

# RAPPORTO AMBIENTE - SNPA

## AMBIENTE IN PRIMO PIANO







# RAPPORTO AMBIENTE - SNPA

## AMBIENTE IN PRIMO PIANO

---

REPORT SNPA | **01** 2017

ISBN 978-88-448-0868-6 | Dicembre 2017

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della 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".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA. La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiranno riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

Attraverso il Consiglio del SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al MATTM e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, della riduzione del consumo di suolo, della salvaguardia e della promozione della qualità dell'ambiente e della tutela delle risorse naturali.

Citare questo documento come segue:  
"Rapporto Ambiente - SNPA - Ambiente in primo piano.  
Edizione 2017".

ISBN 978-88-448-0868-6  
© Report SNPA, 01/2017

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento della pubblicazione *online*:  
Daria Mazzella - ISPRA

Progetto Grafico: Elena Porrazzo e Sonia Poponessi - ISPRA  
Impaginazione interna: Elena Porrazzo - ISPRA

Marzo 2018

## Abstract

Il Rapporto Ambiente - SNPA nasce nell'ambito del SNPA per un'ampia ed efficace divulgazione dei dati e dell'informazione ambientale prodotta da ISPRA e dalle ARPA/APPA. La base dati è l'Annuario dei dati ambientali ISPRA. Il Rapporto consta di due documenti. Il documento "Ambiente in Primo Piano" fornisce una lettura aggiornata dello stato dell'ambiente a livello nazionale secondo il modello DPSIR. È strutturato per tematiche ambientali e ciascuna tematica è arricchita con brevi articoli che riguardano attività SNPA particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività. Il documento "Ambiente in Primo Piano: Indicatori e Specificità regionali" analizza le situazioni regionali. È articolato in due sezioni: la prima descrive le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori; la seconda consiste in brevi articoli riguardanti specificità regionali.

*The Environment Report-SNPA was created within the SNPA for a wide and effective dissemination of environmental data and information produced by ISPRA and by ARPA/APPA. The report consists of two documents. The document "Ambiente in Primo Piano" provides an updated reading of the state of the environment at national level according to the DPSIR model. It is structured for environmental issues and each issue is enriched with short articles concerning particularly relevant SNPA activities of interest to the community.*

*The document "Ambiente in Primo Piano: Indicatori e Specificità regionali" analyzes regional situations. It is divided into two sections: the first describes the regional realities through the analysis of 16 indicators; the second consists of short articles concerning regional specificities.*

**Parole chiave:** ambiente, indicatori, tematiche ambientali, aria, acqua, clima, suolo, agenti fisici, biosfera, pericolosità, rifiuti.



# PRESENTAZIONE

Desidero innanzitutto esprimere la mia soddisfazione, a un anno dalla costituzione del SNPA, nel presentare la prima edizione del Rapporto Ambiente - SNPA.

Il Rapporto, edito dal Sistema è l'elemento finale di un complesso lavoro di *reporting* che, attraverso la presentazione delle attività svolte nel sistema, vuole fornire un quadro aggiornato della situazione ambiente nel Paese. L'attività di *reporting* è svolta dal Sistema in ottemperanza ai compiti attribuiti dalla Legge n. 132 del 2016 e in linea con gli indirizzi e gli obiettivi segnalati nel VII Programma d'azione europeo per l'ambiente dell'UE.

La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiranno riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

La politica ambientale europea punta a raggiungere, nel 2050, la prosperità e il pieno benessere nel rispetto dei limiti ecologici del pianeta, facendo riferimento a un'economia circolare e senza sprechi che sostenga una crescita a basso contenuto di carbonio, salvaguardando e valorizzando le risorse naturali e la biodiversità.

Per limiti ecologici s'intendono dei "confini" naturali che dovremmo cercare di rispettare e non oltrepassare, certamente per fermare il depauperamento del pianeta, ma anche per promuovere una nuova idea di sviluppo. Questi riguardano, tra i molti tematismi, il clima e i suoi cambiamenti, la biodiversità e la sua perdita, i cicli dell'azoto e del fosforo, l'acidificazione dei mari e degli oceani, gli usi delle acque dolci e la loro contaminazione, l'uso della terra coltivabile e lo sviluppo dei territori, le emissioni in atmosfera e l'inquinamento dell'aria e lo stato dell'ozono stratosferico.

Solo una consapevolezza ambientale basata su informazioni oggettive, affidabili e confrontabili, quindi condivise, consentirà all'Europa di raggiungere l'ambizioso traguardo del 2050 e di vincere le ulteriori, nuove e importanti sfide che certamente si presenteranno anche successivamente a tale traguardo e in modo né facilmente, né compiutamente preannunciabile.

In tale contesto il Rapporto Ambiente - SNPA si dimostra un efficace mezzo di conoscenza delle condizioni ambientali in Italia per decisori politici e istituzionali, per scienziati e tecnici e per i cittadini, dal quale attingere tanto informazioni quanto suggerimenti per promuovere una visione olistica e una corretta analisi anche delle cause sistemiche dei fenomeni descritti, ovvero quelle legate soprattutto ai nostri modelli di consumo e uso delle risorse: suolo, acqua, energia, cibo, materiali e territorio sono essenziali per il benessere umano e un loro sfruttamento, senza controlli, compromette non solo il permanere di una loro disponibilità, ma anche i servizi ecosistemici e gli ecosistemi che li producono.

Il fine del documento quindi è certamente quello di supportare le politiche, ma anche di stimolare il confronto tra esperti della materia e cittadinanza, di sensibilizzare la collettività a intraprendere processi di modifica dei comportamenti capaci di produrre effetti, appunto, sulla quantità e qualità del capitale naturale e in particolare degli ecosistemi. Un sentito ringraziamento a quanti con dedizione e professionalità hanno permesso la realizzazione di questo importante traguardo.



# PREFAZIONE

ISPRA e le ARPA/APPA sono i principali produttori e detentori dei dati e della conoscenza dell'ambiente. Il Rapporto Ambiente - SNPA offre un quadro completo sullo stato di salute dell'ambiente in Italia e, al contempo, evidenzia particolarità di situazioni locali. Il prodotto è frutto della collaborazione tra le componenti del costituito Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Tale collaborazione vede nell'attività di ricerca, monitoraggio, controllo e raccolta le attività fondanti del Sistema stesso, istituito con la Legge del 28 giugno 2016, n. 132.

Con soddisfazione, si osserva come a un anno dalla entrata in vigore della legge istitutiva, i rapporti tra le componenti del SNPA si siano consolidati e comincino a dare i primi frutti: risultano migliorati, infatti, il flusso informativo, la copertura nel tempo e nello spazio delle informazioni, nonché il processo di armonizzazione e validazione dei dati.

Le attività di coordinamento e indirizzo dell'ISPRA e la conoscenza diretta del territorio e dei problemi ambientali locali da parte delle Agenzie ambientali (punti di riferimento, tanto istituzionali quanto tecnico-scientifici, per l'intero Paese) rappresentano, di fatto, i cardini del SNPA stesso e risultano fondamentali per la realizzazione della presente opera e non solo.

Quest'anno, infine, si è scelto di realizzare e pubblicare in concomitanza con il Rapporto Ambiente - SNPA, anche l'Annuario dei dati ambientali di ISPRA. Il nesso tra i due documenti risiede nel fatto che proprio la base informativa dell'Annuario ha consentito di strutturare e alimentare il Rapporto.

I *report* rappresentano un efficace mezzo di conoscenza delle condizioni ambientali in Italia per decisori politici e istituzionali, per scienziati, per tecnici e per cittadini, dal quale attingere tanto informazioni quanto suggerimenti per promuovere una visione olistica e una corretta analisi anche delle cause sistemiche dei fenomeni. Inoltre, sono uno strumento di supporto utile non solo nell'elaborazione delle politiche, ma anche nello stimolare il confronto tra esperti della materia e nel sensibilizzare la collettività a intraprendere processi di modifica dei comportamenti capaci di produrre effetti positivi sull'ambiente.

Decisori politici, tecnici e cittadini possono, pertanto, disporre di informazioni puntuali, oggettive e rigorose a livello scientifico.

A tutti coloro che hanno partecipato alla realizzazione del quadro conoscitivo ambientale del Report, va il nostro più sincero ringraziamento per l'impegno e la dedizione profusi.

Stefano Laporta  
Presidente ISPRA e SNPA



## Contributi e ringraziamenti

LA REALIZZAZIONE DEI DOCUMENTI "RAPPORTO AMBIENTE - SNPA. AMBIENTE IN PRIMO PIANO" E "RAPPORTO AMBIENTE - SNPA. AMBIENTE IN PRIMO PIANO: INDICATORI E SPECIFICITÀ REGIONALI" È A CURA DEL COMITATO TECNICO DI REDAZIONE (CDR) COMPOSTO DA:

ISPRA - Mariaconcetta GIUNTA - (Coordinatore GdL 6\_40)  
ISPRA - Anna Maria CARICCHIA - (Coordinatore GdL 6\_40)  
ISPRA - Cristina FRIZZA - (Coordinatore GdL 6\_40)  
ARPA Campania - Paola Sonia PETILLO  
ARPAE Emilia-Romagna - Roberto MALLEGNI  
ARPA Piemonte - Pina NAPPI  
ARPA Puglia - Erminia SGARAMELLA  
ARPA Sicilia - Marilù ARMATO  
ARPA Toscana - Marco TALLURI

Il CDR ha selezionato gli articoli per ciascuna tematica. Ha assicurato la revisione tecnico scientifica degli stessi nonché la revisione tecnica complessiva. Ha provveduto alla stesura delle sintesi, al coordinamento delle infografiche e all'assemblaggio dei documenti.

IL GDL 6\_40 GRUPPO DI LAVORO/RETE DEI REFERENTI ISPRA/ARPA/APP, ISTITUITO DAL CONSIGLIO FEDERALE PER IL PROGRAMMA TRIENNALE SNPA 2014-2016 (AREA 6 - PRODUZIONE DI REPORT) È COSTITUITO DA:

ISPRA - Mariaconcetta GIUNTA - (Coordinatore GdL 6\_40)  
ISPRA - Anna Maria CARICCHIA - (Coordinatore GdL 6\_40)  
ISPRA - Cristina FRIZZA - (Coordinatore GdL 6\_40)  
ARTA Abruzzo - Armando LOMBARDI  
ARPA Basilicata - Ersilia DI MURO  
ARPA Calabria - Vincenzo SORRENTI  
ARPA Campania - Paola Sonia PETILLO  
ARPAE Emilia-Romagna - Roberto MALLEGNI  
ARPA Friuli-Venezia Giulia - Sara PETRILLO  
ARPA Lazio - Alessandro Domenico DI GIOSA  
ARPA Liguria - Federico GRASSO  
ARPA Lombardia - Mauro VALENTINI  
ARPA Marche - Stefano ORILISI  
ARPA Molise - Remo MANONI  
ARPA Piemonte - Pina NAPPI

ARPA Puglia - Erminia SGARAMELLA  
ARPA Sardegna - Sergio PILURZU  
ARPA Sicilia - Marilù ARMATO  
ARPA Toscana - Marco TALLURI  
ARPA Umbria - Paolo STRANIERI  
ARPA Valle d'Aosta - Marco CAPPIO BORLINO  
ARPA Veneto - Giovanna ZIROLODO  
ARPA Bolzano - Helmut SCHWARZ  
ARPA Trento - Jacopo MANTOVAN

ULTERIORI REFERENTI ANNESSI AL GDL 6\_40:

ISPRA - Giovanni FINOCCHIARO  
ISPRA - Alessandra GALOSI  
ISPRA - Silvia IACCARINO  
ISPRA - Matteo SALOMONE  
ISPRA - Luca SEGAZZI  
ISPRA - Paola SESTILI  
ARPA Marche - Debora MANCANIELLO  
ARPA Molise - Giovanni ROMAGNOLI  
ARPA Toscana - Maddalena BAVAZZANO

Il Gdl 6\_40, svolgendo funzione di interfaccia tra il CDR e gli autori SNPA e di monitoraggio dei flussi informativi, ha favorito un completo aggiornamento dei dati e la realizzazione dei documenti.

---

#### LA TASK FORCE ANNUARIO ISPRA È COSTITUITA DA:

Giorgio CATTANI - Qualità dell'aria  
Domenico GAUDIOSO, Franco DESIATO -  
Clima, stato e cambiamenti  
Marilena INSOLVIBILE, Marina PENNA, Francesca PIVA -  
Qualità delle acque  
Fiorenzo FUMANTI, Marco DI LEGINIO, Federico ARANEO -  
Suolo e siti contaminati  
Valerio COMERCI, Alessandro TRIGILA, Francesco ASTORRI -  
Pericolosità di origine naturale e antropica  
Rosanna LARAIA, Andrea LANZ - Rifiuti  
Francesca SACCHETTI, Maria LOGORELLI, Giuseppe MENNA -  
Rumore, campi elettromagnetici, e radiazioni ionizzanti  
Francesca MINNITI - Controlli  
Alessandra GALOSI, Giovanni FINOCCHIARO -  
Comunicazione  
Lorenzo CICCARESE - Agricoltura  
Claudio PICCINI - Biodiversità

Il dettaglio degli autori è riportato all'inizio di ogni contributo.

#### LE INFOGRAFICHE SONO STATE REALIZZATE DA:

ISPRA - Matteo SALOMONE  
ARPAE Emilia-Romagna - Roberto MALLEGGNI  
ARPA Toscana - Marco TALLURI  
ARPA Toscana - Maddalena BAVAZZANO  
ARPA Toscana - Francesca BALDI  
ARPA Toscana - Gabriele ROSSI  
ARPA Piemonte - Elisa BIANCHI

#### SI RINGRAZIANO:

Il Presidente e il vice Presidente SNPA;  
i Direttori Generali SNPA, per aver promosso e sostenuto questa attività;  
il Comitato Tecnico Permanente, l'Area di Presidenza SNPA, i Responsabili dell'Area 6 Rosanna LARAIA (Coordinatore ISPRA), Carlo CIPOLLONI (Alter ISPRA), Carlo TERRABUJO (Coordinatore ARPA/APPA) per l'incoraggiamento e il supporto tecnico fornito.  
Un particolare ringraziamento al prof. Bernardo DE BERNARDINIS per aver riconosciuto l'esigenza e la rilevanza di un rapporto sullo stato dell'ambiente del Sistema.  
Un sentito ringraziamento va a tutti coloro che a vario titolo hanno collaborato alla stesura del Rapporto di Sistema sullo Stato dell'Ambiente.

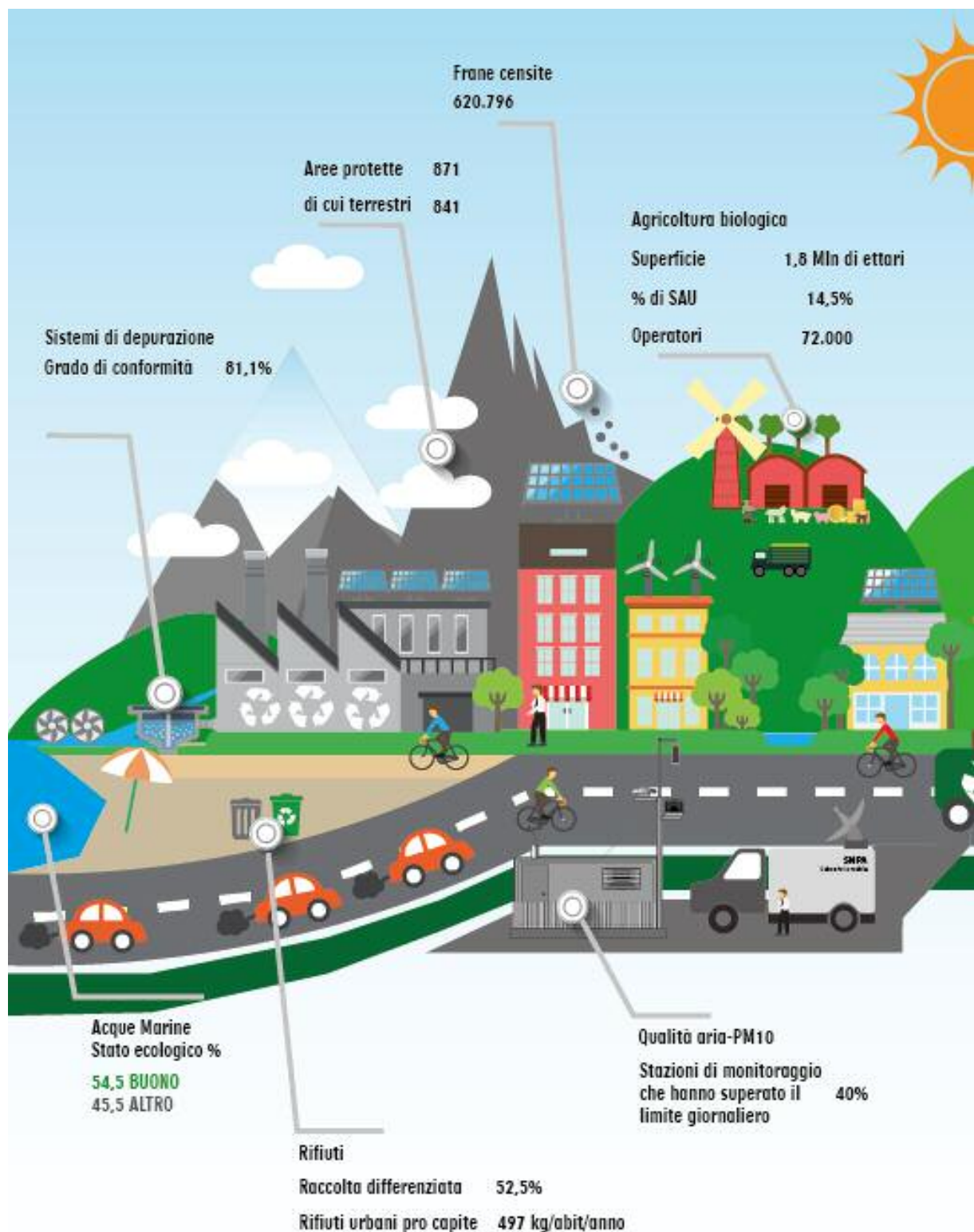
# INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| SINTESI   | 4         |
| INTRODUZIONE  | 13        |
| <b>1. QUALITÀ DELL'ARIA</b>   | <b>15</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   Lo stato della qualità dell'aria   Le emissioni dei principali inquinanti<br>  Le soluzioni intraprese o prospettate   |           |
| Le infrastrutture di osservazione della terra dallo spazio al servizio della valutazione della qualità dell'aria:<br>la piattaforma tematica del <i>Sentinel Collaborative Ground Segment</i> | 21        |
| Progetto Life integrato PREPAIR " <i>Po Regions Engaged to Policies of AIR</i> "  | 24        |
| Il Progetto Supersito della Regione Emilia-Romagna  | 27        |
| AirSelfie: un'APP per valutare l'esposizione dei cittadini all'inquinamento atmosferico   | 30        |
| Emissioni odorigene nella città di Taranto. Progetto sperimentale di monitoraggio in tempo reale<br>degli odori con il coinvolgimento diretto dei cittadini residenti                         | 33        |
| L'inquinamento odorigeno  | 36        |
| Le emissioni derivanti da trasporto stradale in Italia  | 39        |
| Messa a punto di un sistema modellistico previsionale della qualità dell'aria, progettato <i>ad hoc</i><br>sull'area di Taranto per la previsione dei <i>wind days</i>                        | 42        |
| Aria viziata nelle scuole   | 46        |
| Valutazione della qualità dell'aria nella regione Molise attraverso l'utilizzo di un sistema modellistico   | 49        |
| <b>2. CLIMA: STATO E CAMBIAMENTI</b>  | <b>53</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   Trend climatici di base   Le misure di risposta: mitigazione e adattamento   |           |
| Verso un set di indicatori di impatto dei cambiamenti climatici   | 65        |
| Il <i>network</i> di fotocamere digitali automatiche (fenocamere) per il monitoraggio dello sviluppo stagionale della vegetazione   | 68        |
| Impiego di tecniche innovative a supporto del monitoraggio dei versanti alpini e delle aree glaciali e periglaciali   | 71        |
| <b>3. QUALITÀ DELL'ACQUA</b>  | <b>73</b> |
| <b>3.1 Qualità delle acque interne superficiali e sotterranee</b>   | <b>73</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   Lo stato delle acque interne   Le principali cause di alterazione<br>  Le azioni volte alla tutela delle acque   |           |
| <b>3.2 Qualità dell'ambiente marino costiero</b>  | <b>80</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   La situazione   Le cause   Le soluzioni intraprese o prospettate   |           |
| Qualità dei dati di monitoraggio: gli interconfronti inter-agenziali sugli elementi biologici dei corsi d'acqua   | 83        |
| Il monitoraggio delle sostanze dell'elenco di controllo ( <i>Watch List</i> )   | 86        |
| Determinazione analitica di Glifosato nelle acque   | 90        |

|  |            |
|--|------------|
| Disinfezione delle acque di scarico urbane con acido peracetico: quali effetti si hanno sulla tossicità dei reflui?  | 94         |
| Uso di campionatori passivi per il monitoraggio dei fitofarmaci in alcuni fiumi trentini   | 97         |
| Posidonia oceanica e gestione degli accumuli spiaggiati  | 99         |
| Valutazione del sistema automatico di identificazione e conteggio di cellule di <i>Ostreopsis ovata</i>  | 102        |
| <i>Marine Strategy</i>   | 105        |
| Valutazione e classificazione ecotossicologica dei sedimenti utilizzando il percorso previsto dal D.M. 173/2016  | 108        |
| <b>4. SUOLO</b>  | <b>110</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   La situazione in Italia   Le cause   Le azioni volte alla tutela dei suoli  |            |
| Verso l'inventario geominerario e ambientale delle risorse minerarie solide Italiane   | 119        |
| Catasto regionale delle terre e rocce da scavo ricadenti nel campo di applicazione del D.P.R. 120 del 13 giugno 2017                                       | 122        |
| Applicazione di una nuova batteria di test tossicologici per la valutazione dei sedimenti fluviali nel Sito di interesse regionale "Fiumi Saline e Alento" | 124        |
| Esperienze del sistema agenziale nelle attività di monitoraggio degli aeriformi nei siti contaminati   | 127        |
| <b>5. PERICOLOSITÀ AMBIENTALE</b>  | <b>133</b> |
| <b>5.1 Pericolosità di origine naturale</b>  | <b>133</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   La condizione esistente   Le soluzioni intraprese o prospettate   |            |
| <b>5.2 Pericolosità di origine antropica</b>   | <b>142</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   La situazione attuale   Le cause   Le soluzioni   |            |
| Le attività svolte da SNPA a seguito della sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016 in Italia Centrale  | 148        |
| Indicatori di rischio a supporto della programmazione degli interventi di mitigazione del dissesto idrogeologico   | 151        |
| Progetto ARMOGEO – Adeguamento della Rete di Monitoraggio Geologico della Lombardia  | 154        |
| Utilizzo della modellistica a supporto della gestione degli eventi estremi (piene e magre)   | 156        |
| Inventario nazionale degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (D.Lgs. 105/2015, art.5, comma 3 e art.13, commi 1 e 9)                           | 159        |
| Amianto Antropico: caso di studio "la cittadella di Bucaletto" – Potenza   | 161        |
| Gestione dei materiali contenenti amianto derivanti dalla demolizione dei "casotti" della Spiaggia del Poetto di Cagliari                                  | 163        |



|  |            |
|--|------------|
| <b>6. RIFIUTI</b>  | <b>166</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   La produzione dei rifiuti urbani e speciali   La gestione dei rifiuti   |            |
| La Campania e l'economia circolare: la buona pratica della filiera corta del riciclo di carta e cartone  | 172        |
| Il riciclaggio delle principali frazioni oggetto di RD: metodologia per la ricostruzione dei flussi a partire dal primo impianto di destinazione fino all'impianto di recupero                               | 175        |
| Progetto speciale per contrastare l'economia sommersa, l'elusione e l'evasione   | 178        |
| <b>7. RUMORE, CAMPI ELETTROMAGNETICI, RADIAZIONI IONIZZANTI</b>  | <b>180</b> |
| <b>7.1 Rumore</b>  | <b>180</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   Il problema   Le principali sorgenti di rumore<br>  Le azioni per contenere l'inquinamento acustico   |            |
| <b>7.2 Campi elettromagnetici</b>  | <b>186</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   Il problema   Le principali sorgenti CEM<br>  Le azioni per contenere l'inquinamento elettromagnetico   |            |
| <b>7.3 Radiazioni ionizzanti</b>   | <b>192</b> |
| Messaggi chiave   Introduzione   Il problema   Le cause principali   La sorveglianza della radioattività ambientale  |            |
| Indicatore di esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle Stazioni Radio Base calcolato considerando la distribuzione della popolazione per piano nel comune di Verona                   | 198        |
| Superamento dei valori limite dei campi elettromagnetici: alcuni casi nella provincia di Reggio Calabria in siti "complessi" e per stazioni radio base di telefonia mobile                                   | 201        |
| Gli impianti nucleari in Piemonte  | 204        |
| La concentrazione di Cs-137 nelle ceneri di combustione prodotte all'interno degli impianti di teleriscaldamento a combustibile legnoso: studio del fenomeno e analisi delle problematiche ad esso correlate | 207        |
| Impatto radiologico di reflui medicali nei sistemi di depurazione urbana e in ambiente   | 210        |
| Monitoraggio di radionuclidi nei fanghi e nella acque di scarico di impianti di depurazione urbana nella Provincia di Ancona   | 213        |



Potenza complessiva impianti  
per radiotelecomunicazioni

SRB 11.446 kW

RTV 10.347 kW

Emissioni di gas serra

2015 433 MtCO<sub>2</sub>eq

2014→2015 +2,3%

Fiumi

Stato ecologico %

5 ELEVATO  
38 BUONO  
24 SUFFICIENTE  
12 SCARSO  
3 CATTIVO  
16 N.D.

Laghi

3 ELEVATO  
17 BUONO  
24 SUFFICIENTE  
5 SCARSO  
2 CATTIVO  
41 N.D.

CO<sub>2</sub>  
HFC  
N<sub>2</sub>O  
CH<sub>4</sub>

Rumore-Attività di controllo delle sorgenti

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| attività di servizio/commerciali | 56,6% |
| attività produttive              | 29,6% |
| infrastrutture di trasporto      | 7,7%  |
| attività temporanee              | 6,1%  |

Suolo consumato

|                              |    |
|------------------------------|----|
| % del totale nazionale       | 7  |
| ettari al giorno             | 30 |
| metri quadrati<br>al secondo | 3  |

Acque sotterranee  
Stato chimico %

57,6 BUONO  
25,0 SCARSO  
17,4 N.C.

# SINTESI

A cura di Anna Maria Caricchia

## 1 QUALITÀ DELL'ARIA

L'inquinamento atmosferico è uno dei maggiori fattori ambientali di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi. Le emissioni nazionali dei principali inquinanti atmosferici dal 1990 al 2015 registrano diminuzioni in un intervallo che va dal 28% (PM2,5) al 62% (NOx). Anche i livelli atmosferici di PM10, PM2,5 e NO2 mostrano un andamento decrescente. Nonostante questo, il raggiungimento degli obiettivi della Commissione (rispetto dei limiti previsti dalle direttive 2008/50/CE e 2004/107/CE entro il 2020 e raggiungimento dei livelli raccomandati dall'OMS entro il 2030) appare lontano, essendo legato all'efficacia delle politiche energetiche, agricole e sulla mobilità, che saranno adottate a livello europeo e nazionale e alla sinergia con le misure previste nei Piani per la qualità dell'aria di regioni e province autonome.

Sul tema della qualità dell'aria l'attenzione e l'impegno del SNPA si sostanzia in progetti innovativi finalizzati alla conoscenza del fenomeno e all'individuazione di efficaci misure di risanamento. Degni di nota sono: il progetto ASI-ISPRA-QA che, attraverso il ricorso a infrastrutture e **dati di osservazione satellitare** e alle previsioni di qualità dell'aria fornite dal centro europeo (ECMWF - Copernicus), ha l'obiettivo di migliorare il sistema di valutazione e previsione della qualità dell'aria su tutto il territorio nazionale; il progetto SUPERSITO, che mira al **miglioramento della conoscenza** degli aspetti ambientali e sanitari del particolato fine (PM2,5 e PM1) e ultrafine (PM0,1); il progetto PREPAIR, dove le diverse regioni del **bacino padano** collaborano per il risanamento della qualità dell'aria dei loro territori, attraverso l'implementazione di misure comuni, il monitoraggio degli obiettivi dei rispettivi piani e la misurazione dei risultati ottenuti, secondo metodologie comuni e condi-

visive. Cresce, inoltre, la **partecipazione attiva dei cittadini** alla fase di conoscenza dei fenomeni ambientali grazie ai moderni strumenti di comunicazione, come descritto dall'esperienza messa in atto in Umbria per la valutazione dell'esposizione dei cittadini all'inquinamento atmosferico (**progetto AirSelfie**) e in Puglia e nel Lazio sul tema degli **impatti odorigeni**. Si riportano ancora: un approfondimento sulle **emissioni da trasporto stradale in Italia**; la messa punto di un sistema modellistico previsionale della qualità dell'aria, progettato ad *hoc* sull'area di Taranto per la previsione dei **wind days**; il progetto "**Aria viziata a scuola**" sviluppato in Alto Adige; l'esperienza del Molise per la valutazione della qualità dell'aria con un **sistema modellistico**.

## 2 CLIMA: STATO E CAMBIAMENTI

Il recente aumento della concentrazione media globale della CO<sub>2</sub> atmosferica (oltre 400 ppm, giugno 2017) è stato senza precedenti negli ultimi 800.000 anni e la temperatura media annuale globale ha segnato nel 2016 un nuovo record per il terzo anno consecutivo. In Italia, la caratteristica più rilevante del clima nel 2016, che si è riaffermata con ancor maggiore intensità anche nel primo semestre del 2017, è stata la persistenza di condizioni siccitose e al contempo la presenza di precipitazioni di forte intensità. Nell'andamento decrescente delle emissioni di gas serra (-25,4% nel periodo 2004-2015; -16,7% nel periodo 1990-2015), dal 2014 al 2015 si è registrato un incremento (+2,3%), come probabile effetto di una ripresa economica.

Dei 197 Paesi che hanno sottoscritto l'Accordo di Parigi, 168 lo hanno ratificato e 163 hanno comunicato le azioni che si impegnano a mettere in atto per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'Accordo stesso (ottobre 2017). Il recente annuncio del ritiro degli Stati Uniti

dall'Accordo rappresenta un serio elemento di negatività, che comporterà un forte indebolimento nella lotta ai cambiamenti climatici. Nell'ambito della Strategia Energetica Nazionale 2017, sono in corso di definizione i Regolamenti per la riduzione dei gas serra: l'obiettivo relativo alle industrie energetiche e alle grandi industrie (riduzione del 43%) sembra facilmente raggiungibile attraverso l'espansione delle rinnovabili e un cambiamento del mix delle fonti fossili utilizzate, mentre quello riguardante gli altri settori emissivi (riduzione del 33%) potrebbe richiedere interventi più impegnativi. Il Ministero dell'ambiente sta inoltre predisponendo il "Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici".

Nell'ambito della "Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici", l'SNPA ha istituito nel 2016 un Gruppo di Lavoro sul tema degli impatti, della vulnerabilità e dell'adattamento ai cambiamenti climatici, finalizzato alla predisposizione di un set di **indicatori di impatto**, come strumento per monitorare essenzialmente l'efficacia delle misure di adattamento. Altre importanti esperienze sono state avviate in Valle d'Aosta dove, attraverso una rete di fotocamere digitali, vengono monitorate le alterazioni indotte sui **cicli fenologici delle piante** e si utilizzano i **droni** per seguire le variazioni in atto sui versanti alpini, le aree glaciali e periglaciali.

### 3 QUALITÀ DELL'ACQUA

**3.1 QUALITÀ DELLE ACQUE INTERNE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE** - In Italia negli anni 2010-2015 sono stati identificati 7.841 corpi idrici superficiali (7.494 fiumi e 347 laghi) e 1.052 idrici sotterranei, distribuiti in otto distretti idrografici.

In riferimento allo stato chimico, lo stato "buono" è stato raggiunto dalla gran parte dei fiumi (75%) e da circa la metà dei laghi (48%). Per lo stato ecologico, l'obiettivo

di qualità è stato raggiunto in poco meno della metà dei fiumi (43%) e nel 20% dei laghi. Il 58% e il 61% delle acque sotterranee hanno raggiunto uno stato "buono", in riferimento rispettivamente allo stato chimico e allo stato quantitativo. I corpi idrici, identificati ma non ancora classificati, sono numerosi. I determinanti più importanti per la qualità dei corpi idrici sono l'industria (solo per le acque sotterranee), l'agricoltura e lo sviluppo urbano. La maggior parte delle misure riportate nei Piani di gestione 2015, oltre a prevedere la mitigazione degli impatti idromorfologici, riguarda l'impiego efficiente e sostenibile della risorsa, le misure per prevenire o controllare l'immissione di inquinanti da pressioni di tipo diffuso e, soprattutto, la realizzazione di fognature e depuratori efficienti e adeguati, in allineamento alla normativa. In particolare, nel 2014 il grado di conformità nazionale dei sistemi di fognatura e dei sistemi di depurazione era rispettivamente del 98,9% e dell'81,1%.

### 3.2 QUALITÀ DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO

- Nel periodo 2010-2016 lo stato ecologico dei corpi idrici varia tra il "buono" e il "sufficiente", mentre numerose sono le situazioni di criticità rispetto allo stato chimico. Molti corpi idrici sono tuttora non classificati. Nel quadro del degrado diffuso e progressivo dell'intera fascia costiera europea descritto dall'EEA, il Mediterraneo rappresenta una delle maggiori criticità. Tra i principali determinanti e pressioni che provocano il degrado, per l'Italia l'EEA mette in evidenza il dato della densità di popolazione lungo le coste che è più del doppio della media nazionale.

Un'esperienza importante sul tema della qualità delle acque è quella sui **confronti interlaboratorio inter-agenziali**: organizzata dal 2015 da ARPA Lombardia, ha

l'obiettivo di assicurare attendibilità, precisione e comparabilità nel monitoraggio degli elementi biologici dei corsi d'acqua sull'intero territorio nazionale. Altra esperienza significativa è rappresentata dal **monitoraggio della Watch List** (elenco di sostanze pericolose emergenti che ogni Stato Membro deve monitorare nei corsi d'acqua): i campioni prelevati nelle 25 stazioni individuate sul territorio italiano dalle Agenzie, sono stati analizzati nei laboratori di ARPA Lombardia e ARPA FVG individuati come strutture di riferimento. Tra i laboratori di eccellenza si segnala anche il laboratorio di ARPA Toscana per la **determinazione del glifosato** in acque superficiali e sotterranee. In materia di acque di scarico, ARTA Abruzzo ha condotto approfondimenti sull'impatto **dell'acido peracetico (PAA)**, con l'obiettivo di proporre un valore come «limite di legge» per l'utilizzo di questa sostanza nella disinfezione delle acque di scarico. L'esperienza di APPA Trento riguarda l'utilizzo dei **campionatori passivi**, che rappresentano un efficace strumento di analisi semi-quantitativa di contaminanti particolarmente difficili da determinare con le metodologie di campionamento convenzionali.

Interessante è lo studio sulla **Posidonia oceanica** in cui ISPRA promuove la creazione di un modello di Spiaggia ecologica per un turismo balneare consapevole ed ecosostenibile nel rispetto del ruolo ecologico delle cosiddette *banquettes* di Posidonia. Altra esperienza importante è quella sull'**Ostreopsis ovata** nella quale ISPRA e un Gruppo interagenziale costituito ad *hoc* ha testato un nuovo sistema opto-elettronico per la valutazione e il conteggio delle cellule che consente un notevole risparmio di tempo. Il lavoro svolto dalle agenzie nell'ambito della **Strategia Marina**, ha permesso all'Italia di approfondire la conoscenza del nostro mare e di rendere omogenee le operazioni di monitoraggio; tra le

attività svolte, spicca per attualità quella relativa al monitoraggio delle microplastiche in mare. Interessante è infine l'esperienza maturata da ARPA Marche in materia di valutazione e classificazione ecotossicologica di **sedimenti marini**.

#### 4 SUOLO

In Italia, sono oggi irreversibilmente persi circa 23.000 km<sup>2</sup> di suolo: il fenomeno continua a crescere, seppur con un sensibile rallentamento nella velocità di trasformazione. Il JRC stima per l'Italia una perdita di suolo per erosione idrica superiore a 8,50 tonnellate/ettaro\*anno (la media europea è di circa 2,46 tonnellate/ettaro\*anno). I siti di interesse nazionale (SIN) sono attualmente 40; quelli da bonificare registrati nelle anagrafi regionali sono circa 22.000 (il procedimento di bonifica è concluso per circa 10.000). Nell'ambito delle procedure di bonifica dei SIN la fase di caratterizzazione del sito, in riferimento al suolo, è stata ultimata per il 65% della superficie totale dei siti mentre il procedimento di bonifica risulta concluso in modeste porzioni dei SIN.

Per quanto riguarda le attività estrattive, nel 2014 erano in vigore 143 concessioni minerarie, di cui solo 86 in produzione (la situazione attuale non dovrebbe discostarsi). Restano aperte le problematiche ambientali relative alle centinaia di siti minerari abbandonati, 321 dei quali presentano un grado di rischio ecologico-sanitario alto e medio-alto. Nel 2014, su 4.489 cave con autorizzazione in vigore, ne risultavano produttive solo 2.652.

Nonostante il suolo fornisca servizi ecosistemici di enorme valore e svolga funzioni ecologiche e socio-economiche fondamentali, ancora non esiste una specifica normativa di riferimento per la sua protezione. Nell'ultimo decennio, la comunità scientifica si è mobilitata per accrescere la consapevolezza sulla gravità dei fenomeni di riduzione della funzionalità dei suoli e di



perdita totale delle coperture pedologiche. Nell'ambito della Conferenza Rio+20, è stata riconosciuta la necessità di azioni urgenti per invertire il processo di degrado del suolo; il monitoraggio del territorio è presente nell'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. A livello europeo è ripresa l'attività per definire un apparato normativo di protezione dei suoli; a livello nazionale è in discussione una legge relativa al consumo di suolo (Disegno di Legge n.2039), che riconosce l'importanza del suolo come bene comune e risorsa non rinnovabile, fondamentale per i servizi ecosistemici che produce, anche in funzione della prevenzione e della mitigazione degli eventi di dissesto idrogeologico e delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.

