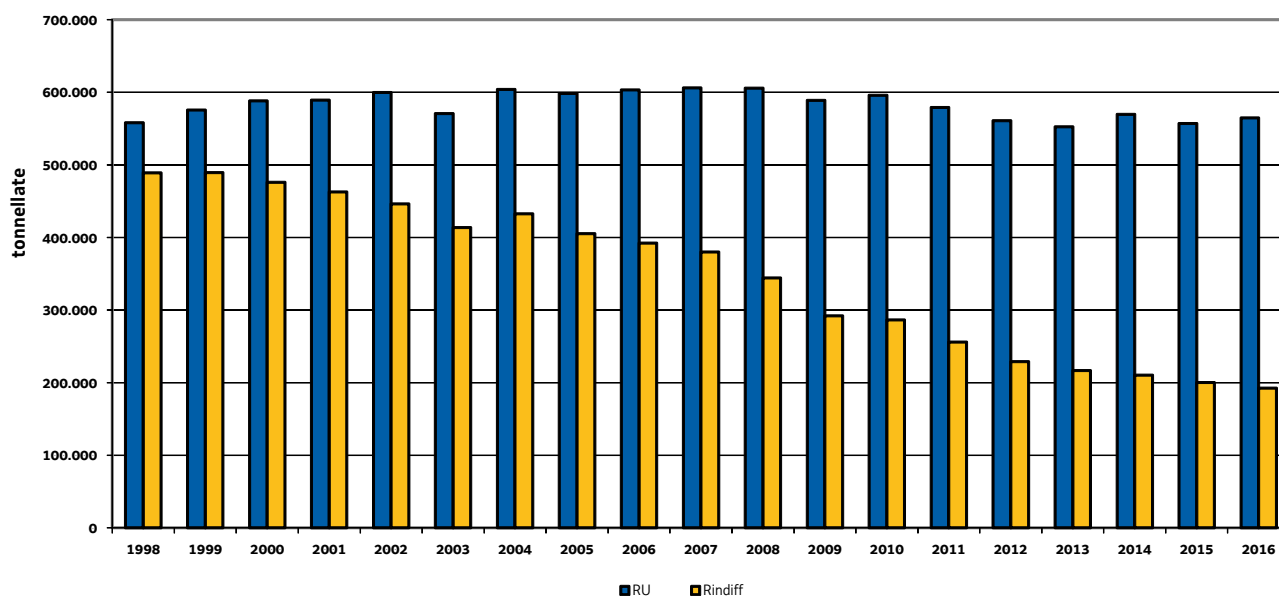
per produrre CSS (cioè il Combustibile Solido Secondario ottenuto dal trattamento dei rifiuti solidi urbani); nessun rifiuto urbano viene conferito tal quale in discarica.

**Nell'ultimo ventennio i rifiuti urbani indifferenziati si sono ridotti del 50%**

La percentuale di raccolta differenziata è l'indicatore che da molti anni descrive il livello di differenziazione raggiunto dai comuni. Questo indicatore però nel tempo ha mostrato i suoi limiti, in quanto non tiene conto degli scarti presenti nelle frazioni differenziate e non riesce a mettere in luce i margini di miglioramento della raccolta.

Uno strumento utile per sopperire a questa mancanza di informazione è l'analisi merceologica, la quale, sui rifiuti sia indifferenziati che differenziati, fornisce la composizione in termini di percentuali in peso delle diverse frazioni di materiali presenti.

Figura 1: produzione di rifiuti urbani in Friuli Venezia Giulia dal 1998 al 2016.



La regione FVG nel 2016 ha raggiunto il 65% di raccolta differenziata, consolidando la sua posizione tra i vertici a livello nazionale, ma quali margini di ulteriore miglioramento abbiamo? Questo valore di percentuale di raccolta differenziata è reale o fittizio?

Per rispondere a queste e ad altre domande ARPA FVG dal 2014 ha iniziato a effettuare analisi merceologiche, dapprima solo sui rifiuti indifferenziati, poi anche sulle raccolte differenziate.

## Come ricicliamo?

Le analisi merceologiche sui rifiuti indifferenziati hanno lo scopo di evidenziare quanta percentuale di frazione differenziata può essere ancora recuperata e quindi quali sono i margini di miglioramento della raccolta differenziata stessa.

Le analisi vengono effettuate presso i principali impianti regionali di trattamento dei rifiuti indifferenziati su singoli carichi provenienti da singoli comuni. La composizione dei rifiuti indifferenziati risulta influenzata dalla stagionalità (estate/inverno) e dalla località in cui viene prodotto il rifiuto (area turistica/area non turistica). Il campione ottenuto viene quindi sottoposto a cernita manuale.

Analizzando i dati raccolti finora (Tabella 1) si evidenzia che nel rifiuto indifferenziato permangono ancora grosse percentuali di frazioni recuperabili che dovrebbero essere raccolte in modo differenziato. Vetro, legno, metalli, apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) e rifiuti pericolosi (pile, batterie, ecc.) sono rifiuti secchi ma che non dovrebbero essere presenti nella raccolta dei rifiuti indifferenziati, in quanto hanno percorsi di raccolta separati consolidati.

Si rilevano inoltre significative percentuali di carta, pla-

stica e organico (come sommatoria di rifiuto organico e verde). Queste frazioni potrebbero essere quasi interamente raccolte in modo differenziato.

Per quanto concerne la frazione tessile, essa è composta prevalentemente da materiali sanitari che trovano nei rifiuti indifferenziati la loro corretta collocazione.

Confrontando i dati medi dell'anno 2016 con quelli degli anni precedenti si evidenzia una rilevante diminuzione della quantità di organico (che passa dal 18% al 9,67%), mentre tutte le restanti frazioni non mostrano significative variazioni.

A oggi sono stati oggetto di analisi 99 comuni regionali, 1/3 dei quali è stato analizzato più di una volta.

Le frazioni differenziabili sono quelle che, raccolte separatamente, ci mostrano un ampio potenziale margine di incremento della raccolta differenziata, stimabile in 20 punti percentuali.

Ma se nei rifiuti indifferenziati troviamo così tante frazioni recuperabili, la raccolta differenziata è una raccolta corretta? Ci sono conferimenti impropri e scarti?

La prima frazione differenziata oggetto di analisi merceologica è stata quella del multimateriale, cioè di quel rifiuto che prevede la raccolta congiunta di più frazioni. Questa frazione congiunta viene raccolta in 156 comuni regionali, pari al 72%, tutti con sistema di raccolta porta a porta. Esistono due tipologie di multimateriale in regione in funzione delle frazioni raccolte congiuntamente, plastica + lattine e plastica + carta + lattine. La percentuale di scarto, riportata nella Tabella 2, mostra l'alta variabilità dei dati, dovuta in parte anche al numero limitato di comuni analizzati (19%). I dati più alti si rilevano nei comuni passati di recente al porta a porta.

Tabella 1: percentuali delle frazioni presenti nel rifiuto secco residuo dal 2014 al 2016.

CER	Categoria	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)
200301	Altro-Residuo	2,98	1,40	6,50
200301	Carta	15,72	15,21	17,19
200301	Inerti	3,07	1,05	2,83
200301	Legno	1,57	1,03	1,61
200301	Metalli	2,47	3,13	4,22
200301	Organico	18,04	16,96	9,67
200301	Pericolosi	0,49	0,49	1,33
200301	Plastica	18,96	21,06	18,54
200301	RAEE	0,77	0,76	1,26
200301	Tessili	27,49	29,39	23,41
200301	Vetro	1,94	1,25	1,85



Tabella 2: percentuale di scarto del multimateriale negli anni 2015, 2016 e 2017.

Comune	2015 (% scarto)	2016 (% scarto)	2017 (% scarto)
Arba	<b>9,1</b>		
Arta Terme			<b>7,4</b>
Bertiolo		<b>7,6</b>	
Casarsa della Delizia			<b>12,8</b>
Cavasso Nuovo		<b>28,8</b>	
Chions			<b>14,8</b>
Codroipo	<b>7,5</b>		
Cordenons	<b>14,6</b>		<b>2,5</b>
Cordovado		<b>12,0</b>	
Fiume Veneto			<b>5,3</b>
Flaibano		<b>9,7</b>	
Gorizia	<b>8,8</b>	<b>18,2</b>	
Grado		<b>16,0</b>	
Lestizza		<b>19,9</b>	
Moggio Udinese	<b>7,8</b>		
Monfalcone	<b>4,9</b>	<b>7,8</b>	
Morsano al Tagliamento	<b>2,9</b>	<b>24,8</b>	
Mortegliano	<b>2,6</b>		
Paluzza			<b>18,3</b>
Pasian di Prato	<b>11,6</b>		
Paularo		<b>28,1</b>	
Pavia di Udine	<b>2,0</b>		
Porcia	<b>12,6</b>	<b>31,3</b>	
Pordenone	<b>7,4</b>		
Prata di Pordenone	<b>19,4</b>		
Roveredo in Piano			<b>12,0</b>
Sagrado	<b>17,8</b>		
San Daniele del Friuli	<b>8,8</b>		
Tolmezzo		<b>12,1</b>	<b>10,1</b>
Vito d'Asio		<b>52,2</b>	
Zuglio		<b>19,1</b>	

La seconda frazione differenziata oggetto di analisi merceologica è stata quella del vetro. Questo materiale viene raccolto in regione come frazione monomateriale in quasi tutti i territori, tranne nel bacino udinese e nel comune di Trieste dove la raccolta del vetro è congiunta a quella delle lattine. Dai primi dati raccolti si nota che dove la raccolta è monomateriale lo scarto si attesta su valori massimi del 5%, mentre dove la raccolta è congiunta lo scarto raggiunge il 20%.

Tra i rifiuti oggetto di analisi merceologica quello che maggiormente viene destinato a impianti non regionali è il vetro. Ben il 30% del vetro prodotto dai comuni della regione viene recuperato nelle vetrerie della vicina provincia di Venezia, mentre solo il 2% del multimateriale viene avviato a impianti di selezione extraregionali.

Nei prossimi anni si prevede di avviare analisi anche su altre frazioni differenziate quali ad esempio carta e plastica monomateriale.

L'analisi complessiva, dei dati finora raccolti, mostra che rispetto alla raccolta nominale, le frazioni realmente conferite dai cittadini contengono una percentuale rilevante di scarto dovuto a errato conferimento. Questa proble-

matica obbliga i gestori a sottoporre i rifiuti di multimateriale raccolti a una prima selezione presso impianti dedicati al fine di riportare il rifiuto entro percentuali di scarto basse, che consentano, dopo il conferimento negli impianti piattaforma, la massima redditività.

L'unica frazione monomateriale finora analizzata, il vetro, conferma il fatto che, laddove si inserisce una raccolta congiunta, aumentano i conferimenti impropri.

Sicuramente ci sono molti margini di miglioramento nella differenziazione dei rifiuti. Nei rifiuti indifferenziati si trovano ancora troppe percentuali di frazioni recuperabili mentre nelle raccolte differenziate risultano presenti conferimenti impropri che andrebbero indirizzati verso altre raccolte.

È importante che i cittadini siano consapevoli del fatto che i rifiuti sono dei materiali con un valore significativo e che la presenza di frazioni improprie, nelle raccolte differenziate, comporta un costo supplementare di selezione.

In questi ultimi anni assistiamo a un progressivo cambio nella destinazione dei rifiuti differenziati che nei comuni con percentuali basse di scarto elimina un passaggio

Figura 2: rifiuti dispersi nell'ambiente.



di selezione conferendo i rifiuti direttamente in impianti piattaforma. In effetti in questi comuni si osserva una diminuzione del costo di trattamento e un contestuale aumento dei ricavi dalla vendita dei materiali recuperati.

## Comunicare con il cittadino

Tutti i gestori hanno predisposto strumenti di informazione e sensibilizzazione per i cittadini ma non sempre la comunicazione è stata efficace. Le frazioni differenziate sono percepite come un'incombenza e non come uno strumento per l'ottenimento di materiali che portano a una minimizzazione dei costi.

Il concetto di rifiuto come materia che deve trovare una seconda vita non è stato oggetto di queste attività di informazione e la poca chiarezza sui costi ha contribuito all'aggravio del concetto di raccolta differenziata come un onere.

Attivare una comunicazione più diretta e chiara con i cittadini per ottenere rifiuti con "zero scarti" dovrà essere uno degli obiettivi degli amministratori e gestori locali.

Dall'altro lato emerge che la raccolta differenziata non è più un indicatore in grado di rappresentare adeguatamente le raccolte sul territorio. Il legislatore con il D. Lgs. n. 205/10, che ha recepito la direttiva quadro nell'ordinamento nazionale, ha introdotto gli obiettivi di riciclaggio all'articolo 181 del D. Lgs. n. 152/06 prevedendo il calcolo di un nuovo indicatore, la percentuale di riciclaggio. Questo indicatore quindi tiene in considerazione gli scarti presenti nelle singole frazioni differenziate raccolte e stima l'effettiva percentuale di riciclo. Finora in regione Friuli Venezia Giulia non siamo riusciti a calcolare correttamente questo nuovo indicatore che speriamo di valorizzare correttamente nel 2018 anche a fronte dell'aumento delle frazioni differenziate oggetto di analisi merceologica.

L'aumento della raccolta differenziata, la riduzione dei passaggi di trattamento, la sostituzione della percentuale di raccolta differenziata con altri indicatori tra

i quali la percentuale di riciclaggio saranno le tematiche più calde dei prossimi anni. La percentuale di raccolta differenziata come indicatore dovrà essere sostituita, in quanto non risulta realistico tendere al 100% di raccolta differenziata ma bensì puntare a una raccolta a scarti "zero" con un'alta percentuale di riciclaggio. Per raggiungere buoni risultati alla luce di tale nuovo indicatore nella nostra regione si dovrà quindi investire nell'informazione e sensibilizzazione dei cittadini sull'importanza della corretta differenziazione dei rifiuti al momento della loro produzione.

**Ottenere  
rifiuti con "zero  
scarti": prossimo  
obiettivo per  
amministratori e  
gestori locali**



# Il compost, una risorsa per il futuro

Cristina Sgubin, Claudia Orlandi, Lorenza Bevilacqua  
ARPA FVG, Osservatorio dei rifiuti, dei materiali e dei sottoprodotti



## La nascita del compost

I rifiuti umidi (organico da cucina e verde) sono le frazioni differenziate maggiormente presenti nei rifiuti urbani prodotti in regione Friuli Venezia Giulia. Raccolti separatamente (come raccolta differenziata) infatti costituiscono il 25% dei rifiuti urbani (145.000 tonnellate nel 2016, pari a 119 kg/ab annui) e sono presenti nel rifiuto urbano indifferenziato per una quota pari al 10% circa (dato ricavato dalle analisi merceologiche effettuate) (Figura 1).

Analizzando i dati, dall'anno 2004 si assiste a un progressivo aumento della raccolta differenziata del verde seguito da un simile aumento della frazione organica.

Questo aumento corrisponde all'avvio dei sistemi di raccolta separata dell'organico nei comuni regionali che ha portato al conseguente aumento della percentuale di raccolta differenziata, evidenziando la loro stretta correlazione.

I rifiuti umidi così raccolti vengono avviati a impianti di compostaggio dai quali, attraverso un processo di di-

**Il compost  
(o ammendante)  
è la sostanza  
ottenuta dalla  
trasformazione  
dei rifiuti umidi**

gestione aerobica, viene ottenuto il compost altrimenti detto "ammendante", che ha la caratteristica di migliorare cioè la capacità di trattenere l'acqua in suoli sabbiosi e ghiaiosi e rende invece più morbidi e drenanti i suoli compatti e argillosi. Esistono due tipologie di ammendanti: Ammendante Compostato Verde (ACV) e Ammendante

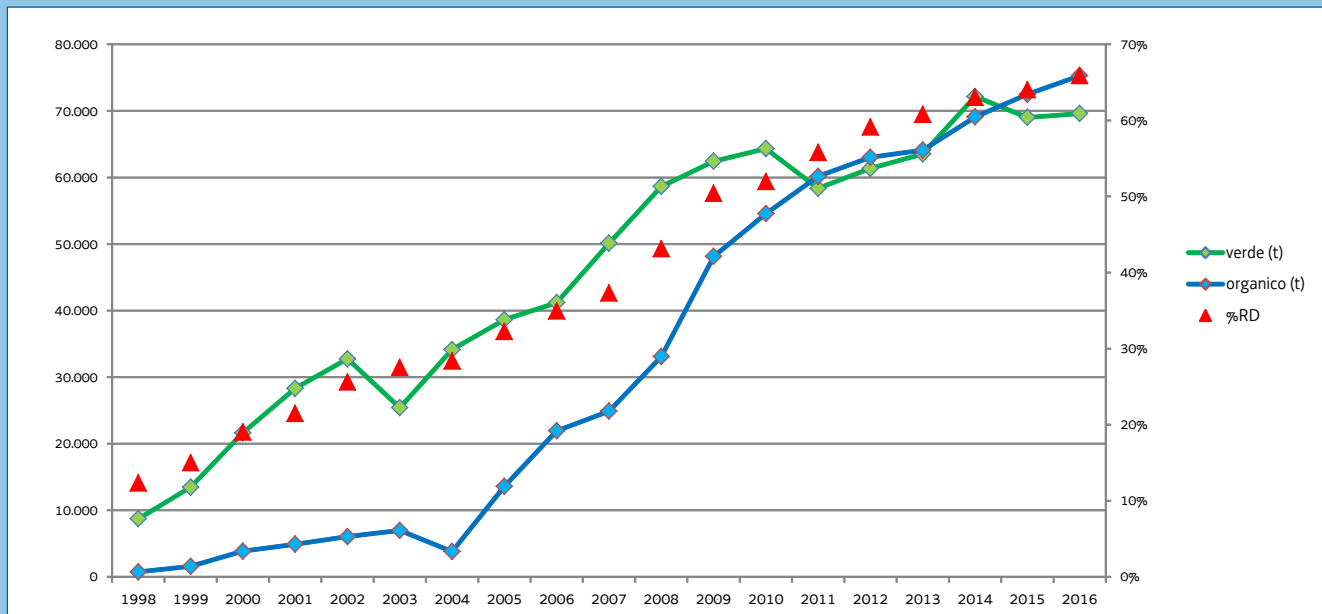
Compostato Misto (ACM). Queste diverse tipologie di ammendanti vengono prodotte a seconda che le matrici organiche di origine siano, rispettivamente, solo scarti vegetali (sfalci d'erba, ramaglie, potature, legno) oppure scarti vegetali mescolati ad altri rifiuti organici (umido domestico, scarti dell'agroindustria, digestati, fanghi di depurazione, altri sottoprodotti agroforestali). Attualmente in regione esistono tre impianti di trattamento

della frazione organica i quali trasformano tutta la frazione organica, raccolta nel territorio, mentre la frazione verde viene trattata per il 90% da impianti regionali, tra i quali anche piccoli impianti florovivaisti.

Questo materiale viene commercializzato secondo le indicazioni e i limiti indicati dal Decreto Legislativo n.



Figura 1: andamento del rifiuto organico (CER 200108) e del verde (CER 200201) in regione.



75/2010 e viene utilizzato in agricoltura come fonte di carbonio organico, elemento ricostituente la struttura del terreno. Il compost prodotto in regione viene utilizzato per l'80% nelle imprese agronomiche regionali mentre il restante 20% viene avviato a imprese nazionali o estere.

## La gestione dei rifiuti umidi in regione

Dal 2010 a oggi abbiamo assistito a un notevole cambio nella gestione della frazione organica e verde. All'inizio in regione esistevano piccole realtà che trattavano separatamente queste frazioni: la frazione organica infatti veniva raccolta insieme al rifiuto secco destinato a grossi impianti di trattamento meccanico biologico che producevano un compost fuori specifica e che non aveva un mercato. Successivamente questi impianti hanno creato linee specifiche di trattamento della frazione verde e della frazione organica da raccolte differenziate per produrre ammendante compostato verde e ammendante compostato misto. Con l'aumento della raccolta differenziata e dei quantitativi di rifiuti verdi e organici, queste linee di trattamento non erano più efficienti e il trattamento si è spostato in altri impianti dedicati. Inoltre, alcuni di questi impianti, a loro volta, con lo sviluppo tecnologico hanno associato, ove economicamente sostenibile, la tecnica di digestione anaerobica al trattamento aerobico per produrre, oltre all'ammendante, energia elettrica e calore da reimpiegarsi all'interno del ciclo produttivo stesso. Attualmente il 75% degli impianti di trattamento della frazione organica ha implementato

la tecnologia anaerobica, a fianco di quella aerobica.