In un contesto legislativo obsoleto e lacunoso, è di grande rilevanza la realizzazione dell'**inventario nazionale delle attività estrattive**, che va a colmare la mancanza di un quadro organico a livello nazionale, propedeutico per l'elaborazione di qualsivoglia strategia nazionale. Analogamente, il **Catasto delle Terre e Rocce da Scavo** istituito in Emilia-Romagna è uno strumento utile che permette di ricostruire a scala regionale un solido quadro conoscitivo relativo alle terre e rocce da scavo. Sempre in tema di sostenibilità e valutazione della qualità dei suoli si inseriscono il lavoro di ARTA Abruzzo basato su un approccio integrato nella caratterizzazione dei sedimenti fluviali del **SIR Saline Alento** e l'esperienza del SNPA nel **monitoraggio degli aeri-formi** nei siti contaminati.

## 5 PERICOLOSITÀ DI ORIGINE NATURALE E ANTROPICA

**5.1 PERICOLOSITÀ DI ORIGINE NATURALE** - Il territorio italiano è particolarmente soggetto a pericolosità di natura geologica per le sue caratteristiche geologico-

strutturali e geomorfologiche. La lunga sequenza sismica che ha colpito l'Italia Centrale è indubbiamente il fenomeno di origine naturale che ha caratterizzato il 2016 per gli ingenti danni che ha procurato (perdite di vite umane, distruzione del patrimonio costruttivo, artistico-culturale e infrastrutturale) e per gli effetti ambientali indotti (frane e anche fagliazione superficiale, sinkhole e variazioni idrologiche). Anche i fenomeni meteorici avvenuti nel 2016, spesso concentrati in poche ore con intensità elevata (le cosiddette bombe d'acqua), e intervallati a lunghi periodi siccitosi e con scarsissime precipitazioni, hanno indotto effetti ambientali (frane) e danni ingenti a persone e cose.

In termini di prevenzione sismica, sono state emanate le linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni, che consentiranno di classificare gli edifici esistenti. Inoltre tramite il sismabonus sono stati incentivati fiscalmente interventi per la riduzione del rischio sismico degli edifici.

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia riveste grande importanza, essendo utilizzato come strumento tecnico di base per l'aggiornamento delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), per la progettazione preliminare di reti infrastrutturali, per la programmazione di interventi di difesa del suolo, per la gestione delle emergenze idrogeologiche e la redazione dei Piani di Emergenza di Protezione Civile.

Il "Piano stralcio aree metropolitane e urbane contro le alluvioni" (Delibera CIPE N. 32/2015) e il "Piano del fabbisogno nazionale contro il dissesto idrogeologico" sono i principali strumenti tecnico-normativi per la mitigazione del rischio idrogeologico messi in campo dalla Struttura di Missione Italia Sicura della Presidenza del Consiglio dei Ministri e dal MATTM.

**5.2 PERICOLOSITÀ DI ORIGINE ANTROPICA** - Per pericolosità di origine antropica s'intende la pericolosità per la vita umana e l'ambiente, derivante da attività umane potenzialmente pericolose. In questa ampia definizione rientrano tutte le industrie, ma in particolare gli stabilimenti a rischio di incidenti rilevanti (RIR), definiti tali per la presenza all'interno di determinate sostanze pericolose. Sulla base delle informazioni contenute nell'Inventario nazionale degli stabilimenti RIR, ad aprile 2017 in Italia, risultano registrati 945 stabilimenti RIR; gli "impianti chimici" (149) sono i più numerosi seguiti dai depositi di "stoccaggio di GPL" (127). Il quadro normativo a livello europeo e nazionale dei controlli sui rischi di incidenti rilevanti, che si è sviluppato attraverso quattro successive direttive (Seveso) e relativi recepimenti nazionali, è ormai definito e maturo. Le attività di risposta messe in atto in Italia, pur se in linea con quelle adottate negli altri Paesi UE, presentano ampi margini di miglioramento, che potranno essere conseguiti anche attraverso l'introduzione, già prevista dalla normativa, di un sistema di tariffe a carico dei gestori di stabilimenti a rischio di incidente rilevante.

Di notevole rilevanza è stata l'attività svolta da ISPRA nell'area del **sisma**, dove nel periodo emergenziale anche in collaborazione con esperti delle Agenzie ha eseguito 420 sopralluoghi. Ancora oggi ISPRA è presente nelle aree terremotate dove coordina le attività nell'Unità Operativa Territoriale "Marche 3", con la finalità di dotare i comuni della cosiddetta Area 1 della microzonazione sismica di terzo livello. Tra le attività di livello nazionale, si cita l'attività di definizione degli **indicatori di rischio idrogeologico** come strumenti di supporto alla programmazione degli interventi di mitigazione del dissesto idrogeologico da parte dei decisori politici. Degni di nota sono: il Centro di Moni-

toraggio Geologico (CMG) di ARPA Lombardia e il progetto **ARMOGEO**, finalizzato all'adeguamento tecnologico e al potenziamento delle reti di monitoraggio di 18 aree in dissesto presenti sul territorio lombardo, e il Centro Funzionale per la previsione e gestione delle piene sviluppato in Piemonte, che giornalmente fornisce una valutazione delle **criticità** presenti sul **reticolo idrografico** della regione.

L'**Inventario nazionale degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante** è senza dubbio uno strumento essenziale per la prevenzione del rischio di origine antropica: esso, sulla base delle informazioni archiviate e aggiornate continuamente, fornisce gli elementi preliminari per la determinazione del potenziale rischio per la popolazione e l'ambiente correlato alla presenza di una industria classificata RIR, ha un ruolo fondamentale per il monitoraggio e per la verifica dell'attuazione delle norme in materia di controlli sui pericoli di incidente rilevante ed è un valido strumento di supporto alle Autorità comunali anche per l'informazione alla popolazione. Particolare determinante di pressione di origine antropica è l'amianto, utilizzato nell'edilizia negli anni passati e ancor oggi presente in numerosi manufatti. Sul tema specifico ARPA Basilicata ha condotto un'ampia campagna di prelievo ed analisi nella **Cittadella di Bucaletto** che, sorta nell'immediata periferia di Potenza come residenza temporanea per i terremotati del 1980, è costituita da 500 prefabbricati con presenza di amianto, che tuttora ospitano oltre 2.000 residenti. Sempre sul tema amianto singolare è il caso della **spiaggia di Poetto**, a Cagliari, dove proseguono gli interventi di risanamento della spiaggia da materiali contenenti amianto derivanti dalla demolizione dei 1400 "casotti" costruiti negli anni venti e utilizzati come residenza estiva fino agli anni settanta.



## 6 RIFIUTI

Tra il 2015 e il 2016 la produzione dei rifiuti urbani è cresciuta (+2%), in linea con l'andamento degli indicatori socio-economici; la produzione pro capite è stata di 497 kg per abitante per anno, con una crescita rispetto all'anno precedente, di 10 kg per abitante per anno. Dal 2014 al 2015 la produzione nazionale dei rifiuti speciali è aumentata del 2,4% ed è il settore delle costruzioni e demolizioni che ha contribuito maggiormente. Nel 2016, la percentuale di raccolta differenziata si è attestata al 52,5% circa della produzione nazionale, con una crescita di 5 punti rispetto al 2015: nonostante l'incremento registrato, la raccolta differenziata ancora non raggiungeva l'obiettivo del 65% fissato per il 2012, mantenendosi ancora al disotto del 60% (obiettivo fissato per il 2011). Lo smaltimento in discarica ha interessato il 25% dei rifiuti urbani prodotti.

Nell'ambito del tema dei rifiuti visti non più come un problema, ma come una opportunità di sviluppo anche economico, si inserisce l'esperienza della Campania nel **riciclo di carta e cartone**, che dimostra come possano nascere buone pratiche per lo sviluppo di modelli di economia circolare su scala locale, anche in una regione storicamente segnata dalle emergenze. L'effettivo **riciclaggio dei rifiuti**, che costituisce un importante elemento nell'incentivare il cittadino ad effettuare la raccolta differenziata rendendolo partecipe del processo di riciclo, è stato stimato in Emilia-Romagna da parte di ARPAE. Da segnalare infine l'esperienza di ARPA Toscana impegnata nel progetto per il potenziamento dei **controlli ambientali** finalizzati a **contrastare** l'insorgere di un'economia illegale.

## 7 RUMORE, CAMPI ELETTROMAGNETICI E RADIAZIONI IONIZZANTI

**7.1 RUMORE** - L'inquinamento acustico costituisce uno dei principali problemi ambientali, soprattutto negli agglomerati urbani dove si concentrano le principali sorgenti di rumore. In riferimento a questo tema, l'attenzione da parte dei cittadini e la richiesta di tutela personale e dell'ambiente sono elevate: nel 2016 circa 93 controlli su 100 delle ARPA/APPA sono stati svolti a seguito di esposti della cittadinanza e nel 40,6% di sorgenti controllate sono stati riscontrati superamenti dei limiti normativi. Ad oggi permangono ancora numerose criticità nell'applicazione della normativa nazionale: solo il 59% dei comuni ha approvato un piano di classificazione acustica, principale strumento di pianificazione e gestione sul territorio dell'inquinamento acustico. In questo contesto il D.Lgs. 42/2017 rappresenta un importante avanzamento e l'avvio di un riesame più generale della materia.

**7.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI** - L'attenzione della popolazione verso le sorgenti elettromagnetiche è alta. Nel 2016, il 43% dei controlli effettuati dalle ARPA/APPA ha riguardato impianti, principalmente impianti radio-televisivi, stazioni radio base per telefonia mobile ed elettrodotti, oggetto di segnalazioni da parte dei cittadini. Il numero totale dei casi di superamento dei limiti di legge registrati a luglio 2017 è risultato sostanzialmente invariato rispetto all'anno precedente. A luglio 2017 i casi di superamento risanati relativi agli impianti RTV, SRB ed ELF sono stati rispettivamente il 61%, l'83% e il 70% del totale. È attualmente in corso la discussione sul decreto attuativo previsto dalla legge 22 febbraio 2001, n. 36 (art. 7, comma 1) riguardante l'archiviazione delle informazioni relative alle sorgenti ELF nel Catasto elettromagnetico nazionale.

---

**7.3 RADIAZIONI IONIZZANTI** - Nel nostro paese sono in corso le attività connesse alla disattivazione delle centrali nucleari ed è sempre più diffuso l'impiego delle radiazioni ionizzanti nelle applicazioni medico-diagnostiche. L'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti deriva principalmente dalla radioattività naturale, il cui contributo maggiore è rappresentato dal radon: in Italia, l'esposizione al radon, che si stima sia la causa di 3.400 tumori polmonari su un totale di 31.000 casi ogni anno, rappresenta la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di sigaretta.

Nel Comune di Verona è stata messa a punto una metodologia per sintetizzare in modo semplice e immediato l'**impatto** degli **impianti di telefonia cellulare** sul territorio e sulla popolazione e per monitorare l'evoluzione dello stato dell'ambiente elettromagnetico nel tempo. Per la Calabria si riportano le attività effettuate a seguito di superamenti dei limiti dei **campi elettromagnetici** per alcuni impianti ubicati nei comuni di Villa San Giovanni e Palmi.

Il Piemonte, con tre siti nucleari presenti sul suo territorio, è la regione più coinvolta nelle attività connesse alla disattivazione delle centrali nucleari. In attesa della fase di *decommissioning* e del Deposito Nazionale previsto dalla politica nazionale, complessivamente la regione ad oggi detiene più del 70% dei **rifiuti radioattivi italiani** e la quasi totalità del combustibile nucleare irraggiato. Significativa è l'indagine interagenziale svolta in Friuli Venezia-Giulia per valutare l'**impatto sulla popolazione** derivante dall'uso delle ceneri prodotte da scarti di boschi della regione esposti alla ricaduta di  $^{137}\text{Cs}$  a seguito dell'incidente avvenuto alla centrale nucleare di Chernobyl. Tra le attività per valutare l'impatto

ambientale si riporta quella svolta sui **reflui medicali** all'interno dei sistemi di depurazione urbana e in ambiente in Veneto e quella sui **fanghi di depurazione** nelle Marche.

# INTRODUZIONE

ISPRA e le Agenzie regionali e provinciali sono i principali produttori e detentori dei dati e della conoscenza ambientale. Per una più efficace e omogenea divulgazione dell'informazione ambientale prodotta dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambiente, nell'ambito del "Programma triennale 2014-2016 esteso 2017" sono state attivate due aree, una metodologica e una di produzione di report, dedicate al *reporting* ambientale. In tale ambito nasce il Rapporto Ambiente di Sistema.

La fonte dei dati/indicatori è costituita dall'Annuario dei dati ambientali di ISPRA. Il Rapporto consta di due documenti denominati "Ambiente in Primo Piano" e "Ambiente in Primo Piano: Indicatori e Specificità regionali", alla cui predisposizione ha partecipato la totalità del SNPA.

Il presente documento "Ambiente in Primo Piano" è strutturato per tematiche/capitoli ambientali (aria, clima, acqua, suolo, pericolosità di origine naturale e antropica, rifiuti, rumore, campi elettromagnetici, radiazioni ionizzanti) e fornisce una lettura dello stato dell'ambiente a livello nazionale secondo il noto modello DPSIR, illustrato anche tramite infografica. Ciascuna tematica è arricchita con brevi articoli che riguardano attività SNPA particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività.



# 1. QUALITÀ DELL'ARIA

Antonella Bernetti, Giorgio Cattani, Mariacarmela Cusano, Riccardo De Lauretis, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Giuseppe Gandolfo, Gianluca Leone (ISPRA)

## Messaggi chiave

L'inquinamento atmosferico determinato dalle attività antropiche è un fattore riconosciuto di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi.

Si osserva un andamento generalmente decrescente nel medio periodo (2007 - 2015) delle concentrazioni di PM10, PM2,5 e NO<sub>2</sub>. Tuttavia i limiti previsti dalla legislazione vigente sono ancora superati su buona parte del territorio nazionale e l'obiettivo di rispettare i livelli raccomandati dall'OMS appare lontano.

## Introduzione

L'inquinamento atmosferico determinato dalle attività antropiche è un fattore riconosciuto di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi.

In Italia è in vigore il D.Lgs. 155/2010, testo unico che recepisce le direttive 2008/50/CE e 2004/107/CE e regola le modalità di valutazione e gestione della qualità dell'aria. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indica per il PM10 e per il PM2,5 obiettivi più restrittivi rispetto alla direttiva 2008/50/CE e stima una

## DPSIR\_Qualità dell'aria

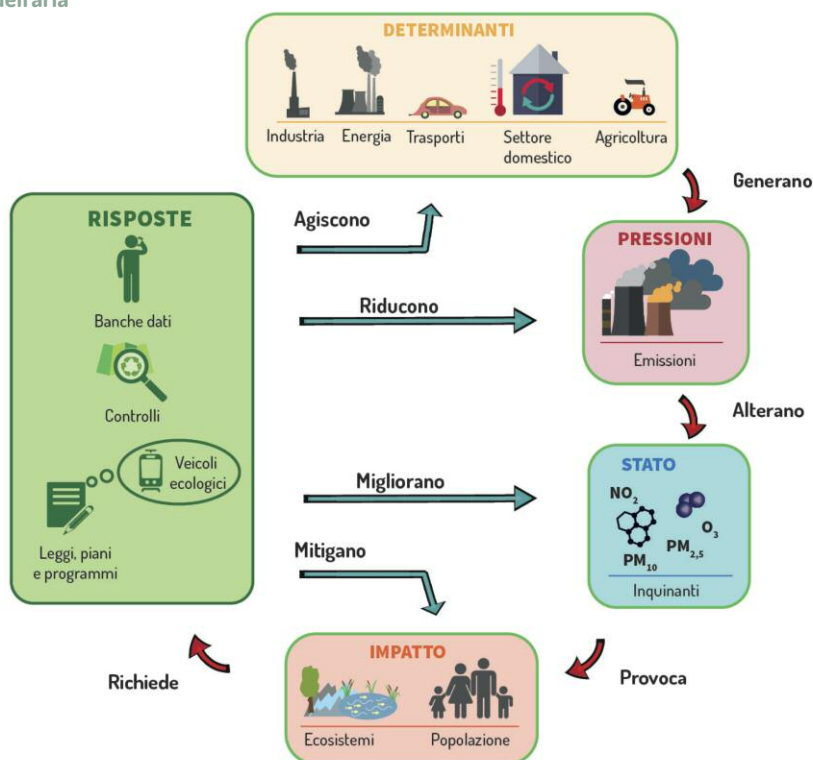
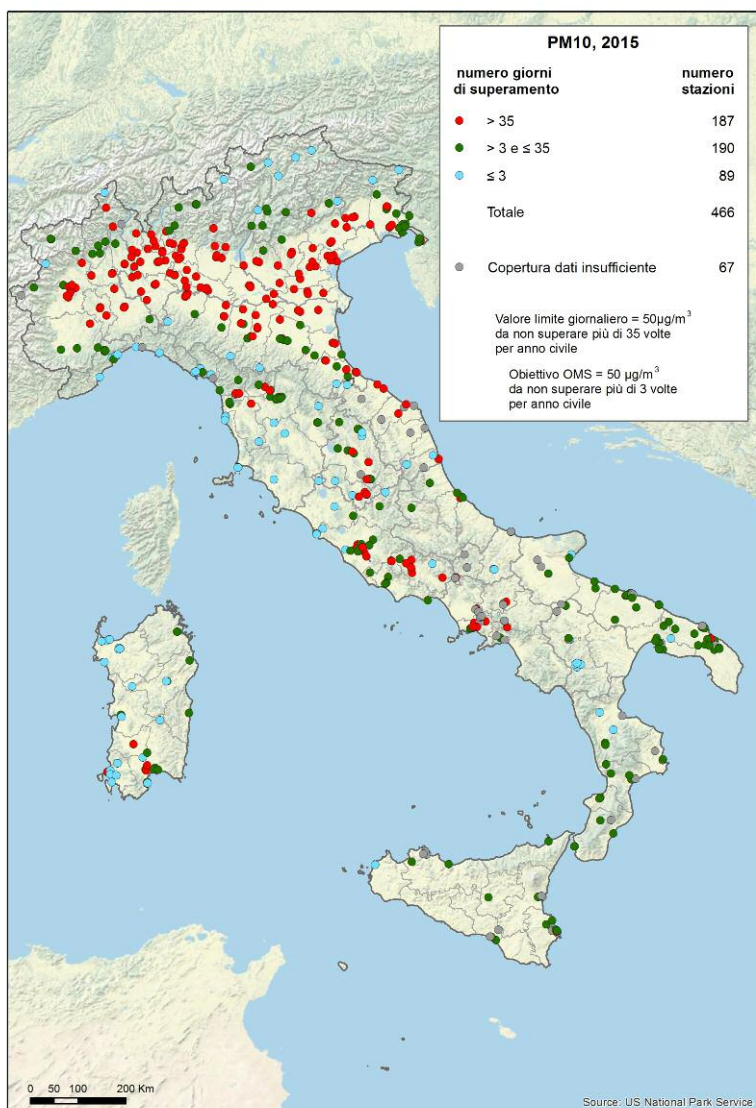


Figura 1.1: PM10, 2015. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero del D.Lgs.155/2010 e del valore di riferimento OMS per l'esposizione umana a breve termine



Fonte: ISPRA

significativa riduzione della mortalità associata all'esposizione a materiale particolato qualora tali obiettivi fossero rispettati.

### Lo stato della qualità dell'aria

L'analisi dei *trend* di medio periodo (2007 – 2015) eseguita con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità, permette di individuare una tendenza decrescente statisticamente significativa per il PM10 (70% dei casi, 118 stazioni di monitoraggio su 169), per il PM2,5 (62% dei casi, 29 stazioni di monitoraggio su 47) e per NO<sub>2</sub> (77% dei casi, 173 stazioni di monitoraggio su 225). Dall'analisi dei *trend* per l'ozono invece non emerge una tendenza generale statisticamente significativa.

Nonostante dunque si continui a osservare una lenta riduzione dei livelli di PM10, PM2,5 e NO<sub>2</sub> in Italia, coerente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio (EEA, 2016), come risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del particolato secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca), il raggiungimento degli obiettivi della Commissione, per quanto riguarda l'Italia, appare di difficile realizzazione, avendo come orizzonte temporale il 2020. In particolare, per il PM10, se da una parte il valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m<sup>3</sup> come media annua) risulta nel 2015 sostanzialmente rispettato (nel 96% delle stazioni si registrano valori inferiori), l'obiettivo OMS, ben più ambizioso (20 µg/m<sup>3</sup> come media annua), è ben lungi dall'essere raggiunto (nel 2015 solo il 22% delle stazioni di monitoraggio avevano fatto registrare livelli medi annuali inferiori a tale valore).

Ancora più lontano risulta inoltre il raggiungimento degli obiettivi relativi all'esposizione a breve termine della po-

polazione: in questo caso, non solo l'obiettivo di rispettare i livelli raccomandati dall'OMS sembra lontanissimo (nell' 81% dei casi si registrano più di tre superamenti della soglia di 50 µg/m<sup>3</sup> per la media giornaliera) ma anche rispettare quello previsto dalla legislazione vigente (non più di 35 superamenti in un anno) è ancora difficile su tutto il territorio nazionale (nel 2015 non era rispettato nel 40% dei casi). Bisogna tener conto del fatto che gran parte del Paese è stato interessato da fine ottobre 2015 a tutto dicembre da un eccezionale periodo di stabilità atmosferica, con scarso rimescolamento verticale e orizzontale. In queste condizioni si verifica l'accumulo degli inquinanti atmosferici in bassa quota e sono favoriti i processi di formazione di particolato secondario. Tale situazione ha contribuito a determinare nelle aree più sensibili del Paese (il bacino padano, le valli dell'entroterra alpino e appenninico, alcune grandi aree urbane del Centro e del Sud) un periodo di continuo superamento dei valori limite giornalieri del PM10.

Occorre anche ricordare che in Italia l'obiettivo a lungo termine per l'ozono è sistematicamente superato nella quasi totalità delle regioni. Inoltre sono frequenti e intensi soprattutto al Nord, nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare, i superamenti della soglia di informazione, mentre i superamenti della soglia di allarme si registrano solo in maniera sporadica.

### Le emissioni dei principali inquinanti

L'analisi delle serie storiche delle emissioni degli inquinanti e dei rispettivi precursori è fondamentale ai fini della comprensione del fenomeno dell'inquinamento atmosferico.

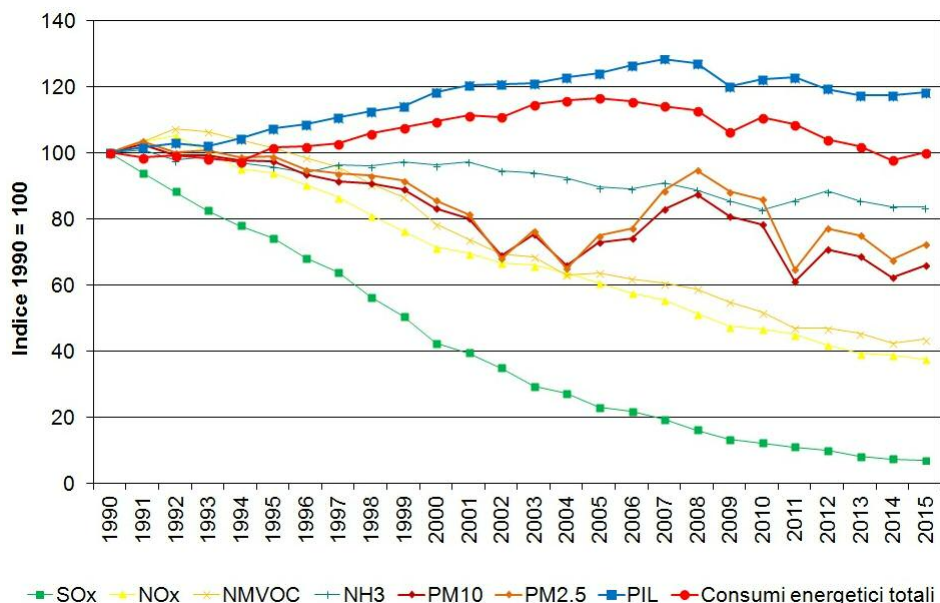
Le emissioni nazionali di ossidi di azoto registrano una marcata decrescita dal 1990 al 2015 (-62,4%) determi-

nata dalla forte diminuzione delle emissioni derivanti dal trasporto. Il contributo emissivo del trasporto stradale si mantiene negli anni abbastanza stabile, pari a circa la metà del totale emesso a livello nazionale (51,7% nel 2015). A partire dal 1993, a seguito dell'installazione dei catalizzatori nei veicoli, il *trend* crescente di tali emissioni si inverte e si riducono nel 2015, del 58,2% rispetto al 1990.

Le emissioni di NO<sub>x</sub> derivanti dal trasporto *off-road*, pur decrescendo dal 1990 del 50,6%, rappresentano la seconda fonte di emissione a livello nazionale, contribuendo nel 2015 al 16,9% del totale emesso. Dalla combustione non industriale proviene l'11,4% delle emis-

sioni, mentre dalla combustione industriale e dalla combustione nel settore della produzione di energia e dell'industria di trasformazione rispettivamente l'8,5% ed il 6,8% del totale emesso a livello nazionale nel 2015. Importanti misure che hanno contribuito all'abbattimento delle emissioni nazionali di NO<sub>x</sub>, oltre ai catalizzatori nei veicoli per il trasporto stradale, sono l'adozione di misure volte al miglioramento dei processi di combustione e di tecnologie di abbattimento dei fumi nella produzione energetica e nell'industria e il passaggio dall'olio e il carbone al gas naturale, come combustibile principale, così come la diminuzione dell'uso di combustibili fossili per la produzione di energia.

**Figura 1.2: Andamento delle emissioni nazionali di alcuni inquinanti in relazione all'andamento del PIL e dei consumi energetici totali**



Fonte: Stime ISPRA, 2017



Le emissioni nazionali di COVNM, che registrano dal 1990 al 2015 una decrescita pari a -56,5%, derivano fondamentalmente dall'uso di solventi (41,9% delle emissioni totali nel 2015) che tuttavia si riducono del 41,6% rispetto al 1990, dalla combustione non industriale (23,7% delle emissioni nel 2015) che cresce del 94,1% rispetto al 1990 e dai trasporti (il trasporto su strada e le altre sorgenti mobili rappresentano rispettivamente il 17,1% ed il 3,7% delle emissioni totali nel 2015). La decrescita maggiore riguarda il trasporto (dal 1990 -83,3% per il trasporto stradale e -76,7% per le altre sorgenti mobili).

A partire dall'introduzione dei modelli Euro 1, si assiste a una graduale riduzione delle emissioni su strada. Le emissioni evaporative, legate ai veicoli a benzina, dipendenti dalla temperatura e dalla tensione di vapore del combustibile, si sono ridotte negli anni a seguito dell'introduzione di dispositivi quali il canister (-68,9% dal 1990). Nonostante la decrescita in valore assoluto, la quota evaporativa sul totale cresce negli anni, rappresentando nel 2015 il 40,0% delle emissioni totali su strada di composti organici volatili non metanici (nel 1990 era 21,5%).

Le emissioni nazionali di particolato primario evidenziano a livello totale una marcata riduzione negli anni (stime relative alle emissioni di origine primaria, al netto delle emissioni di origine secondaria e della risospensione delle polveri depositatesi al suolo).

Le emissioni nazionali di PM10 primario decrescono dal 1990 al 2015 del 34,1%.

Le emissioni provenienti dal riscaldamento crescono del 64,9% tra il 1990 e il 2015, rappresentando nel 2015 il settore più importante con il 62,4% di peso sulle emissioni totali.

Il trasporto stradale rappresenta una fonte importante di inquinamento riguardo alle polveri, soprattutto in con-

siderazione delle particolari criticità nei grandi centri urbani e contribuisce alle emissioni totali con una quota emissiva del 12,2% nel 2015, presentando tuttavia una riduzione nell'intero periodo pari al 59,1%. La riduzione delle emissioni di PM10 su strada registrata negli anni è legata all'introduzione delle Direttive europee di controllo e di limitazione delle emissioni di particolato al tubo di scarico dei veicoli, fondamentalmente all'installazione del filtro antiparticolato. Mentre da un lato si assiste a una riduzione della quota "exhaust" sul particolato totale emesso, la quota "not exhaust" (usura di gomme e freni e abrasione della strada) evidenzia una crescita assumendo rilevanza gradualmente crescente sul totale.

Per quanto riguarda il PM2,5, la riduzione, a partire dal 1990, è meno consistente (-27,7%) e le emissioni per il riscaldamento degli edifici (prevalentemente con l'utilizzo della legna) rappresentano il 69,1% delle emissioni nazionali.

### Le soluzioni intraprese o prospettate

La possibilità di realizzare gli obiettivi fissati dalla commissione Europea, a breve (ottenere, al più tardi entro il 2020 un significativo miglioramento della qualità dell'aria *outdoor* in Italia, che si avvicini ai livelli raccomandati dall'OMS con la piena conformità alle norme vigenti) e a lungo termine (ridurre significativamente gli impatti sulla salute e sugli ecosistemi entro il 2030), è legata all'efficacia delle politiche energetiche, agricole e sulla mobilità che saranno adottate a livello europeo e nazionale nonché alla sinergia con le misure previste nei Piani per la qualità dell'aria che regioni e province autonome hanno l'obbligo di adottare nel caso in cui i livelli in aria ambiente degli inquinanti, superino i rispettivi valori limite o obiettivo (art. 9, DLgs 155/2010).

Le misure che regioni e province autonome hanno co-

municato in relazione ai superamenti registrati nel periodo 2005-2012, sono prevalentemente relative al settore trasporti (oltre il 50%), ma non mancano quelle ricadenti nei settori commerciale-residenziale (15-22%) e industria<sup>1</sup> (7-10%), tutti stabili nel periodo in esame. La voce "altro"<sup>2</sup> è in diminuzione (dal 19% del 2005 al 10% del 2012), tale diminuzione potrebbe essere attribuita a una maggiore accuratezza nella classificazione delle misure, che regioni e province autonome hanno raggiunto nel corso degli anni). Si osserva viceversa un notevole aumento delle misure previste nel settore agricoltura<sup>3</sup> (da 0,3% nel 2005 a 10% nel 2012).

La maggior parte delle misure è attuata a livello regionale (80%) con orizzonte temporale di lungo termine (70%) e obiettivo di mitigazione prevalentemente locale (circa il 70% delle misure ha agito su fonti emissive situate in zone/agglomerati).

Le informazioni previste nel nuovo formato, relative alla ripartizione delle fonti o "source apportionment" (SA), ossia l'individuazione e la quantificazione del contributo delle diverse sorgenti emissive ai livelli di fondo regionale<sup>4</sup>, fondo urbano<sup>5</sup> e incremento locale<sup>6</sup> degli inquinanti i cui valori limite sono stati superati, confermano che il contributo principale ai livelli di fondo regionale di PM10 e di NO<sub>2</sub> proviene dalle emissioni prodotte all'interno dei confini nazionali; le sorgenti che contribui-

scono maggiormente ai livelli di fondo urbano e incremento locale di PM10 sono i settori traffico e commerciale-residenziale; la sorgente che più contribuisce ai livelli di fondo urbano e incremento locale di NO<sub>2</sub> è il settore traffico.

## Bibliografia

EEA, 2016. *Report 28/2016 – Air quality in Europe – 2016 report. Consultazione del 7 dicembre 2017* da: [www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016](http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016)

ISPRA, 2017. *Italian Emission Inventory 1990-2015. Informative Inventory Report 2017*. Rapporti 262/2017.

<sup>1</sup> Nel settore industria è compresa la produzione di calore ed energia.

<sup>2</sup> È da precisare che nel nuovo formato sono stati aggiunti due settori a quelli sopra elencati, ossia trasporto marittimo e altri trasporti fuori strada (da qui in avanti denominato off-road), perciò per la suddetta rappresentazione nell'arco temporale 2005-2012, le misure del 2012 ricadenti nei due settori trasporto marittimo e off-road sono state conteggiate nel settore "altro".

<sup>3</sup> Il settore comprende anche le attività relative agli allevamenti.

<sup>4</sup> Il livello di fondo regionale è la concentrazione di inquinante rilevata in assenza di sorgenti su una scala spaziale dell'ordine dei 30km (STAFF WORKING PAPER, SEC(2008) 2132)

<sup>5</sup> Il livello di fondo urbano è la concentrazione di inquinante rilevata, in aggiunta al fondo regionale, in assenza di sorgenti locali nelle città e negli agglomerati (STAFF WORKING PAPER, SEC(2008) 2132)

<sup>6</sup> L'incremento locale è la concentrazione di inquinante determinata dalle sorgenti locali, ubicate nelle immediate vicinanze (STAFF WORKING PAPER, SEC(2008) 2132)

## Le infrastrutture di osservazione della terra dallo spazio al servizio della valutazione della qualità dell'aria: la piattaforma tematica del *Sentinel Collaborative Ground Segment*

Giorgio Cattani (ISPRA)<sup>1</sup>, Marco Deserti (ARPAE Emilia-Romagna)<sup>2</sup> e GdL del progetto ASI-ISPRA-QA<sup>3</sup>

Il programma *Copernicus*, coordinato e gestito dalla Commissione Europea (CE), ha l'obiettivo di raccogliere i dati di osservazione della terra dallo spazio e dai sensori a terra e di fornire quotidianamente agli utenti le informazioni ottenute da diversi sistemi di elaborazione dei dati attraverso una serie di servizi operativi.

Il *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS), sviluppato per soddisfare le necessità nel campo dello studio dell'atmosfera e delle sue modificazioni, mette al servizio dei tecnici, dei decisori e dei cittadini informazioni di alto livello sull'ambiente atmosferico, frutto di anni di ricerca applicata, finanziata dalla stessa CE attraverso una serie di progetti<sup>4</sup>.

Per soddisfare i requisiti operativi del programma *Copernicus* è stata sviluppata la famiglia di satelliti *Sentinel* che forniscono (e forniranno a regime), tra gli altri, dati su tutta una serie di parametri utili alla valutazione e gestione della qualità dell'aria<sup>5</sup>.

I dati e i prodotti della loro elaborazione si traducono in servizi utili per finalità istituzionali ed industriali: questi sono forniti in modalità standard e personalizzata attraverso il Sistema acquisizione e distribuzione dati della *European Space Agency* (*Core Ground Segment* dell'ESA<sup>6</sup>), che sarà completato e integrato dal Sistema ac-

quisizione e distribuzione dati dell'Agenzia Spaziale Italiana (*Collaborative Ground Segment* dell'ASI - *National Point of Contact* per l'Italia) a supporto dell'utilizzo nazionale<sup>7</sup>.

Nel 2016 ISPRA e ASI hanno sottoscritto un accordo quadro di programma finalizzato a favorire la collaborazione nella programmazione e realizzazione di attività nel campo dell'osservazione della terra e nelle materie scientifiche di comune interesse. Il progetto "Piattaforma Tematica del *Sentinel Collaborative GS* per la Qualità dell'Aria", di durata triennale, è il primo dei progetti scaturiti dall'accordo e prevede lo sviluppo di un componente di una piattaforma tematica dedicata alla valutazione, previsione e gestione della qualità dell'aria sull'intero territorio nazionale con l'obiettivo di realizzare, in forma pre-operativa, un servizio intermedio tra i prodotti CAMS ed i servizi locali prodotti dalle ARPA.

Il servizio preoperativo, ad esecuzione quotidiana, permetterà la valutazione e previsione della qualità dell'aria su tutto il territorio nazionale. A regime sarà ospitato dal *Sentinel Collaborative GS* italiano e sarà basato sulle simulazioni numeriche ottenute da un modello chimico di trasporto e dispersione che utilizzerà come dati di ingresso le condizioni iniziali ed al contorno del modello

<sup>1</sup> Responsabile WP4000

<sup>2</sup> Responsabile scientifico

<sup>3</sup> ISPRA: Diana Aponte, Antonella Bernetti, Franco Desiato, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Guido Fioravanti, Piero Fraschetti, Alessandra Gaeta, Giuseppe Gandolfo, Serena Geraldini, Roberto Inghilesi, Gianluca Leone, Francesca Lena, Stefania Mandrone, Francesca Schiavano, Stefano Steri, Antonella Tornato, Marina Vitullo

ARPAE: Roberta Amorati, Enrico Minguzzi, Michele Stortini, Chiara Agostini, Simona Maccaferri

Al progetto partecipano le agenzie ambientali di Piemonte, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Lombardia, Lazio, Campania, Umbria

<sup>4</sup> <http://atmosphere.copernicus.eu/about-cams>

<sup>5</sup> <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>

<sup>6</sup> [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Core\\_Ground\\_Segment](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Core_Ground_Segment)

<sup>7</sup> <http://collaborative.mt.asi.it/#/home>

globale CAMS, i dati meteorologici del modello nazionale COSMO ed i dati di emissione dell'inventario nazionale ISPRA. La performance del modello di valutazione e previsione sarà migliorata grazie all'assimilazione e/o correzione con i dati osservati da terra e dallo spazio resi disponibili dalle agenzie di SNPA e da ASI.

Tutto ciò consentirà, inoltre, la previsione della evoluzione della qualità dell'aria dove non sono disponibili modelli locali, basata sui servizi CAMS verificati e corretti con i dati osservati dalle reti presenti sul territorio nazionale. Infine, metterà quotidianamente a disposizione le condizioni iniziali ed al contorno per i modelli regionali/locali utilizzati dalle Agenzie per la valutazione e previsione della qualità dell'aria a scala locale e regionale con maggior accuratezza.

Oltre al servizio quotidiano di valutazione e previsione della qualità dell'aria, il progetto prevede la distribuzione periodica (annuale, stagionale) di prodotti numerici (sotto forma di volumi di dati) derivanti da analisi di scenari emissivi e da una ri-analisi modellistica dell'anno appena trascorso, prodotta con la stessa tecnica applicata per il servizio quotidiano, ma utilizzando dati validati e consolidati.

A supporto del servizio preoperativo saranno anche implementati algoritmi e sistemi in grado di erogare dati e prodotti di composizione chimica dell'atmosfera osservata dallo spazio e dati territoriali utili alla comprensione dei processi che interagiscono con l'inquinamento atmosferico, come il ciclo ambientale dell'azoto.

Il progetto consentirà di mettere a valore i dati di osservazioni satellitari che sono stati resi disponibili negli ultimi 10-15 anni, infatti, fornendo informazioni rilevanti per integrare le misurazioni a livello del suolo.