Per quanto concerne il trattamento della sola frazione verde, a oggi esistono solo due grandi impianti che hanno una linea dedicata, mentre negli anni sono nati molti piccoli impianti di trattamento, per esempio in imprese florovivaistiche, che reimpiegano l'ammendante compostato verde in situ.

Annualmente la produzione di ammendante in FVG è stimabile in 55-60 000 tonnellate.

Il compost è un prodotto molto richiesto dal settore agricolo e riguardo alla necessità di un utilizzo virtuoso di sostanze che migliorano la fertilità dei suoli (quali compost, digestati, effluenti, fanghi), si rimanda allo specifico capitolo sul contenuto di carbonio organico nei suoli della nostra regione (pag. 128).

**Annualmente la produzione di ammendante in FVG è stimabile in 55-60 000 t**

In regione Friuli Venezia Giulia, con il Piano di gestione dei rifiuti urbani da una parte e il Programma di prevenzione della produzione di rifiuti dall'altra, si è cercato di promuovere la raccolta separata delle frazioni umide, affinché esse vengano trattate in impianti dedicati o trasformate in loco mediante la pratica del compostaggio domestico o di comunità.

Il compostaggio domestico è una pratica della realtà contadina che nella nostra regione è sempre stata attuata.

Stime fatte indicano questa pratica in aumento presso le famiglie regionali (stimata in 14 kg/ab annui) e tale attività, che sottrae rifiuti organici e verdi alla raccolta, al momento costituisce l'11% della produzione di rifiuti umidi.

Con il decreto 29 dicembre 2016, n. 266, che stabilisce i criteri e le procedure autorizzative per il compostaggio di comunità, cioè il compostaggio effettuato collettivamente da più utenze domestiche e non domestiche della frazione organica dei rifiuti urbani prodotti dalle medesime, al fine dell'utilizzo del compost prodotto da parte delle utenze conferenti, il legislatore incentiva il trattamento in sito del rifiuto umido, sottraendo di fatto rifiuti agli impianti autorizzati esistenti.

### **Il compost: una risorsa importante**

Attualmente in regione viene utilizzato solo il 44% della potenzialità di trattamento presente.

Se ne deduce quindi che la potenzialità di trattamento regionale non verrà saturata nemmeno a fronte del prevedibile aumento di rifiuti umidi raccolti.

Nei prossimi anni i cittadini saranno sempre più chiamati a una separazione attenta della frazione organica e verde rispetto agli altri rifiuti al fine di conferire un materiale sempre più privo di materiali estranei quali per esempio la plastica.

La quantità di organico e verde è destinata ad aumentare ancora nei prossimi anni, in quanto non ancora tutti i comuni hanno compiuto il passaggio alla raccolta separata dell'organico, e in particolar modo nella zona di Trieste.

Il compostaggio non è solo un metodo per lo smaltimento dei rifiuti umidi ma il compost è una risorsa per migliorare la qualità del suolo in termini di apporto di carbonio organico e di strutturazione.





# ■ AMIANTO





## 17. La mappatura dell'amianto in regione Friuli Venezia Giulia

Il problema dell'amianto assume anche oggi un carattere di estrema attualità, dovuto al fatto che il tema dei decessi dovuti a malattie asbesto correlate è sempre più all'ordine del giorno. ARPA FVG sta costantemente operando per censire e mappare l'amianto nel territorio regionale e per informare i cittadini.

Glauco Spanghero

ARPA FVG, Dipartimento di Gorizia

Laura Liguori, Italo Pellegrini

ARPA FVG, Supporto analitico amianto

Pietro Rossin

ARPA FVG, Qualità acque interne

Il problema dell'amianto assume ai giorni nostri un carattere di estrema attualità riguardando aspetti sanitari, ambientali e sociali.

La lunga latenza tra l'inalazione delle fibre e la comparsa delle patologie croniche e tumorali asbesto-correlate, nonostante il divieto imposto dalla Legge 257 del 1992 di importare e commercializzare in Italia l'amianto e i materiali che lo contengono, pone ancora oggi all'ordine del giorno il tema dei decessi dovuti a queste malattie, soprattutto nelle zone del Paese dove questo materiale venne abbondantemente impiegato principalmente nei settori della navalmeccanica e nell'edilizia. È purtroppo noto a tutti che, sotto questo aspetto, il Friuli Venezia Giulia e in particolare i territori dell'Isontino, della Bassa Friulana e della provincia di Trieste hanno pagato il prezzo più alto in termini di perdita di vite umane a causa delle malattie correlate all'amianto.

A titolo esemplificativo, secondo i dati resi pubblici dal Servizio di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro della AAS n.2 "Isonzina e Bassa Friulana", nel solo periodo tra il 01/01/2017 e il 04/09/2017 sono stati registrati 282 casi di malattia professionale dei quali ben il 55% (155 casi) sono risultati ascrivibili a patologie asbesto-correlate, secondo un dettaglio meglio evidenziato nella Figura 1, e il trend non accenna ancora a diminuire.

In questo contesto, ARPA FVG ha consolidato, soprattutto negli ultimi anni, il proprio ruolo istituzionale in tema di amianto, proponendosi come soggetto pubblico deputato principalmente al presidio della componente ambien-

tale, che nello specifico ha visto l'Agenzia impegnata in tutta una serie di attività connesse con la mappatura e il monitoraggio dell'amianto ancora presente sul territorio regionale. Mappatura e monitoraggio, sono due facce della stessa medaglia che in ARPA FVG hanno avuto e avranno come obiettivo quello di produrre conoscenza scientifica sulla dimensione del problema, sia mediante quantificazione e qualificazione dell'amianto in opera (mappatura) sia con misura dei livelli di concentrazione di fibre aerodisperse in ambiente esterno (monitoraggio).

In tema di mappatura, ARPA FVG ha condotto le proprie attività negli anni 2006, 2007 e 2015 e sta proseguendo i lavori anche nel corso del 2017/18.

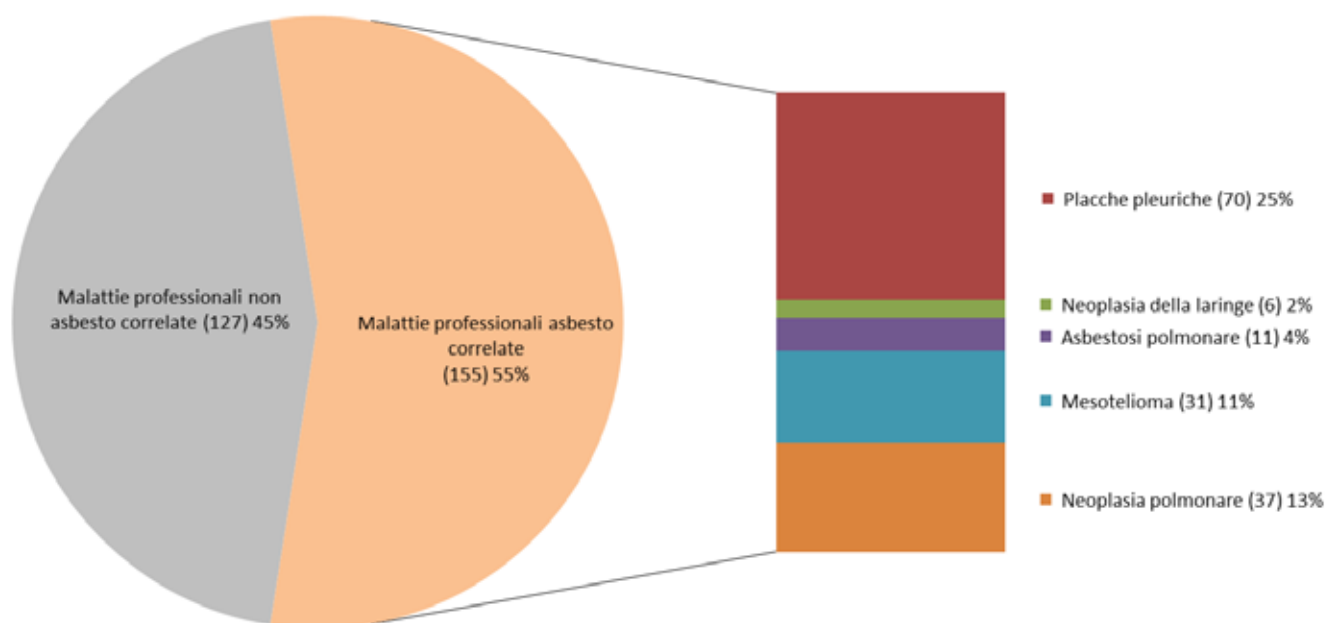
In tema di monitoraggio, il laboratorio fibre di ARPA FVG, collocato nella struttura del dipartimento di Trieste, svolge correntemente la propria attività di monitoraggio mediante campionamento e analisi dell'amianto aerodisperso, utilizzando un sofisticato microscopio elettronico a scansione (SEM) dotato di sensore per la microanalisi, che rappresenta la mi-

gliore tecnologia disponibile per lo studio di questo tipo di materiale.

Recentemente, con delibera di Giunta regionale n. 475, dd. 14/03/2014, ARPA FVG è diventata componente della Commissione regionale per l'amianto prevista dall'art. 12 della L.R. 05/12/2013 n. 21 a modifica dell'art. 5 della L.R. 12/09/2001 n. 22.

**Tra gennaio e aprile 2017 sono stati registrati 282 casi di malattia professionale fra cui 155 causati dall'amianto, pari al 55%**

Figura 1: denunce di malattie professionali pervenute in AAS n.2 "Isontina-Bassa e Friulana" nel periodo 01/01/2017-04/09/2017. Si osserva una forte incidenza della componente asbesto-correlata (55% sul totale).



## Il lavoro di ARPA FVG

I censimenti e le mappature effettuati da ARPA FVG nel 2006, 2007 e 2015, hanno fornito una fotografia del territorio regionale mettendo in evidenza la presenza di circa 2 300 000 m<sup>2</sup> di coperture in cemento-amianto ancora in opera (così detto Eternit), corrispondenti alla superficie di circa 310 campi da calcio (Figura 2). Queste attività conoscitive, per ragioni operative, hanno interessato solamente le strutture in cemento-amianto dei capannoni artigianali/industriali e non quelle delle abitazioni private, fornendo quindi una sottostima della reale situazione esistente che risulta ancora oggi poco nota.

La quantificazione e georeferenziazione del fenomeno basata sulla sola determinazione della superficie di coperture in cemento-amianto in opera effettuata nel 2006 (censimento), è stata integrata nel 2007 e 2015 con un importante elemento qualificante denominato "indice di priorità di intervento" e definito in dettaglio con DM 101/2003 (mappatura). Questo indice, frutto di un algoritmo di calcolo basato su 20 parametri caratteristici di ogni singolo manufatto di amianto oggetto di mappatura, ha permesso di ottenere una sorta di "ordinamento" di tutte le strutture secondo quella che è la loro priorità in caso di intervento di bonifica. Tale indice rappresenta in ambito regionale l'elemento discriminante per l'erogazione dei contributi economici destinati ai lavori di rimozione dell'amianto in opera.

Un ulteriore contributo alla base conoscitiva sulla presenza dell'amianto in opera è stato aggiunto nel corso del 2016

**L' "indice di priorità di intervento" permette di ordinare tutte le strutture con coperture in eternit secondo una priorità di bonifica**

mediante una collaborazione tra ARPA FVG e Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto - Guardia Costiera (CGCCP-DM FVG). A fronte di un'attenta analisi di fattibilità condotta dalle parti, si è ritenuto percorribile un approccio sperimentale di individuazione delle coperture in cemento amianto mediante telerilevamento multi-spettrale, attuato nel mese di aprile 2016 con un sorvolo aereo che ha interessato una vasta area del territorio regionale con specifico dettaglio sulle città di Trieste e Monfalcone (Figura 3). Sono attualmente in corso le attività di interpretazione e validazione dei dati rilevati, che ARPA FVG sta conducendo mediante una collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste (Figura 4).

## Perché c'è tanto amianto in regione?

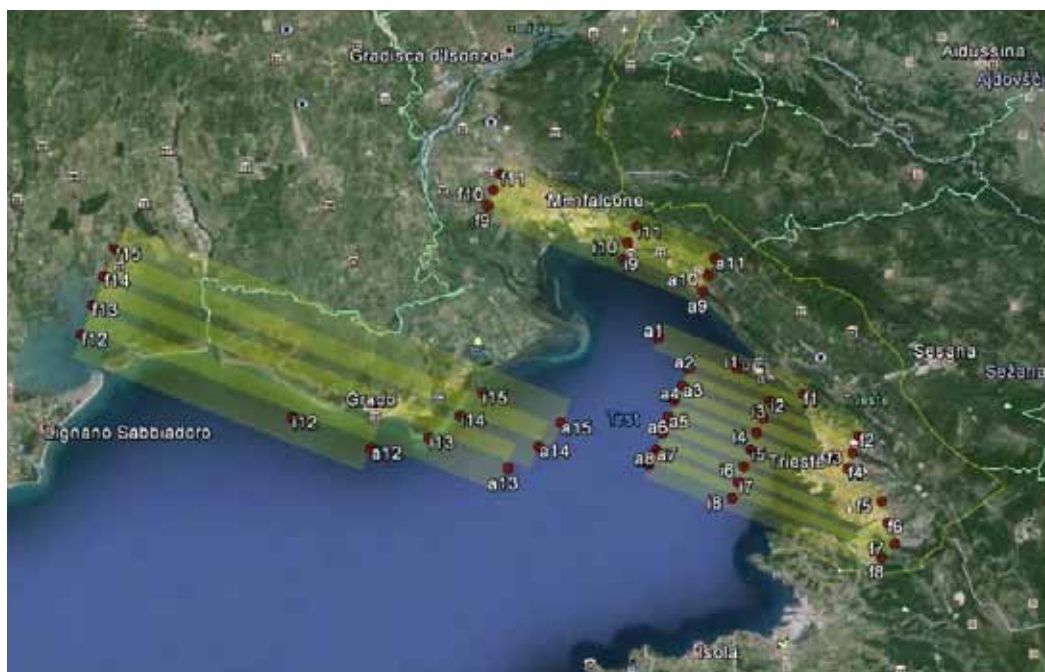
Per ricercare le cause della massiccia presenza sul territorio di coperture, reti acquedottistiche e di innumerevoli altri manufatti costituiti da materiali contenenti amianto, bisogna risalire agli anni del boom edilizio iniziato in Italia a cavallo degli anni '60-'70 e protrattosi fino agli anni '80, periodo nel quale questi materiali trovarono un diffusissimo impiego in tutti i settori produttivi in ragione delle ottime caratteristiche tecnologiche garantite dalle fibre di amianto unite a un basso costo di commercializzazione.

Solo nel 1992, con la Legge n. 257, lo Stato Italiano mise al bando l'importazione, l'esportazione e la commercializzazione dei materiali contenenti amianto, che fino a

Figura 2: mappatura delle coperture in cemento amianto condotte da ARPA FVG nel 2006, 2007 e 2015 (circa 1500 strutture pari a una superficie complessiva > 2 300 000 m<sup>2</sup>).



Figura 3: tratte di volo della missione di telerilevamento multispettrale finalizzata all'individuazione delle coperture in cemento-amianto (volo del 12/04/2016).



quell'anno avevano potuto liberamente circolare e essere acquistati e utilizzati nel nostro Paese.

Fu quindi solo dal 1992 che in Italia iniziò la progressiva eliminazione dei manufatti in amianto, e ciò spiega l'enorme utilizzo di tali manufatti che è stato fatto e la massiccia presenza ancora rilevabile su tutto il territorio nazionale e regionale.

## Linee operative di ARPA FVG

Le principali linee operative lungo le quali si sta muovendo ARPA FVG per garantire un efficace presidio della materia amianto sotto il profilo ambientale sono così riassumibili:

- gestione e condivisione dei dati;
- bonifiche;
- monitoraggio ambientale outdoor;
- comunicazione;
- piani e programmi.

Figura 4: primi risultati dell'interpretazione dei dati di telerilevamento multispettrale su bersaglio noto (a sinistra immagine RGB e bersagli noti (marker rossi), a destra immagine multispettrale elaborata).



### Gestione e condivisione dei dati

Già a partire dagli anni '80 in Friuli Venezia Giulia le strutture del Servizio Sanitario Regionale (SSR) condussero numerosi lavori di censimento di materiali contenenti amianto, relativi soprattutto ad ambienti di lavoro indoor. A essi si sono aggiunti i censimenti e le mappature delle coperture in cemento amianto realizzati da ARPA FVG nel 2006, 2007 e 2015, che proseguono tutt'ora.

Fino al 2015 questa grossa mole di dati era sempre stata gestita con semplici database strutturati a livello locale, spesso costituiti da fogli di calcolo se non addirittura da schede cartacee, elementi che hanno determinato la scarsa fruibilità e la bassissima condivisibilità delle informazioni raccolte. A questa serie di limitazioni, proprio in ragione delle scelte tecnologiche di archiviazione operate, andava aggiunta anche l'impossibilità di intersecare i dati dei censimenti con quelli delle bonifiche, rendendo pertanto impossibile estrarre informazioni aggiornate e coerenti sulla reale dimensione del fenomeno amianto presente sul territorio.

Partendo da questi presupposti e limitazioni, su impulso dell'amministrazione regionale e attraverso una stretta collaborazione tra Regione, ARPA FVG, SSR, INSIEL e Centro Regionale Unico Amianto (CRUA), nel periodo 2014-2015 è stata realizzata l'implementazione di Me.La., un applicativo *web-based* già in uso presso le Aziende per l'Assistenza Sanitaria (AAS) per la gestione delle bonifiche dell'amianto e le relative procedure connesse con la sicurezza dei lavoratori, contenente una nuova sezione completamente riprogettata per la gestione cartografica dei dati sull'amianto presente sul territorio. Il nuovo strumento informativo è stato denominato ARAM (ARchivio AMianto).

**Dal 2017 l'ARAM (ARchivio AMianto) consente di mappare tutti i manufatti contenenti amianto ed è consultabile da tutti i Comuni della regione**

Il posizionamento di ARAM all'interno di un sistema informativo ambientale armonizzato con la condivisione dei dati mediante piattaforma cartografica *GIS web based*, è stato progettato e realizzato partendo dai seguenti presupposti:

- deve risiedere in un unico geodatabase centralizzato (Me.La);
- deve garantire la georeferenziazione dei siti con amianto, e per ogni oggetto mappato deve essere generata una *SpatialKey* cartografica sulla quale ancorare tutta la struttura relazionale, compresa quella relativa agli interventi di bonifica;
- deve essere condiviso, ferma restando la chiara definizione dei privilegi di accesso tra tutti gli stakeholders che in qualsiasi modo abbiano interessi alla tematica;
- deve contenere la procedura di calcolo definita dal DM 101/2003 (mappatura);
- deve essere gratuito.

Dopo una prima fase di collaudo e test condotta nel 2016, ARAM è stato rilasciato ufficialmente in primavera del 2017 ed è a disposizione di tutte le amministrazioni comunali del Friuli Venezia Giulia. Ecco quindi che con ARAM, a partire dal 2017, ogni Comune ha potuto gestire autonomamente tutti i dati sull'amianto presenti nel proprio territorio, garantendo nel contempo la condivisione delle informazioni in modo coerente, uniforme, semplice e aggiornato.

Parallelamente alle attività in corso da parte delle amministrazioni comunali, ARPA FVG ha provveduto al caricamento in ARAM di tutti i dati relativi ai censimenti pregressi effettuati nel 2006, 2007 e 2015 e il CRUA ha caricato tutti i dati delle bonifiche avvenute a partire dal 2010 sull'intero territorio regionale.