Lo sviluppo di nuovi algoritmi ha permesso di aumentare la risoluzione spaziale delle informazioni fondamentali. Un esempio è il caso dello spessore ottico dell'aerosol (AOD), una misura di estinzione della radiazione elettromagnetica a determinate lunghezze d'onda

(diffusione più assorbimento) da aerosol colonnare. Lo sviluppo di nuovi algoritmi di elaborazione, come il *Multi-Angle Implementation of Atmospheric Correction*, che permette di arrivare a una risoluzione spaziale dell'AOD di 1 km<sup>2</sup> [Lyapustin, 2011a; 2011b], ha permesso lo sviluppo di modelli empirici ad alta risoluzione spazio-temporale che utilizzano oltre all'AOD, termini di uso del suolo, strato limite planetario e parametri meteorologici. Nell'ambito del progetto si prevede l'ulteriore sviluppo e l'implementazione di queste tecniche di modellistica empirica per la valutazione ad alta risoluzione spaziale della concentrazione al suolo del particolato e di inquinanti gassosi, che andranno ad integrare il servizio di ri-analisi periodica.

È previsto anche lo studio di soluzioni per migliorare i dati di ingresso dei modelli utilizzando le informazioni provenienti dalle osservazioni dallo spazio relative all'orografia, all'uso del suolo e alle sue modificazioni, con particolare riferimento ad eventi accidentali quali gli incendi.

Verranno infatti studiate le metodologie di generazione di dati di identificazione delle modifiche delle caratteristiche superficiali dovute ad incendi di origine naturale e antropica. Per una selezione di eventi rilevanti, utilizzati come casi di studio, saranno individuati l'area interessata dall'incendio, la sua estensione e la sua classificazione prima dell'evento nelle mappe di 'uso e copertura del suolo' e di 'tipo di vegetazione' prima e dopo l'evento.

Queste informazioni, insieme ai dati disponibili dal *Global Fire Assimilation System*, saranno usate per quantificare le emissioni in atmosfera di particolato prodotte durante gli eventi accidentali di combustione di biomasse. I risultati ottenuti saranno confrontati con quelli ottenuti con il metodo di stima *bottom-up* utilizzato dall'ISPRA per popolare l'inventario nazionale delle emissioni, al fine di evidenziare i vantaggi e gli svantaggi dei due metodi e valutare, ove possibile, la coerenza

della stima quantitativa dei due metodi.

Le osservazioni dallo spazio ottenute dalle *Sentinel* saranno quindi utilizzate allo scopo di migliorare la stima del contributo e l'evoluzione spazio temporale dell'impatto sulla qualità dell'aria di eventi di trasporto di sabbie desertiche e degli eventi accidentali di particolare rilevanza. Il metodo delle Linee Guida europee sulla quantificazione del contributo degli incendi di origine naturale ai livelli di materiale particolato (PM) in atmosfera verrà applicato in alcuni casi di studio al fine di valutare la futura fattibilità di un sistema pre-operativo dedicato allo scopo. Nell'ambito di tali casi di studio verranno utilizzati modelli deterministici di dispersione del PM in atmosfera e metodi statistici per l'identificazione e la quantificazione degli eventi considerati.

Attraverso la combinazione di informazioni e dati provenienti da più fonti e individuando gli elementi disponibili e le lacune di conoscenza, il progetto mira infine a svolgere attività di ricerca finalizzate a migliorare la comprensione delle dinamiche del ciclo ambientale dell'azoto, che rappresenta uno dei principali fattori che regolano la concentrazione in aria di inquinanti secondari. La comprensione delle dinamiche e la disponibilità di informazioni più accurate quali-quantitative sulle fonti e sui tassi di emissione, in particolare nelle zone più vulnerabili (ad esempio la Pianura Padana), saranno messi a disposizione per migliorare o aggiornare in modo dinamico gli input emissivi della catena modellistica.

Il progetto si articola in tre fasi temporali; inizialmente il servizio preoperativo verrà implementato su risorse di calcolo messe a disposizione dal Servizio Idro Meteo Clima (SIMC) di ARPAE Emilia-Romagna, sviluppando le interfacce con i prodotti CAMS; successivamente saranno individuate le componenti del sistema utilmente trasferibili presso l'*Italian Sentinel Collaborative Ground Segment* di ASI, che potrà garantire la continuità operativa, la distribuzione dei servizi e l'assistenza agli utenti. Nell'ultima fase è prevista la creazione dell'infrastruttura Collaborativa Estesa in linea con il piano ope-

rativo di *SPACE ECONOMY*.

Il progetto, sotto la responsabilità di ISPRA e con il coordinamento scientifico di ARPAE Emilia-Romagna, prevede la partecipazione di diverse ARPA in qualità di "utente operativo", ovvero con la partecipazione diretta alla realizzazione di alcuni obiettivi specifici del progetto, e di altre in qualità di "utente finale attivo", con il compito di collaborare nelle fasi di *test* e *benchmark*.

#### BIBLIOGRAFIA

Lyapustin, A., Martonchik, J., Wang, Y., *et al.*, 2011a. *Multiangle implementation of atmospheric correction (MAIAC): 1. Radiative transfer basis and look-up tables*. J. Geophys. Res.-Atmos., 116, D03210.

Lyapustin, A., Wang, Y., Laszlo, I., *et al.*, 2011b. *Multiangle implementation of atmospheric correction (MAIAC): 2. Aerosol algorithm*. J. Geophys. Res.-Atmos., 116, D03211.

## Progetto Life integrato PREPAIR “Po Regions Engaged to Policies of AIR”

Rosanna Bissoli<sup>1</sup>, Katia Raffaelli<sup>1</sup>, Lucia Ramponi<sup>1</sup>, Marco Deserti<sup>2</sup>, Michele Stortini<sup>2</sup>, Stefano Cattani<sup>2</sup>, Enrico Minguzzi<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Regione Emilia-Romagna, <sup>2</sup>ARPAE Emilia-Romagna

Il progetto PREPAIR, “Po Regions Engaged to Policies of AIR”, è stato finanziato dal Programma europeo Life nel 2016, bando per progetti integrati (LIFE15IPEIT013, [www.lifeprepare.eu](http://www.lifeprepare.eu)). Avviato nel febbraio 2017, prevede azioni per un budget complessivo di quasi 17 milioni di euro, dei quali il 60% di cofinanziamento europeo, da realizzare nell’arco di sette anni.

PREPAIR è un progetto strategico di ampio respiro, sia per la dimensione territoriale, che copre l’area del Bacino del Po e il territorio sloveno (Figura 1), sia per la dimensione economica nonché per quella temporale. Si tratta di un progetto integrato per il miglioramento della qualità dell’aria, che trae origine dall’attività di coordinamento pluriennale tra le Regioni del Bacino del Po, che ha portato nel dicembre 2013 alla firma dell’Accordo Stato-Regioni e nel giugno 2017 alla firma di un nuovo Accordo per l’adozione di misure omogenee. La finalità è quella di realizzare le misure previste nei piani regionali e nell’accordo di Bacino attuandole a scala più ampia, in modo da rafforzare la sostenibilità e la durata dei risultati, migliorando così l’integrazione verticale tra i livelli di governo e l’integrazione orizzontale tra i settori.

### AREA DI PROGETTO

Il Bacino del Po rappresenta un’area di criticità per la qualità dell’aria (polveri fini, ossidi di azoto, ozono), sin dall’entrata in vigore dei valori limite fissati dall’Unione Europea. A causa delle condizioni meteo climatiche e delle caratteristiche morfologiche del Bacino, le concentrazioni di fondo rurale degli inquinanti sono spesso alte e una larga parte del particolato atmosferico ha origini secondarie. Negli ultimi quindici anni, tutte le regioni del Bacino hanno implementato azioni per il risana-

mento della qualità dell’aria, che però non si sono dimostrate completamente efficaci nel ridurre le concentrazioni di inquinanti al di sotto dei valori limite. Questa esperienza ha dimostrato che sono necessarie azioni sovraregionali e con questa finalità le Regioni hanno istituito il Tavolo di Bacino Padano e, nel 2013, hanno sottoscritto con i competenti Ministeri nazionali un Accordo per l’adozione di misure coordinate per il miglioramento della qualità dell’aria, poi seguito da un nuovo Accordo firmato nel 2017 tra il Governo e le Regioni Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte e Veneto.

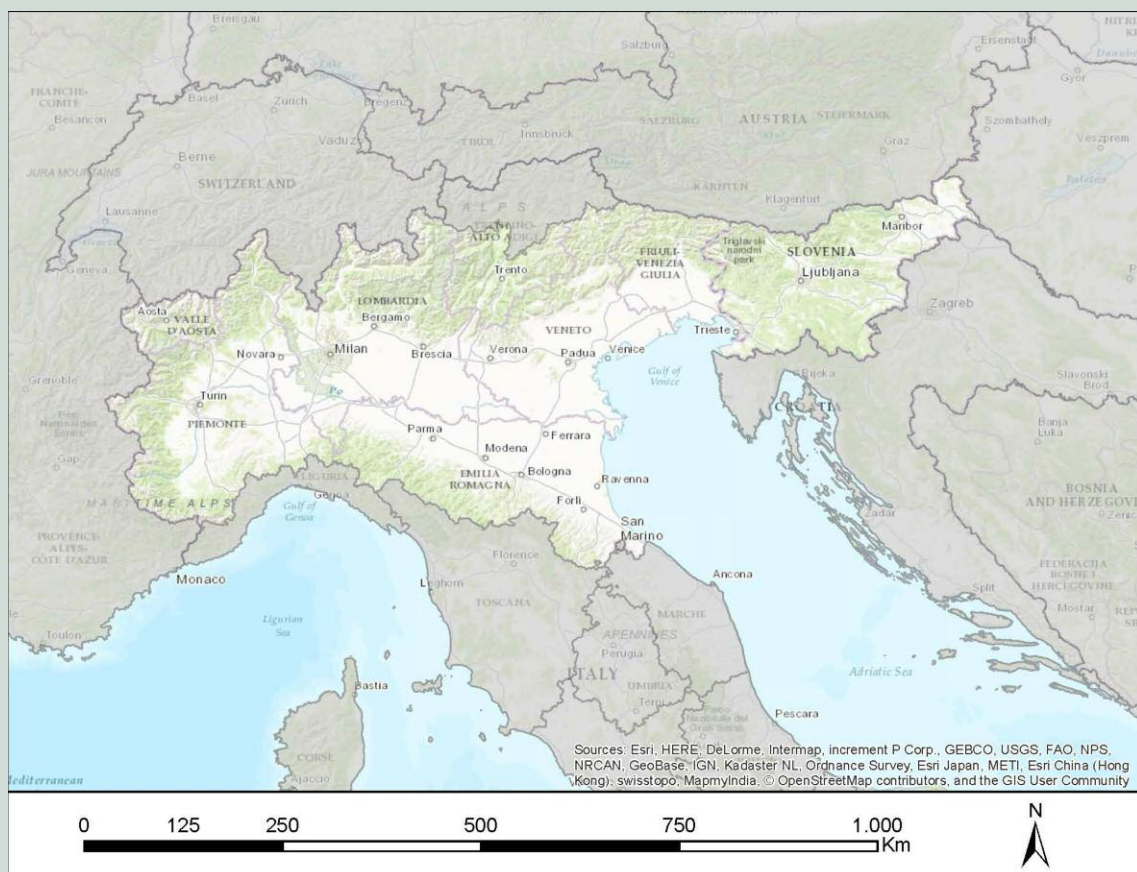
Il progetto PREPAIR coinvolge le Regioni del bacino padano e la Slovenia, in particolare il distretto costiero, ai fini della valutazione e riduzione degli inquinanti trasportati nel bacino Nord-Adriatico. In tema di qualità dell’aria, infatti, le regioni a sud delle Alpi sono caratterizzate da condizioni climatiche simili che richiedono notevoli sforzi tecnici e finanziari per rientrare nei limiti fissati dalla normativa.

Nello specifico, PREPAIR coinvolge 18 enti. La Regione Emilia-Romagna è incaricata del coordinamento del progetto, cui partecipano anche le Regioni Lombardia, Piemonte, Veneto, Friuli Venezia-Giulia e la Provincia Autonoma di Trento, Arpa Emilia-Romagna e le Arpa del Veneto, Lombardia, Piemonte, Valle d’Aosta e Friuli Venezia-Giulia, l’Agenzia per l’ambiente della Slovenia, i Comuni di Bologna, Torino e Milano, ERVET e FLA.

### OBIETTIVI E AZIONI

PREPAIR prevede l’implementazione di misure nei settori della mobilità sostenibile, dell’efficienza energetica, delle biomasse e dell’agricoltura, attraverso azioni di coordinamento e *capacity building*, formazione e comu-

Figura 1: Area di progetto



Fonte: Regione Emilia-Romagna

nificazione. Si propone inoltre di integrare, a livello di bacino, gli strumenti utilizzati per supportare la pianificazione e monitorarne gli effetti, fornendo così un quadro d'insieme alla Commissione Europea, al Governo nazionale, ai Governi regionali ed ai cittadini.

Gli obiettivi sono: la realizzazione delle misure previste dai Piani di Qualità dell'Aria e dall'Accordo di Bacino Padano, ampliando l'area di intervento e definendo metodiche comuni per la valutazione dell'efficacia delle azioni; l'incremento del *know-how* di enti pubblici e

operatori privati in modo da sviluppare le competenze e le conoscenze; un maggior coordinamento tra le autorità e la creazione di una rete permanente tra le agenzie ambientali del Bacino e altre regioni e la Slovenia; la creazione di report di valutazione omogenei circa l'efficacia delle azioni, per un'efficiente gestione della qualità dell'aria. Infine, ma non ultimo, il progetto si pone come obiettivo la sensibilizzazione dei cittadini e degli attori socio-economici, così da creare una comunità consapevole dei rischi per la salute



umana e per l'ambiente connessi all'inquinamento atmosferico.

Di seguito, le azioni che saranno realizzate per ciascun settore.

- Agricoltura - sviluppo di un modello coordinato e condiviso di stima e valutazione delle emissioni dagli allevamenti animali e di uno studio per l'individuazione delle migliori tecniche per l'utilizzo dei fertilizzanti in modo da ridurre l'impatto ambientale.
- Combustione della biomassa per riscaldamento domestico - organizzazione di corsi sull'uso corretto della biomassa e sugli impatti conseguenti e di attività formative per una corretta installazione e manutenzione degli impianti; verrà inoltre intrapreso il percorso per la definizione della figura professionale dello spazzacamino.
- Trasporti - le azioni svilupperanno percorsi di formazione sulla mobilità sostenibile (trasporto pubblico, mobilità ciclo pedonale) e sulla mobilità elettrica indirizzati a cittadini e addetti ai lavori (amministratori, professionisti e *mobility manager*); verranno inoltre diffuse le conoscenze sull'*eco-driving* e saranno sviluppati strumenti ICT per i passeggeri, oltre ad iniziative locali per promuovere l'utilizzo della bicicletta.
- Efficienza energetica - saranno realizzate attività di formazione e di supporto nel settore industriale per la riduzione dei consumi energetici; verranno inoltre organizzate attività di formazione, rivolte agli operatori dei settori pubblici ed ai professionisti, sia sugli edifici ad emissioni zero che sul GPP.
- Monitoraggio e valutazione - verrà realizzata un'infrastruttura permanente per la condivisione dei dati, il monitoraggio e la valutazione della qualità dell'aria alla scala di bacino padano; gli strumenti che saranno implementati sono:
  - un sistema di monitoraggio delle azioni di progetto e dei piani di qualità dell'aria;
  - un sistema modellistico e di elaborazione dei dati per la valutazione degli effetti del progetto e dei piani di qualità dell'aria;

- un modello di valutazione integrata per la valutazione costi-benefici delle azioni.

Infine, PREPAIR svilupperà in modo organico e intensivo azioni di comunicazione e diffusione dei risultati. In aggiunta alle iniziative di divulgazione proprie di progetto, saranno realizzate una campagna di comunicazione sull'uso della biomassa, una pubblicazione sui comportamenti sostenibili, azioni di promozione della mobilità ciclabile ed elettrica.

### COMPLEMENTARIETÀ

Una delle caratteristiche dei progetti integrati è la capacità di sviluppare sinergie tra le azioni di progetto e quelle realizzate con altre risorse. Per l'elaborazione di PREPAIR è stata quindi condotta una approfondita analisi dei programmi regionali approvati e in corso di approvazione, in primis quelli finanziati dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale e dal Fondo di Sviluppo Rurale, identificando sinergie e complementarità. Le azioni complementari ammontano a 850 milioni di euro, ovvero il rapporto tra il budget delle azioni di progetto e quello delle azioni complementari è di 1:50.



## Il Progetto Supersito della Regione Emilia-Romagna

Vanes Poluzzi, Dimitri Bacco, Silvia Ferrari, Arianna Trentini, Fabiana Scotto, Claudio Maccone  
ARPAE Emilia-Romagna

Il progetto Supersito è nato a seguito di un'analisi della conoscenza relativa alle tematiche dell'inquinamento atmosferico da aerosol. Dalla letteratura scientifica e dalle esperienze di progetti e studi sia di scala locale che internazionale è emersa l'importanza di indagare le frazioni fini e ultrafini del particolato, al fine di supportare le politiche per la salute e tutela dell'ambiente.

Ulteriori impulsi per sviluppare studi in tali direzioni vengono anche dall'Unione Europea, con l'ipotesi di ridurre il limite attuale del valore medio annuo di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{PM}_{2,5}$ , e da quanto riportato nella Monografia 109/2015 dell'*International Agency for Research on Cancer* (IARC), che classifica l'inquinamento atmosferico come cancerogeno per l'uomo.

Il progetto Supersito, realizzato dalla Regione Emilia-Romagna e da ARPAE Emilia-Romagna, ha visto la collaborazione di numerosi enti:

- CNR - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima;
- Università di Bologna: Dipartimento di Scienze Statistiche, Dipartimento di Patologia - Sperimentale;
- Università di Ferrara: Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche;
- Università della Finlandia Orientale: *Department of Applied Physics*;
- *Finnish Meteorological Institute*;
- Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio;
- Università dell'Insubria: Dipartimento di Scienze e Alta Tecnologia.

L'obiettivo generale del progetto è stato quello di migliorare le conoscenze relative agli aspetti ambientali e sanitari del particolato fine ( $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{10}$ ) e ultrafine

( $\text{PM}_{0,1}$ ) presente in atmosfera, in ambienti sia *outdoor*, sia *indoor*.

I principali macrotemi studiati sono così sintetizzabili:

- approfondimenti relativi ai processi di formazione e alla composizione del particolato fine e ultrafine in ambienti *outdoor* e *indoor*;
- identificazione dei legami tra la composizione dell'aerosol presente in aria e le fonti di emissione;
- valutazione degli effetti tossicologici dei campioni di particolato raccolto al fine di una maggior comprensione degli aspetti infiammatori e di un complessivo *risk assessment*;
- valutazione, con studi epidemiologici, degli effetti a breve e a lungo termine dell'esposizione all'inquinamento atmosferico della popolazione.

Le analisi, basate su dati osservati, hanno portato a risultati importanti sia per le componenti ambientali che sanitarie.

Nel periodo di misura del progetto, da novembre 2011 ad agosto 2015, durante il quale sono state realizzate sia misure in continuo sia campagne intensive, sono stati raccolti e analizzati oltre 20.000 campioni di aerosol atmosferico di diverse dimensioni. Le misure sono state realizzate in cinque siti posti nella Regione Emilia-Romagna (Figura 1). Sono state inoltre eseguite più di 100.000 rilevazioni di distribuzioni dimensionali di particelle.

Tra i principali risultati ottenuti, relativamente agli aspetti ambientali, si osserva quanto segue.

1. Emerge una grande uniformità della distribuzione degli inquinanti a scala regionale.

Le concentrazioni medie di  $\text{PM}_{2,5}$  nei tre siti urbani (Bologna, Parma e Rimini) risultano molto simili tra

Figura 1: Posizione delle cinque stazioni di misura del Progetto Supersito



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

loro: le loro differenze non superano infatti il 10%.

Nel sito rurale di San Pietro Capofiume si osserva un valore medio di queste particelle pari a circa l'80% rispetto alle medie delle aree urbane.

Valori così simili sono riconducibili a processi omogenei a scala regionale dove la meteorologia gioca un ruolo fondamentale.

2. Sono state effettuate analisi per determinare la composizione del PM<sub>2,5</sub> in relazione a specifiche sorgenti. Tali indagini sono state condotte con modelli di analisi statistica, basandosi sui dati giornalieri della composizione chimica e utilizzando *marker* quali gli ioni ammonio e nitrato, il carbonio organico ed elementare. È stato così possibile classificare il particolato nelle componenti di tipo primario e secondario e attribuirne le fonti.

3. Il traffico veicolare e la combustione di legna (e suoi derivati) sono le due principali fonti che contribuiscono alla massa del PM<sub>2,5</sub>. Ulteriori sorgenti che contribuiscono alla massa di tale frazione di particolato, ma con pesi minori, sono le attività agricole e zootecniche, il mix antropogenico e gli oli combustibili.

Il traffico e la combustione di legna e suoi derivati risultano le principali fonti anche per le concentrazioni numeriche di particelle.

4. I composti secondari, inquinanti che si formano cioè in atmosfera, sono distinguibili in una componente "invernale", o "invecchiata", e in una prettamente "estiva", o "foto-ossidata".

5. Sono state condotte 10 campagne di monitoraggio *indoor/outdoor* ed eseguite oltre 1.000 misure di parametri chimici su PM<sub>2,5</sub> e circa 10.000 determinazioni

orarie della distribuzione dimensionale delle particelle. È stata riscontrata una variabilità molto marcata tra concentrazioni *indoor* e *outdoor*, sia per quanto riguarda il numero e le dimensioni delle particelle presenti in ambienti chiusi, sia per quanto riguarda la composizione chimica delle polveri raccolte contemporaneamente in aree indoor e outdoor.

6. È emersa una ridotta variabilità spaziale delle concentrazioni di PM<sub>2,5</sub> tra le diverse zone della città di Bologna, con differenze di concentrazione pari al 10-15%. Tale variabilità risulta più marcata considerando le particelle ultrafini (con diametro inferiore a 0,1 μm), che hanno mostrato, nei siti più esposti al traffico, concentrazioni 3-4 volte maggiori rispetto a quelli meno interessati dalle emissioni veicolari. Da rimarcare è l'evidenza di una drastica diminuzione della concentrazione di particelle ultrafini già a poche decine di metri dalle strade trafficate.

Sono inoltre emerse marcate differenze tra i livelli di inquinamento misurati sul fronte e sul retro di un edificio posto in prossimità di una strada trafficata, in buona misura sovrapponibili a quelle riscontrate nella comparazione tra zone ad alto e a basso traffico.

Ulteriori risultati del progetto sono: la quantificazione del numero di particelle fino a pochi nanometri di diametro, la loro suddivisione nelle varie classi dimensionali e, per alcune frazioni, la loro caratterizzazione chimico-fisica.

Ulteriori informazioni sulle attività e i risultati di progetto sono reperibili sul sito:

[www.arpae.it/index.asp?idlivello=1459](http://www.arpae.it/index.asp?idlivello=1459)

## AirSelfie<sup>1</sup>: un'APP per valutare l'esposizione dei cittadini all'inquinamento atmosferico

Caterina Austeri, Marco Vecchiocattivi

ARPA Umbria



La qualità dell'aria è, notoriamente, un fattore critico in tutti i centri urbani e negli ultimi decenni la composizione dell'inquinamento nell'aria urbana ha visto aumentare i livelli di polveri fini (PM10 e PM2,5), che dal 2013 la IARC (*International Agency for Research on Cancer*) ha identificato come certamente cancerogeni per l'uomo.

Nella regione Umbria è presente una realtà che soffre in modo particolare di elevati livelli di polveri fini in atmosfera, la Conca Ternana, a causa della sua conformazione orografica, delle caratteristiche meteorologiche poco favorevoli alla dispersione dell'inquinamento atmosferico e delle importanti pressioni antropiche, civili e industriali, cui è sottoposta.

La valutazione della qualità dell'aria rappresenta quindi

un'attività molto importante per comprendere i livelli di inquinamento a cui la popolazione è esposta. In Umbria la presenza di inquinanti in aria è misurata attraverso la Rete Regionale di Monitoraggio, gestita da ARPA Umbria, costituita da centraline fisse e mobili, collocate nei maggiori centri urbani della regione e in prossimità di aree industriali. La Rete è progettata e gestita per soddisfare i requisiti di qualità imposti dalla normativa comunitaria (Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa); la misura delle polveri fini (PM10 e PM2,5) è condotta con sistemi di campionamento automatico sequenziale del materiale particolato su mezzi filtranti in cui la misura di massa è effettuata con la tecnica basata sulla metodologia dell'attenuazione  $\beta$ , restituendo

<sup>1</sup> Marchio depositato

un valore medio su 24 ore (media giorno). I dati rilevati dalle centraline della Rete di Monitoraggio sono messi a disposizione del pubblico quotidianamente sul sito dell'Agenzia [www.arpa.umbria.it](http://www.arpa.umbria.it).

L'approccio classico per la valutazione dell'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in una certa area consiste nel correlare i dati di popolazione residente in quell'area con le mappe di concentrazione degli inquinanti, ottenute a partire dai dati misurati dalla Rete di Monitoraggio in siti fissi, elaborati tramite la modellistica di qualità dell'aria a disposizione dell'Agenzia. Tale approccio tiene conto della struttura spaziale e temporale delle dinamiche dell'inquinamento atmosferico, ma presenta il limite di considerare la popolazione residente come se fosse esposta sempre ai valori riferiti alla zona di residenza, senza tenere in considerazione la variabilità dovuta ai normali spostamenti che quotidianamente tutti i cittadini effettuano all'interno della propria città.

È da questa considerazione che nasce l'idea del progetto AirSelfie\*, realizzato da ARPA Umbria insieme all'Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri di Terni e finanziato dalla Fondazione CARIT, che si pone l'obiettivo di fornire al singolo cittadino uno strumento semplice, immediato, smart, per conoscere la propria esposizione all'inquinamento atmosferico, in funzione dei suoi spostamenti in ambito urbano (<http://www.arpa.umbria.it/pagine/progetto-airselfie>) Il progetto AirSelfie\* prevede l'uso combinato di tre strumenti:

1. una strumentazione di misura più avanzata, oltre a quanto richiesto dalla normativa, per la misura del particolato sia da postazione fissa che, sperimentalmente, per esposizione personale;
2. un servizio sperimentale di valutazione dell'esposizione personale che impieghi l'informazione proveniente da fonti diverse (modelli e misure) integrandole opportunamente;
3. uso di un'applicazione (APP) per *smartphone* che

possa permettere di cogliere le variazioni di esposizione dovute agli spostamenti dei cittadini e che permetta di coinvolgere, potenzialmente, un elevato numero di persone.

In tutte le centraline della città di Terni sono stati installati dei contatori ottici di particelle (OPC), affiancando e integrando i campionatori di PM10 e PM2,5. Ciò permette di avere un'indicazione anche dell'andamento orario dei livelli di polveri fini che, con le misure mediate su 24 ore previste dalla legge, non sarebbe stata disponibile.

Il servizio di valutazione dell'esposizione personale all'inquinamento atmosferico, realizzato e gestito da ARPA Umbria, raccoglie i dati delle centraline della Rete di Monitoraggio potenziate dai nuovi OPC: unendo questi e i risultati delle previsioni di qualità dell'aria realizzati con la modellistica di qualità dell'aria, che già oggi produce valori di concentrazioni per tutto il territorio come previsione a tre giorni, si avrà a disposizione una foto dei livelli di concentrazione di PM10 e PM2,5 con una risoluzione oraria e risoluzione spaziale di 1km x 1km su tutto il territorio interessato dal progetto.

L'APP per *smartphone* AirSelfie\*, disponibile gratuitamente, connettendosi al servizio di valutazione dell'esposizione e sfruttando i sistemi di localizzazione, ormai integrati in tutti gli *smartphone*, fornisce informazioni sulle concentrazioni di PM2,5 nel luogo in cui ci si trova e permette di creare elaborazioni sulla propria esposizione media nei giorni o mesi precedenti, nonché avere le previsioni delle concentrazioni attese per i giorni a venire, sempre legate alla zona in cui ci si trova. L'utilizzo della APP permette al singolo cittadino di cogliere le variazioni di esposizione dovute ai suoi spostamenti in ambito urbano e, a livello di popolazione, l'utilizzo di questo strumento potrà essere utile a medici, epidemiologi e alle istituzioni sanitarie per valutare il rischio per la salute correlato all'esposizione all'inquinamento atmosferico.

Infine, è stata testata una nuova classe di strumenta-

zione *smart* portatile per la misura del materiale particolato in atmosfera, in aggiunta agli strumenti già installati nelle centraline della Rete di Monitoraggio. Si tratta di sensori portatili, provenienti dagli Stati Uniti, che utilizzano un metodo ottico di conteggio delle particelle per la stima del PM<sub>2,5</sub>; tali sensori sono caratterizzati da affidabilità, semplicità d'uso, compattezza, leggerezza e un costo accessibile. Inoltre, in questi ultimi anni stanno migliorando la propria capacità di misura e accuratezza. Tali sensori effettuano misure di PM<sub>2,5</sub>, di umidità relativa e di temperatura con la frequenza di una misura al secondo; la raccolta dei dati avviene via *Bluetooth* al proprio cellulare dal quale è infine possibile la trasmissione al server centrale del progetto AirSelfie\*.

Oltre ad esser utili per avere una prima valutazione dell'accuratezza del servizio di valutazione dell'esposizione personale, il test sul campo di questo tipo di strumentazione è sempre più importante e urgente, in quanto la crescente disponibilità di tale strumentazione a basso costo rende necessario che un'Agenzia di Protezione Ambientale li conosca, li abbia usati e ne valuti l'affidabilità e l'accuratezza in situazioni reali.

In ottica di *citizen science*, la partecipazione della popolazione a questo progetto è stata fondamentale: decine di cittadini della Conca Ternana sono stati infatti dotati dei sensori portatili ed hanno misurato in tempo reale le concentrazioni di PM<sub>2,5</sub> presenti lungo i tragitti percorsi nel corso della giornata, tracciati attraverso la localizzazione dello smartphone. In questo modo, i cittadini hanno fornito al sistema di elaborazione dei dati di ARPA Umbria una prima indicazione di mappe di concentrazione del PM<sub>2,5</sub> che hanno interessato praticamente tutta l'area cittadina, con una risoluzione temporale inferiore al minuto.

Nella seconda fase, l'APP sarà resa disponibile a chiunque permettendo, quindi, di poter sfruttare il sistema di valutazione dell'esposizione personale e conoscere singolarmente la stima dell'esposizione alle PM<sub>2,5</sub> in am-

biente *outdoor* in modo semplice e veloce.

Per riassumere, gli obiettivi del progetto AirSelfie\* possono essere schematizzati come segue:

1. ottenere una validazione della nuova metodologia insieme ad una prima valutazione dell'esposizione della popolazione alle concentrazioni di polveri fini che tenga conto delle variazioni dovute sia alla dinamica spaziale dell'inquinante che agli spostamenti che le persone effettuano lungo tutto l'arco della giornata;
2. validare l'uso in campo di una nuova classe di strumentazione *smart* per la misura delle caratteristiche spaziali e temporali delle polveri fini;
3. realizzare un servizio sperimentale di valutazione dell'esposizione personale tramite APP per *smartphone*. Tale servizio, una volta implementato e verificato, potrà continuare a funzionare anche oltre il progetto, magari estendendone il campo di funzionamento a tutta la regione;
4. coinvolgere e sensibilizzare la popolazione alla problematica dell'inquinamento dell'aria tramite l'ulteriore implementazione dell'APP per *smartphone* di ARPA Umbria e di un portale Web del progetto dove saranno presenti sia i dati di concentrazione misurati, sia i valori di esposizione stimati con il servizio sperimentale di esposizione.

Al termine del progetto, dopo un'attenta valutazione e taratura del modello di stima dell'esposizione personale, tale servizio, insieme all'APP, potrà diventare ufficialmente operativo ed essere esteso a tutta la regione Umbria.

## Emissioni odorigene nella città di Taranto. Progetto sperimentale di monitoraggio in tempo reale degli odori con il coinvolgimento diretto dei cittadini residenti

Roberto Giua, Magda Brattoli, Antonio Mazzone, Annalisa Marzocca

ARPA Puglia

Il monitoraggio della molestia olfattiva, generata da diverse tipologie di attività industriali, rappresenta un aspetto determinante nella gestione della qualità dell'aria; la presenza di un odore molesto è un indicatore di ambienti insalubri ed è fortemente percepita dalla popolazione, in particolar modo quando il contesto urbano è prossimo alla sorgente emissiva. Peraltro, la valutazione della molestia olfattiva risente sia della complessità generata dalla natura soggettiva della percezione e dall'identificazione delle potenziali sorgenti, sia delle criticità relative alla tempestività dell'indagine rispetto al verificarsi dell'evento odorigeno. Inoltre, spesso accade che la gestione delle segnalazioni rivolte alle Autorità locali non risulti efficace in assenza di procedure di sistematizzazione, inibendo di fatto le auspicabili attività di indagine e controllo del fenomeno. ARPA Puglia, nell'ambito di un progetto sperimentale, ha applicato una metodologia innovativa nel monitoraggio delle emissioni odorigene nella città di Taranto, territorio dal quale provengono numerose segnalazioni di molestia olfattiva; le attività sono state svolte nel periodo novembre 2013-maggio 2016. La metodologia applicata ha previsto il coinvolgimento diretto di un campione di popolazione residente, circa 70 cittadini, e l'integrazione di sistemi automatici attivabili da remoto in grado di registrare la percezione olfattiva dei recettori umani e di raccogliere campioni rappresentativi in tempo reale. Attraverso un sistema di comunicazione/ricezione telefonica del disagio olfattivo, ogni partecipante alla sperimentazione, opportunamente codificato e georeferenziato sul territorio, ha avuto il compito di segnalare la percezione dell'evento odorigeno, comunicando

anche l'entità del disturbo (tramite il tastierino telefonico) su una scala a tre livelli di intensità ("Odore appena percettibile", "Odore persistente", "Odore molto forte"). La registrazione delle chiamate ha popolato un apposito *database*, consentendo da un lato la visualizzazione in tempo reale su mappa delle segnalazioni sul territorio e la restituzione di immediate informazioni (data, ora, numero) e dall'altro di permettere successive elaborazioni finalizzate all'individuazione delle potenziali sorgenti dell'emissione di odore, sulla base dei dati di direzione dei venti. Il superamento di determinate soglie, opportunamente impostate e basate sul numero delle segnalazioni per indice di intensità verificatesi in un determinato intervallo di tempo, ha gestito l'attivazione in tempo reale di sistemi di campionamento ubicati sul territorio, che hanno provveduto a prelevare l'aria per consentirne la successiva misura in laboratorio, in applicazione dei principi dell'olfattometria dinamica in conformità con la norma tecnica UNI EN 13725/2004 [CEN, 2003].

Nel corso dell'attività sperimentale, infatti, erano attivi due campionatori nella città di Taranto, ciascuno dotato di due linee indipendenti, attivabili sia contemporaneamente che in sequenza; le linee di prelievo erano allocate in una cabina, dotata di sistema automatico di termoregolazione (riscaldamento e raffreddamento) per garantire l'operatività in varie condizioni meteorologiche, al fine di evitare formazione di condensa.

L'attivazione del campionamento da remoto è stata regolata da un protocollo che ne ha definito le soglie di attivazione, basate sul numero delle segnalazioni per indice di intensità, registrate in un intervallo di tempo di



un'ora. L'avvenuta attivazione ed il riempimento dei sacchetti di campionamento veniva comunicata via sms agli operatori per consentire di predisporre le attività di ritiro e di analisi dei campioni. Il protocollo di campionamento ha previsto altresì la verifica dei livelli di concentrazione odorimetrica del fondo ambientale. I campioni sono stati analizzati utilizzando la metodologia dell'olfattometria dinamica, ai sensi della norma tecnica UNI EN 13725:2004 [CEN, 2003], unico metodo standardizzato per la determinazione oggettiva e quantitativa della concentrazione dell'odore di un campione gassoso. Si tratta di una tecnica sensoriale, basata sull'impiego del naso di un panel di valutatori, selezionati relativamente ad una sostanza di riferimento (n-butanolo), mediante l'uso di un olfattometro. La concentrazione di odore del campione è espressa in unità odorimetriche ( $ouE/m^3$ ), unità di misura introdotta per esprimere i livelli di odore, in relazione alla soglia olfattiva di percezione.

## RISULTATI DI PROGETTO

I risultati relativi al periodo di sperimentazione (novembre 2013–maggio 2016) [ARPA Puglia, 2014 e 2015] hanno evidenziato un ottimo riscontro di partecipazione da parte della popolazione; nel periodo di riferimento è stato registrato un numero totale di chiamate pari a circa 1.200, classificabili in base ai tre indici di intensità, con un evidente numerosità delle segnalazioni di intensità 3 (odore molto forte). I dati raccolti hanno permesso di determinare la distribuzione spaziale del fenomeno odorigeno percepito dalla popolazione: il numero e la frequenza delle chiamate ha consentito di individuare le aree più critiche, tra le quali il centro città in prossimità della costa.

Nei due anni di sperimentazione sono stati registrati 68 eventi odorigeni che hanno prodotto il campionamento di aria osmogena, tra i quali sono stati identificati come più significativi quelli in cui la concentrazione di odore

Figura 1: Distribuzione dei venti prevalenti per gli eventi odorigeni registrati



Fonte: Elaborazione ARPA Puglia



ha superato il valore di  $30 \text{ ouE/m}^3$ , soglia definita sostanzialmente sulla base dei limiti strumentali.

Il database delle segnalazioni registrate, integrato con altri parametri, quali le condizioni meteo e lo stato operativo degli stabilimenti industriali, ha permesso di comprendere le condizioni più favorevoli al verificarsi degli eventi di disagio olfattivo oltre che di giungere, con verosimile sicurezza, all'identificazione delle principali sorgenti emmissive osmogene dell'area tarantina.

L'analisi delle direzioni del vento registrate durante il campionamento di tutti gli eventi odorigeni ha rivelato una frequenza di distribuzione del 60% per il quadrante di provenienza Ovest Nord Ovest - Nord Ovest (ONO - NO), con una prevalenza del 50% per la direzione ONO, evidentemente ascrivibile alla Raffineria [Brattoli *et al.*, 2016]. Il quadrante di provenienza Nord-Nord Ovest (NNO), che individua l'impianto siderurgico, ha registrato una frequenza di distribuzione del 10%, come si mostra in Figura 1.

I risultati ottenuti dalla sperimentazione hanno permesso, per la prima volta, di gestire in modo sistematico le lamentele di molestia olfattiva e di ottenere informazioni sull'entità e sulla distribuzione del fenomeno odorigeno. In sintesi, durante gli eventi più significativi, lo studio delle direzioni del vento ha contribuito ad individuare la potenziale sorgente, rappresentata dalla Raffineria, prossima al contesto urbano; lo studio ha inoltre mostrato che l'area lungo la costa risulta quella più critica per il numero elevato di segnalazioni ricevute. Il sistema integrato impiegato ha dimostrato la sua efficacia e la sua reale applicabilità a fenomeni complessi, quali la valutazione della molestia olfattiva, candidandosi a rappresentare un valido supporto per l'Autorità di controllo in termini di comprensione dell'entità del fenomeno e di individuazione del nesso causale fra percezione e sorgente. La sperimentazione realizzata, oltre che consentire l'individuazione della sorgente responsabile delle molestie, ha messo in evidenza che tale metodologia di raccolta automatica delle

segnalazioni è sufficientemente affidabile per essere utilizzata come strumento di controllo per quegli impianti osmogeni che impattano su porzioni di territorio ad alta densità abitativa.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- ARPA Puglia, 2014. *Monitoraggio delle emissioni odorigene nella città di Taranto*. Relazione annuale 2013 - 2014. In: [www.arpa.puglia.it/web/guest/rete\\_aria\\_ILVA](http://www.arpa.puglia.it/web/guest/rete_aria_ILVA).
- ARPA Puglia, 2015. *Monitoraggio delle emissioni odorigene nella città di Taranto*. Relazione annuale 2015. In: [www.arpa.puglia.it/web/guest/rete\\_aria\\_ILVA](http://www.arpa.puglia.it/web/guest/rete_aria_ILVA).
- Brattoli M., Mazzone A., Giua R., Assennato G. e de Genaro G., 2016. *Automated collection of real-time alerts of citizens as a useful tool to continuously monitor malodorous emissions*. In: *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13 (3), 263.
- CEN - *Committee for European Normalization*, 2003. EN 13725: *Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry*.

## L'inquinamento odorigeno

Laura Bennati  
ARPA Lazio

Il crescente interesse dell'uomo verso la qualità dell'ambiente e della vita ha portato a riconoscere gli odori molesti come inquinanti atmosferici a tutti gli effetti e a coniare il termine "inquinamento olfattivo" per indicare il loro impatto negativo sull'ambiente circostante e sulla popolazione esposta.

L'imprevedibilità del disturbo, la sua presenza continuata nel tempo, l'impossibilità di difendersi da esso generano tensione e stati d'ansia, con conseguenti proteste da parte dei cittadini quando ne sono soggetti. I possibili effetti avversi sono spesso indicati come "molestia olfattiva" e sono costituiti normalmente da disturbi gastrici, mal di testa, disturbi del sonno, attacchi di asma, dolori articolari, perdita di appetito ed altri ancora.

Il problema della molestia olfattiva è diventato negli ultimi anni sempre più grave e le segnalazioni della popolazione dovute a queste situazioni sono sempre più frequenti, soprattutto nelle ore del tardo pomeriggio, della sera e del primo mattino, cioè nelle ore caratterizzate normalmente da situazioni di stabilità atmosferica.

Con lo scopo di giungere a definire una metodologia per quantificare il grado di molestia olfattiva cui è soggetta la popolazione, stabilire le modalità di monitoraggio della stessa e fornire eventuale supporto alla Regione Lazio nell'elaborazione di un regolamento che disciplini la tematica, ARPA Lazio ha realizzato le seguenti attività: elaborazione dei dati raccolti in campagne di misura, analisi sistematica della letteratura pertinente e pianificazione di monitoraggi per la definizione di una metodologia operativa.

In particolare, sono stati elaborati i dati raccolti durante

campagne di monitoraggio condotte a seguito di un esposto in cui i cittadini lamentavano una forte molestia olfattiva prevalentemente riconducibile alla presenza nell'aria ambiente di idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S). In tali campagne è stato impiegato un analizzatore di H<sub>2</sub>S che esegue successivi e regolari campionamenti, che rappresentano il valore medio su 5 secondi della concentrazione dell'inquinante. Dall'analisi dei grafici risultanti si è notato come le ore diurne siano state caratterizzate da picchi relativamente bassi che conducono, una volta aggregate le misure elementari in medie orarie, a valori medi orari decisamente trascurabili. Nelle ore notturne invece i picchi sono stati molto più evidenti e tra il valore medio ed i massimi c'è anche una differenza di oltre tre ordini di grandezza (notevolmente maggiore del valore 2,3 comunemente indicato nella letteratura attuale come fattore moltiplicativo per la valutazione del valore di picco a partire dalla conoscenza del valore medio orario). Per quanto sopra osservato, considerando che l'atto respiratorio umano ha una durata di circa 5 secondi, risulta quanto meno chiara sia la motivazione per cui metodi di misura o di calcolo, basati su tempi di mediazione orari, portino a conclusioni molto più ottimistiche rispetto al disagio reale provato dalla popolazione, sia la ragione per cui sia importante la conoscenza della concentrazione di picco.

Non sempre tuttavia è possibile attribuire il disturbo ad un unico composto, in quanto l'odore è normalmente il risultato della presenza collettiva in aria di un insieme più o meno numeroso di sostanze diverse che complessivamente determinano la molestia ed inoltre, per la maggior parte di esse, non si hanno a disposizione strumenti che consentano di eseguire campionamenti ra-

pidi da cui ottenere una concentrazione di picco.

A fronte di queste difficoltà si è pertanto esaminato la letteratura pertinente [Kim, 2010; Zhang *et al.*, 2016] e si è innanzitutto arrivati a concludere che per quanto sia invalso l'uso di quantificare l'odore in termini di unità di odore (unità olfattometrica, ouE - UNI EN 13725:2004) e di evidenziarne la presenza in aria mediante la concentrazione di odore (ouEm-3), in realtà a quantificare effettivamente la molestia olfattiva è ciò che viene indicato come intensità di odore (OI).

Sulla base delle indagini olfattometriche condotte riportate in letteratura [Kim e Park, 2008; Kabir e Kim, 2010; Kim e Kim, 2014, Wu *et al.* 2016], è stato stabilito che l'intensità di odore OI dipende dal logaritmo della concentrazione di odore X (espresso in ouE) secondo la legge di Weber-Fechner:

$$OI = k_1 \log X + k_2$$

con  $k_1$  e  $k_2$  costanti opportune.

Il problema che ci si pone quando si deve considerare una miscela di specie gassose olfattive è quello di definire quale sia la concentrazione complessiva di odore nella miscela (espressa in ouE) e quale la relativa intensità di odore. Tra i vari metodi proposti, si è scelto il metodo "Sum of Odor Intensity" (SOI) [Kim e Park, 2008; Kabir e Kim, 2010; Kim, 2010; Kim e Kim, 2014; Wu *et al.*, 2016]. Questo metodo è basato sull'idea che la percezione della molestia olfattiva di una miscela di sostanze odorogene derivi dalla combinazione delle molestie olfattive di ciascun componente la miscela stessa. L'intensità di odore complessiva della miscela costituita dagli N componenti gassosi per ciascuno dei quali è nota la relazione numerica di Nagata [Nagata, 2003] che mette in relazione la concentrazione  $C_i$  (ppm) con l'intensità di odore  $O_i$  risulterà quindi pari a:

$$SOI = \log \left[ \sum_{i=1}^N 10^{O_i} \right]$$

Per poter ottenere, poi, una concentrazione di odore equivalente, si seleziona una delle sostanze presenti, genericamente indicata con  $j$  e per cui è nota la relazione di Nagata [Nagata, 2003]:

$$OI_j = k_{1j} \log C_j + k_{2j}$$

L'intensità di odore così risultante può quindi essere confrontata [Kabir e Kim, 2010] con la scala prescritta dalla norma statunitense ASTM che si compone di cinque livelli di intensità di odore (da 0 a 5), o in alternativa con la scala adottata dalla Norma tedesca VDI 3882 basata su sei livelli di intensità di odore (da 0 a 6). Entrambe individuano livelli che vanno da "nessun odore", corrispondente allo 0, fino ad "odore intollerabile", corrispondente al livello 5 o 6 a seconda della scala scelta. Una volta stabilito come pesare il contributo delle sostanze odorogene presenti in miscela, un ulteriore problema da risolvere è dovuto alla quantificazione di ciascuna attraverso la misura.

Nella necessità di effettuare campagne di monitoraggio finalizzate ad ottenere il valore di picco  $C_p$  della concentrazione di una data specie odorigena si è giunti a concludere che possono essere impiegate due diverse tipologie di postazioni. La prima tipologia è costituita da postazioni che contengono un analizzatore in grado di misurare direttamente il picco di concentrazione (ad esempio di idrogeno solforato o di ammoniacca), da cui sia possibile ottenere misure elementari entro il periodo di campionamento orario dalle quali stimare direttamente il valore della concentrazione di picco definito come il corrispondente 98-esimo percentile. La seconda tipologia è costituita da soli analizzatori in grado di misurare la concentrazione media degli inquinanti considerati e perciò il valore della concentrazione di picco deve essere stimato con metodi indiretti, utilizzando misure ottenute da una stazione meteorologica di cui dovrà essere corredata la postazione e che fornisca l'indicazione sintetica dello stato di turbolenza del

*Planetary Boundary Layer*. Con particolari elaborazioni, quindi, entrambe le postazioni sono in grado di fornire le concentrazioni di picco con le quali determinare l'intensità di odore di picco per l'ora k-esima Olk. Sarà possibile monitorare sostanze anche con campionatori passivi, ma il loro contributo nella determinazione dell'intensità di odore potrà essere soltanto calcolato *off-line*, quando le analisi dei campionatori passivi diverranno disponibili.

ARPA Lazio, sulla base delle attività svolte, ha avviato una serie di azioni di supporto tecnico alla Regione per la definizione di una proposta di Regolamento per:

- Definire l'Autorità Competente cui spetta il compito di monitorare, valutare e controllare la situazione di molestia olfattiva del territorio regionale;
- Definire grandezze fisiche chiare, misurabili e stimabili con cui quantificare la molestia olfattiva e le emissioni odorigene provenienti dalle diverse fonti presenti sul territorio;
- Stabilire dei valori limite per queste grandezze in modo che il loro rispetto garantisca che la molestia olfattiva sia entro i limiti della tollerabilità;
- Stabilire una metodologia operativa che l'Autorità Competente deve mettere in atto per monitorare costantemente il livello di molestia olfattiva del territorio regionale;
- Stabilire opportune base-dati in cui archiviare le informazioni relative allo stato di molestia olfattiva del territorio, alle fonti di emissioni odorigene, alle prescrizioni autorizzative relative ai diversi impianti che possono emettere sostanze odorigene ed ai controlli relativi;
- Stabilire le modalità con cui autorizzare le emissioni odorigene dagli impianti e le modalità da adottare nel caso di risanamento;
- Valutare la possibilità di definire un "sistema predittivo" dedicato all'allerta precoce della molestia olfattiva.

## BIBLIOGRAFIA

- Kabir E., Kim K.-H., 2010. *An on-line analysis of 7 odorous volatile organic compounds in the ambient air surrounding a large industrial complex*. Atmospheric Environment, 44, 3492-3502, Elsevier.
- Kim K.-H., Park S.-Y., 2008. *A comparative analysis of malodour samples between direct (olfactometry) and indirect (instrumental) methods*. Atmospheric Environment, 42, 5061-5070, Elsevier.
- Kim K.-H., 2010. *Experimental demonstration of masking phenomena between competing odorants via an air dilution sensory test*. Sensors, 10, 7287-7302.
- Kim K.-H., Kim Y.-H., 2014. *Composition of key offensive odorants released from fresh food materials*. Atmospheric Environment, 89, 443-452, Elsevier.
- Nagata Y., 2003. *Odor intensity and odor threshold value*. Journal of Japan Air Cleaning Association 41, 17-25.
- Wu C., Liu J., Zhao P., Piringer M., Schauburger G., 2016. *Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: a comparison of methods*. Atmospheric Environment, 127, 283-292, Elsevier.
- Zhang Y., Zhai Z., Li W., Wang Y., Wang G., 2016. *Evaluation index system of odour pollution for kitchen waste treatment facilities in China*. Chemical Engineering Transactions, 54, AIDIC.

## Le emissioni derivanti da trasporto stradale in Italia

Antonella Bernetti, Riccardo De Lauretis, Domenico Gaudioso  
ISPRA

La domanda di mobilità in Italia, e in particolare la quota del trasporto stradale, ha registrato una significativa crescita negli anni. I progressi finalizzati al miglioramento delle prestazioni ambientali dei trasporti e quindi al conseguimento di un sistema di mobilità più sostenibile vengono valutati negli Stati membri in relazione agli obiettivi politici dell'Unione europea.

Il settore dei trasporti presenta significativi processi di evoluzione in atto, sia a livello di tecnologie, quali ad esempio veicoli a guida automatizzata, veicoli connessi e senza conducente, sia a livello di pratiche diffuse, quali servizi di mobilità condivisa e *on demand on line*.

Le attività di trasporto continueranno ad esercitare pressioni troppo elevate sull'ambiente, se non verranno intraprese azioni per conseguire una maggiore sostenibilità del sistema, a livello sia di intermodalità ed efficienza, sia di stili di vita e abitudini, avendo anche questi ultimi notevole influenza sul modo di utilizzo dei trasporti [EEA, 2016].

Nel seguito viene illustrato l'andamento nazionale di percorrenze ed emissioni su strada di NO<sub>x</sub>, NMVOC e PM<sub>10</sub>, stimate sulla base della metodologia riportata nell'*Air Pollutant Emission Inventory Guidebook* [EEA, 2016] ed implementata nel modello di stima Copert [EMISIA SA, 2016].

In Italia la decrescita dagli anni novanta delle percorrenze su strada (veicoli-km) dei veicoli alimentati a benzina (nel 2015 rappresentano il 31,0% delle percorrenze complessive su strada) viene più che bilanciata dalla progressiva dieselizzazione della flotta (nel 2015 si stima che il 60,7% delle percorrenze rispetto al totale siano attribuibili ai veicoli diesel). Il forte incremento delle percorrenze dei veicoli alimentati a carburanti alternativi

non fa ancora registrare un'incidenza rilevante sul totale: le percorrenze dei veicoli alimentati a gas naturale, pur risultando nel 2015 più che quadruplicate dal 1990, rappresentano circa il 2,5% del totale; le autovetture alimentate a GPL, maggiormente diffuse rispetto a quelle a gas naturale, hanno un'incidenza ancora bassa, pari a circa il 5,6% delle percorrenze totali; il peso delle autovetture ibride ed E85 è ancora irrilevante e complessivamente pari a circa 0,2% delle percorrenze totali su strada.

Nel periodo 1990-2015, le percorrenze complessive su strada stimate per il trasporto merci sono aumentate del 19,4%, e per il trasporto passeggeri del 22,6%; in particolare, dal 2014 al 2015, si stima un incremento delle percorrenze per il trasporto passeggeri ed un decremento per il trasporto merci [stime ISPRA, 2017].

Il trasporto stradale fornisce un contributo determinante alla formazione degli inquinanti atmosferici e quindi alla qualità dell'aria in ambito urbano.

In tale contesto va tuttavia considerato il divario esistente tra i dati ufficiali sulle misurazioni delle emissioni sulla base dei quali viene valutata la conformità agli standard Euro e la performance effettiva dei veicoli in condizioni reali. Per tali motivazioni, la Commissione europea ha proposto l'adozione di una nuova procedura di test, nota come '*Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure*' (WLTP), che dovrebbe essere obbligatoria per tutti i nuovi tipi di veicoli da settembre 2017 e per tutti i nuovi veicoli da settembre 2018 [EEA, 2016]. Il *gap* registrato finora, dovuto all'utilizzo di sistemi di test obsoleti ed alle naturali variazioni nello stile di guida in condizioni reali rispetto al test, è aumentato nel corso degli ultimi anni, tanto che in condizioni reali sono state rilevate

emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) per i recenti modelli Euro 6 diesel superiori di circa sette volte rispetto a quelle misurate durante i test ufficiali [EEA, 2015].

Le emissioni nazionali di NO<sub>x</sub> provenienti dal trasporto stradale (derivanti fundamentalmente dai veicoli diesel, da cui deriva nel 2015 il 92,7% delle emissioni totali su strada), pur essendo diminuite dal 1990 del 58,2%, nel 2015 rappresentano il 51,7% delle emissioni totali nazionali. In controtendenza, rispetto alla generale tendenza alla riduzione, le emissioni delle automobili diesel e dei veicoli commerciali leggeri diesel sono aumentate. La riduzione registrata nelle emissioni originate dai veicoli passeggeri (-67,7% dal 1990) è più marcata della riduzione riscontrata per i veicoli merci (-43,0%). Negli anni diminuisce infatti la quota di emissione nell'ambito urbano (da 26,3% nel 1990 a 22,7% nel 2015) ed extraurbano (da 42,3% nel 1990 a 38,6% nel 2015), che rimane comunque preponderante rispetto agli altri, contrariamente alla quota di emissione in ambito autostradale (da 31,4% nel 1990 a 38,7% nel 2015), che risulta in aumento. Le emissioni nazionali di composti organici volatili non metanici (NMVOC) provenienti dal traffico stradale, pur essendo diminuite dal 1990 dell'83,3%, nel 2015 rappresentano il 17,1% circa delle emissioni totali nazionali. Le emissioni sono principalmente imputabili ai veicoli a benzina (88,6% del totale emesso su strada); in particolare, le autovetture a benzina sono responsabili del 44,2%, i ciclomotori del 24,1% ed i motocicli del 19,6% delle emissioni su strada. I veicoli passeggeri (responsabili nel 2015 del 92,8% del totale emesso su strada) registrano dal 1990 una decrescita delle emissioni pari a 83,6%.

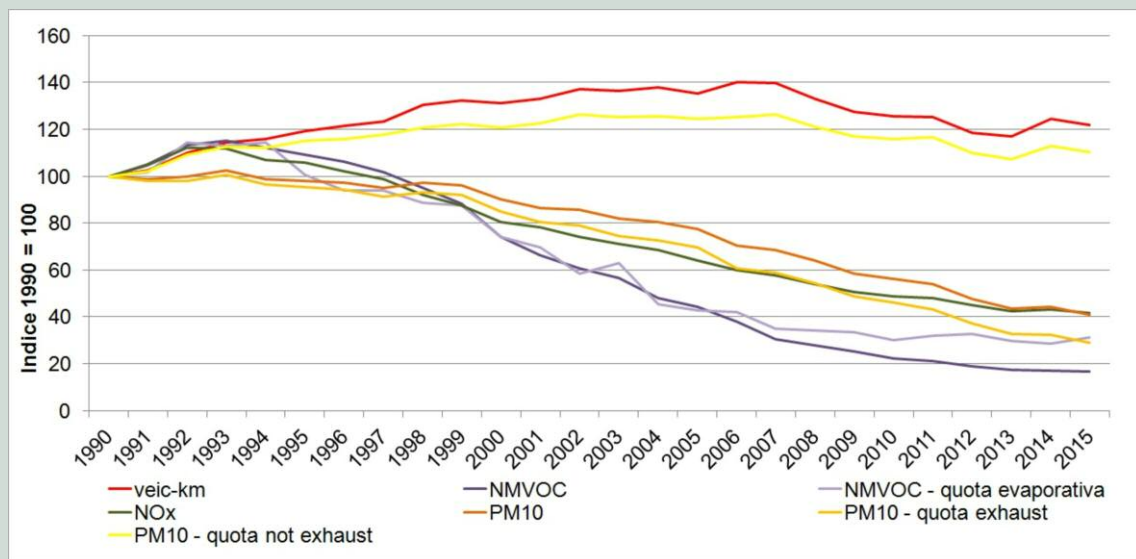
Nei primi anni novanta si assiste ad un incremento delle emissioni su strada, che registrano un massimo nel 1993, imputabile ad un incremento dei consumi di benzina non efficacemente contrastato dal rinnovo del parco autovetture, conforme alle più stringenti normative. A partire dall'introduzione dei modelli Euro 1, si assiste ad una graduale riduzione sia delle emissioni da combustione che da evaporazione.

Le emissioni evaporative, legate ai veicoli a benzina, dipendenti dalla temperatura e dalla tensione di vapore del combustibile, si sono ridotte negli anni a seguito dell'introduzione di dispositivi quali il canister (-68,9% dal 1990). Nonostante la decrescita in valore assoluto, la quota evaporativa sul totale cresce negli anni, rappresentando nel 2015 il 40% delle emissioni totali su strada di composti organici volatili non metanici (nel 1990 era 21,5%).

Dal 1990 al 2015, registrando marcate riduzioni nei valori assoluti delle emissioni dei composti organici volatili non metanici totali su strada, sia in ambito urbano che extraurbano ed autostradale, si stima un lieve incremento della quota percentuale di emissioni in ambito urbano ed autostradale rispetto al totale, compensato da una riduzione della quota percentuale emessa in ambito extraurbano.

Nel generale quadro di incremento di parco e percorrenze nel corso degli anni novanta, nell'ambito della mobilità urbana, assume particolare rilevanza l'utilizzo dei motorini, non soggetti fino al 1999 ad alcuna regolamentazione nazionale sulle emissioni. Successivamente sono state adottate diverse misure finalizzate alla riduzione dei composti organici volatili non metanici, quali incentivi per il rinnovo del parco autovetture, motorini e motocicli con veicoli a basse emissioni, incentivi per l'uso di combustibili diversi dalla benzina, come il GPL ed il gas naturale. Sono stati inoltre stanziati fondi per l'attuazione dei piani urbani del traffico, per la creazione di zone a traffico limitato e l'istituzione di giornate senza auto, per i controlli sui tubi di scarico delle autovetture, per l'attuazione di accordi volontari con i produttori di ciclomotori e motocicli riguardo all'immissione sul mercato di modelli a basso impatto ambientale.

Il trasporto stradale rappresenta una fonte importante di inquinamento riguardo alle polveri, soprattutto in considerazione delle particolari criticità nei grandi centri urbani. Nel 2015 il peso sul totale emesso di PM10 primario a livello nazionale è pari al 12,2%, nonostante la decrescita dal 1990 sia pari a -59,1%. Dai veicoli diesel si origina

Figura 1: *Trend delle percorrenze e delle emissioni di inquinanti atmosferici dal trasporto stradale in Italia*

Fonte: Stime ISPRA, 2017

la quota maggiore (82,4% rispetto al totale su strada nel 2015), nonostante la riduzione dal 1990 (-60,5%). Il decremento registrato nelle emissioni provenienti dai veicoli passeggeri è minore rispetto a quello riscontrato per i veicoli merci (-56,0% e -62,8% rispettivamente); nel 2015 i rispettivi pesi sul totale sono pari a 58,4% e 41,6%. La quota delle emissioni in ambito urbano passa dal 34,7% nel 1990 al 28,4% nel 2015; l'incremento della quota in ambito extraurbano (dal 38,2% nel 1990 al 43,4% nel 2015) è maggiore dell'incremento registrato in ambito autostradale (dal 27,1% nel 1990 al 28,2% nel 2015). La riduzione delle emissioni di PM10 registrata negli anni è legata all'introduzione delle Direttive europee di controllo e di limitazione delle emissioni di particolato al tubo di scarico dei veicoli, fondamentale all'installazione del filtro antiparticolato. Mentre da un lato si assiste quindi ad una riduzione della quota derivante da combustione sul particolato totale emesso, la quota non da combustione (ad es. consumo/usura di

materiali) evidenzia una crescita, assumendo rilevanza gradualmente crescente sul totale (dal 14,6% nel 1990 al 39,3% sul totale emesso nel 2015).

In Figura 1 viene illustrato il *trend* dal 1990 al 2015 delle percorrenze e delle emissioni nazionali su strada di NMVOC, NOx, PM10 (numeri indici a base 1990 = 100).

## BIBLIOGRAFIA

- EEA, 2015. *Evaluating 15 years of transport and Environmental policy integration*. EEA Report No 7/2015.
- EEA, 2016. *Transitions towards a more sustainable mobility system*. EEA Report No 34/2016.
- EMEP/EEA, 2016. *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*. EEA Technical report No 21/2016.
- EMISIA SA, 2016. COPERT 4 v 11.4, *Computer programme to calculate emissions from road transport*. September 2016.
- ISPRA, 2017. *Italian Emission Inventory 1990-2015*. Informative Inventory Report 2017. Rapporti 262/2017.



## Messa a punto di un sistema modellistico previsionale della qualità dell'aria, progettato ad hoc sull'area di Taranto per la previsione dei *wind days*

Annalisa Tanzarella<sup>1</sup>, Angela Morabito<sup>1</sup>, Illenia Schipa<sup>1</sup>, Francesca Intini<sup>1</sup>, Micaela Menegotto<sup>1</sup>, Andrea Tateo<sup>1</sup>, Tiziano Pastor<sup>1</sup>, Gianni Tinarelli<sup>2</sup>, Alessio D'Allura<sup>2</sup>, Matteo Paolo Costa<sup>2</sup>, Camillo Silibello<sup>2</sup>, Roberto Giua<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ARPA Puglia, <sup>2</sup>ARIANET Srl

Il monitoraggio della qualità dell'aria a Taranto, condotto da ARPA Puglia a partire dal 2005, ha evidenziato come la popolazione residente nelle zone limitrofe all'area industriale sia esposta ad elevati livelli di PM10 in corrispondenza del verificarsi di condizioni particolari di ventosità, che pongono l'area urbana sottovento all'area industriale [Trizio *et al.*, 2016]. Tali eventi, denominati *wind days*, sono stati oggetto di particolare attenzione da parte degli organi competenti con l'adozione di uno specifico Piano di Risanamento [Regione Puglia, 2012], contenente una serie di misure riguardanti il comparto industriale, da attuare al verificarsi dei *wind days*.

Al fine di attivare un adeguato sistema di informazione e di allerta della popolazione tarantina, ARPA Puglia, ai sensi degli art.14 e art.18 del D.Lgs. 155/2010, ha messo a punto sull'area di Taranto un sistema modellistico, progettato ad hoc per la previsione dell'impatto dei *wind days* sullo stato della qualità dell'aria (QA). L'obiettivo del sistema è fornire giornalmente la previsione per il giorno corrente ed i due successivi dello stato della QA sull'area di Taranto, attraverso la pubblicazione quotidiana sul sito <http://cloud.arpa.puglia.it/previsioniquadellaria/index.html> delle mappe relative alla concentrazione media giornaliera per l' $\text{SO}_2$  e il particolato fine (PM10), alla concentrazione massima oraria per il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) e l'ozono ( $\text{O}_3$ ) e alla concentrazione media massima giornaliera su 8 ore per il monossido di carbonio (CO) e l' $\text{O}_3$ . Le catene modellistiche operative del sistema previsionale sono installate sul datacenter di calcolo ReCaS (<https://www.recas-bari.it/>), realizzato dall'Università

degli Studi di Bari "Aldo Moro" e dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN).

Il sistema previsionale si basa sul modello euleriano tridimensionale di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM (*Flexible Air Quality Regional Model*), implementato in modalità operativa in diversi sistemi previsionali di QA che operano a livello regionale (ad es. Lazio, Lombardia, Friuli Venezia-Giulia, Valle d'Aosta, Molise, Calabria, Piemonte). FARM è in grado, a partire dalle emissioni di inquinanti delle varie sorgenti presenti sul territorio (naturali ed antropiche) e dallo stato fisico dell'atmosfera (campi di vento, di temperatura, di umidità, di turbolenza, ecc.), di fornire i campi tridimensionali orari di concentrazione per i diversi inquinanti [Mircea *et al.*, 2014].

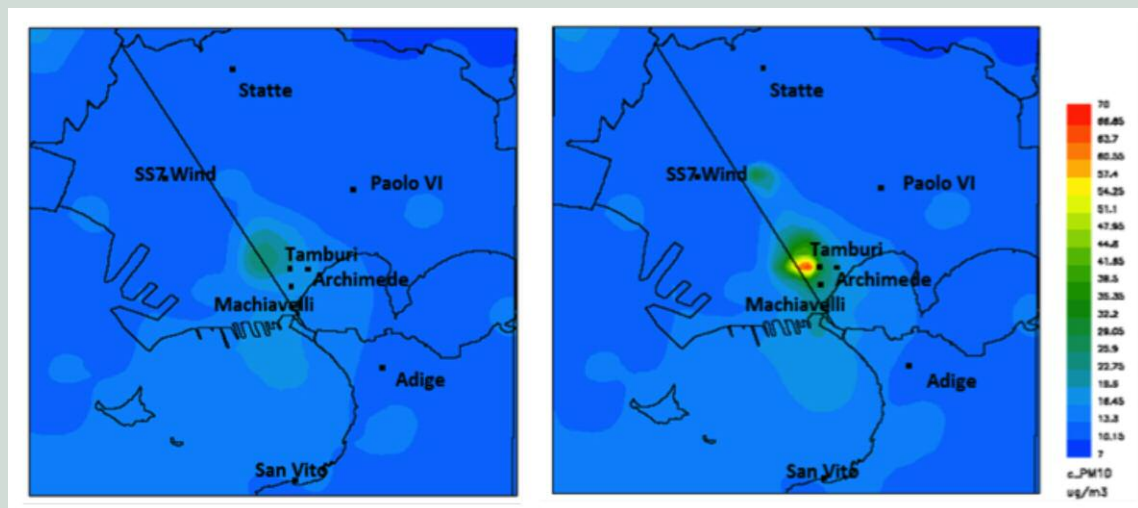
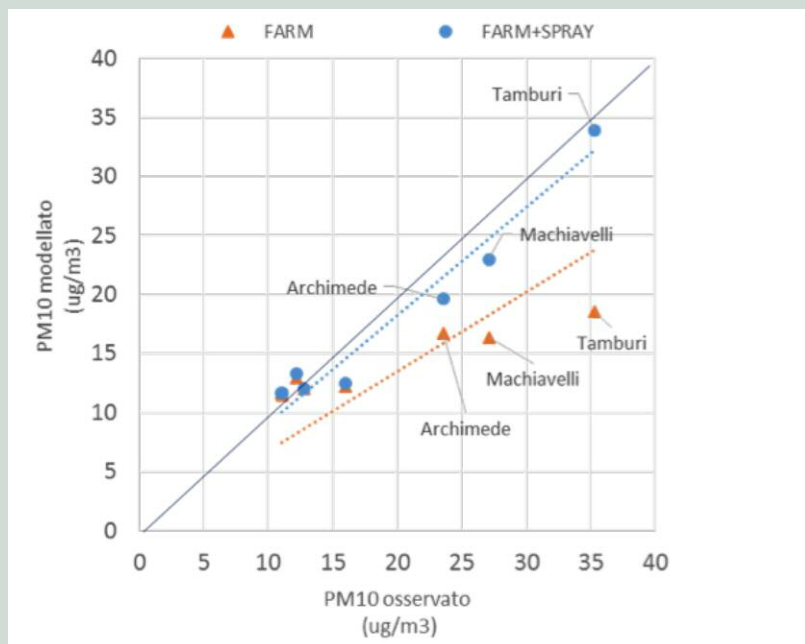
Nel sistema previsionale messo a punto da ARPA Puglia il modello FARM è configurato con lo schema chimico SAPRC99 [Carter, 2000] per le trasformazioni delle specie chimiche in fase gassosa dei composti organici volatili e degli ossidi di azoto e quindi dei processi fotochimici che portano alla formazione di ozono e di aerosol organici secondari nella bassa atmosfera. Al suddetto modulo è stato accoppiato il modulo chimico per gli aerosol, Aero3, messo a punto da EPA [Binkowski 1999] per la trattazione della chimica dell'aerosol (parte inorganica ed organica).

Il FARM è alimentato giornalmente con:

- i campi meteorologici previsti dal modello WRF (*Weather Research and Forecasting*), un modello meteorologico prognostico ad area limitata, gestito operativamente dal Servizio Agenti Fisici di ARPA Puglia,



Figura 1: Confronto fra le concentrazioni medie di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) misurate durante tutti i *wind days* verificatisi nel 2016 dalle centraline della rete di QA e le concentrazioni medie modellate dal solo modello FARM e dall'integrazione FARM+SPRAY. Mappa della concentrazione media di PM10 durante i *wind days* 2016, prevista dal modello fotochimico FARM (a sinistra) e dall'integrazione FARM+SPRAY (a destra)



Fonte: ARPA Puglia

che effettua quotidianamente previsioni fino a 72h sull'intero territorio regionale con una risoluzione spaziale di 4km [Fedele *et al.*, 2015];

- l'inventario delle emissioni INEMAR (<http://www.inemar.arpa.puglia.it/>) per la regione Puglia ed il catasto delle emissioni territoriali della regione Puglia (<http://www.cet.arpa.puglia.it/>), opportunamente integrati ed aggiornati con le informazioni disponibili;
- le condizioni iniziali ed al contorno, previste dal sistema di previsione della qualità dell'aria a scala nazionale QualeAria (<http://www.aria-net.it/qualearia/en/>).

Il FARM è applicato simultaneamente su un dominio comprendente la regione Puglia, con risoluzione spaziale pari a 4 km, e su un dominio, innestato nel precedente, comprendente l'area di Taranto, con risoluzione di 1 km.

Diverse valutazioni modellistiche, condotte con il modello lagrangiano a particelle SPRAY sull'impatto primario per il PM10 prodotto dalle emissioni industriali sull'area di Taranto [Giua *et al.*, 2014; Gariazzo *et al.*, 2007], hanno evidenziato la rilevanza su scala locale di tale contributo durante i *wind days*, con particolare riferimento all'emissione prodotta dall'erosione eolica dei parchi minerari ILVA [Vitali *et al.*, 2016].

Ai fini quindi di una più realistica rappresentazione dell'impatto prodotto dai parchi minerari sul PM10 nei quartieri limitrofi all'area industriale, alla catena previsionale del modello fotochimico FARM è stata affiancata, sull'area di Taranto, la catena previsionale del modello SPRAY, alimentata con le previsioni meteorologiche del WRF e con le stime emissive relative ai processi di erosione eolica dei parchi minerari, valutate con la metodologia illustrata nel documento AP-42 dell'EPA, Sezione 13.2.5 [EPA, 2006]. Tale metodologia descrive il fenomeno dell'erosione eolica dei cumuli di stoccaggio sulla base di alcuni parametri: tipologia del materiale stoccato e conseguenti rugosità superficiale e velocità di soglia del vento per l'erosione, forma e altezza del cumulo di stoccaggio e velocità del vento agente sui cu-

muli. Tali emissioni vengono calcolate quotidianamente per le successive 72 ore e fornite al modello lagrangiano conservandone la modulazione su base oraria, così da risultare diverse da zero solo quando il processo di erosione si attiva, ovvero quando la velocità del vento sul cumulo supera la velocità di soglia prevista per lo specifico materiale stoccato.

Le mappe giornaliere previste per il PM10, pubblicate giornalmente sul sito per l'area di Taranto, sono quindi ottenute sommando quelle stimate dal modello fotochimico FARM (che tengono conto delle reazioni chimiche, del trasporto su scala locale e regionale e del contributo delle emissioni naturali) con l'impatto primario previsto dal modello SPRAY per le emissioni dei parchi ILVA.

Il confronto tra le concentrazioni medie di PM10, misurate durante tutti i *wind days* verificatisi nel 2016 presso le postazioni di monitoraggio di QA di Taranto, con quelle ivi modellate dal solo modello fotochimico FARM e dalla somma di FARM e SPRAY, evidenzia come il contributo stimato da SPRAY, proveniente dai parchi, migliori sensibilmente la capacità del sistema modellistico di prevedere le concentrazioni e più in generale la distribuzione spaziale nelle aree urbane, poste in prossimità dei parchi (Figura 1). L'integrazione delle due catene modellistiche rappresenta quindi un elemento imprescindibile per una valutazione realistica delle concentrazioni di PM10 durante i *wind days*.

## BIBLIOGRAFIA

- Binkowski F.S., 1999, The aerosol portion of Models-3 CMAQ, in Byuan, D.W. and Ching, J.K.S. (Eds.): *Science Algorithms of the EPA Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System*. Part II, Chapters 9-18, pp.1-23, EPA-600/R-99/030, National Exposure Research Laboratory, Environmental Protection Agency, USA.
- Carter W.P.L., 2000, *Documentation of the SAPRC-99 Chemical Mechanism for VOC Reactivity Assessment, Final Report to California Air Resources Board*, Contract

92-329 and 95-308, SAPRC, University of California, Riverside, CA.

EPA U.S. Environmental Protection Agency, 2006, AP 42. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13. Miscellaneous Sources, Section 13.2., Fugitive Dust Sources. Fifth Edition.

Fedele F., Tateo A., Menegotto M., Turnone A., Figorito B., Guarnieri Calò Carducci A., Calculli C., Ribecco N., Pollice A., Bellotti R., 2015, *Impact of Planetary Boundary Layer parametrization scheme and land cover classification on surface processes: wind speed and temperature bias spatial distribution analysis over south Italy*, 15th EMS Annual Meeting & 12th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM), September 2015, Sofia, Bulgaria.

Gariazzo C., Papaleo V., Pelliccioni A., Calori G., Radice P., Tinarelli G., 2007, *Application of a Lagrangian particle model to assess the impact of harbour, industrial and urban activities on air quality in the Taranto area, Italy*, Atmospheric Environment, Vol. 41, No. 30, pp.6432-6444.

Giua R., Morabito A., Tanzarella A., Spagnolo S., Pastore T., Bevere M., Valentini E., La Ghezza V., 2014, *Application of Lagrangian particle model to the source apportionment for primary macropollutants in Taranto area (South Italy)*, International Journal of Environment and Pollution 2014 Vol. 55 No. 1/2/3/4.

Mircea M., Ciancarella L., Briganti G., Calori G., Cappelletti A., Cionni I., Costa M., Cremona G., D'Isidoro M., Finardi S., Pace G., Piersanti A., Righini G., Silibello C., Vitali L., Zanini G., 2014, *Assessment of the AMS-MINNI system capabilities to predict air quality over Italy for the calendar year 2005*, Atmospheric Environment, Vol. 84, pp.178-188.