### Le bonifiche

L'azione più efficace e definitiva per risolvere il problema dell'amianto presente sul territorio è la sua rimozione. In relazione all'aspetto della progressiva eliminazione dell'amianto, nel periodo 2010-2016, avendo come riferimento i dati raccolti presso le competenti strutture del SSR, sono stati censiti più di 18 700 cantieri di bonifica di amianto suddivisi nel territorio regionale come indicato nella mappa di Figura 5.

Importanti passi avanti sono anche stati recentemente compiuti da IRIS Acqua S.r.l., società a capitale interamente pubblico i cui soci sono i 25 Comuni della Provincia di Gorizia la quale, a seguito della delibera CATO n. 176 del 29/11/2016 che ha approvato all'unanimità la Variante n. 9 al Piano d'Ambito, ha previsto nuovi investimenti per la progressiva sostituzione di 266 km di condotte in cemento amianto della rete acquedottistica provinciale ancora attive nel territorio.

### Il monitoraggio ambientale outdoor

Il monitoraggio ambientale dell'amianto in aria (outdoor) rappresenta una reale novità in materia, essendo molto poche le attività sistematiche e pianificate sull'intero territorio regionale in tal senso.

ARPA FVG, forte della competenza maturata nel settore, è in grado di provvedere autonomamente sia per quanto attiene la fase di campionamento sia per la fase di analisi con microscopia elettronica a scansione (SEM).

La sola presenza di un manufatto di cemento amianto sul territorio (per esempio una copertura in Eternit) non

rappresenta necessariamente la sussistenza di un rischio per la salute umana che, come noto, è invece associato alla presenza di fibre libere aerodisperse. ARPA FVG ha attivato nel 2016 un innovativo percorso di monitoraggio ambientale effettuando una serie di campionamenti in alcune zone ritenute maggiormente significative ubicate, in questa prima fase, nel territorio della provincia di Trieste (comuni di Trieste, Sgonico e area portuale triestina).

Sono stati monitorati 80 punti, di cui 39 individuati nei comuni di Trieste e Sgonico e 41 nell'area portuale triestina.

Nel 2017 è stato avviato un programma di monitoraggio delle aree militari dismesse sul territorio della regione FVG che ha interessato 8 siti per complessivi 63 punti di rilevamento.

### Dal 2016 ARPA FVG è attiva nel monitoraggio dell'amianto in aria (outdoor)

I dati finora raccolti non hanno evidenziato in alcun caso superamenti del limite massimo di 2 fibre/litro previsto dal DM 06/09/1994 per la restituzione degli ambienti bonificati, attestandosi mediamente a valori molto inferiori a tale limite.

A decorrere dal 2016 ARPA FVG è stata anche impegnata in 6 interventi di monitoraggio dell'amianto aerodisperso con 18 prelievi puntuali per verificare situazioni di rischio espositivo a seguito di eventi incidentali (crolli, incendi, ecc.).

### La comunicazione

È noto che una corretta comunicazione rappresenta uno degli elementi più importanti per un'efficace gestione dei rischi di qualsiasi natura. In tema di amianto, nel nostro territorio sono state date negli ultimi anni numerose risposte in tal senso mediante un'intensa attività divulgativa rivolta alle amministrazioni e ai cittadini.

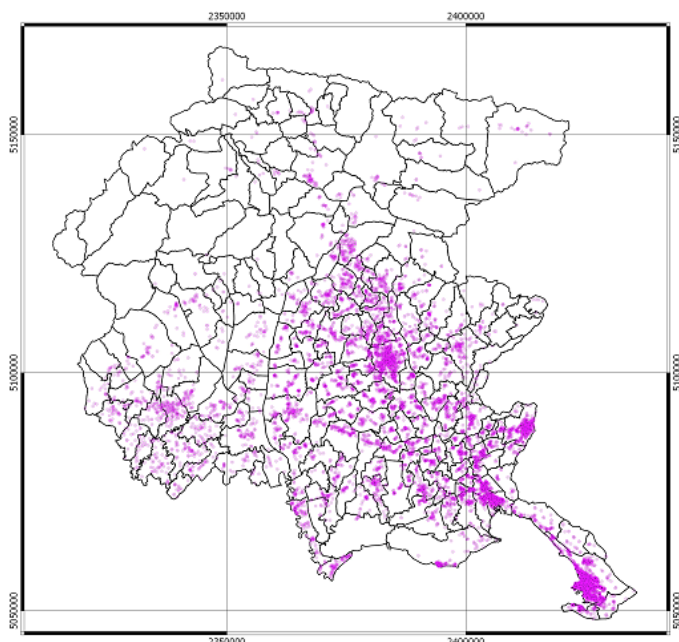
Nel 2015 a Trieste si è tenuta la VI Conferenza regionale sull'amianto, importantissima occasione dove numerosi e qualificati esperti in materia hanno potuto relazionare sulle diverse tematiche afferenti i vari aspetti che caratterizzano il problema amianto in tutte le sue forme.

L'attività informativa è proseguita nel gennaio 2017 con la pubblicazione della brochure "Conoscere l'amianto", un utilissimo strumento divulgativo rivolto al cittadino dove è possibile trovare tutte le informazioni pratiche di carattere tecnico, sanitario e assistenziale concernenti la tematica dell'amianto.

Nel mese di aprile 2017 si è svolto a Monfalcone il primo convegno in Italia sul tema delle Fibre Artificiali Vetrose, nel quale esperti del settore hanno illustrato le caratteristiche di questi materiali sostitutivi dell'amianto in relazione ai rischi per la salute e l'ambiente derivanti dal loro impiego.

Nel mese di giugno 2017 si è svolta a Monfalcone la seconda tappa del "Tour Città Amianto Zero", un progetto

Figura 5: ubicazione territoriale dei cantieri di bonifica amianto censiti nel periodo 2010-2016 (~18 700 cantieri).



nato da un'idea dell'ANCI coordinato dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Piemonte, al quale ha aderito come partner locale anche ARPA FVG. Il tour è un viaggio in sei tappe attraverso le città maggiormente colpite dal problema dell'amianto: da Casale Monferrato, luogo simbolo per la presenza del maggior stabilimento europeo per la produzione dell'Eternit, a Catania, passando per Monfalcone, Bologna, Firenze e Lecce. L'attività ancora in corso si propone di illustrare agli amministratori locali e ai cittadini le migliori pratiche per la gestione delle problematiche connesse con l'amianto sul territorio.

Il 2017 si è chiuso in settembre a Monfalcone con la VII Conferenza regionale amianto, una due giorni ricca di interventi e di approfondimenti sugli aspetti giuridici, sanitari, sociali e ambientali in tema di amianto.

### **Piani e programmi**

Il Friuli Venezia Giulia, con il Piano Regionale Amianto promulgato nel lontano 1996 in attuazione dell'art. 10 della legge 27 marzo 1992, n. 257 e D.P.R. 8 agosto 1994, si impose a livello nazionale come regione all'avanguardia in tema di gestione della problematica amianto. Il Piano, che già all'epoca delineava moderne strategie operative individuando tra l'altro precisi riferimenti in tema di censimenti, dotazioni strumentali, gestione dei rifiuti e formazione dei lavoratori, rappresenta ancora oggi un valido strumento di lavoro per l'impostazione e l'attuazione dei piani di azione in materia di amianto.

Con Delibera n. 2313 del 22/11/2017 è stato dato avvio all'iter di approvazione del nuovo Piano Regionale Amianto e la contestuale procedura di screening di VAS ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs 152/2006.

## **Un impegno costante**

I dati sanitari relativi alle patologie osservate sui lavoratori esposti raccolti dal SSR non stanno evidenziando ancora trend decrescenti e il picco massimo delle malattie asbesto correlate, proprio in ragione della loro lunga e soggettiva latenza, fa ancora fatica a trovare una collocazione precisa nel prossimo futuro.

La presenza sottostimata di ben 2 300 000 m<sup>2</sup> di superficie totale di coperture in cemento amianto sul territorio regionale, evidenzia che il fenomeno è ancora attuale e ben presente.

Nel contempo va sottolineato che i potenziali rischi correlabili a questa realtà dei fatti risultano di gran lunga inferiori e nemmeno confrontabili con quelli presenti negli ambienti di lavoro dove, prima della messa al bando, l'amianto veniva utilizzato correntemente nei cicli produttivi. I dati di monitoraggio delle fibre aerodisperse in ambiente outdoor raccolti da ARPA FVG a partire dal 2016 evidenziano concentrazioni ambientali estrema-

mente basse. Anche le attività di bonifica, se condotte bene, da ditte qualificate e con l'impiego tassativo delle buone tecniche, non rappresentano elementi di grande preoccupazione per i lavoratori addetti, che comunque risultano costantemente seguiti e tutelati sotto il profilo prevenzionistico e sanitario dalle stringenti e precise normative in materia.

Il principio di precauzione ci indica però di proseguire con costante impegno lungo la strada già tracciata delle bonifiche, del monitoraggio ambientale esteso ad aree e strutture con manifesta presenza di manufatti in cemento amianto (aree militari dismesse, edifici pubblici, reti acquedottistiche, ecc.), della completa messa in sicurezza e dell'eliminazione totale dell'amianto in opera.

Le costanti e precise attività di prevenzione svolte dalle strutture competenti del SSR in materia di tutela della salute dei lavoratori addetti alle bonifiche e degli esposti, il grosso e fondamentale lavoro dell'intero apparato sociale a servizio delle persone ammalate e dei loro familiari, l'intensa attività svolta dalla Commissione Regionale Amianto di cui alla L.R. 22/2001, e l'attività in campo ambientale posta in essere da ARPA FVG in stretta sinergia con la Regione in materia di mappatura e monitoraggio dell'amianto in opera, conferiscono sicuramente un'ottima robustezza ai tre pilastri sanitario, sociale e ambientale che rappresentano il sostegno portante a presidio dell'intera tematica.