Regione Puglia, 2012, *Piano contenente le prime misure di intervento per il risanamento della qualità dell'aria nel quartiere Tamburi (Ta) per gli inquinanti PM10 e Benzo(a)Pirene ai sensi del D.lgs.155/2010 art. 9 comma*

*1 e comma 2.*

Trizio L., Angiuli L., Menegotto M., Fedele F., Giua R., Mazzone F., Carducci A.G.C., Bellotti R., Assennato G., 2016, *Effect of the Apulia air quality plan on PM10 and Benzo(a)pyrene exceedances*. Global J. Environ. Sci. Manage., 2(2): 95-104.

Vitali L., Morabito A., Adani M., Assennato G., Ciancarella L., Cremona G., Giua R., Pastore T., Piersanti A., Righini G., Russo F., Spagnolo S., Tanzarella A., Tinarelli G., Zanini G., 2016, *A Lagrangian modelling approach to assess the representativeness area of an industrial air quality monitoring station*, Atmospheric Pollution Research (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2016.06.002>

## Aria viziata nelle scuole

Richard Oberkalmsteiner, Gianmaria Fulici e Luca Verdi  
APPA Bolzano

L'iniziativa "Aria viziata a scuola" ha coinvolto 24 scuole. In ogni singola scuola i tecnici del Laboratorio di chimica fisica dell'APPA Bolzano hanno effettuato un incontro preliminare con i docenti e, a volte, anche con gli alunni/alunne per spiegare il progetto e le modalità di svolgimento dello stesso. Sono state eseguite le misure contemporaneamente in più aule per più giorni consecutivi; infine, i risultati sono stati presentati ai docenti e alla direzione. I giorni totali di misura sono stati 288, intesi come somma dei giorni-aula. Il progetto è durato da settembre 2015 a maggio 2016, coinvolgendo circa 3.000 persone fra docenti, ragazzi e dirigenti scolastici.

### METODO E STRUMENTAZIONE

- La CO<sub>2</sub> è stata misurata utilizzando due tipologie di strumenti, entrambi funzionanti con tecnica all'infrarosso: 4 apparecchi con semaforo (luce verde se CO<sub>2</sub> < 1.000 ppm, luce gialla se CO<sub>2</sub> < 1.400 ppm e luce rossa se CO<sub>2</sub> > 1.400 ppm) e 4 apparecchi senza semaforo. La logica adottata per effettuare la ventilazione ha seguito tre criteri:

- secondo le indicazioni e le frequenze suggerite dai tecnici del Laboratorio di chimica fisica,
- secondo le normali consuetudini e
- in maniera sperimentale per scopi didattici.

In giorni diversi sono state adottate logiche diverse. Per ogni aula monitorata è stato predisposto un modulo dove annotare i seguenti dati: numero delle persone presenti, porte e finestre aperte sì o no e per quanto tempo, sensazioni percepite dai presenti.

Gli strumenti sono stati posti su banchi non occupati ad altezza della zona di respiro e distanti almeno 2 metri dagli alunni.

### NORME TECNICHE, RACCOMANDAZIONI, VALORI GUIDA E VALUTAZIONE DATI

Premesso che né a livello nazionale, né a livello provinciale, esistono attualmente limiti di legge per l'anidride carbonica negli ambienti di vita, abbiamo elaborato e valutato i valori di CO<sub>2</sub> misurati tenendo conto dei valori guida contenuti nelle seguenti norme e raccomandazioni:

- *"Bekanntmachung des Umweltbundesamtes – Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft"*: contiene una valutazione di natura sanitaria della CO<sub>2</sub> negli ambienti di vita
- UNI EN 13779
- DIN EN 15251.

L'analisi dei dati mirava a:

- verificare se la media mobile di CO<sub>2</sub> dell'ora più elevata fosse minore di 1.200 ppm e
- verificare se ci fossero valori medi del minuto maggiori della soglia di 2.000 ppm di CO<sub>2</sub>.

L'esperienza ha dimostrato che queste condizioni potevano essere garantite solamente ventilando i locali in modo intensivo ogni qualvolta la concentrazione media di CO<sub>2</sub> del minuto raggiungeva 1.400 ppm; questa soglia (Figura 1) veniva raggiunta dopo 15-25 minuti circa dalla chiusura dei serramenti.

### STRATEGIA DI VENTILAZIONE

Delle 24 scuole monitorate, solo una disponeva di un sistema di ventilazione meccanico, due disponevano di un sistema ibrido e 21 erano a ventilazione ma-

nuale. Nel caso della ventilazione meccanica controllata il consegnatario dell'edificio aveva raccomandato al personale docente di non aprire le finestre per ventilare i locali.

Durante gli incontri preliminari con i docenti nelle scuole con ventilazione manuale è stato suggerito di ventilare le aule, durante i mesi invernali, con le seguenti modalità:

- la mattina 15 minuti creando una corrente d'aria prima dell'inizio delle lezioni;
- fino a 5 minuti creando una corrente d'aria dopo circa 25 minuti di lezione e ad ogni cambio di ora;
- 15 minuti creando una corrente d'aria al termine delle lezioni.

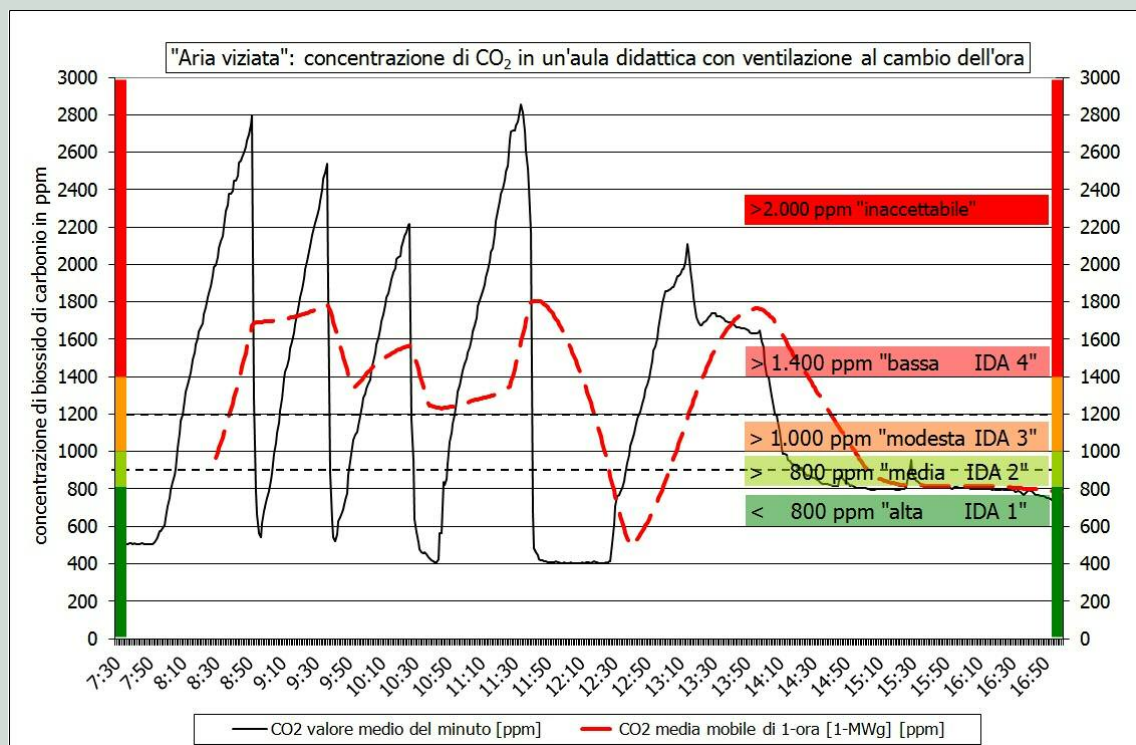
Un'ora di lezione ha la durata di 45 minuti.

## RISULTATI

Il grafico di Figura 1 rappresenta l'andamento della concentrazione di CO<sub>2</sub>, con riferimento alle seguenti classificazioni:

- qualità dell'aria alta (IDA 1), media (IDA 2), modesta (IDA 3), bassa (IDA 4) stabilite dalla norma UNI EN 13779;
- categorie di qualità dell'aria II e III stabilite dalla norma DIN EN 15251 (riportate con linea tratteggiata a 900 ppm e 1.200 ppm di CO<sub>2</sub>);
- qualità dell'aria "inaccettabile" secondo quanto indicato nella linea guida "Bekanntmachung des Umweltbundesamtes - Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft".

Figura 1: Concentrazione di CO<sub>2</sub> in un'aula didattica con ventilazione al cambio dell'ora



Fonte: Elaborazione Laboratorio di chimica fisica dell'APPA Bolzano

Dalla valutazione dei dati raccolti nell'ambito del progetto "Aria viziata a scuola", risulta che solo nell'1% di tutte le aule delle 24 scuole monitorate la qualità dell'aria rientrava nella categoria qualità dell'aria alta (IDA 1). Il 4% rientra nella categoria media (IDA 2), il 28% dei casi nella categoria modesta (IDA 3) e nel 67% dei casi l'aria ha una qualità bassa (IDA 4).

Confrontando i risultati ottenuti in aule ventilate ad ogni cambio di ora (45 minuti) con quelli ottenuti in aule ventilate sia ad ogni cambio di ora e che a metà dell'ora di lezione, notiamo che il valore medio di tutte le massime giornaliere delle medie orarie mobili CO<sub>2</sub> passa da 1.875 ppm a 1.245 ppm. Analogamente il massimo di tutte le massime giornaliere delle medie orarie mobili CO<sub>2</sub> passa da 2.779 ppm a 1.365 ppm, raddoppiando la frequenza di ventilazione.

## CONSIDERAZIONI FINALI

In generale gli alunni/studenti e gli insegnanti che hanno partecipato in modo interessato all'iniziativa sono rimasti sorpresi di quanto rapidamente l'aria nelle aule andasse a peggiorare. Risulta evidente che i miglioramenti nella qualità dell'aria erano apprezzabili solo quando gli intervalli di ventilazione da noi suggeriti sono stati applicati. In alcune aule, nonostante l'impegno a ventilare correttamente, la qualità dell'aria comunque non è sensibilmente migliorata. Questo fatto ha reso evidenti i limiti costruttivi di alcuni edifici. Superficie, posizione e orientamento dei serramenti incidono, infatti, sull'efficacia della ventilazione manuale. Altri punti critici sono legati alle potenziali carenze nella manutenzione ordinaria degli impianti di ventilazione meccanica controllata e alla disinformazione del personale docente sull'utilizzo e sul funzionamento degli impianti di ventilazione. A causa del rumore generato, in una scuola gli impianti di ventilazione spesso erano spenti per non disturbare le lezioni.

Non vanno trascurati i grandi spazi, atri, open space, per i quali deve essere prevista una ventilazione, altrimenti

l'aria cattiva proveniente da questi ambienti rischia di penalizzare la qualità dell'aria nelle singole aule didattiche. L'apertura delle finestre prima dell'inizio delle lezioni permette di espellere inquinanti come radon, formaldeide e composti organici volatili (COV) che possono essersi accumulati durante la notte. Le successive aperture permettono di ridurre la concentrazione di CO<sub>2</sub>, polveri e fibre. La ventilazione effettuata al termine delle lezioni evita infine il ristagno di CO<sub>2</sub>, umidità, virus, batteri e spore che potrebbero proliferare nel corso della notte.

Sulle pagine internet dell'Agenzia per l'Ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige è visionabile un video che riassume l'iniziativa con il titolo "*Dicke Luft im Klassenzimmer - aria viziata a scuola*".

Indirizzo:

[http://www.provincia.bz.it/news/it/news.asp?news\\_action=4&news\\_article\\_id=548749](http://www.provincia.bz.it/news/it/news.asp?news_action=4&news_article_id=548749)

## Valutazione della qualità dell'aria nella regione Molise attraverso l'utilizzo di un sistema modellistico

Luigi Pierno  
ARPA Molise

Il monitoraggio della qualità dell'aria con la tradizionale rete di misurazione con stazioni fisse presenta limiti operativi dovuti al fatto che le stazioni di misura non possono essere numerose come si vorrebbe per chiari problemi economici, ma, anche nell'ipotesi di disporre di un gran numero di stazioni, ci sarebbe comunque una parte del territorio non coperta da monitoraggio con centraline, fisse o mobili che siano, e quindi risulterebbe priva di informazioni sulla qualità dell'aria. Uno strumento previsto dalla normativa, che può essere utilizzato per superare questi ostacoli e quindi ottenere una corretta e completa valutazione della qualità dell'aria, è rappresentato dall'utilizzo di tecniche di modellizzazione.

Dal 2006, in Molise la qualità dell'aria è valutata attraverso l'utilizzo di una rete di rilevamento composta da 10 stazioni fisse, dislocate nei maggiori centri urbani della regione, e dal 2015 la rete è affiancata da uno strumento modellistico di previsione e valutazione della qualità dell'aria in grado di fornire una informazione estesa anche a porzioni di territorio prive di notizie sullo stato del tasso di inquinamento dell'aria.

Il modello viene utilizzato quotidianamente per produrre mappe di concentrazioni di previsione di qualità dell'aria su base giornaliera (su tre giorni) per tutta la regione e, per la prima volta nel 2016, è stato utilizzato per ricostruire lo stato della qualità dell'aria su tutto il territorio molisano, in una configurazione analoga a quella impiegata routinariamente nelle previsioni giornaliere. Le simulazioni a scala regionale vengono effettuate in riferimento ad un gri-

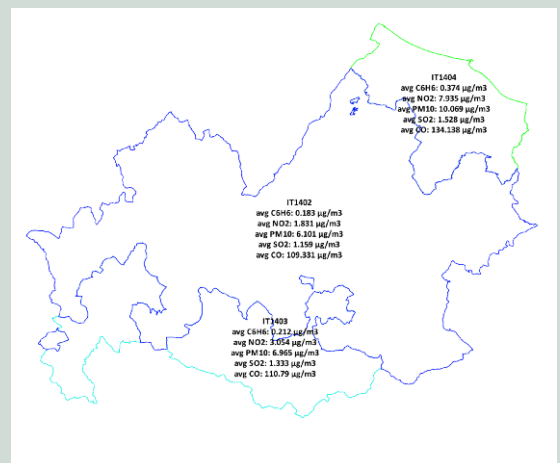
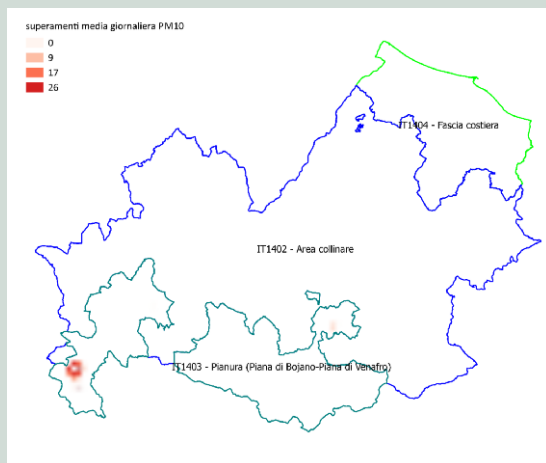
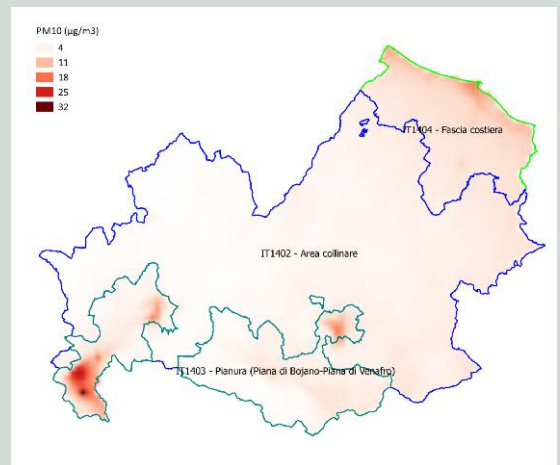
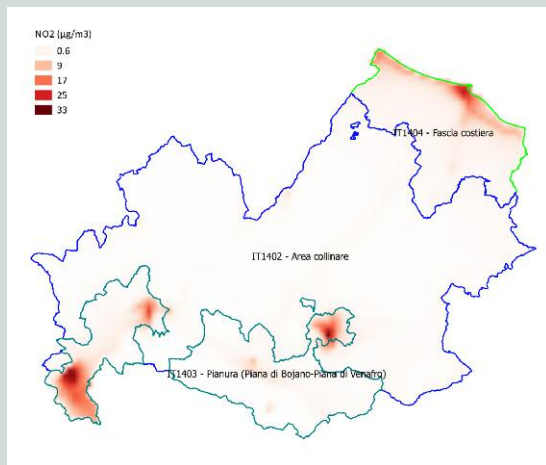
gliato di calcolo a risoluzione di 1 km che copre l'intero territorio della regione e porzione di quelle adiacenti, innestato all'interno di un grigliato di "background" a risoluzione di 5 km con funzione di raccordo con le simulazioni a scale maggiori, che contiene parti di Abruzzo, Lazio, Campania e Puglia. Come input meteorologico e di condizioni al contorno sono utilizzati:

- i campi meteorologici ottenuti tramite una discesa di scala realizzata per mezzo del modello prognostico WRF, a partire dai campi a grande scala prodotti dal modello meteorologico GFS del servizio meteorologico degli USA (NCEP);
- le condizioni al contorno per il dominio di "background" (concentrazioni ai bordi della griglia di calcolo) ricavate dalla elaborazione dei campi 3D prodotti giornalmente dal sistema QualeAria ([www.qualearia.it](http://www.qualearia.it)).

I campi meteorologici tridimensionali prodotti da WRF su base oraria vengono poi adattati alle griglie di calcolo del modello di qualità dell'aria mediante il modulo GAP, per ciò che riguarda i campi di vento tenendo conto dell'orografia. Mediante il preprocessore SURFPRO [ARIANET, 2015] l'input meteorologico è infine completato con le variabili necessarie al modello di qualità dell'aria (velocità di deposizione e delle diffusività turbolente), generate a partire dai campi delle variabili meteo di base e dalle informazioni di uso del suolo. Il sistema regionale è basato sul modello tridimensionale FARM [ARIANET, 2014], di tipo euleriano reattivo, attualmente utilizzato con lo schema chimico in fase gassosa SAPRC99 ed il mo-



Figura 1: Statistiche annuali



Fonte: La qualità dell'aria in Molise – Report 2016



dulo AER03 per il particolato. La stessa configurazione per i moduli di chimica gassosa e particolato sono utilizzati da QualeAria, dunque la preparazione delle condizioni al contorno sulla griglia di *background* del sistema regionale comporta l'interpolazione dei campi di concentrazione disponibili sulla griglia nazionale, ma non necessita di un adattamento delle specie chimiche. L'*input* emissivo a FARM su base oraria è predisposto (preprocessore *Emission Manager*) a partire dai dati degli inventari regionale e nazionale, disaggregati nello spazio, nel tempo e secondo le specie chimiche considerate dal modello, utilizzando una serie di proxy spaziali su griglia (uso del suolo, reti stradali, ecc.), profili di modulazione temporale (su base annuale, settimanale e giornaliera) e profili di speciazione per COVNM e particolato tipici per le diverse attività emissive, in modo concorde a quanto effettuato all'interno del sistema previsionale. Le emissioni biogeniche sono state stimate su base oraria sulla griglia di calcolo tramite il modello MEGAN [Guenther *et al.*, 2006], a partire dai campi meteorologici orari e dalle informazioni sulla copertura del suolo. Va sottolineato infine che, oltre alle incertezze proprie della modellazione o alle incertezze legate ai dati utilizzati in *input* (emissioni, meteorologia), le concentrazioni simulate da un modello sono valori medi sulle celle della griglia di simulazione, quindi possono rappresentare livelli di fondo su tali celle, ma difficilmente corrispondere a situazioni di picco, qualora esse siano circoscritte ad aree più piccole delle celle stesse. I campi orari delle concentrazioni simulate al suolo dal modello di qualità dell'aria sono stati integrati con le osservazioni provenienti dalla rete regionale della qualità dell'aria, utilizzando il metodo delle correzioni successive; è stata così realizzata la *data fusion* (osservazioni + modello), dalla quale sono stati calcolati gli indicatori di legge. Le mappe finali così ottenute, risultano più realistiche rispetto a quelle prodotte dal solo modello di simulazione o dalla sola

interpolazione delle osservazioni e di fatto estendono la rappresentatività spaziale delle misure stesse, e consentono al contempo una lettura sull'insieme del territorio di quanto rilevato in corrispondenza dei singoli punti di misura, così come indicato dalla normativa.

Dalle mappe riportate in Figura 1 emerge il rispetto degli standard normativi di qualità dell'aria su tutto il territorio regionale. I valori di concentrazione più elevati sono risultati in corrispondenza dei centri urbani di Campobasso, Isernia, Termoli e Venafro. Questi risultati sono coerenti con i dati forniti dalla rete di monitoraggio. Esaminando, ad esempio, la mappa delle medie annuali di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, si può notare come i valori massimi siano registrati nel Venafano e a Campobasso con valori che sono vicini a quelli misurati dalla rete [Manoni *et al.*, 2016]. Infatti, a Venafro il valore maggiore della media annuale di NO<sub>2</sub> misurato dalle due stazioni di monitoraggio è stato di 35 µg/m<sup>3</sup>, il valore ottenuto con il sistema modellistico è stato di 33 µg/m<sup>3</sup>, analogo discorso è valido per il PM<sub>10</sub>. Una buona corrispondenza si riscontra anche per il numero dei superamenti della media giornaliera del PM<sub>10</sub>; infatti, a Venafro le due stazioni di monitoraggio hanno registrato il maggior numero di superamenti dell'intera rete, segnalando una 32 ed una 24 giorni di superamento, il sistema modellistico produce una leggera sottostima in quella zona prevedendo un massimo di 26 superamenti. È stato possibile, per ultimo, stimare anche le concentrazioni medie dei principali inquinanti per singola zona, anche in questo caso sono stati rispettati i limiti previsti dalla normativa vigente.

#### BIBLIOGRAFIA

ARIANET (2014) *FARM (Flexible Air quality Regional Model) – Model formulation and user manual – Version 4.7*, ARIANET Report R2014.28, Dec. 2014.

---

ARIANET (2015) *SURFPRO3 (SURrface-atmosphere interFace PROcessor, Version 3)*

ARPA Molise, Manoni R., Pierno L., Presutti M., 2016, *La qualità dell'aria in Molise – Report 2016*

Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P.I., Geron, C., 2006, *Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)*, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 3181-3210

## 2. CLIMA: STATO E CAMBIAMENTI

Antonio Caputo, Mario Contaldi, Franco Desiato, Domenico Gaudio, Francesca Giordano  
ISPRA

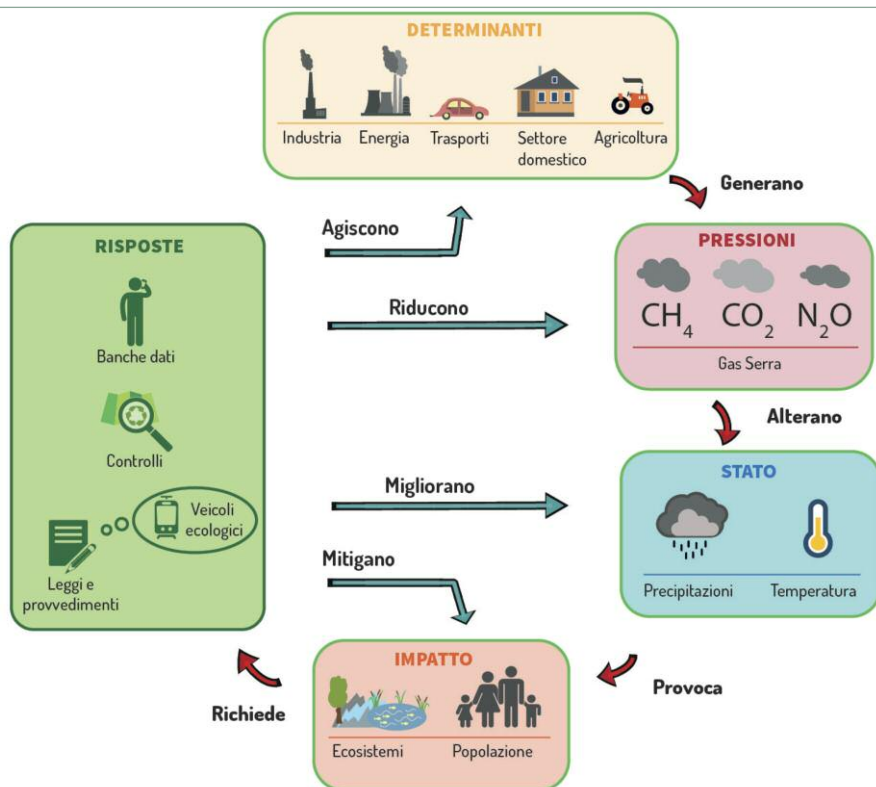
### Messaggi chiave

Le misure delle concentrazioni dei gas contenuti nelle carote glaciali antartiche mettono in evidenza che il recente aumento della concentrazione della CO<sub>2</sub> atmosferica è senza precedenti negli ultimi 800.000 anni. La caratteristica più rilevante del clima in Italia nel 2016, che si è poi riaffermata con ancor maggiore intensità nel primo semestre del 2017, è stata la persistenza di condizioni siccitose; al contempo, non sono mancati eventi di precipitazione di forte intensità.

### Introduzione

Le misure delle concentrazioni dei gas contenuti nelle carote glaciali antartiche mettono in evidenza che, negli ultimi 800.000 anni, la concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica è rimasta nell'intervallo da 170 a 300 parti per milione (ppm), e questo rende particolarmente significativo il recente rapido aumento fino a oltre 400 ppm, avvenuto in 200 anni. Secondo il 5° Rapporto di Valutazione dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), l'incremento contemporaneo delle concentrazioni atmosferiche dei gas-serra e delle

DPSIR\_Clima



temperature, che si è registrato a partire dalla metà del 20° secolo, è stato causato con molta probabilità da azioni di origine antropica, il che ha portato il premio Nobel per la chimica atmosferica Paul Crutzen a introdurre il termine Antropocene, per definire l'epoca geologica in cui l'ambiente terrestre, inteso come l'insieme delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche in cui si svolge ed evolve la vita, è fortemente condizionato a scala sia locale sia globale dagli effetti dell'azione umana.

### Trend climatici di base

La concentrazione atmosferica media globale di CO<sub>2</sub>, il principale gas-serra, è cresciuta da circa 277 ppm nel 1750 a circa 408 ppm nel giugno del 2017, con un aumento percentuale del 47,3%. Per tutto il 2016, le concentrazioni

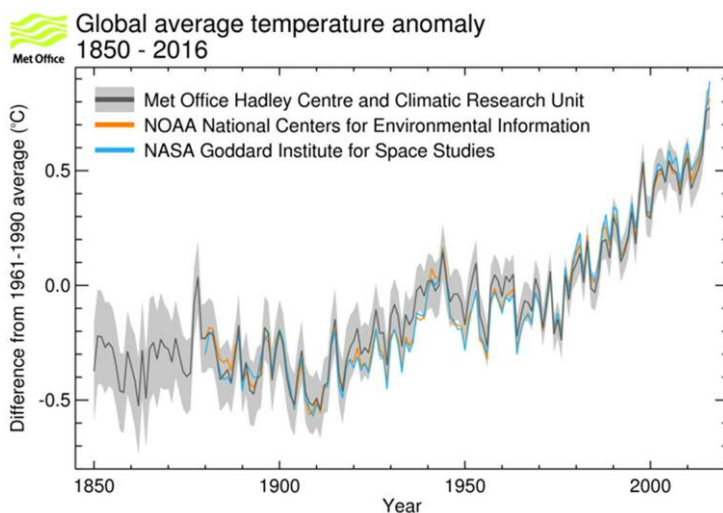
medie settimanali si sono mantenute al di sopra di 400 ppm, un livello simbolico rappresentativo dei cambiamenti avvenuti nell'atmosfera del nostro pianeta.

### Livello globale

Le analisi della NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), indicano che l'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma nel 2016 rispetto alla media del periodo 1961-1990 è stata di +1,31 °C. Con il 2016, la temperatura media annuale globale (terraferma ed oceani) segna un nuovo record della serie per il terzo anno consecutivo.

L'andamento delle anomalie dal 1850, è illustrato nella Figura 2.1 pubblicata dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale; il 2016 risulta l'anno più caldo della intera serie storica.

**Figura 2.1: Serie storica 1850-2016 delle anomalie delle temperature medie globali rispetto alla media del periodo 1961-1990**



Fonte: World Meteorological Organization, 2017, *WMO statement on the status of global climate in 2016. Report WMO, n. 1189*, Geneva

## Italia

### TEMPERATURA

Per valutare le tendenze recenti del clima in Italia vengono utilizzati i dati e gli indicatori climatici elaborati attraverso il sistema SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale), realizzato dall'ISPRA e attualmente alimentato e aggiornato ogni anno con le serie temporali di osservazioni della rete sinottica (Servizio Meteorologico dell'Aeronautica ed ENAV), del CRA-CMA (ex UCEA), di numerose ARPA e di alcuni servizi agrometeorologici regionali<sup>1</sup>.

La stima della variazione media della temperatura in Italia si basa sulle serie temporali più lunghe e complete. Inoltre, le serie vengono sottoposte a test di omogeneità ed eventualmente corrette, al fine di filtrare eventuali segnali non climatici, come lo spostamento della sta-

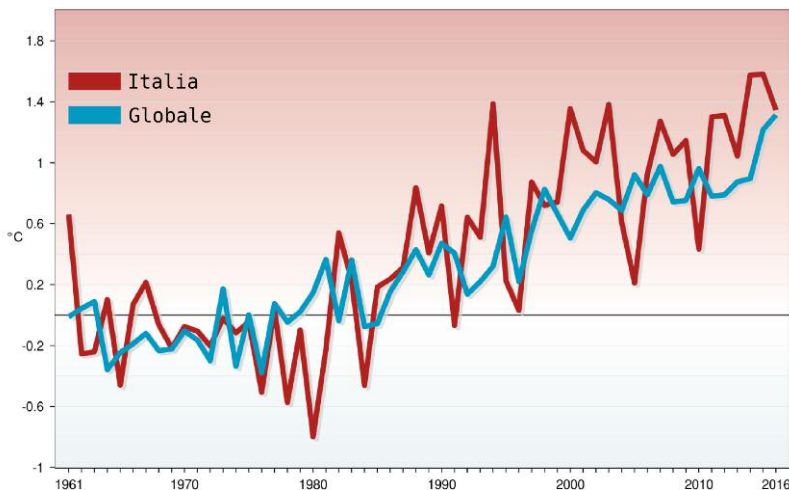
zione di misura o il cambiamento della strumentazione. Nella Figura 2.2 viene mostrato l'andamento della temperatura media in Italia a confronto con la media globale sulla terraferma, dal 1961 al 2016.

L'aumento della temperatura media registrato in Italia negli ultimi 30 anni è stato quasi sempre superiore a quello medio globale sulla terraferma. Nel 2016 il valore dell'anomalia della temperatura media in Italia rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990 è stato  $+1,35^{\circ}\text{C}$ , e si colloca al sesto posto nella serie dal 1961 ad oggi<sup>2</sup>.

### PRECIPITAZIONE

L'andamento delle precipitazioni in Italia negli ultimi decenni è illustrato dalle serie di anomalie di precipitazione cumulata annuale nel periodo 1951-2016, rispetto al valore climatologico 1951-1980 (Figura 2.3).

**Figura 2.2: Serie temporali delle anomalie di temperatura media globale e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990**

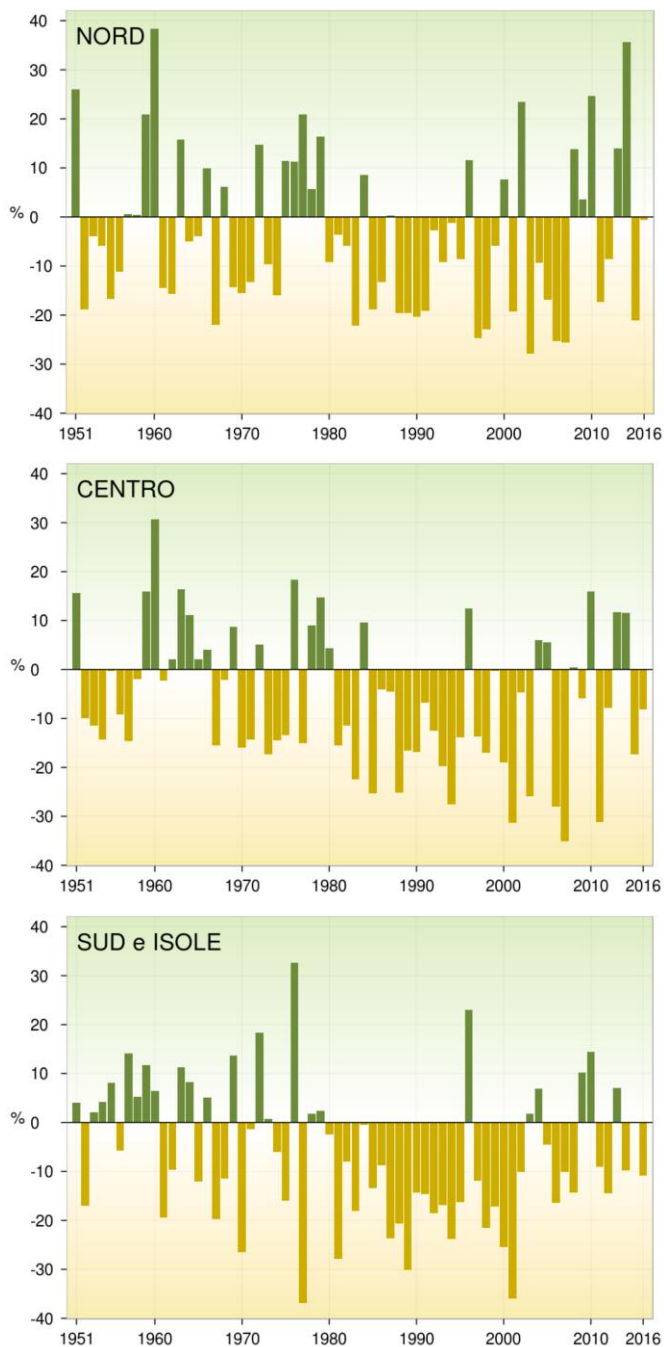


Fonte: ISPRA e NCDC/NOAA

<sup>1</sup> Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2007, SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 48, n. 3 351-358

<sup>2</sup> ISPRA, 2017, Gli indicatori del clima in Italia nel 2016

Figura 2.3: Serie delle anomalie medie al Nord, Centro, Sud e Isole, espresse in %, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1951-1980



Fonte: ISPRA

Su base annuale le tre serie rappresentative di Nord, Centro, Sud e Isole mostrano un *trend* significativo solo per il Centro (con una diminuzione di  $2.0 \pm 0.9\%$  su 10 anni), mentre su base stagionale la serie aggregata rappresentativa dell'intero territorio nazionale non mostra tendenze statisticamente significative.

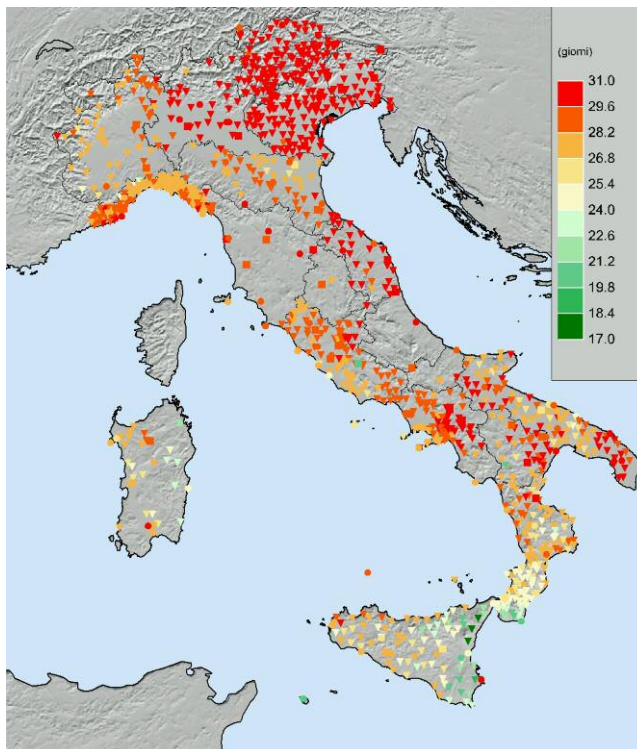
Per quanto riguarda gli indici degli estremi di precipitazione, anche in questo caso dall'analisi delle serie temporali non emergono segnali netti di variazioni significative della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni nel medio-lungo periodo. Va tenuto presente

che i risultati sono stati ottenuti su un insieme ancora abbastanza limitato di stazioni di misura.

Nel 2016 le precipitazioni cumulate annuali in Italia sono state complessivamente inferiori alla media climatologica del 6% circa. Le anomalie rispetto ai valori climatologici normali sono molto differenziate sia dal punto di vista dell'andamento temporale nel corso dell'anno, sia dal punto di vista geografico.

Non sono mancati eventi di forte intensità, anche prolungati, come quelli che hanno colpito la Liguria e il Piemonte nella terza decade di novembre, nel corso dei

**Figura 2.4: Numero di giorni asciutti (cioè con precipitazione inferiori o uguali a 1 mm) nel mese di dicembre 2016**



Fonte: ISPRA

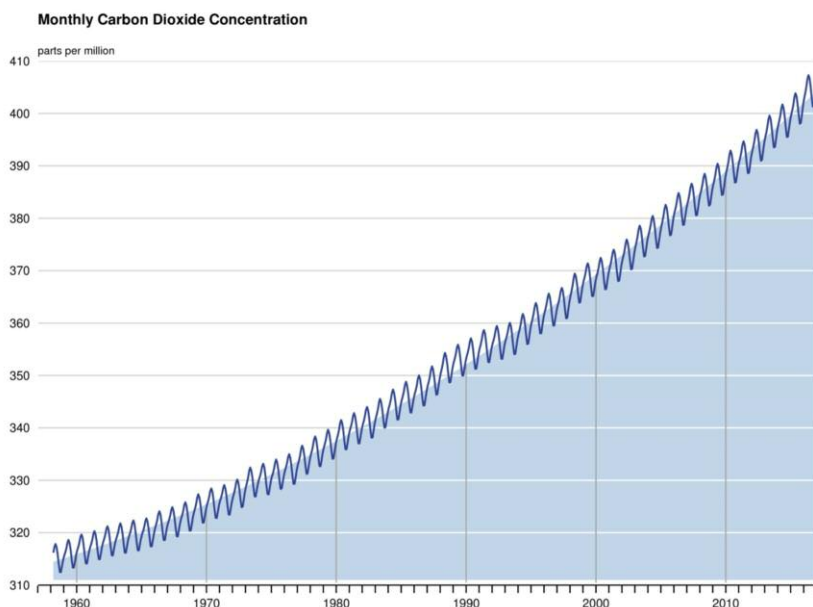
quali sono state registrati i valori massimi annuali di precipitazione cumulata giornaliera e oraria (a Fiorino (SV): 583 mm e 100.8 mm, rispettivamente).

Tuttavia, la caratteristica più rilevante del 2016 è stata forse la persistenza di condizioni siccitose, parzialmente alleviate dalle piogge primaverili che hanno agevolato la gestione delle risorse idriche. In particolare, il mese di dicembre è stato caratterizzato da precipitazioni molto scarse su gran parte del territorio nazionale e totalmente assenti sui settori centrale e orientale del Nord Italia (Figura 2.4).

Come ha recentemente ribadito l'Agenzia Europea per l'Ambiente nella sua terza pubblicazione basata su indicatori climatici e di impatto (EEA N. 1/2017), i cambiamenti del clima osservati rappresentano la causa o il fattore ca-

talizzatore di molte delle modifiche in corso sugli ecosistemi, sui settori economici, sulla salute umana e sul benessere dei cittadini europei. Nella maggior parte dei casi gli impatti dovuti ai cambiamenti climatici saranno negativi, sebbene si possano rilevare benefici in talune aree del continente. In generale, tuttavia, le conseguenze non saranno omogeneamente distribuite sul territorio europeo: le aree a sud e sud-est saranno destinate a essere degli *hotspots* dove si concentrerà il maggior numero di settori severamente affetti. Anche le aree costiere e le pianure alluvionali nella parte occidentale del continente rappresenteranno delle zone particolarmente critiche, così come gli ecosistemi ed i relativi servizi della zona alpina e della Penisola iberica. Infine, a causa dell'incremento particolarmente intenso e veloce delle temperature atmosferiche e degli oceani, gli ecosistemi e le attività umane

**Figura 2.5: Andamento delle medie mensili globali della concentrazione di anidride carbonica**



Fonte: SCRIPPS Institution of Oceanography



dell'Artico potranno essere fortemente colpiti. Le proiezioni climatiche future evidenziano che il cambiamento del clima provocherà un aumento degli eventi estremi quali, ad esempio, ondate di calore, fenomeni di precipitazione intensa, periodi di siccità, con intensità variabile in funzione dell'efficacia delle politiche globali di mitigazione.

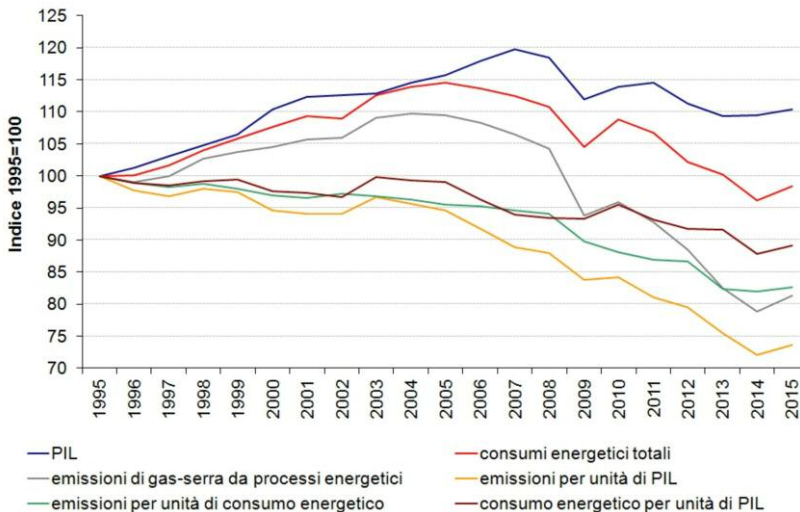
#### LE PRESSIONI SUL SISTEMA CLIMATICO

Dal periodo preindustriale al 2015 è stata registrata una crescita delle emissioni annue di anidride carbonica da circa zero a circa 36,3 Gt, considerando solo le emissioni da combustibili fossili e dalla produzione del cemento. Per il 2016, le stime preliminari mostrano un ulteriore incremento delle emissioni globali di anidride carbonica a 36,4 Gt.

Le emissioni di gas-serra in Italia sono aumentate dal 1996 fino al 2004, successivamente è stata osservata

un'inversione di tendenza in seguito all'adozione di politiche e misure volte al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni stabiliti nel contesto del Protocollo di Kyoto. La riduzione delle emissioni atmosferiche ha subito una considerevole accelerazione dal 2008 a causa degli effetti della crisi economica che ha inciso negativamente su tutte le principali attività economiche. Complessivamente le emissioni di gas serra sono diminuite del 25,4% nel periodo 2004-2015 e del 16,7% nel periodo 1990-2015. Nel 2015 si osserva un incremento delle emissioni rispetto all'anno precedente (+2,3%) quale segno di una ripresa economica che si riflette sulle emissioni di gas a effetto serra. Il confronto dell'andamento delle emissioni di gas serra da processi energetici, che rappresentano mediamente l'82% delle emissioni totali dal 1990, con quello delle principali variabili rappresentative della crescita economica mostra che a partire dal 1995 le emissioni

**Figura 2.6: Indicatori economici ed energetici ed emissioni di gas serra da processi energetici**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA, ISTAT, MSE

di gas serra e il prodotto interno lordo presentano un disaccoppiamento crescente. L'andamento del prodotto interno lordo finora registrato non consente di osservare segni di disaccoppiamento assoluto in cui all'aumento dell'attività economica corrisponde una diminuzione degli impatti emissivi e la lieve ripresa economica del 2015 (+0,8%) associata al sensibile incremento delle emissioni (+2,3%) mette in evidenza che il disaccoppiamento osservato può essere soggetto a una inversione di tendenza.

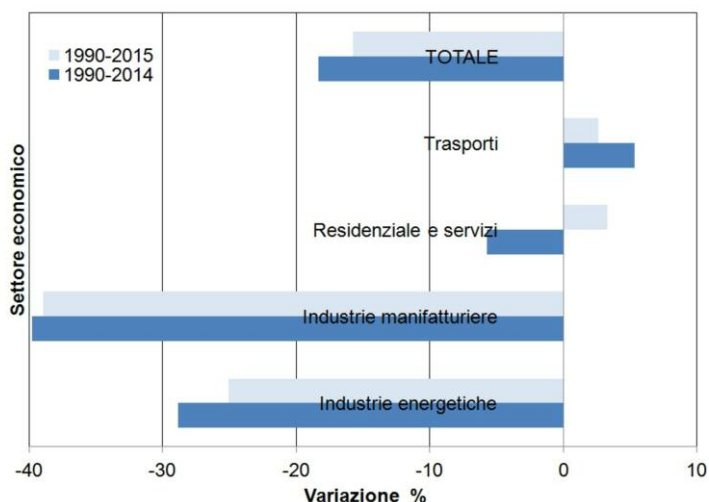
I diversi settori economici mostrano differenti andamenti delle emissioni atmosferiche da processi energetici. La diminuzione complessiva del 15,8% delle emissioni di gas serra da processi energetici nel 2015 rispetto ai livelli del 1990 è dovuta alle industrie manifatturiere e alle industrie energetiche che hanno fatto registrare una riduzione delle emissioni del 38,9% e 25,1% rispettivamente, laddove il settore civile

e dei trasporti hanno mostrato incrementi del 3,3% e 2,6% rispettivamente.

Tali valori mostrano, sebbene in maniera estremamente sintetica, la diversa sensibilità dei settori economici alle politiche di riduzione delle emissioni adottate finora e agli impatti di fattori esogeni alle politiche energetiche e climatiche quali la crisi economica.

Le emissioni di gas serra da processi energetici sono dovute alla combustione di fonti fossili. Nel 2015 l'intensità di carbonio nazionale rispetto al consumo interno lordo di energia è pari a 54,2 tCO<sub>2</sub>eq/TJ contro 49,3 tCO<sub>2</sub>eq/TJ della media EU28. Le ragioni di tale differenza risiedono nell'apporto non irrilevante a livello europeo del consumo interno lordo di energia nucleare (13,6% nel 2015) che non contribuisce in termini emissivi. Considerando la progressiva dismissione delle centrali nucleari è ragionevole pensare che in futuro l'Europa dovrà fronteggiare un possibile incremento dell'intensità carbonica se la fonte nucleare

**Figura 2.7: Variazione percentuale delle emissioni di gas serra per settore rispetto al 1990 per gli anni 2014**



Fonte: ISPRA

non sarà sostituita da energie rinnovabili. Prendendo in considerazione le sole fonti fossili l'intensità di carbonio nazionale nel 2015 è pari a 65,1 tCO<sub>2</sub>eq/TJ, mentre la media EU28 è pari a 67,1 tCO<sub>2</sub>eq/TJ. Le differenze sono dovute ai diversi mix di combustibili dei vari Stati membri. La quota nazionale di energia da combustibili solidi del consumo interno lordo nel 2015 è pari a 7,9% contro il 16,1% della media europea. D'altro canto la quota nazionale di gas naturale è pari al 35,4%, mentre la media europea è del 22%. Di particolare rilievo appare il progressivo avvicinamento delle intensità di carbonio nazionale e europeo a partire dal 1990. Nel 1990 l'intensità nazionale da fonti fossili era pari a 68,3 tCO<sub>2</sub>eq/TJ, mentre quella europea era pari a 74,4 tCO<sub>2</sub>eq/TJ. Nel 2015 le intensità sono diventate rispettivamente 65,1 tCO<sub>2</sub>eq/TJ per l'Italia e 67,1 tCO<sub>2</sub>eq/TJ per la media EU28. La convergenza dei due andamenti mostra che il cambiamento del mix delle fonti fossili verso combustibili a minore in-

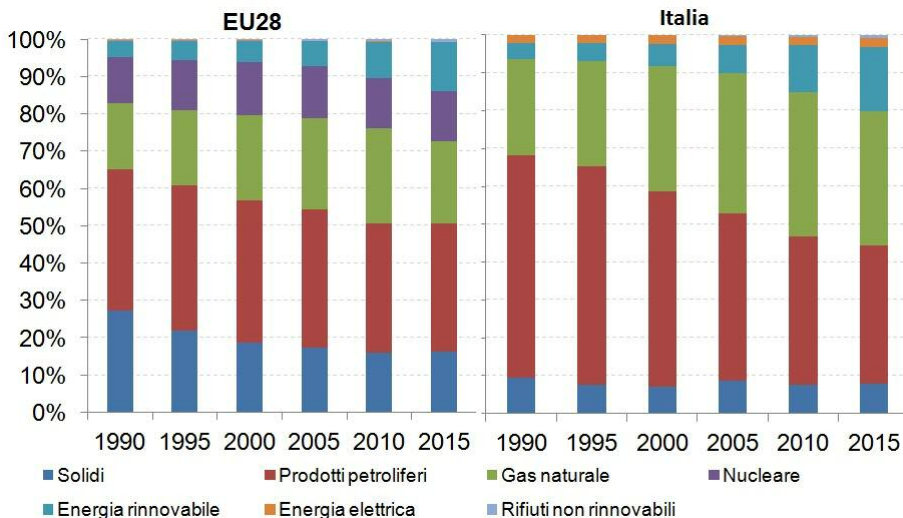
tensità emissiva ha margini di riduzione delle emissioni nettamente maggiori per EU28 rispetto a quanto si può osservare a livello nazionale.

### Le misure di risposta: mitigazione e adattamento

Per quanto riguarda le azioni di risposta ai cambiamenti climatici, l'avvenimento di maggior rilievo del 2016 è rappresentato dall'entrata in vigore, avvenuta il 4 novembre 2016, dell'Accordo di Parigi, raggiunto nel dicembre 2015 a conclusione della COP21, e firmato da 175 Paesi alle Nazioni Unite a New York il 22 aprile 2016, in occasione della Giornata Mondiale della Terra.

L'Accordo di Parigi prevede che ciascun Paese comunichi le azioni che si impegna a mettere in atto in vista del raggiungimento degli obiettivi previsti dallo stesso, attraverso documenti chiamati NDC (Nationally Determined

Figura 2.8: Quota del consumo energetico per combustibile nel consumo interno lordo per EU28 e Italia



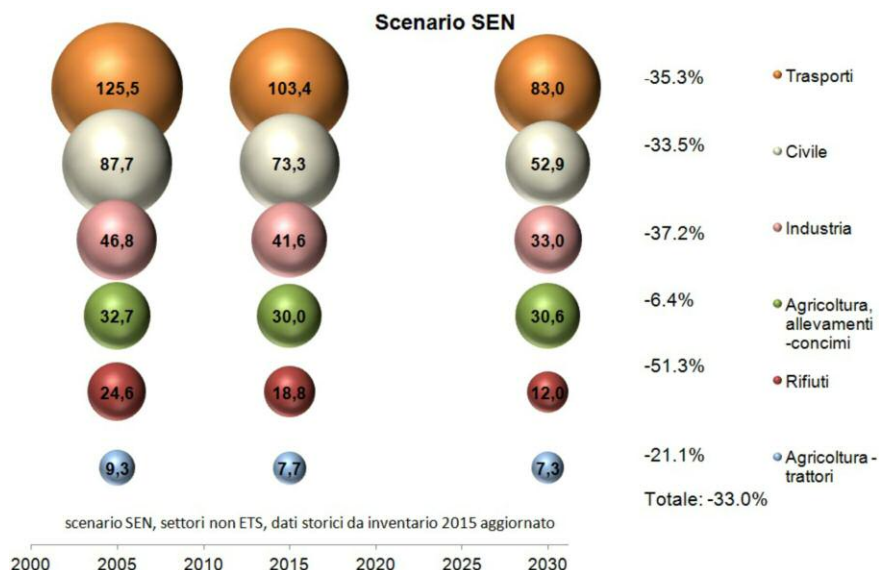
Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati EUROSTAT

Contributions). Questi ultimi possono essere rivisti nel tempo, ma a condizione di non ridurre l'impegno previsto. A ottobre 2017, dei 197 Paesi che hanno sottoscritto l'Accordo, 168 l'hanno ratificato e 163 hanno trasmesso il proprio primo NDC. Gli elementi positivi relativi all'ampia adesione all'Accordo a livello internazionale sono stati però controbilanciati dal ritiro degli Stati Uniti, annunciato il 1° giugno dal nuovo Presidente Donald Trump. Tale decisione non avrà un effetto immediato, dal momento che i Paesi firmatari non possono recedere dall'Accordo prima di tre anni, con uno di preavviso (gli USA non potranno quindi uscire ufficialmente dall'accordo di Parigi prima di Novembre 2020). L'assenza degli Stati Uniti comporterà comunque un forte indebolimento della lotta contro i cambiamenti climatici, che aveva finalmente raggiunto a Parigi una dimensione globale.

## MITIGAZIONE

Prima di esaminare le risposte previste a livello nazionale ai fini della riduzione delle emissioni di gas serra è necessario inquadrare la situazione nazionale emissiva nel contesto dell'UE. Nell'ambito degli accordi di Parigi l'UE ha dichiarato di voler ridurre le emissioni del 40% rispetto al 1990 entro il 2030. Non è stato formalmente approvato un impegno di riduzione europeo a più lungo termine ma sono in discussione riduzioni dell'ordine dell'80% entro il 2050. Successivamente la Commissione ha presentato una proposta di riduzione delle emissioni per ciascuno dei 28 stati ("effort sharing") con obiettivi differenziati per i settori soggetti a ETS (industrie energetiche, grande industria ed aviazione) e per tutte le altre sorgenti di emissione. Per queste proposte l'anno base scelto è stato il 2005, in quanto non sono

Figura 2.9: Emissioni di gas a effetto serra per settore con proiezioni al 2030



Fonte: elaborazioni ISPRA

disponibili consuntivi emissivi disaggregati per i diversi settori prima di tale anno.

Pertanto la riduzione del 40% rispetto al 1990 si traduce, per l'intera EU 28, in una riduzione del 43% delle emissioni degli impianti soggetti a ETS e una riduzione del 30% per tutti gli altri settori. Per i settori soggetti a ETS non ci sono obiettivi nazionali ed esiste un mercato delle emissioni a livello europeo con uno specifico "costo di emissione". Le riduzioni per i settori non soggetti a ETS sono state invece distribuite tra i diversi paesi con il criterio del reddito procapite, ovvero con maggiori riduzioni previste per i paesi con reddito medio più alto. Contestualmente sono anche stati previsti diversi meccanismi di flessibilità che consentono di diminuire le riduzioni previste nel caso di costi troppo alti, di cambiare all'interno di ogni paese gli obiettivi dei settori soggetti o non soggetti a ETS a parità di riduzioni complessive, di includere nel totale emissivo gli assorbimenti forestali, questi ultimi con un "cap" molto contenuto, e infine di scambiare quote di emissione tra i diversi paesi membri l'EU anche per i settori non soggetti a ETS. Si ricorda inoltre che, per una serie di questioni normative, l'aviazione non ha obiettivi specifici, tuttavia le sue emissioni sono compensate dal fatto che la somma delle riduzioni previste per i singoli stati porta a una riduzione un po' più alta del 30%.

In questo ambito, per l'Italia, le proposte di Regolamenti attualmente in discussione prevedono una riduzione del 43% per le industrie energetiche e le grandi industrie e del 33% per tutti gli altri settori emissivi. Sulla base di stime previsive di riferimento al 2030 non sembrano esserci difficoltà per i settori soggetti a ETS a raggiungere la riduzione del 43% prevista, attraverso l'espansione delle rinnovabili e un cambiamento del mix di fonti fossili utilizzate. Per gli altri settori si richiedono invece interventi impegnativi, descritti nel seguito.

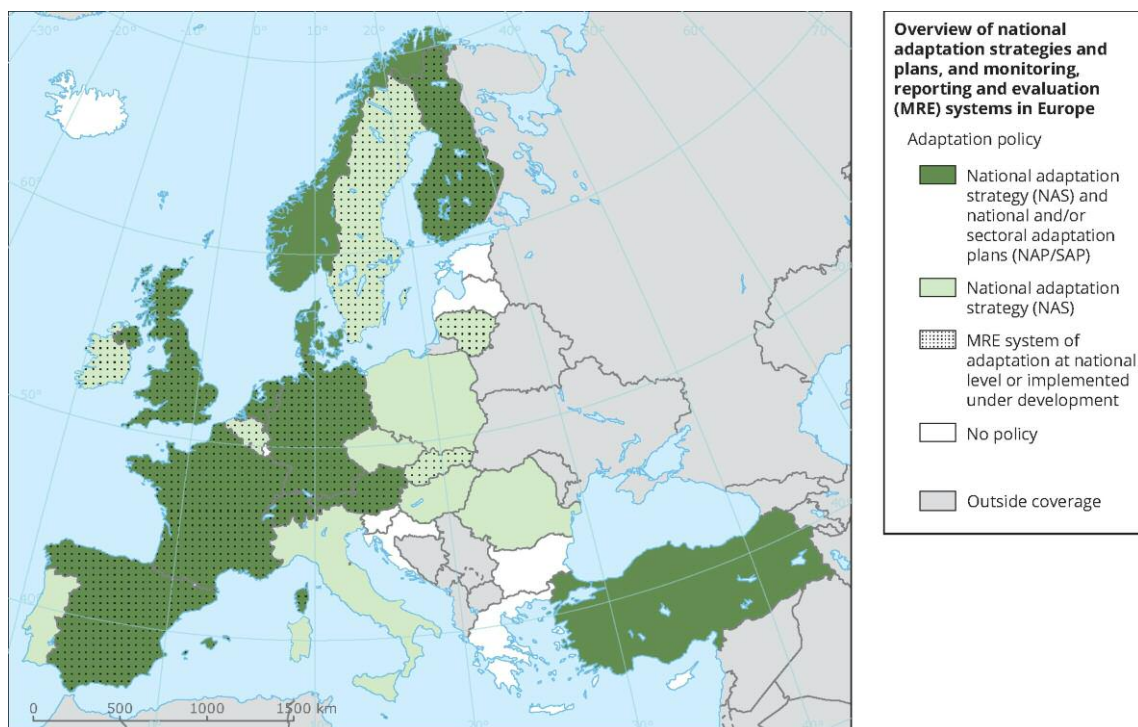
L'effetto del complesso degli interventi previsti sulle emissioni di ogni settore è rappresentato nella Figura 2.10. Gli interventi previsti sono tratti dalla documentazione utilizzata per predisporre l'aggiornamento 2017 della SEN (Strategia Energetica Nazionale), a cui ISPRA ha partecipato. Anche se il processo di approvazione della SEN non si è ancora concluso alla data di redazione di questo annesso, le principali opzioni di intervento sono definite ed è in discussione solo una maggiore o minore enfasi su alcune misure.

#### ADATTAMENTO

Per quanto riguarda l'adattamento ai cambiamenti climatici, che rientra tra le competenze nazionali dei diversi Paesi, sono da segnalare significativi passi avanti a livello europeo. A settembre 2017, 28 Paesi europei (25 Stati Membri dell'Unione Europea e altri 3 Stati Membri dell'EEA) hanno adottato una strategia nazionale di adattamento e 17 hanno sviluppato un piano nazionale di adattamento. Almeno la metà dei Paesi europei ha fatto progressi nell'identificazione e nella valutazione delle opzioni di adattamento. In Italia, dopo l'adozione della "Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici", avvenuta nel giugno 2015, il Ministero dell'ambiente ha avviato la predisposizione del "Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici", le cui bozze sono state sottoposte a consultazione pubblica sul sito del Ministero dal 10 al 15 febbraio e dal 2 agosto al 31 ottobre.

Un numero crescente di Paesi europei sta avviando iniziative per il monitoraggio, il *reporting* e la valutazione dell'adattamento a livello nazionale. Ad oggi, 14 Paesi hanno adottato o stanno sviluppando sistemi per il monitoraggio, il *reporting* e/o la valutazione dell'adattamento. In Italia, il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) ha istituito nel 2016 un

**Figura 2.10: Quadro riassuntivo delle strategie e dei piani nazionali di adattamento e dei sistemi di monitoraggio, reporting e valutazione in Europa**



Fonte: EEA, Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 – An indicator-based report

Gruppo di Lavoro<sup>3</sup> sul tema degli impatti, della vulnerabilità e dell'adattamento ai cambiamenti climatici, finalizzato prioritariamente alla predisposizione di un set di indicatori di impatto dei cambiamenti climatici. Se l'obiettivo generale dell'attività è quello di contribuire a incrementare la base conoscitiva sugli impatti dei cambiamenti climatici in atto sul territorio nazionale, nello specifico il set di indicatori servirà a stabilire una *baseline* di riferimento rispetto alla quale moni-

torare l'efficacia delle future misure di adattamento, nonché a fornire ai decisori politici più adeguate e solide valutazioni quantitative. Ad oggi il GdL ha individuato un set allargato di circa 150 "indicatori candidati" suddivisi nei 17 settori di interesse della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici. Nella fase successiva dell'attività il set verrà ristretto a un limitato numero di indicatori in grado di soddisfare opportuni criteri.

<sup>3</sup> Il GdL SNPA è coordinato da ISPRA ed è costituito dalle seguenti Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente: ARPA Valle d'Aosta, ARPA Piemonte, ARPA Liguria, ARPA Friuli Venezia-Giulia, ARPA Veneto, ARPA Emilia-Romagna, ARPA Toscana, ARPA Sardegna e ARPA Campania (osservatore).

## Verso un set di indicatori di impatto dei cambiamenti climatici

Francesca Giordano<sup>1</sup>, Gabriele Antolini<sup>2</sup>, Lucio Botarelli<sup>2</sup>, Federica Flapp<sup>3</sup>, Veronica Bonati<sup>4</sup>, Luca Onorato<sup>4</sup>, Nicola Loglisci<sup>5</sup>, Graziella Priod<sup>5</sup>, Renata Pelosini<sup>5</sup>, Andrea Motroni<sup>6</sup>, Umberto Morra di Cella<sup>7</sup>, F. Rech<sup>8</sup>.

<sup>1</sup>ISPRA, <sup>2</sup>ARPAE Emilia-Romagna, <sup>3</sup>ARPA Friuli Venezia-Giulia, <sup>4</sup>ARPA Liguria, <sup>5</sup>ARPA Piemonte, <sup>6</sup>ARPA Sardegna, <sup>7</sup>ARPA Valle d'Aosta, <sup>8</sup>ARPA Veneto

Alluvioni sempre più devastanti, prolungati periodi di siccità, fusione dei ghiacciai, sono solo alcuni esempi delle conseguenze dei cambiamenti climatici, già oggi visibili sul nostro territorio. Con il manifestarsi dei cambiamenti del clima e dei relativi impatti sui sistemi ambientali e sui settori socio-economici, non solo verranno amplificati fenomeni già esistenti ma potranno emergere nuove problematiche: la comunità scientifica sarà chiamata quindi ad affrontare sfide che richiederanno nuovi strumenti di analisi ed innovativi sistemi di supporto alle decisioni, pur in presenza di molteplici elementi di incertezza.

I decisori politici, gli amministratori e i tecnici locali hanno quindi oggi necessità sempre crescenti di disporre di strumenti che favoriscano una migliore comprensione e valutazione degli effetti derivanti dalle modifiche climatiche in atto sulle persone, sull'ambiente e sulla società, che consentano di informare la propria cittadinanza ed aumentarne la consapevolezza, che supportino lo sviluppo di adeguate politiche di adattamento ai cambiamenti climatici ed il monitoraggio nel tempo dell'efficacia delle azioni adottate.

Come sottolineato dalla recente Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici (SNAC), sta crescendo sempre più l'esigenza di mettere a punto ed aggiornare opportuni set di indicatori di impatto e vulnerabilità ai cambiamenti climatici a scala nazionale, al fine di migliorare l'attuale quadro conoscitivo, ad oggi frammentario e disomogeneo. La Strategia stessa individua nel Sistema delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente il possibile soggetto responsabile "della

valutazione integrata di indicatori per la stima degli impatti, per misurare l'efficacia delle misure di adattamento e di mitigazione" [MATTM, 2015].

La rete del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente rappresenta, infatti, per competenze tecnico-scientifiche, patrimonio informativo e mandato istituzionale, l'unico attore in grado di popolare e alimentare gli indicatori di impatto del cambiamento climatico in modo omogeneo nel territorio nazionale, supportando in tal modo l'implementazione delle politiche nazionali e regionali di adattamento.

Con l'obiettivo di contribuire a colmare i gap conoscitivi già evidenziati nell'ambito degli studi scientifici propeudeutici della SNAC [Castellari *et al.*, 2014] il Gruppo di Lavoro SNPA sul tema "Impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici" ha avviato un percorso finalizzato alla predisposizione di un set di indicatori di impatto dei cambiamenti climatici a scala nazionale.

Gli impatti che il clima produce sul nostro territorio non dipendono solo dalla sua variabilità e dai valori estremi raggiunti dalle sue componenti, ma sono strettamente legati alle condizioni geografiche e socio-economiche dei territori, alla loro esposizione e vulnerabilità, determinata dalla sensibilità al cambiamento e dalla capacità del sistema socio-economico di riorganizzarsi a fronte di un disturbo esterno; a parità di esposizione al cambiamento climatico, quindi, alcune regioni potranno essere più a rischio di altre.

In Italia, secondo quanto affermato dalla SNAC [Castellari *et al.*, 2014], sono già evidenti alcuni impatti dei cambiamenti climatici e molti sono gli effetti potenziali che



si potranno produrre nei prossimi decenni sui seguenti sistemi naturali, settori socio-economici ed ambiti territoriali: I. risorse idriche; II. desertificazione, degrado del territorio e siccità; III. dissesto idrogeologico; IV. biodiversità ed ecosistemi; V. salute; VI. foreste; VII. agricoltura; VIII. pesca e acquacoltura; IX. energia; X. aree costiere; XI. turismo; XII. insediamenti urbani; XIII. patrimonio culturale; XIV. trasporti e infrastrutture; XV. industrie e infrastrutture pericolose; XVI. area alpina e appenninica; XVII. distretto idrografico del fiume Po.

A partire dall'analisi di alcuni tra i principali set di indicatori messi a punto fino ad oggi in ambito europeo, quali quello dell'Agenzia Europea per l'Ambiente [EEA, 2012] e di Paesi Membri come Germania [UmweltBundesamt, 2010], Svizzera [Office Fédéral de l'Environnement OFEV, 2007], Francia [ONERC, 2010], Belgio [Flanders Environment Agency, 2015], Spagna [Oficina Espanola de Cambio Climatico, 2012], e sulla base della valutazione esperta dei componenti tematici del GdL

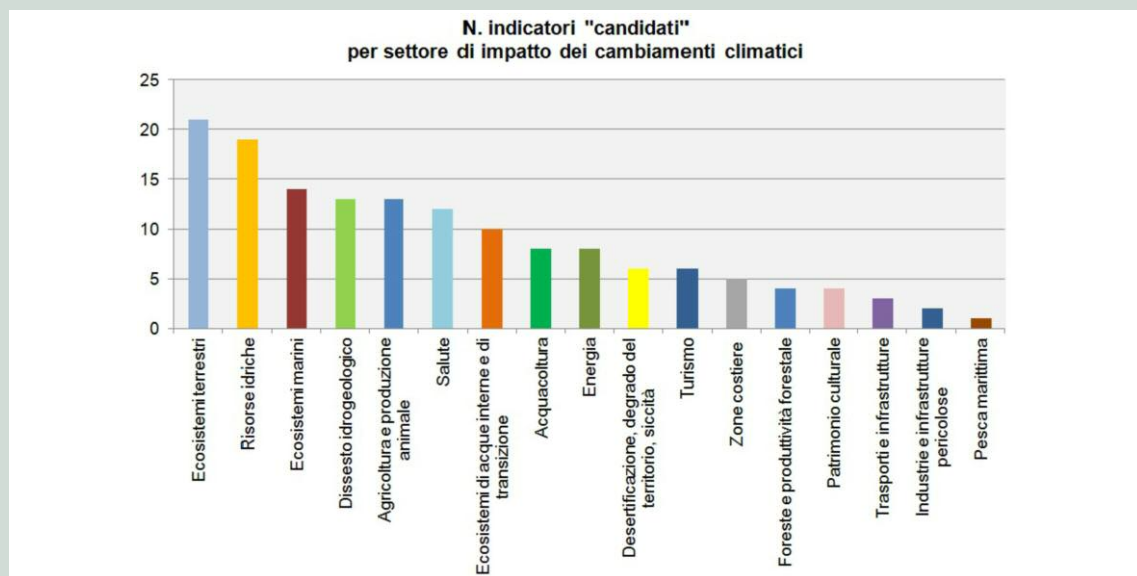
SNPA supportato da un GdL interno ISPRA, sono stati individuati circa "150 indicatori candidati" di impatto dei cambiamenti climatici, suddivisi nei diversi settori e ambiti sopra menzionati (Figura 1).

Il set di indicatori "candidati" così individuato non va inteso come set definitivo e consolidato, ma più appropriatamente come un insieme allargato e dinamico di possibili indicatori per il monitoraggio degli impatti dei cambiamenti climatici.

Nella fase immediatamente successiva, saranno definiti i più opportuni criteri che dovranno essere soddisfatti dagli indicatori per essere selezionati prioritariamente e popolati nel breve termine, quali ad esempio:

- eventuale utilizzo già consolidato all'interno del SNPA;
- rilevanza e sensibilità rispetto all'evoluzione del fenomeno da monitorare, sulla base di una forte e chiara relazione causa/effetto tra il cambiamento climatico e l'impatto;

Figura 1: Numero di indicatori "candidati" per settore di impatto dei cambiamenti climatici



Fonte: Gruppo di Lavoro su "Impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici" del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.



- metodologia di elaborazione chiara, scientificamente solida e riproducibile, inclusa la valutazione delle incertezze;
- disponibilità dei dati, che potrà garantire un popolamento a breve termine, un regolare aggiornamento, una sufficiente lunghezza della serie temporale ed un'adeguata risoluzione spaziale;
- capacità di supportare il processo decisionale.

Continue revisioni ed aggiornamenti del set di indicatori saranno necessari ogniqualvolta nuove informazioni, studi ed evidenze scientifiche dovessero emergere sia nel contesto nazionale, sia in quello internazionale. Una prima fase di riesame del set dovrà necessariamente tenere conto delle risultanze derivanti dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), la cui approvazione è prevista per la fine dell'anno in corso, con particolare riferimento agli impatti individuati ed agli indicatori di efficacia delle azioni di adattamento.

## BIBLIOGRAFIA

- Castellari S., Venturini S., Ballarin Denti A., Bigano A., Bindi M., Bosello F., Carrera L., Chiriaco M.V., Danovaro R., Desiato F., Filpa A., Gatto M., Gaudioso D., Giovanardi O., Giupponi C., Gualdi S., Guzzetti F., Lapi M., Luise A., Marino G., Mysiak J., Montanari A., Ricchiuti A., Rudari R., Sabbioni C., Sciortino M., Sinisi L., Valentini R., Viaroli P., Vurro M., Zavatarelli M. (a cura di) (2014). *Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- EEA, 2012. *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report*. EEA Report n. 12/2012.
- Flanders Environment Agency, 2015. *MIRA Climate Report 2015: about observed and future climate changes in Flanders and Belgium*.
- MATTM, 2015. *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici*.
- Office Fédéral de l'Environnement OFEV, 2007. *Chan-*

*gements climatiques en Suisse: Indicateurs des causes, des effets et des mesures*.

Oficina Espanola de Cambio Climatico, 2012. *Evidencias del cambio climatico y sus efectos en Espana* (PNACC).

ONERC, 2010. *Indicateurs d'impact du changement climatique*, [www.developpement-durable.gouv.fr/-Impacts-du-changement-climatique,2907-.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Impacts-du-changement-climatique,2907-.html).

UmweltBundesamt, 2010. *Establishment of an Indicator Concept for the German Strategy on Adaptation to Climate Change (DAS)*.

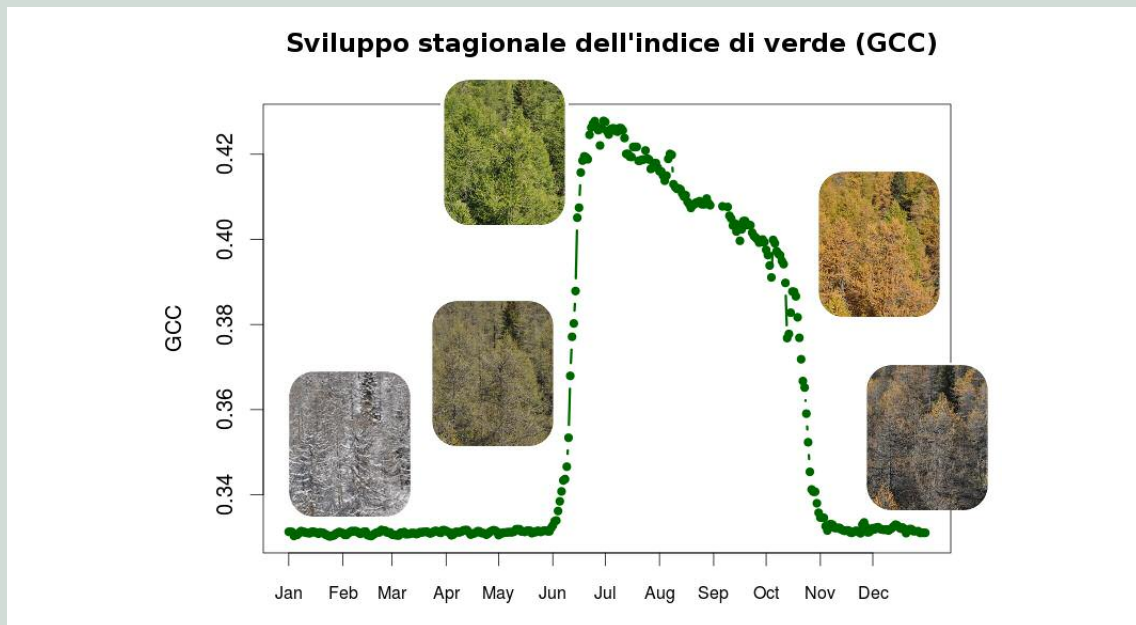
## Il network di fotocamere digitali automatiche (fenocamere) per il monitoraggio stagionale della vegetazione

Edoardo Cremonese  
ARPA Valle d'Aosta

La fenologia vegetale è la disciplina che studia i cicli stagionali delle piante e la loro relazione con il clima. La fenologia è l'indicatore ideale per l'individuazione degli impatti dei cambiamenti climatici sull'ecologia delle specie per la forte influenza che le variazioni del clima hanno su fenomeni come la comparsa delle foglie, la fioritura e l'ingiallimento autunnale. Numerosi studi indicano che il periodo di crescita delle piante si è allungato negli ultimi decenni: è stato osservato un anticipo dell'inizio della stagione vegeta-

tiva di 2-5 giorni ogni 10 anni a partire dal 1970, dovuto alle maggiori temperature registrate nel periodo invernale e primaverile; negli ultimi anni anche la fine della stagione si sta posticipando a causa, probabilmente, di temperature tardo estive più calde. La fenologia, non solo testimonia gli impatti dei cambiamenti climatici, ma influisce anche sui principali processi ecosistemici (cicli biogeochimici di acqua, carbonio e nutrienti e interazione ecologiche), sui feedback al sistema climatico e sulla salute

**Figura 1: Sviluppo stagionale dell'indice di verde calcolato a partire da immagini digitali in un bosco di larice (Valle d'Aosta)**



Fonte: ARPA Valle d'Aosta

umana (dispersione di allergeni).

Il monitoraggio della fenologia può essere fatto con osservazioni sul terreno, con dati satellitari oppure utilizzando immagini raccolte da macchine fotografiche digitali (fenocamere). Le fenocamere acquisiscono, ogni ora e per tutto l'anno, immagini della vegetazione con cui è possibile monitorarne in continuo la fenologia. A partire dai colori contenuti nelle immagini viene calcolato un indice che rappresenta la quantità di verde (*green chromatic coordinate*, GCC), che quindi dipende dallo sviluppo della vegetazione: come mostrato in Figura 1, l'indice di verde è basso in inverno, in presenza di neve o rami spogli, inizia a salire quando la vegetazione si sviluppa in primavera, ha valori elevati durante l'estate e scende in autunno mentre le foglie ingialliscono per tornare ai bassi valori invernali. Dall'analisi inter annuale delle curve di sviluppo dell'indice di verde è possibile evidenziare la presenza di anni precoci, anni tardivi, così come l'impatto di eventi climatici estremi nel corso della stagione vegetativa. L'elevata frequenza temporale dei dati forniti dalle fenocamere rappresenta uno dei vantaggi principali del loro utilizzo. È infatti possibile analizzare non solo l'impatto del clima sulle date di fioritura, fogliazione o senescenza dell'ecosistema, ma anche l'effetto di condizioni climatiche particolari durante il corso della stagione.