## **Sitografia**

Sito amianto della Regione Friuli Venezia Giulia  
<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/salute-sociale/promozione-salute-prevenzione/FOGLIA24/>

Piano di Protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di Smaltimento e di Bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto (art. 10 della legge 27 marzo 1992, n. 257 e D.P.R. 8 agosto 1994)

<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA44/allegati/amianto.pdf>

VI Conferenza Regionale Amianto (Trieste, 15/05/2015)  
<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/salute-sociale/promozione-salute-prevenzione/FOGLIA24/FOGLIA1/>

Conoscere l'Amianto (Monfalcone, 19/01/2017)  
[http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/salute-sociale/promozione-salute-prevenzione/FOGLIA24/allegati/CONOSCERE\\_LxAMIANTO.pdf](http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/salute-sociale/promozione-salute-prevenzione/FOGLIA24/allegati/CONOSCERE_LxAMIANTO.pdf)

Convegno sulle Fibre Artificiali Vetrose (Monfalcone, 20/04/2017)  
<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA212/>

Tour Città Amianto Zero - Tappa di Monfalcone (Monfalcone, 20/06/2017)  
<http://www.arpa.piemonte.gov.it/news/tour-citta-amianto-zero-la-tappa-di-monfalcone>  
[http://www.arpa.fvg.it/cms/hp/news/Citta\\_zero\\_amianto.html](http://www.arpa.fvg.it/cms/hp/news/Citta_zero_amianto.html)



# ■ AMBIENTE E SALUTE





## 18. Ambiente e salute, strategie europee e attività in Friuli Venezia Giulia

A livello internazionale molto si è mosso per comprendere e caratterizzare i fenomeni di esposizione ambientale e malattie associate, anche per l'enorme e continua spinta della comunità scientifica nel mettere in evidenza gli effetti negativi dell'esposizione al particolato fine, agli ossidi di azoto, all'ozono.

Simonetta Fuser  
ARPA FVG, Ambiente e salute

Negli ultimi decenni si è assistito a una aumentata sensibilità della comunità scientifica rispetto al tema "ambiente e salute". Si è infatti affermata sempre più la consapevolezza della gravità del rischio sanitario correlato alle matrici ambientali inquinate. Anche l'opinione pubblica è consapevole che la relazione tra salute e ambiente esiste ed è una relazione che presenta una serie di rischi. In effetti, i danni all'ambiente sono aumentati in modo costante nel corso degli ultimi decenni con gravi ripercussioni anche sulla componente umana, contribuendo a numerose cause di morbosità e mortalità. Analisi e ricerche decennali (Ladenf *et al.*, 2006; IARC, 2013) hanno dimostrato come una diminuzione dell'inquinamento urbano da particolato fine comporta, dopo soli pochi anni, una diminuzione anche del rischio di carcinoma polmonare. Altra storica conferma della relazione tra ambiente e salute proviene dalla Svezia dove, grazie a Lennart Hardell, negli anni '70 furono messi al bando alcuni pesticidi e a distanza di trent'anni si sta registrando una diminuzione nell'incidenza dei linfomi (Hardell, 2008).

Ciononostante, si registrano ritardi anche di decenni dal momento del riconoscimento della pericolosità di una sostanza a quello in cui vengono adottate formalmente misure di protezione per la salute pubblica. Talvolta anche gli studi epidemiologici non sono esenti dai condizionamenti dovuti a una non formalizzata e obiettiva procedura scientifica di approccio e metodo (Gennaro e Tomatis, 2005; Kjaergard e Als-Nielsen, 2002). Per esempio per il particolato atmosferico, riconosciuto come fattore che contribuisce al rischio per malattie e mortalità, vi è difficoltà nell'applicare politiche per attuare misure di risanamento atte al raggiungimento degli obiettivi per la tutela della salute e anche dell'ambiente. È da ricordare che i risultati dei nuovi studi sono in linea con le recenti

stime del *Global Burden of Disease* (GBD, tradotto letteralmente: "quanto pesa la malattia globalmente") che pongono, a scala mondiale, l'inquinamento atmosferico al quinto posto tra le cause di malattia e di mortalità, appena dopo gli stili di vita, l'ipertensione e il diabete: 4.2 milioni di decessi prematuri l'anno (<https://www.stateofglobalair.org/health/trends/>). Tali stime sono disponibili anche per l'Italia, elaborate con la stessa metodologia, e indicano un tributo dovuto al PM2.5 di più di trentamila decessi l'anno. Secondo il report dell'Agenzia

Europea per l'Ambiente (AEA) pubblicato nel 2016, il 16% della popolazione urbana dell'UE è stato esposto a livelli di PM10 al di sopra dei valori limite giornalieri europei, mentre l'8% è stato esposto a livelli di PM2.5 al di sopra dei valori obiettivo previsti dalla normativa. Tuttavia, se confrontati con i valori più restrittivi delle Linee guida sulla qualità dell'aria dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per la protezione della salute umana, tra il 50% e l'85% circa dei residenti nelle città sarebbero esposti a concentrazioni più elevate delle raccomandazioni OMS.

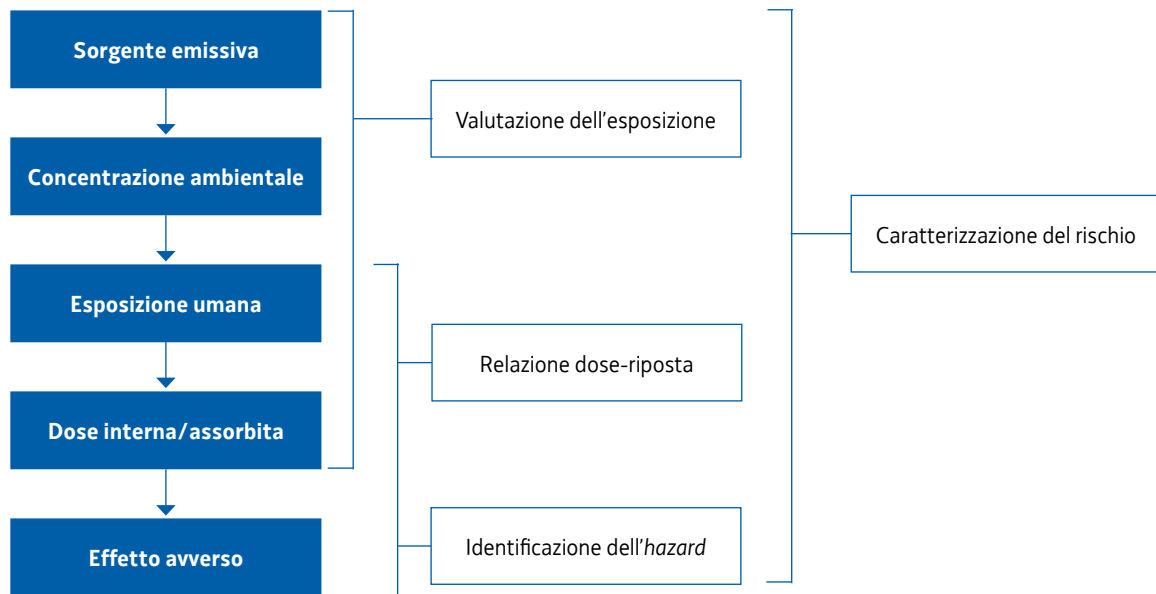
**L'inquinamento atmosferico è al quinto posto tra le cause di malattia e di mortalità, appena dopo stili di vita, ipertensione e diabete**

sidenti nelle città sarebbero esposti a concentrazioni più elevate delle raccomandazioni OMS.

### La natura multifattoriale del rischio

Anche se in un contesto tradizionale di valutazione del rischio (Figura 1), il rischio specifico per l'uomo è associato solitamente alla sola "possibilità di effetti nocivi per la salute umana derivanti dall'esposizione a un unico fattore di stress ambientale" (U.S. EPA, 2011), a oggi, non può essere considerata ininfluente l'esposizione contemporanea delle popolazioni a una miriade di agenti. Si parla, infatti, di pluralità delle cause (metaboliche, ambientali, comportamentali) o di natura multifattoriale del rischio, avviando un sistema complesso tecnico e concettuale di valutazione del rischio.

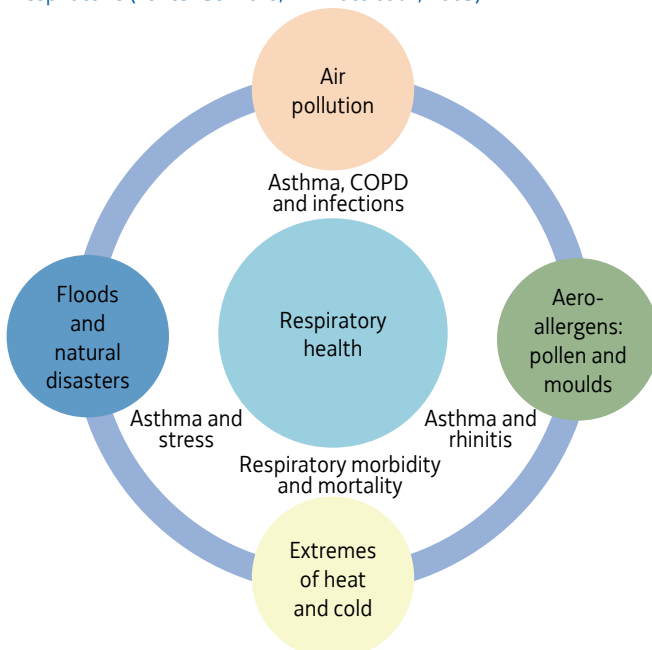
Figura 1: processo tradizionale di valutazione del rischio (adattato da Sexton *et al.*, 1995).



Tipico esempio di complessità di valutazione e natura multifattoriale del rischio per la salute della popolazione è quello indotto dai cambiamenti climatici. In Italia, come in molti Paesi europei, le condizioni meteo-climatiche hanno favorito e favoriscono l'insediamento di insetti (zanzare, zecche) vettori di malattie infettive che, insieme a una maggiore mobilità sociale internazionale e ad altri squilibri ecosistemici, sono responsabili della comparsa di alcune malattie virali nell'uomo tradizionalmente presenti in aree asiatiche e africane (virus Chikungunya, febbre del Nilo oc-

cidentale - West Nile Fever, virus Usutu, meningoencefalite da zecche o Tbe). Inoltre, l'aumento delle temperature è associato all'allungamento e anticipazione della stagione pollinica, e concorre, con alte concentrazioni di CO<sub>2</sub>, all'aumento della produzione di pollini. Le sinergie con gli inquinanti atmosferici irritanti e tossici (ozono, PM10, NOx) concorrono all'aumento del numero di crisi asmatiche/allergiche nei soggetti predisposti (Figura 2, D'Amato *et al.*, 2014).