Questo metodo di monitoraggio si sta rapidamente sviluppando a scala mondiale per i vantaggi legati alla semplicità di elaborazione e alle opportunità derivanti dall'analisi di immagini raccolte in molteplici siti. Numerosi network internazionali sono stati creati negli ultimi anni (Europa, Stati Uniti, Australia, ecc.).

ARPA Valle d'Aosta, dal 2008, utilizza le fenocamere per il monitoraggio della fenologia e negli ultimi anni ha consolidato importanti attività e collaborazioni, che vanno dall'analisi delle interazioni tra clima e vegetazione in siti di studio alpini [Migliavacca *et al.*, 2011], allo sviluppo di metodi standard di *processing* [Filippa *et al.*,

2015], fino alla partecipazione a studi di sintesi a livello europeo [Wingate *et al.*, 2015].

Le principali attività svolte consistono in:

- analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla fenologia della vegetazione in ecosistemi tipici delle Alpi: pascoli d'alta quota e foreste di larice. In tali ambienti sono stati analizzati, per esempio, l'impatto di heat wave estive sui parametri strutturali e funzionali dell'ecosistema [Cremonese *et al.*, 2017] e l'interazione tra neve e vegetazione [Galvagno *et al.* 2013, Julitta *et al.* 2014];
- gestione ed analisi del *network* di fenocamere per il monitoraggio della fenologia della vegetazione a livello regionale, in collaborazione con il Parco Nazionale Gran Paradiso e il Parco Naturale Mont Avic;
- attività sperimentali in ambito di agricoltura di montagna, in collaborazione con l'*Institut Agricole Régional*. In particolare, le fenocamere vengono utilizzate per monitorare l'impatto di pratiche colturali come la potatura sulla produttività del melo, per analizzare la maturazione dei grappoli della vite e per stimare la produttività dei prato-pascoli.

## BIBLIOGRAFIA

Cremonese, E., Filippa, G., Galvagno, M., Siniscalco, C., Oddi, L., Morra di Cella, U. and Migliavacca, M., 2017. *Heat wave hinders green wave: The impact of climate extreme on the phenology of a mountain grassland*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 247, pp.320-330.

Filippa, G., Cremonese, E., Migliavacca, M., Galvagno, M., Forkel, M., Wingate, L., Tomelleri, E., di Cella, U.M. and Richardson, A.D., 2016. *Phenpix A R package for image-based vegetation phenology*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 220, pp.141-150.

Galvagno, M., Wohlfahrt, G., Cremonese, E., Rossini, M., Colombo, R., Filippa, G., Julitta, T., Manca, G., Siniscalco, C., di Cella, U.M. and Migliavacca, M., 2013. *Phenology and carbon dioxide source/sink strength of a subalpine grassland in response to an exceptionally short snow sea-*

---

son. *Environmental Research Letters*, 8(2), p.025008.

Julitta, T., Cremonese, E., Migliavacca, M., Colombo, R., Galvagno, M., Siniscalco, C., Rossini, M., Fava, F., Cogliati, S., Morra di Cella, U. and Menzel, A., 2014. *Using digital camera images to analyse snowmelt and phenology of a subalpine grassland*. *Agricultural and forest meteorology*, 198, pp.116-125.

Migliavacca, M., Galvagno, M., Cremonese, E., Rossini, M., Meroni, M., Sonntag, O., Cogliati, S., Manca, G., Diotri, F., Busetto, L. and Cescatti, A., 2011. *Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, pp.1325-1337.

Wingate, L., Ogée, J., Cremonese, E., Filippa 2015. *Interpreting canopy development and physiology using a European phenology camera network at flux sites*. *Biogeosciences*, 12, pp.5995-6015.

## Impiego di tecniche innovative a supporto del monitoraggio dei versanti alpini e delle aree glaciali e periglaciali

Umberto Morra di Cella  
ARPA Valle d'Aosta

I territori delle regioni montuose italiane, alpine e appenniniche, manifestano con sempre maggiore evidenza la loro vulnerabilità alle pressioni indotte dai cambiamenti climatici e gli impatti che ne derivano possono propagare i loro effetti anche in settori più lontani, quando fisicamente connessi. È il caso, ad esempio, dei fenomeni di dissesto che si originano nelle aree glaciali e periglaciali e che vanno ad interessare porzioni dei fondivalle e delle pianure. Di conseguenza l'attenzione ai processi fisici e ai loro impatti da parte delle strutture preposte al monitoraggio, gestione e pianificazione del territorio, è in continua crescita.

Il manifestarsi di nuovi processi o di dinamiche conosciute, che si manifestano con intensità e frequenza crescenti, rappresenta un elemento rilevante a livello planetario [IPCC, 2014] e frequentemente è oggetto di dibattito scientifico e sui media.

È il caso, ad esempio, degli impatti sui ghiacciai, interessati da riduzioni significative della loro massa e da arretramenti importanti delle loro fronti, e sui versanti alpini, interessati dal permafrost (substrato permanentemente gelato) che, talvolta, manifestano destabilizzazioni e variazioni della loro dinamica.

Per far fronte alle nuove necessità di monitoraggio si sta diffondendo rapidamente l'impiego di tecniche innovative, che si aggiungono e si integrano a quelle tradizionalmente impiegate al fine di migliorare le attività di misura e le possibilità conoscitive. Fra queste i sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR), più comunemente noti con il termine di droni, consentono a tutti gli effetti un miglioramento significativo delle attività di monitoraggio condotte dalle Agenzie, in ragione del loro

capacità di realizzare mappature dettagliate ed esaustive di estese aree anche remote. Inoltre, proprio perché dotati di una certa versatilità, il loro impiego appare particolarmente vantaggioso per l'acquisizione di informazioni relative ad aree inaccessibili o difficilmente percorribili per motivi di sicurezza degli operatori: pareti rocciose, margini proglaciali, zone crepacciate, aree soggette a frana o valanga.

L'impiego tipico di questi mezzi è relativo all'acquisizione di immagini aeree (nadirali o oblique) dalle quali, attraverso tecniche di fotogrammetria, è possibile elaborare ortomosaici ad alta/altissima risoluzione e modelli digitali del terreno.

ARPA Valle d'Aosta utilizza SAPR per il monitoraggio dei ghiacciai e dei versanti detritici dal 2013 ed ha sviluppato specifiche competenze nel processamento ed analisi dei dati al fine di analizzare l'impatto del cambiamento climatico sulla criosfera e a supporto dello studio di specifici fenomeni di interesse ambientale. In particolare, si occupa della misura dell'arretramento di alcuni ghiacciai valdostani, tramite analisi multi-temporale di ortomagini (Figura 1) e della quantificazione della perdita di massa, con il confronto di modelli digitali della superficie consecutivi. Tali informazioni, fondamentali per comprendere l'impatto del cambiamento climatico sulla criosfera, sono di interesse rilevante anche per le amministrazioni locali, che necessitano della conoscenza approfondita dell'intensità di riduzione dell'area coperta da ghiacciai, potenzialmente sorgente di materiale detritico, e della progressiva riduzione della risorsa idrica immagazzinata nel ghiaccio. La flessibilità di SAPR inoltre, unitamente al ridottissimo costo di impiego, rende possibili monitoraggi di elevato

dettaglio, attualmente non realizzabile con dati satellitari, e acquisizioni ad elevata frequenza o effettuate in momenti specifici (es. a ridosso del verificarsi di fenomeni di interesse).

È il caso, ad esempio, del monitoraggio degli spostamenti superficiali di versanti interessati da permafrost, la cui dinamica, variabile nel periodo estivo, è connessa all'andamento meteo-climatico stagionale: un monitoraggio sub-mensile dell'intera superficie permette di identificare i periodi e i fattori locali e climatici che intervengono nel fenomeno oltre che, ovviamente, sintetizzarne il comportamento fra anni successivi.

La produzione di una rilevante mole di informazioni, connessa all'elevata risoluzione spatio-temporale delle acquisizioni tramite SAPR, rende necessario, inoltre,

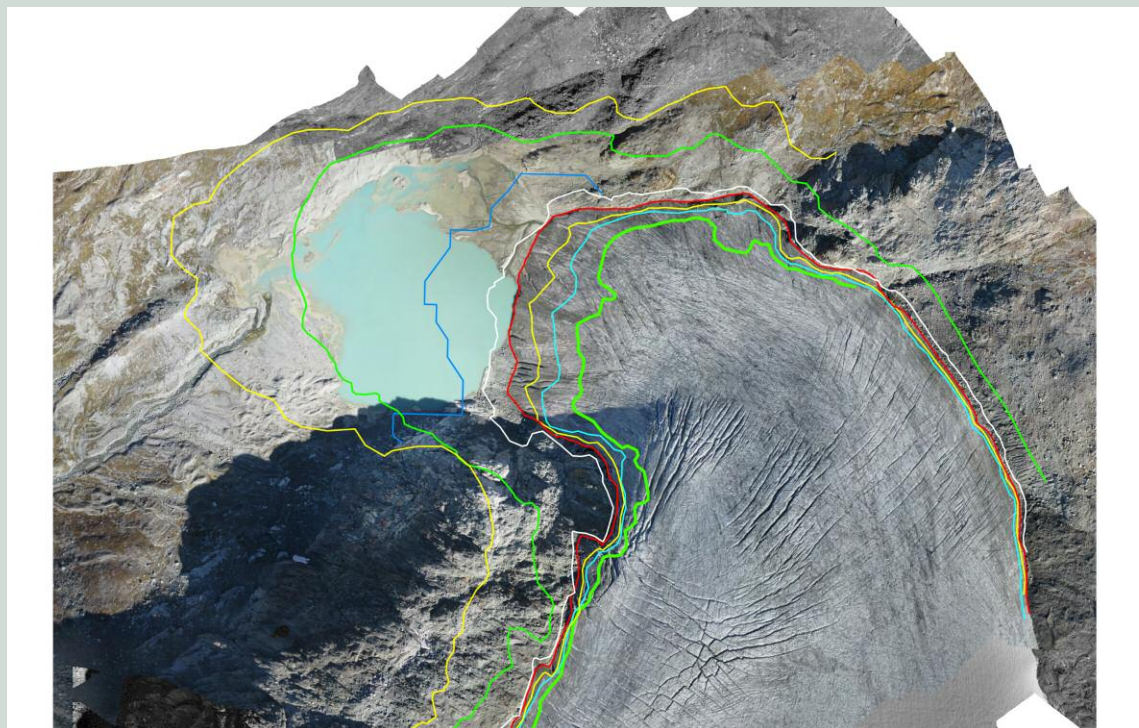
l'adeguamento degli strumenti di analisi disponibili, che consentono una migliore e più esaustiva interpretazione dei risultati oltre che una conoscenza territorialmente più diffusa [Dall'Asta *et al.*, 2017].

#### BIBLIOGRAFIA

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Intergovernmental Panel on Climate Change, Dall'Asta E., Forlani G., Roncella R., Santise M., Diotri F., Morra di Cella U., 2017, *Unmanned Aerial Systems and DSM matching for rock glacier.* *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 127, 102-114.

**Figura 1: Arretramento annuale della fronte del ghiacciaio di Timorion (gruppo del Gran Paradiso, Valle d'Aosta)**



Fonte: ARPA Valle d'Aosta su base CTR 1991, ortoimmagini IT2000, RAVA 2006 e SAPR ARPA VdA (2014-2017)



# 3. QUALITÀ DELL'ACQUA

## 3.1 QUALITÀ DELLE ACQUE INTERNE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

Serena Bernabei, Giovanni Braca, Giancarlo De Gironimo, Tiziana De Santis, Marilena Insolubile, Francesca Piva, Silvana Salvati  
ISPRA

### Messaggi chiave

La rappresentazione dello stato, definita attraverso indicatori specifici, delle acque interne superficiali e sotterranee dal 2010 al 2015 mostra come l'obiettivo del "buono" stato non risulti totalmente raggiunto; si registra ancora un'alta percentuale di corpi idrici identificati ma non classificati.

### Introduzione

La classificazione della qualità delle acque interne superficiali viene effettuata ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. in adempimento a quanto previsto dalla Direttiva Quadro Acque (Direttiva 2000/60/CE o DQA).

Per i corpi idrici superficiali la classificazione prevede la definizione dello stato ecologico, come l'espressione della qualità della struttura e del funziona-

### DPSIR\_Acque superficiali e sotterranee

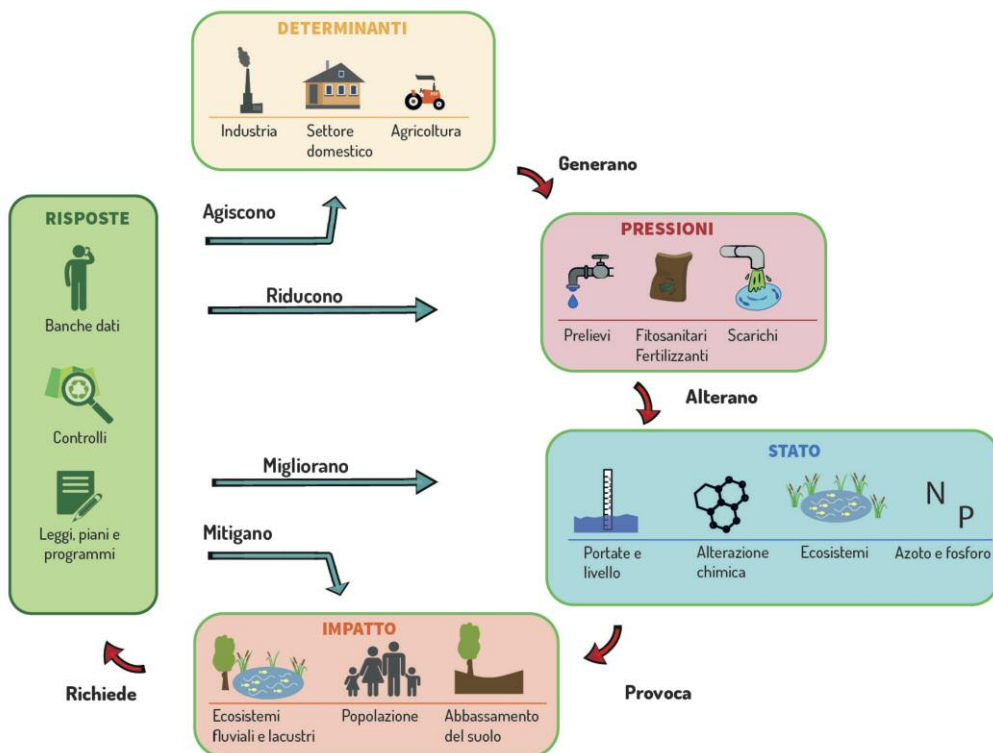
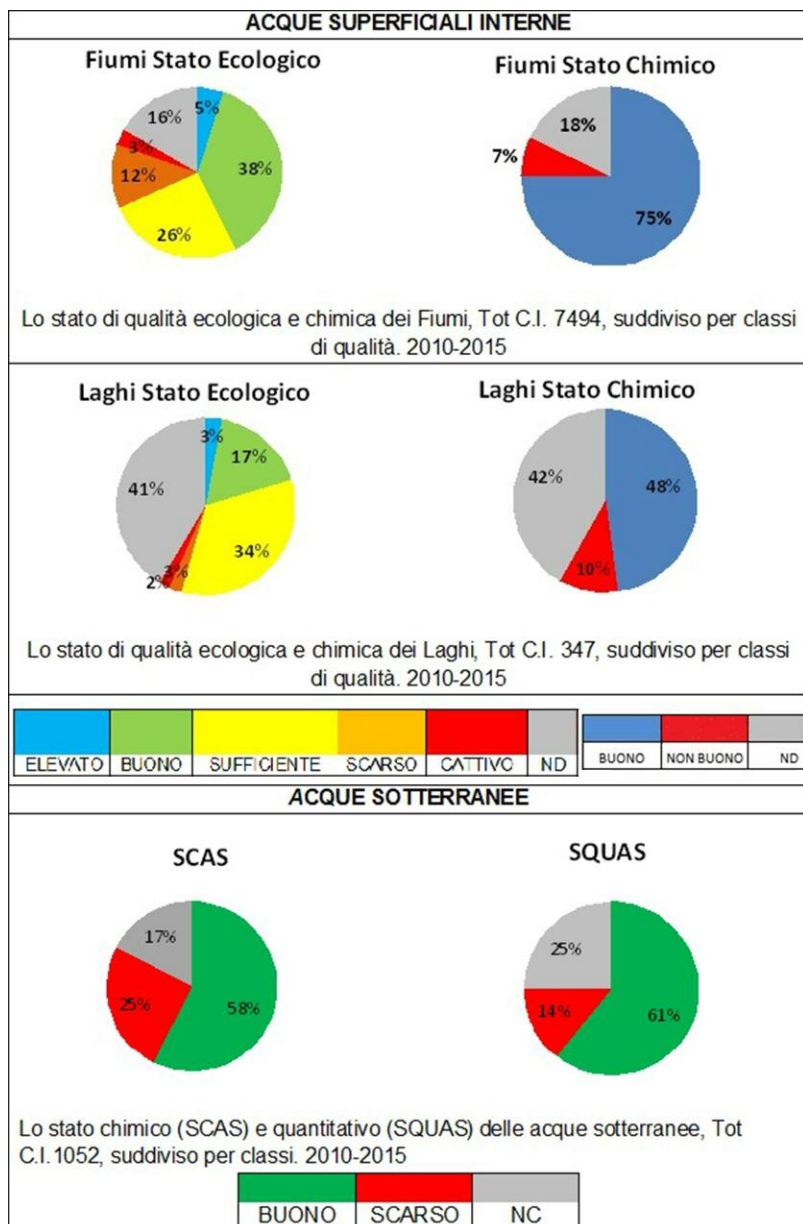


Figura 3.1.1: Stato delle acque interne superficiali e sotterranee (2010-2015)



Fonte: Elaborazione ISPRA dati *Reporting WFD 2016*



mento degli ecosistemi, con una valutazione degli elementi di natura chimica, fisico-chimica, biologica e idromorfologica, e la definizione dello stato chimico attraverso la valutazione delle concentrazioni per ciascuna sostanza indagata.

La definizione dello stato complessivo dei corpi idrici sotterranei, ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., è data dallo stato chimico e dallo stato quantitativo. Con lo Stato Chimico delle Acque Sotterranee (SCAS) sono classificati i corpi idrici in funzione del livello di contaminazione, determinato dalla presenza di sostanze chimiche di origine antropica rispetto le condizioni idrochimiche naturali; mentre con lo Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee (SQUAS) si descrive l'impatto antropico sulla quantità della risorsa idrica sotterranea,

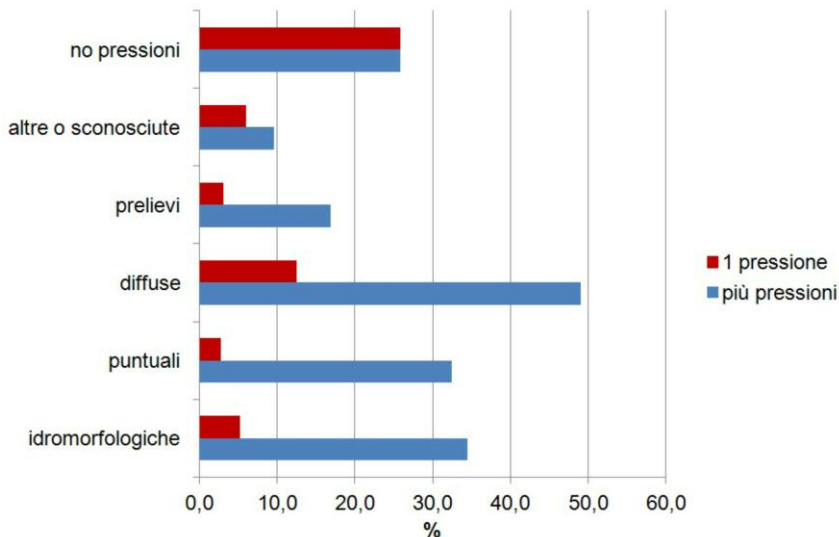
individuando come critici i corpi idrici nei quali la quantità di acqua prelevata, sul lungo periodo, è maggiore di quella che naturalmente si infila nel sottosuolo a ricaricare gli stessi.

Le elaborazioni sono state eseguite sui dati trasmessi attraverso il *Water Information System for Europe - WISE*, per il *reporting* della Direttiva Quadro Acque relativo al secondo Piano di Gestione (2010-2015) degli otto Distretti Idrografici nazionali.

### Lo stato delle acque interne

A livello nazionale negli otto Distretti Idrografici, in riferimento al sessennio di classificazione 2010-2015, i corpi idrici superficiali interni identificati sono 7.841, di

**Figura 3.1.2: Distribuzione delle principali tipologie di pressione sui corpi idrici superficiali nel caso a) una sola tipologia di pressione agente sul corpo idrico; b) più tipologie di pressioni agenti sul corpo idrico**



Fonte: Elaborazione ISPRA dati *Reporting* WFD 2016

cui 7.494 fiumi e 347 laghi, mentre 1.052 sono i corpi idrici sotterranei.

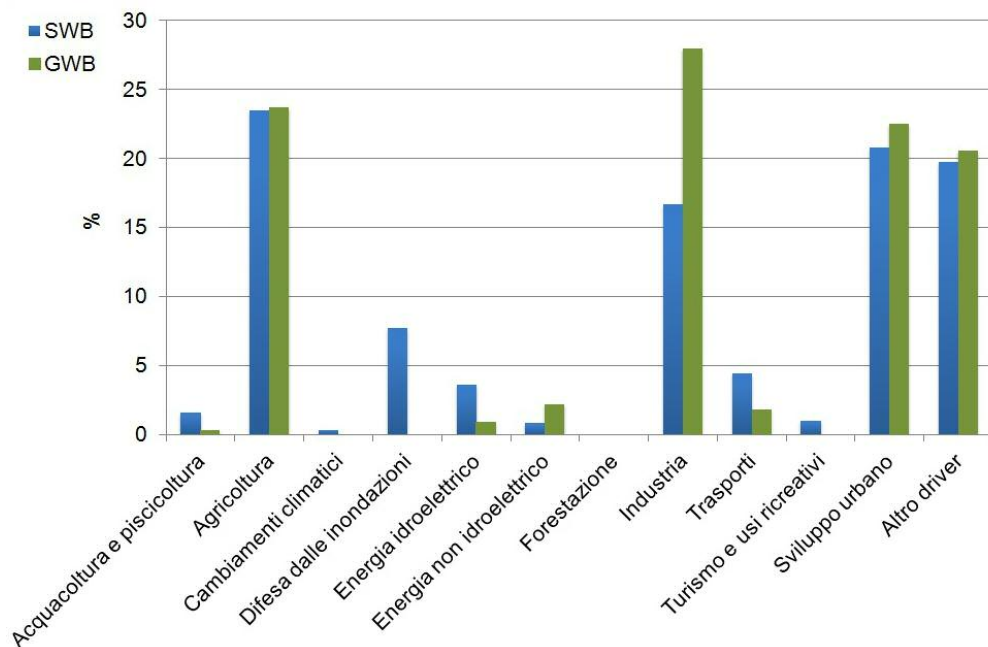
Di seguito si rappresenta lo stato delle acque interne superficiali e sotterranee a livello nazionale, espresso in %, in riferimento al numero dei corpi idrici.

In riferimento allo stato chimico delle acque superficiali interne (fiumi e laghi) a livello nazionale, la maggioranza dei fiumi presenta uno stato "buono" (75%), per i laghi, invece, l'obiettivo di qualità viene raggiunto da circa la metà dei corpi idrici (48%), evidenziando, inoltre, un'alta percentuale dei corpi idrici lacustri non classificati (42%) soprattutto nei Distretti Appennino Meridionale, Sicilia e Sardegna. Per lo stato ecologico,

il 43% dei fiumi raggiunge l'obiettivo di qualità, il 41% è al disotto, mentre il 16% non è stato classificato. Per i laghi, invece, solo il 20% raggiunge l'obiettivo, il 39% ha classi di qualità inferiori e il 41% dei corpi idrici lacustri risulta non classificato.

Per le acque sotterranee, in riferimento allo SCAS, circa il 58% dei corpi idrici è in "buono" stato, il 25% in scarso e il restante 17% non ancora classificato; l'indice SQUAS evidenzia invece una prevalenza di corpi idrici in "buono" stato (61%), il 14% in "scarso" e il restante 25% non ancora classificato.

**Figura 3.13: Corpi idrici superficiali (SWB) e sotterranei (GWB) - Incidenza dei determinanti socio-economici e ambientali per tipologia di pressione**



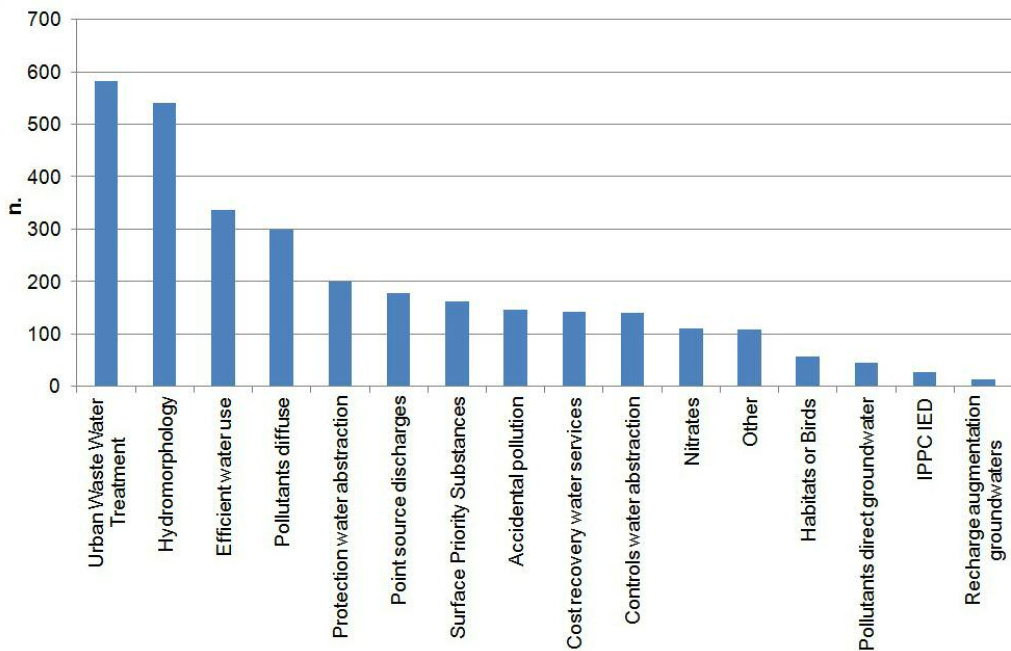
Fonte: Elaborazione ISPRA dati *Reporting WFD 2016*

### Le principali cause di alterazione

L'identificazione delle pressioni significative e degli impatti conseguenti è prevista dall'art. 5 della Direttiva 2000/60/CE (DQA) e deve essere contenuta nei Piani di gestione delle acque in quanto necessaria per valutare il raggiungimento degli obiettivi ambientali dettati dalle suddette norme. Una pressione è definita "significativa" qualora da sola, o in combinazione con altre, contribuisca a un impatto (un peggioramento dello stato) che può mettere a rischio il raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui all'art.4, comma 1, della DQA che comprendono il raggiungimento dello stato "buono", il non

deterioramento dello stato, l'impedimento della tendenza all'aumento dell'inquinamento delle acque sotterranee e il raggiungimento degli obiettivi per le aree protette. L'individuazione delle pressioni significative sui corpi idrici rappresenta una delle fasi iniziali del processo di pianificazione previsto dalla DQA. La valutazione dei rischi che ne consegue è utilizzata per progettare i programmi di monitoraggio il cui scopo è determinare lo stato e convalidare l'analisi di rischio. Le pressioni vengono suddivise in tipologie distinte in funzione dei loro impatti sulla qualità, quantità, morfologia e biologia dei corpi idrici e sono articolate su diversi livelli di dettaglio. Le principali macro categorie di pressioni individuate sono: Puntuali, Diffuse,

Figura 3.14: Distribuzione per tipologia delle Misure di base dei Piani di Gestione (2015)



Fonte: Elaborazione ISPRA dati *Reporting WFD 2016*

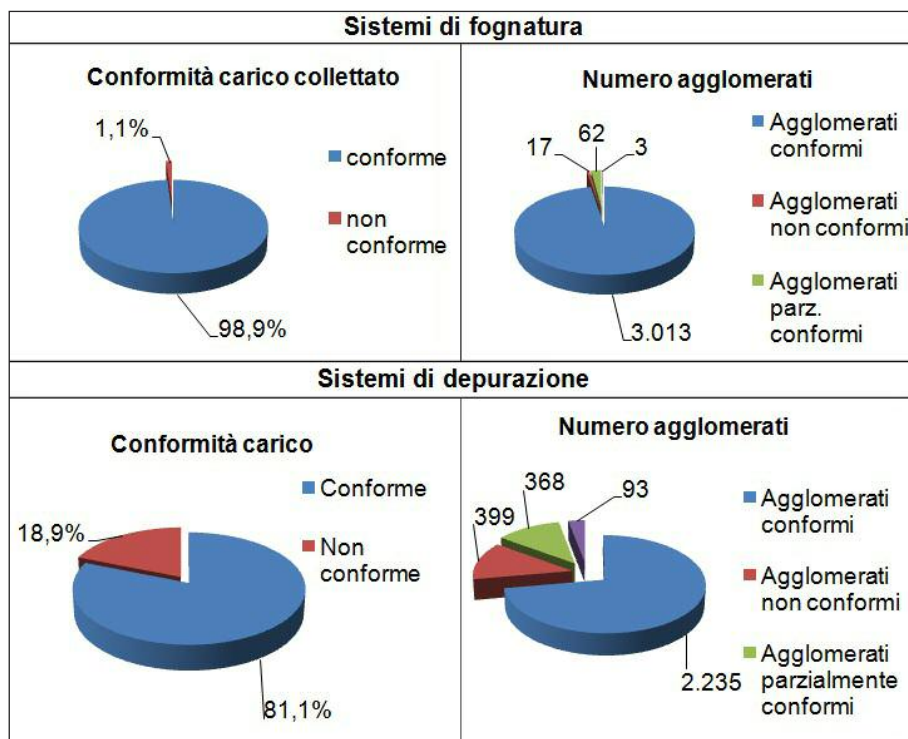
Prelievi idrici, Alterazioni morfologiche. Ciascuna di esse ha poi un secondo livello di dettaglio, che meglio descrive natura e genesi delle fonti di pressione.

Dal confronto tra i corpi idrici superficiali soggetti a una sola tipologia di pressione e quelli su cui sono presenti più pressioni (Figura 3.1.2) emerge che, per tutte le tipologie, la concomitanza di più pressioni è preponderante. Le pressioni diffuse e le alterazioni idromor-

fologiche rappresentano quelle maggiormente significative in relazione al raggiungimento degli obiettivi di qualità richiesti dalla Direttiva Acque.

Come si evince dalla Figura 3.1.3, per i corpi idrici superficiali, l'incidenza dei determinanti agricoltura e sviluppo urbano sono preponderanti rispetto a tutti gli altri, mentre per i corpi idrici sotterranei l'incidenza maggiore è dovuta all'industria seguita da agricoltura e sviluppo urbano presenti comunque con percentuali elevate.

**Figura 3.1.5: Grado di conformità dei sistemi di fognatura e di depurazione relativi ad agglomerati maggiori o uguali a 2.000 a.e. (2014)**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e regionali (Questionario UW/WD 2015)

### Le azioni volte alla tutela delle acque

La DQA prevede che i Piani di Gestione contengano le misure necessarie a raggiungere gli obiettivi ambientali fissati all'art. 4 per tutte le tipologie di corpi idrici. I programmi di misure includono sia le misure di base, derivanti dall'attuazione della normativa comunitaria e nazionale in materia di acque (es. Direttiva sulle acque reflue urbane) e di altre normative ambientali (es. Direttiva *Habitat*), sia quelle supplementari, costituite dalle azioni da mettere in atto a completamento delle misure di base per il raggiungimento degli obiettivi ambientali. Il programma di misure è elaborato per rispondere adeguatamente alle pressioni individuate durante l'analisi delle stesse e degli impatti per i corpi idrici che non hanno raggiunto l'obiettivo ambientale. Le misure possono essere di carattere strutturale (opere) e non strutturale (norme e regolamenti).

Nel *reporting* WISE 2016 le misure di base sono state classificate per tipologia secondo un elenco predefinito che include tutte quelle necessarie per attuare le normative di cui all'articolo 10 e all'allegato VI parte A della WFD e quelle elencate all'art.11.3 b-I della WFD. Come si evince dalla Figura 3.1.4, la maggior parte delle misure di base riportate nei Piani di Gestione 2015, oltre a prevedere la mitigazione degli impatti idromorfologici (*Hydromorphology*) riguardano l'impiego efficiente e sostenibile della risorsa (*Efficient water use*), le misure per prevenire o controllare l'immissione di inquinanti da pressioni di tipo diffuso (*Pollutants diffuse*) e, soprattutto, la realizzazione di fognature e depuratori efficienti con requisiti tecnici adeguati alle dimensioni dell'utenza e alla sensibilità delle acque recipienti, secondo quanto previsto dalla Direttiva 91/271/CEE (*Urban Waste Water Treatment Directive*).

In particolare, la presenza o meno di adeguati sistemi fognario-depurativi e il relativo grado di copertura territoriale rappresentano il livello di conformità ai requisiti previsti dalla suddetta normativa. Nel 2014, il grado di conformità nazionale dei sistemi di fognatura è risultato pari al 98,9% mentre il grado di conformità dei sistemi di depurazione è risultato pari al 81,1%, come si evince dalla Figura 3.1.5.

## 3.2 QUALITÀ DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO

Marina Penna

ISPRA

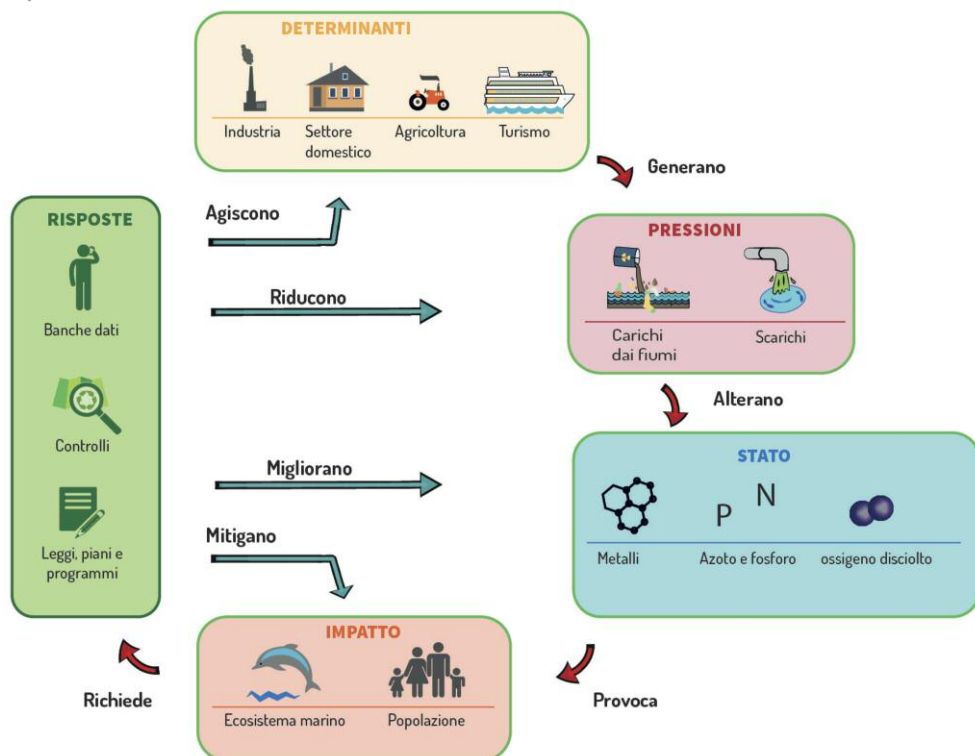
### Messaggi chiave

La qualità dell'ambiente marino costiero viene valutata in base a un approccio ecosistemico, considerando le variabili abiotiche (qualità chimica) e biotiche, espresse dallo stato di qualità della flora e della fauna acquatiche, in modo integrato. Una buona qualità ambientale sostiene processi virtuosi che si traducono in mari sani e produttivi.