Figura 2: sintesi degli effetti dei cambiamenti climatici su malattie respiratorie (Fonte: Gennaro, D'Amato *et al.*, 2005).



La tematica è molto sentita ed è da ricordare che a giugno 2017, alla sesta conferenza di Ostrava, l'OMS, riconoscendo la multifattorialità dei rischi, ha discusso sul modo per rafforzare le azioni contro i principali determinanti ambientali di salute, come l'inquinamento atmosferico, i servizi idrici e sanitari inadeguati, i prodotti chimici pericolosi, i rifiuti, i siti contaminati e il cambiamento climatico. L'OMS ha inoltre posto l'accento sulle azioni di prevenzione, anche attraverso la creazione di ambienti di supporto e di comunità resilienti, riconoscendole come pilastri della politica europea dell'Organizzazione per la salute e il benessere (Health, 2020).

## La normativa e lo stato di fatto in Friuli Venezia Giulia

Esistono norme italiane e regionali in cui viene espressamente citata la necessità di integrazione fra il Sistema Ambiente e il Sistema Sanità, con il particolare obiettivo di assicurare omogeneità ed efficacia all'azione conoscitiva e di controllo pubblico della qualità dell'ambiente, anche a supporto delle politiche di prevenzione sanitaria e tutela della salute pubblica.

Nella recente Legge 132/2016, tra le funzioni del neo-istituto Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA) viene espressamente citato il supporto tecnico alle amministrazioni e agli enti competenti in riferimento alla caratterizzazione dei fattori ambientali causa di danni alla salute pubblica, anche ai fini di cui all'articolo 7-quinquies del D. Lgs. 502/92. Le attività in Friuli Venezia Giulia sono già state avviate attraverso l'istituzione nel 2014 dell' Osservatorio Ambiente e Salute e attraverso l'individuazione di specifiche modalità di integrazione fra politiche sanitarie e politiche ambientali. Il modello scelto dal Governo regionale ha consentito il raggiungimento, in tempi brevi, di ottimi risultati, grazie a una collaborazione positiva nata tra i professionisti chiamati a partecipare alle attività. In questo momento l'Osservatorio è composto da un *pool* di persone con elevata competenza e riconosciute a livello internazionale. Sono stati avviati meccanismi di integrazione tra le componenti professionali clinico-epidemiologiche in ambito sanitario e le professionalità che si occupano di ambiente.

La collaborazione reciproca ha permesso di definire obiettivi comuni nella programmazione facendo rientrare, tra le varie attività già in essere, sia nel Piano Regionale della Prevenzione sia negli obiettivi di ARPA FVG, anche gli obiettivi di tutela e prevenzione della salute pubblica da esposizioni ambientali. Come base di lavoro, il gruppo ha applicato una strategia riconosciuta da decenni dalla comunità scientifica internazionale, formulando un modello concettuale di sorveglianza ambientale e sanitaria, unendo i criteri e i principi presenti negli schemi *Drivers Pressure Status Impact Response* (DPSIR) dell'AEA e nei modelli *Drivers Pressure Status Exposure Effect Action* (DPSREEA) indicati dall'OMS.

### Il Piano Nazionale Prevenzione

Il Piano Nazionale della Prevenzione (PNP) 2014-2018 del Ministero della Salute – approvato con Intesa del 13 novembre 2014 (Rep. n. 156/CSR) quale parte integrante del Piano sanitario nazionale – dedica un apposito capitolo ad "ambiente e salute" proponendo come metodo la Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS), che in tale contesto viene inserita in una strategia generale di riduzione dell'esposizione ai principali inquinanti e di applicazione del modello dell'OMS di "salute in tutte le politiche".

Il PNP assume i dati dell'OMS sul carico di malattia attribuibile all'ambiente e pone l'accento sulle politiche intersettoriali che possono tutelare l'aria, le acque e il suolo, migliorare il ciclo dei rifiuti, prevenire dal rumore, dall'esposizione a radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, migliorare la sicurezza chimica e la qualità degli interventi edilizi. Aderendo all'approccio OMS della "salute in tutte

le politiche", il PNP indica "l'esigenza di riqualificare le valutazioni preventive a supporto delle amministrazioni effettuate dagli operatori della sanità pubblica e di fornire indicazioni per sviluppare adeguatamente la componente salute nell'ambito delle procedure di VAS e di VIA". Per esempio, costituiscono obiettivi principali del PNP:

- lo sviluppo della conoscenza dei livelli espositivi della popolazione generale a inquinanti ambientali;
- il potenziamento della sorveglianza epidemiologica;
- lo sviluppo di percorsi e strumenti per la valutazione preventiva degli impatti ambientali sulla salute.

Per raggiungere questi obiettivi, il PNP mira a migliorare la competenza degli operatori della salute e dell'ambiente, dei medici di medicina generale e dei pediatri di libera scelta sui temi dell'integrazione ambiente-salute e dell'informazione e comunicazione sul rischio. Infine, il PNP ha fatto proprio il requisito della partecipazione dei portatori di interesse, che nel caso

della VIS è essenziale sia garantito attraverso l'adesione a passi formalizzati che prevedono il coinvolgimento fin dalla fase iniziale.

Con il D.M. Salute del 25 gennaio 2016 ("Adozione del documento di indirizzo per l'attuazione delle linee di supporto centrali al Piano nazionale della prevenzione 2014-2018") sono state individuate specifiche "linee di supporto centrali" al PNP, declinate con apposite schede, nonché i relativi obiettivi e output che le Direzioni generali interessate dovranno conseguire, individuando le necessarie azioni e gli stakeholder da coinvolgere.

Tra gli obiettivi centrali del PNP vi è quello di "sviluppare percorsi e strumenti interdisciplinari per la valutazione preventiva degli impatti sulla salute delle modifiche ambientali", e il relativo indicatore è la realizzazione di "atti di indirizzo regionali per la valutazione integrata di impatto sulla salute che comprenda strumenti sia in supporto dei valutatori sia dei proponenti": tale obiettivo esprime con forza l'esigenza di ricorrere non solo alla VIS ma a uno strumento integrativo dei procedimenti di VIA e di VAS, la "Valutazione Integrata di Impatto Ambientale e Sanitario" (VIAS) che è stata definita dalle Linee guida del SNPA pubblicate nel 2016.

Ogni regione ha adottato un proprio Piano Regionale Prevenzione basato su indicazioni e contenuti del PNP. Con deliberazione della Giunta della Regione Friuli Venezia Giulia n. 2365, dd. 27.11.2015, è stato approvato il Piano Regionale della Prevenzione (PRP) FVG 2014 -2018.

## L'Osservatorio Ambiente e Salute individua specifiche modalità di integrazione fra politiche sanitarie e politiche ambientali

### **Valutazione Impatto Salute (VIS) e Valutazione Integrata Impatto Ambiente e Salute (VIAS)**

A livello nazionale, un punto di svolta per la definizione della centralità della VIS e VIAS e della metodologia da seguire (almeno per quanto attiene l'AIA negli stabilimenti d'interesse strategico nazionale di dimensioni rilevanti) è rappresentato dal "decreto ILVA" e dal successivo regolamento attuativo di cui al D.M. 24 aprile 2013, che ha introdotto criteri metodologici utili per la redazione del Rapporto di valutazione del danno sanitario.

Il "decreto ILVA" ha seguito la L.R. Puglia 24 luglio 2012, n. 21, recante "Norme a tutela della salute, dell'ambiente e del territorio sulle emissioni industriali inquinanti per le aree pugliesi già dichiarate a elevato rischio ambientale".

Sullo stesso tema, più in generale, è intervenuto il successivo "decreto salva ILVA-bis" (D.L. n. 61/2013), volto a chiarire i difficili rapporti tra normativa regionale e nazionale.

Proseguendo, nel 2014, la Regione Lombardia, con la DGR n. 1266 del 24/01/2014, ha approvato le Linee guida per la componente salute pubblica degli Studi di Impatto Ambientale (SIA) con il fine di assicurare un adeguato supporto tecnico-amministrativo alle Autorità competenti in materia di VIA.

Successivamente, la L.R. Marche del 15 gennaio 2015, n. 1 (modifiche alla L.R. Marche del 26 marzo 2012, n. 3 "Disciplina Regionale della valutazione di impatto ambientale - VIA"), intervenendo nelle attribuzioni di competenza, ha introdotto l'obbligo per le amministrazioni locali di esprimersi sui potenziali impatti sulla salute nel corso di ogni procedura di VIA.

La L. n. 221/2015 sulla *green economy* ha introdotto nel D.Lgs. n. 152/2006 (Testo Unico Ambientale) l'obbligo della predisposizione da parte del proponente di una Valutazione di Impatto Sanitario (VIS), in conformità alle linee guida predisposte dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS), da svolgere nell'ambito dei procedimenti di VIA relativi ai progetti di centrali termiche e altri impianti di combustione con potenza termica superiore a 300 MW, nonché impianti di raffinazione, gassificazione e liquefazione.

Al di là di questa prima previsione obbligatoria, l'attuazione in Italia della direttiva 2014/52/UE (D.Lgs. 104/2017) ha apportato modifiche al D. Lgs. 152/2006 in particolare in merito ai contenuti della valutazione ambientale dei progetti inserendo anche la finalità di protezione della salute umana, per contribuire con un miglior ambiente alla qualità della vita, provvedere al mantenimento delle specie e conservare la capacità di riproduzione degli ecosistemi in quanto risorse essenziali per la vita. A questo scopo essa individua, descrive e valuta, in modo appro-

priato, per ciascun caso particolare e secondo le disposizioni del D. Lgs. 104/2017, gli impatti ambientali di un progetto come definiti all'articolo 5, comma 1, lettera c del D. Lgs. 152/2006.

### **Linee guida del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale**

Sul fronte dell'integrazione della dimensione della salute nelle valutazioni ambientali un ulteriore passo in avanti è stato fatto grazie all'elaborazione da parte del SNPA delle "Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA e AIA)", pubblicate dall'ISPRA (Manuali e linee guida, n. 133/2016).

Tali Linee guida, pur non imponendo l'adozione di un percorso di VIS vero e proprio, favoriranno l'introduzione di importanti elementi di VIS nelle procedure di autorizzazione, nelle VIA, VAS e AIA, con positive ricadute in termini di standardizzazione delle valutazioni nei diversi contesti territoriali e miglioramento degli studi di impatto grazie a una adeguata considerazione della componente salute in esse contenuta.

Le Linee guida sono il frutto del Gruppo di lavoro "ambiente e salute" del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (composto da ISPRA/ARPA/APPA) con il fine di mettere a punto strumenti capaci di aiutare gli operatori nella valutazione di piani e progetti puntuali, inserendo elementi di VIS. In tal modo, sia il proponente (cioè colui che viene valutato) sia l'operatore (cioè il soggetto che valuta i progetti) potranno avvalersi di uno strumento operativo e speculare in grado di agevolare reciprocamente l'incontro tra proposta e valutazione della proposta, con l'unico obiettivo di mettere in luce i possibili impatti sulla salute della popolazione e le azioni per poterla tutelare e promuovere al meglio.

La pubblicazione è disponibile solo in formato elettronico e può essere scaricata da un'apposita pagina del sito web dell'ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/manuali-e-linee-guida/linee-guida-per-la-valutazione-integrata-di-impatto-ambientale-e-sanitario-vias-nelle-procedure-di-autorizzazione-ambientale-vas-via-e-ai>).



## Ambiente e salute nel Monfalconese: inquinamento atmosferico e incidenza sulla salute in relazione a varie sorgenti inquinanti

Nel corso degli ultimi decenni in Friuli Venezia Giulia, sono state intraprese numerose azioni tese a ridurre al minimo la pressione antropica dovuta alle attività industriali. Tuttavia l'inquinamento ambientale e le possibili ricadute sullo stato di salute della popolazione residente continua a destare una comprensibile preoccupazione nei cittadini, come nelle persone responsabili per la salute pubblica e la politica sanitaria. Questa situazione si inserisce in un più complesso scenario caratterizzato da un aumento della sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti delle tematiche di salute legate a inquinamento ambientale. Sono sempre più frequenti infatti le segnalazioni di presunte aggregazioni spaziali e/o temporali (*cluster*) di malattie in aree caratterizzate dalla presenza di sorgenti inquinanti che generano preoccupazione in particolare tra le persone che risiedono o che lavorano in prossimità di insediamenti industriali, centrali nucleari o inceneritori.

In Friuli Venezia Giulia, in particolare l'area del Monfalconese è caratterizzata dalla presenza di diverse attività industriali attive dal secondo dopoguerra, che hanno esercitato e tuttora esercitano una considerevole pressione sull'ambiente. In particolare, nel territorio del Comune di Monfalcone sono presenti una centrale termoelettrica (dal 1963), una rilevante attività portuale, oltre ad altre attività industriali di rilievo (per esempio: cantieristica navale, cartiere, industrie metallurgiche). Nella zona è inoltre presente dal 1961 l'aeroporto regionale del Friuli Venezia Giulia e sono presenti assi viari di rilevanza regionale (S.R. 305), nazionale (S.S 14, S.S. 55) e sovranazionale (autostrada A4 e A34).

In questa area sono state avviate delle indagini epidemiologiche ambientali volte a descrivere il territorio dal punto di vista ambientale e di stato di salute della popolazione. Le attività di indagine rientrano in un più ampio programma di valutazione a cura di Università e IRCCS del FVG, Direzione Centrale Salute, ARPA FVG e Osservatorio Ambiente e Salute, quest'ultimo istituito nel 2014 quale nodo funzionale della rete epidemiologica regionale.

Gli studi sono realizzati con l'utilizzo dei registri di patologia della Regione Friuli Venezia Giulia (Registro tumori di popolazione regionale, Registro regionale infarti miocardici, utilizzo delle Schede di dimissione ospedaliera e di certificato assistenza al parto), tecniche di biomonitoraggio umano per identificare specifici biomarcatori collegati a una possibile esposizione a inquinanti potenzialmente presenti nel territorio, utilizzo delle misure ambientali

ordinarie e straordinarie effettuate da ARPA FVG, relative alla concentrazione di particolari inquinanti presenti nella matrice aria e modelli di dispersione degli inquinanti tramite metodi particolari per l'identificazione delle sorgenti di inquinamento.

Grazie anche a queste informazioni nell'anno 2015 è stato realizzato uno studio dall'Università di Udine per valutare l'incidenza dei tre principali tumori – polmone, mammella e vescica- nella popolazione femminile, stimando anche l'effetto di potenziali fattori di confondimento o modificatori di effetto. Questo studio è stato effettuato solo nella popolazione femminile residente nella provincia di Gorizia, suddivisa nei due distretti sanitari del Basso e dell'Alto Isontino, utilizzando come confronto il resto della Regione FVG e l'area a ovest della Slovenia (Goriska e Gorenjska). L'analisi ha evidenziato tra le donne un eccesso di tumore alla vescica senza indicare la potenziale causa.

Nell'anno 2016, a cura dell'Osservatorio Ambiente e Salute, è stato pubblicato lo studio epidemiologico ambientale finalizzato a verificare se esiste una possibile relazione tra esposizione residenziale all'inquinamento atmosferico degli anni novanta e patologie che sono state rilevate tramite la lettura e l'elaborazione dei dati contenuti nel registro tumori FVG. I risultati indicano l'assenza di eccessi di rischio per gli uomini e confermano l'eccesso di circa 30 casi in 15 anni (2 casi/anno) di tumore della vescica nelle donne. L'attribuzione della quota di inquinanti alle varie sorgenti emmissive del Monfalconese non ha fornito evidenze per attribuire, in questo contesto territoriale, un significativo effetto sulla diffusione dei tumori alle emissioni di particolari impianti produttivi industriali presenti nel territorio. I modelli di dispersione, calcolati per i quattro macroinquinanti riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ) nel periodo temporale considerato, indicano complessivamente il traffico veicolare come responsabile di buona parte degli inquinanti presenti in atmosfera. Ciò genera l'ipotesi che il traffico abbia un ruolo preminente tra i rischi ambientali che possono aver generato l'eccesso di 30 tumori della vescica evidenziato nelle donne del Monfalconese tra il 1995 e il 2009.

Ulteriore approfondimento del lavoro conclusosi nel 2017 è la valutazione del grado di possibile associazione tra esposizione a specifici inquinanti atmosferici ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ) e insorgenza di infarto miocardico acuto (IMA) con valutazione dell'aspetto cronico (metodo descrittivo) e degli effetti acuti a breve termine (metodo *case crossover* o caso incrociato). I risultati dello studio evidenziano nelle femmine, in particolare con età superiore a 65 anni, il raddoppio del rischio di IMA entro 5 giorni da un picco di concentrazione di  $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ciò non esclude la presenza di effetti anche a più bas-

si livelli di PM<sub>10</sub> o per altri inquinanti, poiché l'assenza di significatività statistica dipende principalmente dalla numerosità campionaria, non allargabile all'interno della realtà Monfalconese. Eventuali approfondimenti sulle cause ambientali dell'IMA in FVG andrebbero estesi a popolazioni di numerosità decisamente maggiore. Tuttavia, vista la particolare metodologia adottata, *case crossover*, nella quale lo stesso soggetto viene confrontato con se stesso, è necessario approfondire, oltre ai confondenti relativi allo stile di vita, anche ulteriori modificatori di effetto che probabilmente agiscono come cofattore determinante dell'infarto miocardico acuto.

Per quanto riguarda l'origine del PM<sub>10</sub>, gli studi finora condotti nell'area Monfalconese indicano che le polveri sono da imputare non alla sola centrale termoelettrica presente nel territorio, ma principalmente ad altre e diverse fonti di pressione, caratterizzate sia da emissioni puntuali sia diffuse.

Queste premesse risultano fondamentali affinché gli Enti coinvolti nelle attività di controllo ambientale e di prevenzione sanitaria possano mettere in atto nuove azioni e decisioni, anche a livello regionale, che consentano di chiarire le concause degli eccessi di patologia riscontrati nell'area Monfalconese.

Ulteriori studi sono in fase di elaborazione, tra cui la valutazione del grado di associazione tra esposizione a inquinanti atmosferici e insorgenza di episodi di interruzione spontanea di gravidanza mediante uno studio caso controllo con approccio "time stratified" (che valuta l'esposizione negli stessi giorni, "giorno controllo", della settimana all'interno dello stesso mese e anno del giorno caso) e lo studio pilota biomonitoraggio umano, a cura del CRO di Aviano, che si pone come obiettivo di verificare se nelle popolazioni residenti in prossimità della centrale termoelettrica, esistono delle effettive incidenze di particolari microinquinanti, metalli e metalloidi.

Tali studi potranno dispiegarsi al meglio nell'ambito del programmato rafforzamento dell'Osservatorio Ambiente e Salute e dalla sempre crescente collaborazione tra ARPA FVG e Servizio Sanitario Regionale.

## Bibliografia

Gennaro V., Tomatis L., 2005, *Business bias: how epidemiologic studies may underestimate or fail to detect increased risks of cancer and other diseases*, Int J Occup Environ Health 11(4): 356-9.

D'Amato G., Cecchi L., D'Amato M., Annesi-Maesano I., 2014, *Climate change and respiratory diseases*, European Respiratory Review, 2014 23: 161-169.

Hardell L., 2008, *Pesticides, soft tissue sarcoma and non Hodgkin lymphoma – historical aspects on the precaution principle in cancer prevention*, Acta Oncologica 2008; 47:347-354.

IARC, 2013, *Outdoor Air Pollution*, Volume 109.

Kjaergard L.L., Als-Nielsen B., 2002, *Association between competing interests and author's conclusions: epidemiological study of randomised clinical trials published in the BMJ*, BMJ 325(7358): 249.

Laden F., Schwartz J., Speizer F.E., Dockery D.W., 2006, *Reduction in fine particulate air pollution and mortality. Extended follow-up of the Harvard six cities study*, AMJ Respir Crit Care med 2006; 173:667-672.