### Introduzione

Le acque marino costiere sono "le acque superficiali situate all'interno rispetto a una retta immaginaria distante, in ogni suo punto, un miglio nautico sul lato esterno dal punto più vicino della linea di base che serve da riferimento per definire il limite delle acque territoriali e che si estendono eventualmente fino al limite esterno delle acque di transizione" (D.Lgs. 152/2006). La Normativa impone il raggiungimento

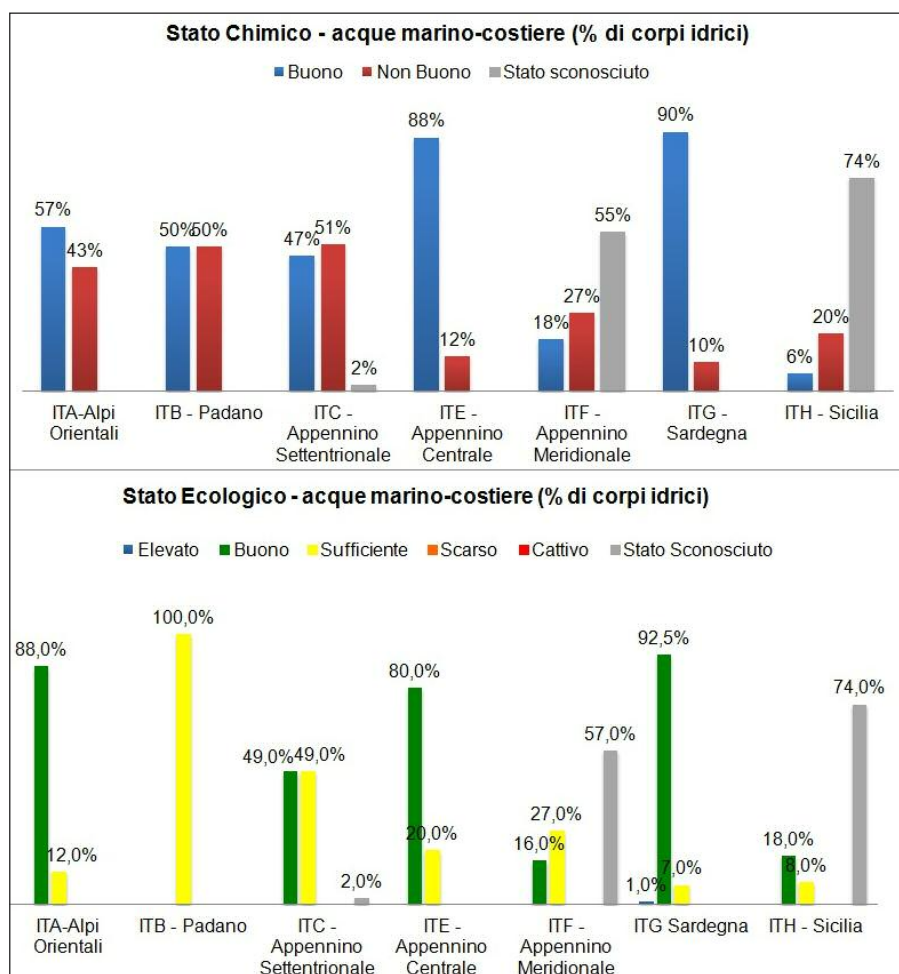
#### DPSIR\_Acque marino costiere



del Buono stato (ecologico + chimico) dei corpi idrici entro il 2015 o, nel caso di una proroga entro il 2027. Lo stato ecologico si basa sulla valutazione dello stato di qualità della flora acquatica e dei macroinvertebrati bentonici supportati dalle caratteristiche fisico-chi-

miche della colonna d'acqua e dalle caratteristiche idromorfologiche del corpo idrico, sulla base di metodiche condivise da tutti i Distretti Idrografici. Il giudizio è basato su cinque classi di qualità: Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso e Cattivo.

Figura 3.2.1: Stato chimico ed ecologico delle acque marino costiere (2016)



Fonte: Piani di gestione di Distretto (Il Ciclo)

---

## La situazione

---

Per valutare la qualità delle acque marino costiere in Italia vengono utilizzati i dati relativi agli indicatori di stato ecologico e chimico riportati nei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici ed elaborati da ISPRA in base al *Reporting* alla Commissione Europea (Fonte dei dati ISPRA-SINTAI). Lo stato ecologico e chimico è calcolato su dati di monitoraggio relativi al sessennio 2010-2016. Dall'analisi della qualità emerge uno stato ecologico che varia tra il Buono e il Sufficiente, non presentando situazioni di stato Scarso e Cattivo. Solo l'1% dei corpi idrici del Distretto della Sardegna sono in stato Elevato. Per lo stato chimico si evidenziano situazioni di criticità diffuse tranne che per i Distretti dell'Appennino Centrale e della Sardegna in cui più dell'80% dei corpi idrici è in stato chimico Buono. Va sottolineato che in questo secondo ciclo di *Reporting* alla Commissione Europea più della metà dei corpi idrici del Distretto dell'Appennino meridionale e più del 70% di quelli della Sicilia non sono stati classificati.

## Le cause

---

I dati EEA descrivono un degrado diffuso e progressivo della fascia costiera europea. A contribuire a tale degrado c'è la progressiva cementificazione della costa e la conseguente perdita di *habitat*, il danno ai fondali marini e l'erosione costiera. Gli apporti fluviali contribuiscono inoltre a provocare il fenomeno dell'eutrofizzazione e della contaminazione chimica. Infine il traffico marittimo è tra i vettori principali di specie aliene che costituiscono un ulteriore fonte di impatto. Tale situazione è particolarmente evidente nel Mediterraneo, dove la popolazione è concentrata prevalentemente nelle zone costiere che sono inoltre interessate da una crescente pressione da turismo. Nonostante ciò gli ecosistemi del Mediterraneo

sono tra quelli più vulnerabili; in Italia la densità di popolazione lungo le coste è pari a più del doppio rispetto alla media nazionale (fonte EEA). All'elevata densità di popolazione corrisponde un'occupazione del suolo in aree costiere più elevata rispetto al resto del territorio nazionale. Gli strumenti disponibili per la valutazione della qualità ambientale sono stati sviluppati per intercettare le principali pressioni insistenti sul sistema quali ad esempio l'eutrofizzazione, l'inquinamento da metalli pesanti e da contaminanti organici, ecc, la distruzione degli *habitat*, l'impatto da specie aliene, ma anche pressioni multiple che determinano un degrado generale del corpo idrico.

## Le soluzioni intraprese o prospettate

---

Le politiche di protezione ambientale marittime europee si basano, oltre che sulla Direttiva Quadro sulle Acque, sulla Strategia per l'ambiente marino, sulle Direttive Uccelli e *Habitat* e sulla Strategia per la conservazione della biodiversità. Inoltre dal punto di vista della salute e incolumità della popolazione da rischi derivanti da eventi naturali o indotti dalle attività umane in aree marino costiere, sono previsti gli adempimenti relativi alle Direttive Balneazione e Alluvioni. Promuovono invece azioni per un uso sostenibile delle risorse marittime, alla tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo le politiche di promozione di sviluppo economico, espresse nella Politica Integrata Marittima, nella Direttiva per le Energie rinnovabili, nell'iniziativa per le Autostrade del mare, nella Direttiva per la Pianificazione dello Spazio Marittimo e nella Gestione Integrata delle Zone Costiere. Tali Direttive richiamano tra gli obblighi di attuazione anche azioni di mitigazione e di protezione delle zone costiere dagli impatti e dai rischi sull'ambiente e sull'uomo, di origine antropica e/o naturale.



## Qualità dei dati di monitoraggio: gli interconfronti inter-agenziali sugli elementi biologici dei corsi d'acqua

Pietro Genoni, Silvia Bellinzona  
ARPA Lombardia

La Direttiva Acque 2000/60/CE, come recepita dal D.Lgs. n. 152/2006, prevede che la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali si basi sui dati di monitoraggio relativi agli elementi biologici (macroinvertebrati, diatomee, macrofite, pesci), fisico-chimici a sostegno (nutrienti e ossigeno disciolto) e chimici a sostegno (sostanze non appartenenti all'elenco di priorità). Queste informazioni sono utilizzate da Regioni e Province autonome per definire i programmi delle misure da intraprendere e stabilire i conseguenti investimenti da sostenere per la loro attuazione, al fine di conseguire gli obiettivi di stato ambientale stabiliti dalla Direttiva stessa. È dunque necessario che il monitoraggio realizzato dalle Agenzie Ambientali garantisca un definito livello di attendibilità e precisione dei risultati e che vengano prodotti dati tra loro comparabili. In tal senso, i confronti interlaboratorio consentono ai partecipanti di accertare che le proprie analisi rispettino i requisiti di qualità richiesti e di dimostrare il proprio livello di prestazione. Alla luce di ciò, si ritiene fondamentale che anche gli operatori delle Agenzie Ambientali che eseguono il monitoraggio degli elementi biologici partecipino a prove di interconfronto al fine di assicurare la comparabilità dei risultati ottenuti. In questo specifico contesto, la norma UNI EN 16101 [UNI EN 16101, 2013] fornisce una guida per confronti interlaboratorio con particolare attenzione ai metodi biologici.

Dal 2015 ARPA Lombardia organizza prove di interconfronto inter-agenziali relative al monitoraggio degli elementi biologici dei corsi d'acqua, in particolare macroinvertebrati, diatomee e macrofite [Genoni, 2016; 2017].

Le prove prevedono che ciascuna squadra partecipante

effettui nella medesima giornata in completa autonomia, con attrezzatura propria e secondo le modalità abituali, il campionamento/rilievo della comunità biologica oggetto di interconfronto in un tratto di fiume preventivamente selezionato dall'organizzatore. Le successive fasi di analisi sono condotte sia in campo che in laboratorio (macroinvertebrati, macrofite) o solo in laboratorio (diatomee), presso la propria sede di appartenenza. I protocolli di campionamento e analisi adottati sono quelli pubblicati da ISPRA [ISPRA, 2014].

Al termine delle analisi ciascun partecipante procede al calcolo degli indici previsti dal DM 260/2010 per ciascun elemento biologico (STAR\_ICMi, ICMi, RQE\_IBMR) e trasmette all'organizzatore tutti i dati rilevati, comprese le liste tassonomiche. Infine, sono elaborati i valori degli indici e viene valutata la prestazione dei partecipanti calcolando i valori di z-score, in accordo con i criteri indicati nella norma ISO 13528 [ISO 13528, 2005].

Nel 2015 le prove si sono svolte su un tratto del fiume Adda sublacuale e hanno coinvolto le 5 Agenzie che condividono l'idroecoregione Pianura Padana (HER06): ARPA Lombardia, ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Friuli Venezia-Giulia, ARPA Piemonte e ARPA Veneto. Gli interconfronti hanno riguardato i macroinvertebrati (12 squadre; 27 operatori) e le diatomee (9 operatori). Nel 2016 sono stati interessati altri due corsi d'acqua, il torrente Roasco (idroecoregione Alpi Centro-Orientali, HER03) e il canale Parcarello (idroecoregione Pianura Padana, HER06). Nel primo caso sono state coinvolte 5 Agenzie: ARPA Lombardia, APPA Bolzano, ARPA Friuli Venezia-Giulia, APPA Trento e ARPA Veneto. Gli interconfronti hanno riguardato i macroinvertebrati (11

squadre; 27 operatori) e le diatomee (8 operatori). Sul secondo corso d'acqua la prova, a cui hanno partecipato le stesse 5 Agenzie del 2015, ha riguardato le macrofite (12 squadre; 34 operatori).

Complessivamente, le prove di interconfronto finora svolte hanno interessato 63 operatori di 7 Agenzie Ambientali. I risultati hanno mostrato un elevato livello di riproducibilità degli indici biologici: dei 51 valori di z-score complessivamente calcolati, 50 si collocano entro l'intervallo soddisfacente ( $|z| \leq 2,00$ ), solo uno ricade nell'intervallo di attenzione ( $2,00 < |z| < 3,00$ ) e nessuno nell'intervallo di intervento ( $|z| \geq 3,00$ ). Le distribuzioni dei valori di z-score degli indici calcolati nelle prove di interconfronto 2015-2016 sono rappresentate in Figura 1.

Oltre a costituire un elemento di convalida del livello di attendibilità e precisione dei dati biologici prodotti dalle Agenzie Ambientali, queste prove hanno finora consen-

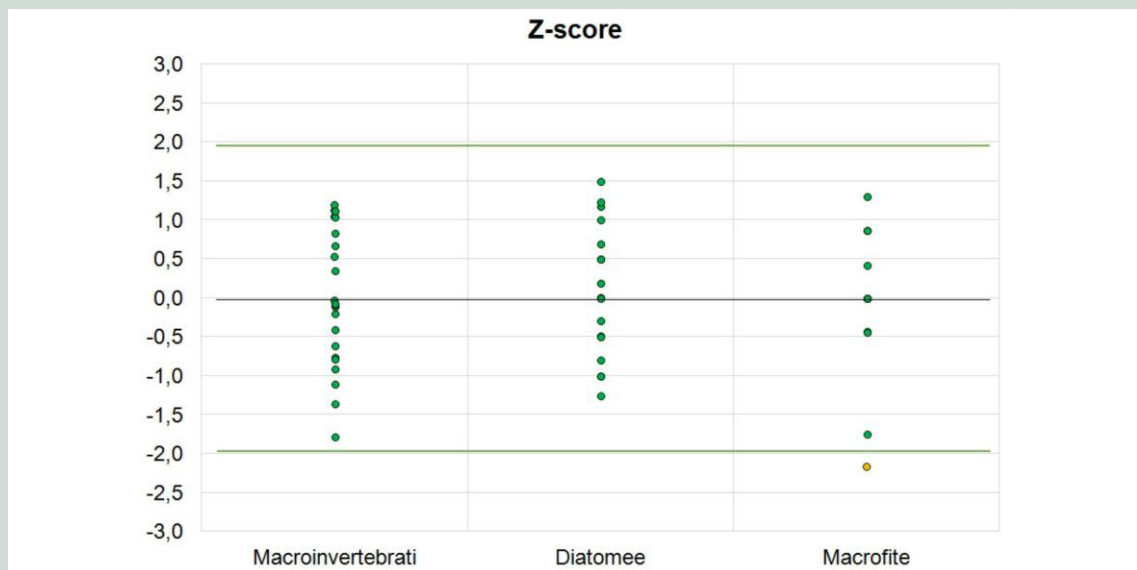
tito di evidenziare l'elevato livello di competenza degli operatori che, come indicato nei protocolli ISPRA [ISPRA, 2014], devono possedere un'adeguata qualifica per poter svolgere le attività di campionamento e analisi degli elementi biologici. Le prove di interconfronto rappresentano dunque un importante strumento a disposizione delle Agenzie Ambientali per qualificare il proprio personale e verificare nel tempo il mantenimento delle sue prestazioni.

In futuro si prevede di approfondire ulteriormente il livello di analisi dei dati, ad esempio effettuando confronti sulle determinazioni tassonomiche e sulle abbondanze/coperture degli organismi.

#### BIBLIOGRAFIA

Genoni P. (a cura), 2016, *Interconfronto inter-agenziale sul monitoraggio degli elementi di qualità biologica dei corsi d'acqua. Prove 2015*. Macroinvertebrati bentonici -

**Figura 1: Distribuzioni dei valori di z-score degli indici calcolati nelle prove di interconfronto inter-agenziali per ciascun elemento biologico (anni 2015-2016)**



Fonte: Elaborazione ARPA Lombardia

Diatomee. Rapporto conclusivo. ARPA Lombardia, ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Friuli Venezia-Giulia, ARPA Piemonte, ARPA Veneto. 12 pp.

Genoni P. (a cura), 2017, *Interconfronto inter-agenziale sul monitoraggio degli elementi di qualità biologica dei corsi d'acqua. Prove 2016. Macroinvertebrati - Diatomee - Macrofite. Rapporto conclusivo*. ARPA Lombardia, APPA Bolzano, ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Friuli Venezia-Giulia, ARPA Piemonte, APPA Trento, ARPA Veneto. 14 pp.

ISO 13528:2005, *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*.

ISPRA, 2014, *Metodi Biologici per le acque superficiali interne*. Manuali e Linee Guida 111/2014.

UNI EN 16101:2013, *Qualità dell'acqua. Norma guida sugli studi di confronto interlaboratorio per le valutazioni ecologiche*.

## Il monitoraggio delle sostanze dell'elenco di controllo (*Watch List*)

Stefania Balzamo<sup>1</sup>, Silvia Anna Bellinzona<sup>2</sup>, Elisa Calabretta<sup>1</sup>, Luisa Colzani<sup>2</sup>, Pierluisa Dellavedova<sup>2</sup>, Stefano De Martin<sup>3</sup>, Alberto Fonte<sup>2</sup>, Valeria Marchesi<sup>2</sup>, Ivan Martinuzzi<sup>3</sup>, Pietro Paris<sup>1</sup>, Massimo Peleggi<sup>1</sup>, Monica Potalivo<sup>1</sup>, Maria Gabriella Simeone<sup>1</sup>, Matteo Vitelli<sup>2</sup>, Vanessa Ubaldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ISPRA, <sup>2</sup>ARPA Lombardia, <sup>3</sup>ARPA FVG

La Direttiva Quadro Acque (Direttiva 2000/60/CE - WFD) istituisce un quadro unitario a livello europeo in materia di acque e definisce una strategia comune per fronteggiare l'inquinamento delle acque superficiali, sia interne che di transizione, delle acque marino-costiere e di quelle sotterranee. La WFD definisce il buono stato chimico delle acque superficiali come "lo stato raggiunto da un corpo idrico superficiale nel quale la concentrazione delle sostanze prioritarie non supera gli standard di qualità ambientali (SQA)".

Con la Direttiva 2013/39/UE è stata definita l'attuale lista delle 45 sostanze prioritarie con i relativi SQA [Guidance n. 27]. Per poter individuare le sostanze pericolose emergenti e inserirle nella lista delle sostanze prioritarie è stato messo a punto un nuovo meccanismo che fornisce informazioni attendibili sulla presenza di sostanze potenzialmente inquinanti per l'ambiente acquatico. Questo nuovo meccanismo, denominato elenco di controllo o *Watch List*, prevede che ogni Stato Membro avvii un monitoraggio annuale delle sostanze pericolose emergenti su un numero ristretto di stazioni significative del proprio territorio, per un periodo di almeno 4 anni [Carvalho *et al.*, 2015]. La lista delle sostanze da monitorare viene aggiornata ogni due anni; le sostanze che non vengono ritrovate sono eliminate dal monitoraggio mentre ne vengono aggiunte di nuove. Il D.Lgs. n. 172/2015, che recepisce la direttiva 2013/39/UE, prevede l'istituzione del monitoraggio delle sostanze dell'elenco di controllo e ne affida a ISPRA il coordinamento, con il compito di selezionare le stazioni di campionamento più rappresentative a livello nazionale, di definire il pro-

gramma di monitoraggio e di redigere una relazione finale sugli esiti del monitoraggio stesso.

Sul territorio italiano sono state individuate 25 stazioni, concordate con i rappresentanti delle regioni e delle province autonome (Figura 1). In collaborazione con il Sistema Nazionale della Protezione dell'Ambiente (SNPA), è stato stabilito che il campionamento sia svolto dalle singole ARPA/APPA e le analisi siano eseguite da alcuni laboratori delle Agenzie, individuati in base alla disponibilità di appropriate tecniche di analisi e dei relativi metodi analitici. Per individuare i siti di massima probabilità di rilevamento, si è proceduto ad armonizzare le informazioni specifiche di ciascuna stazione, predisponendo e compilando delle schede informative in cui sono state riportate: coordinate geografiche, pressioni presenti sul territorio circostante, presenza delle stesse in altre reti monitoraggio, etc. La selezione definitiva delle stazioni è stata effettuata assicurando che tutte le sostanze fossero monitorate almeno in una stazione rappresentativa dello scenario più probabile di rilevamento. A tal fine si è provveduto ad effettuare un'attenta valutazione e selezione delle stazioni, sulla base delle caratteristiche e/o dell'utilizzo delle sostanze e in funzione delle pressioni insistenti sul territorio. Note le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze della lista di controllo e dei fattori che possono determinarne la presenza, sono stati definiti i punti e i periodi di campionamento [Guidance n. 7]. La frequenza di campionamento riflette quella già in atto nei Piani di monitoraggio regionali, anche allo scopo di non gravare ulteriormente sulle attività di analisi e controllo [ISPRA

- MLG, 2014].

Il campionamento è stato programmato in funzione del periodo di maggiore utilizzo delle sostanze:

- trimestre aprile - giugno per gli erbicidi Oxadiazone e Tri-allato;
- trimestre giugno - agosto per gli insetticidi e i neonicotinoidi Methiocarb, Imidacloprid, Thiacloprid, Thiamethoxam, Clothianidin e Acetamiprid;
- periodo invernale per gli antibiotici macrolidi e il Diclofenac;
- intero anno per 2,6-di-terz-butil-4-metilfenolo, 17-alfa-etinilestradiolo (EE2), 17-beta-estradiolo (E2) ed estrone (E1);
- agosto nelle stazioni balneari e intero anno nelle stazioni con pressioni antropiche di tipo urbano per il 4-metos-

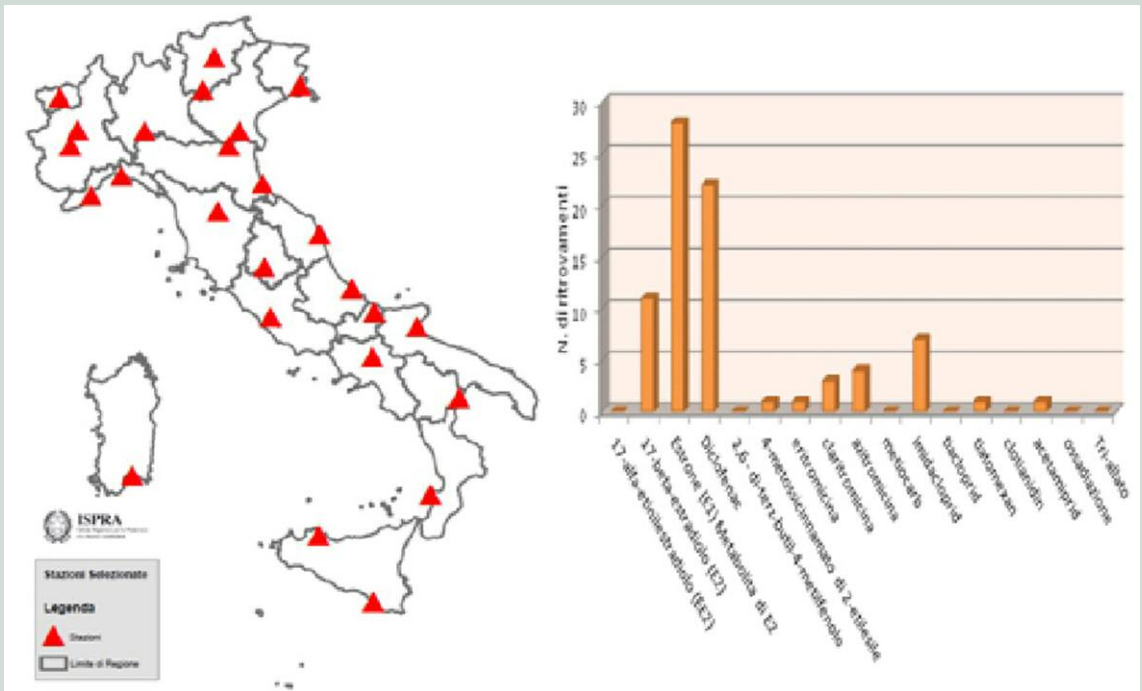
sicinnamato di 2-etilesile, poiché si tratta di una sostanza presente nei prodotti con filtri solari e utilizzata anche nella produzione di molte creme cosmetiche.

Nella selezione definitiva delle stazioni è stato assicurato che, in virtù della localizzazione, delle pressioni incidenti e delle caratteristiche, ogni stazione fosse utilizzata per la determinazione di più analiti.

Il monitoraggio della prima campagna italiana è stato avviato a marzo 2016.

Il maggior numero di ritrovamenti è ascrivibile a tre composti: e2, e1 e Diclofenac che si ritrovano nella maggior parte delle stazioni e nei diversi periodi di campionamento. questi ormoni si ritrovano indistintamente in stazioni caratterizzate da pressioni antropiche sia di tipo urbano che di tipo diffuso dovuto alla presenza di alle-

**Figura 1: Localizzazione delle 25 stazioni italiane e numero di ritrovamenti totali delle sostanze dell'elenco di controllo (watch list)**



Fonte: ISPRA

vamenti animali. molto meno numerosi sono i ritrovamenti degli antibiotici macrolidi, principalmente di Claritromicina e Azitromicina, mentre l'Imidacloprid si ritrova in 6 campioni. (Figura 1).

### TECNICA DI CAMPIONAMENTO

Le tecniche di campionamento utilizzate seguono le indicazioni fornite nelle linee guida della WFD [Guidance n. 7, 19 e 25] e nei Manuali e Linee Guida APAT-IRSA-CNR.

Il campionamento, di tipo "medio-composito", è eseguito effettuando prelievi durante un intervallo di tempo predefinito in funzione delle caratteristiche della stazione, note le pressioni che vi incidono. Il campione finale è ottenuto dalla miscelazione di incrementi raccolti ad intervalli prestabiliti. I campioni di acqua sono prelevati con campionatori sotto la superficie dell'acqua (almeno 20 cm sotto la superficie), utilizzando bottiglie di Niskin oppure di Van Dorn o, ancora, campionatori automatici. Durante le operazioni di campionamento viene predisposto un campione di bianco utilizzando acqua demineralizzata di grado ultrapuro.

### METODI ANALITICI PER LA DETERMINAZIONE DELLE SOSTANZE DELLA WATCH LIST

La crescente domanda di prestazioni analitiche sempre più complesse da parte delle istituzioni europee, nazionali e regionali richiede al SNPA di razionalizzare e migliorare la risposta, in termini di efficacia ed efficienza. L'esperienza del monitoraggio della *Watch List* ha consentito di evidenziare i punti di forza dei laboratori dell'SNPA e di favorire lo sviluppo di una rete di laboratori di riferimento altamente specializzati che rispondano pienamente alle esigenze nazionali ed europee.

ARPA Lombardia e ARPA FVG, dotate della stessa tecnologia, hanno messo a disposizione la propria struttura analitica, sviluppando un analogo pacchetto di metodi e implementando le metodiche presso le rispettive strutture. I campioni da processare sono stati suddivisi

tra i due laboratori. Nella prima campagna di monitoraggio, alla luce del grado di implementazione delle metodiche per la determinazione degli ormoni, ARPA Lombardia ha proceduto in forma sussidiaria per il laboratorio di ARPA FVG; i laboratori di ARPA Lombardia – in collaborazione con quelli di ARPA Friuli Venezia-Giulia – hanno quindi svolto le determinazioni analitiche per i campioni provenienti dall'intero territorio nazionale, in seguito ad una complessa fase di sviluppo e validazione di metodi analitici basati sull'applicazione delle più recenti evoluzioni della cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa. Tale strumentazione si è rivelata indispensabile in particolare per la quantificazione a livelli di ultra-tracce delle sostanze dell'elenco di controllo – come gli ormoni – per le quali la Decisione 2015/495/EU richiede bassi livelli di quantificazione (LOQ pari a 0,035 ng/L per EE2 e 0,1 ng/L per E2 ed E1).

In questo contesto, con l'introduzione frequente di nuove sostanze nella lista, è importante poter disporre di metodi analitici veloci, sensibili e selettivi che permettano la determinazione di un ampio numero di composti a livelli di concentrazione sempre più bassi. Solo in anni recenti sono stati sviluppati metodi sufficientemente sensibili per la determinazione di queste sostanze [Loss *et al.*, 2013 – Tavazzi *et al.*, 2016 – Tlili *et al.*, 2016]; la ricerca a livello internazionale in questo campo è stata in particolare orientata verso lo sviluppo di nuovi rivelatori a spettrometria di massa, come i sistemi ibridi a triplo quadrupolo/trappola ionica lineare, abbinati ad una cromatografia liquida (HPLC) di ultima generazione. Un primo metodo di prova è stato specificamente sviluppato dai laboratori di ARPA Lombardia per la determinazione degli estrogeni ai livelli di concentrazione di interesse. In questa procedura vengono effettuate in sequenza due modalità di estrazione: la prima in fase solida (*Solid Phase Extraction*: SPE), la seconda tramite SPE *on-line*. In questo modo l'estratto ottenuto dal pretrattamento SPE *off-line* viene ulteriormente concen-

trato e purificato dal sistema *on-line* prima di essere introdotto nel sistema cromatografico [Riberio *et al.*, 2015]. Un secondo metodo multiresiduale, rivolto alla ricerca di un elevato numero di residui di pesticidi, compresi i neonicotinoidi e gli antibiotici (azitromicina, claritromicina, eritromicina) presenti nella *Watch List*, è basato sulla iniezione diretta del campione e prevede una taratura con standard esterni, a partire da concentrazioni di 9 ng/L. Particolare attenzione è stata rivolta, durante la validazione dei metodi, ad una osservazione dei possibili effetti matrice osservati sulle differenti tipologie di acqua superficiale analizzata (acqua di mare e di fiume) [Ciofi *et al.*, 2013].

Per i metodi sopra descritti è stato utilizzato un cromatografo liquido interfacciato con un rivelatore ibrido triplo quadrupolo/trappola ionica lineare (UHPLC-QTRAP®MS) in grado di soddisfare i requisiti analitici richiesti. Per garantire la conferma dell'identità dei composti rilevati, si acquisiscono per ogni composto almeno due/tre ioni prodotti in transizioni precursore-fragmenti in modalità MRM (*Multiple Reaction Monitoring*).

#### BIBLIOGRAFIA

APAT-IRSA-CNR, 2013. - *Metodi analitici per le acque*. Manuali e Linee Guida Volume 29/2003

Carvalho R. N., Ceriani L., Ippolito A. and Lettieri T., 2015. *Development of the 1st Watch List under the Environmental Quality Standards Directive*. JRC Report EUR 27142 EN

Ciofi L., Fibbi D., Chiuminatto U., Coppini E., Checchini L., Del Bubba M., 2013. *Fully-automated on-line solid phase extraction coupled to high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric analysis at sub-ng/L levels of selected estrogens in surface water and wastewater*. Journal of Chromatography A 1283 pagg. 53-61.

WFD CIS Guidance Document No. 7 - *Monitoring under the Water Framework Directive*.

WFD CIS Guidance Document No. 19 - *Surface water chemical monitoring*.

WFD CIS Guidance Document No. 25 - *On chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive*.

WFD CIS Guidance Document No. 27 - *Technical guidance for deriving environmental quality standards under the Water Framework Directive*

ISPRA - Manuali e Linee Guida 116/2014 - *Progettazione di reti e programmi di monitoraggio delle acque ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e relativi decreti attuativi*

Loos R., Tavazzi S., Paracchini B., Canuti E., Weissteiner C., 2013. *Analysis of polar organic contaminants in surface water of northern Adriatic Sea by solid-phase extraction followed by ultra high-pressure liquid chromatography-QTRAP MS using a hybrid triple-quadrupole linear ion trap instrument*. Anal Bioanal Chem 405 pagg. 5875-5885.

Ribeiro A. R., Pedrosa M., Moreira Nuno F.F., Pereira Manuel F.R, Silva Adrián M.T., 2015. *Environmental friendly method for urban wastewater monitoring of micropollutants defined in the Directive 2013/39/EU and Decision 2015/495/EU*. Journal of Chromatography A, 1418 pag. 140-149.

Tavazzi S., Mariani G., Comero S., Ricci M., Paracchini B., Skejo H., and Gawlik B. M., 2016. *Water Framework Directive Watch list method Analytical method for the determination of compounds selected for the first Surface water watch list* EUR 27813 EN; doi:10.2788/85401.

Tlili I., Caria G., Ouddane B., Ghorbel-Abid I., Ternane R., Trabelsi-Ayadi M., Net S., 2016. *Simultaneous detection of antibiotics and other drug residues in the dissolved and particulate phases of water by an off-line SPE combined with on-line SPE-LC-MS/MS: Method development and application* Science of the Total Environment 563-564, pagg. 424-433.

## Determinazione analitica di Glifosato nelle acque

Michele Mazzetti, Alessandro Franchi, Paolo Altemura, Susanna Cavalieri, Stefano Menichetti

ARPA Toscana

Il Glifosato (N-fosfometilglicina) è senza dubbio uno degli erbicidi non selettivi più utilizzati a livello mondiale per il controllo delle erbe infestanti in agricoltura, orticoltura, silvicoltura e manutenzione del verde urbano. Il Glifosato agisce come inibitore di una via metabolica di sintesi delle proteine tipica delle piante; tale azione sta alla base dell'estrema efficacia della sua azione erbicida nonché della sua bassa tossicità acuta verso tutte le forme di vita che non presentano tale via metabolica (animali superiori).

Gli elementi sopra descritti, insieme alla bassa mobilità nel suolo, alla degradabilità microbica (degradazione ad acido aminometilfosfonico AMPA) e alla sua rapida veicolazione per via fitoematica, costituiscono un'ottima base per lo sviluppo di formulati commerciali (PPP= *Plant Protection Products*) dotati, in prima istanza, di minore impatto ambientale e minore persistenza rispetto a prodotti basati su principi attivi di altro tipo (ad esempio clorofenossi acidi ed erbicidi triazinici).

Il primo formulato commerciale a base di Glifosati (GBHs, *Glyphosate Based Herbicides*) risulta essere stato immesso sul mercato da Monsanto nel 1974 con il nome commerciale di "*Roundup*". Da allora i GBHs hanno conosciuto un successo commerciale crescente fino a raggiungere, nel 2014, un dato di vendita globale di circa novecentomila tonnellate. Questa enorme diffusione ha chiaramente sollecitato l'attuazione di studi scientifici relativi alla valutazione del loro impatto sugli ecosistemi e sulla salute umana.

Nel marzo del 2015 lo IARC (*International Agency for Research on Cancer*) ha catalogato il Glifosato come cancerogeno IIA ovvero "probabile cancerogeno per gli umani" [IARC Monograph 112].

Poiché secondo il Regolamento 1107/2009 in Unione Europea non è possibile utilizzare prodotti per la protezione delle piante contenenti ingredienti cancerogeni, nell'aprile 2015 l'EFSA (*European Food Safety Agency*) ha ricevuto incarico dalla Commissione Europea di prendere in considerazione le conclusioni dello IARC e di effettuare una revisione nell'ambito del processo legale di rinnovo dell'autorizzazione dell'uso del Glifosato in Europa.

Contrariamente al rapporto IARC, i risultati della ricerca di EFSA hanno evidenziato che sia "improbabile che il Glifosato possa costituire un pericolo cancerogeno per gli esseri umani"; inoltre "le evidenze ottenute non supportano la classificazione come potenziale cancerogeno secondo il regolamento (CE) N. 1272/2008".

I risultati opposti delle due Agenzie hanno generato, nei mesi seguenti, un duro dibattito tra esponenti dell'EFSA (EU) e dello IARC (NU) circa la metodologia applicata nella valutazione della possibile cancerogenicità del Glifosato.

Sebbene le conclusioni dell'EFSA avrebbero permesso il rinnovo quindicennale della licenza per il Glifosato da parte della Commissione Europea, l'8 marzo 2016 il PAFF (*Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed*) non ha proceduto a tale rinnovo a causa dell'opposizione di Italia, Francia, Svezia e Paesi Bassi. Nell'aprile 2016 il Parlamento Europeo ha votato una risoluzione non vincolante che esorta la Commissione, tra l'altro, a rinnovare l'autorizzazione al commercio del Glifosato per soli sette anni, invece di quindici e limitatamente all'uso professionale.

In ambito UE è stato quindi varato il Regolamento 1313/2016 (agosto 2016) recante misure di limitazione



nell'uso di formulati a base di Glifosato, ripreso in Italia, in forma ancora più restrittiva, dal Decreto 9 Agosto 2016. In tale Decreto si proibisce, ad esempio, l'utilizzo del Glifosato in luoghi di interesse pubblico (parchi, giardini, ecc) e se ne proibisce totalmente l'impiego per fini non agronomici.

Si segnala che in Toscana, dove i dati di vendita del 2009 attestano la quantità di Glifosato venduta in circa una tonnellata, vige dal 2015 (Risoluzione 821/2015) un provvedimento normativo simile che proibisce l'uso del Glifosato nei settori non agricoli (es. manutenzione del verde urbano).

Nel frattempo anche la *Committee for Risk Assessment* (RAC) dell'*European Chemical Hazard Agency* (ECHA) nel marzo 2017 (ECHA/PR/17/06) ha confermato la classificazione del Glifosato come sostanza che può causare seri danni agli occhi, tossica per l'ambiente acquatico con effetti a lungo termine, ma senza evidenze scientifiche che lo possano classificare come cancerogeno, mutageno o tossico per la riproduzione.

In tale quadro di attenzione, già nel 2015 nel Laboratorio Area vasta costa di ARPAT è stata messa a punto una metodica di rivelazione e quantificazione del Glifosato e del suo principale metabolita (AMPA) in acque superficiali e sotterranee. La determinazione delle due molecole ha costituito un'indubbia sfida analitica in quanto entrambi gli analiti sono dotati di elevata polarità, idrofilicità e carenza di gruppi cromoforici degni di nota.

Il metodo adottato risulta essere una variante di una metodica riportata in letteratura [Ibanez *et al.*, 2006; Hanke *et al.*, 2008; USGS, 2009] ed è basato sulla derivattizzazione in situ degli analiti, sulla loro purificazione su un supporto polimerico e sull'analisi degli eluati tramite cromatografia liquida ad alta risoluzione con sistema Thermo-Orbitrap.

ARPAT, prima nel panorama pubblico nazionale, ha accreditato il metodo in conformità alla norma UNI-EN-17025 nel marzo 2016; il metodo è stato pubblicato in toto nel "Notiziario dei Metodi Analitici" di IRSA-CNR

nell'agosto del 2017 [Mazzetti *et al.*, 2017]. Il metodo in questione, con un limite di quantificazione di 0,020 µg/L e un limite di rilevabilità di 0,005 µg/L, ottempera pienamente a quanto richiesto dal Decreto 90/2009 relativo alle prestazioni dei metodi analitici per le attività di monitoraggio, essendo il Glifosato (quale singolo pesticida), ai sensi del DM 260/10, una delle sostanze presenti nella tabella 1B (che interessano la determinazione dello Stato Ecologico dei corpi idrici) con un limite previsto pari a 0,1 µg/l (Standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo - SQA-MA).

In Toscana, nel solo 2016, sono state eseguite oltre quattrocento determinazioni analitiche su aliquote di prova di acque superficiali e sotterranee che hanno consentito di acquisire un quadro dettagliato relativo alla presenza di Glifosato ed AMPA nei corpi idrici monitorati.

Riguardo le acque superficiali, sono stati identificati ben cinque tra fiumi e invasi con concentrazione media di Glifosato superiore allo standard di qualità ambientale: Invaso Penna (0,11 µg/l), Fiume Arno Valdarno Inferiore (0,3 µg/l), Fiume Greve Valle (0,23 µg/l), Fosso Reale - Torrente Rimaggio (0,32 µg/l) e Fosso Serpenna (0,44 µg/l). Sebbene questi corpi idrici presentino uno stato ecologico sufficiente/scarso già dall'analisi degli indicatori biologici, il superamento del limite per il parametro Glifosato, pur non modificando la classificazione, costituisce un'ulteriore criticità.

Sempre riguardo alle acque superficiali, le acque destinate alla potabilizzazione si sono mantenute sotto il limite dello standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) durante tutto il periodo 2015-2016, con un solo superamento nel Torrente Vincio Montagnana (campione del 2/11/2016 con concentrazioni pari a 11,6 µg/l di Glifosato e 3,5 µg/l di AMPA).

Una considerazione a parte merita il "monitoraggio di indagine" nella zona a vocazione "vivaistica" in provincia di Pistoia dove, sui seguenti torrenti, sono state trovate concentrazioni medie annue (6 campioni nel 2016) ben

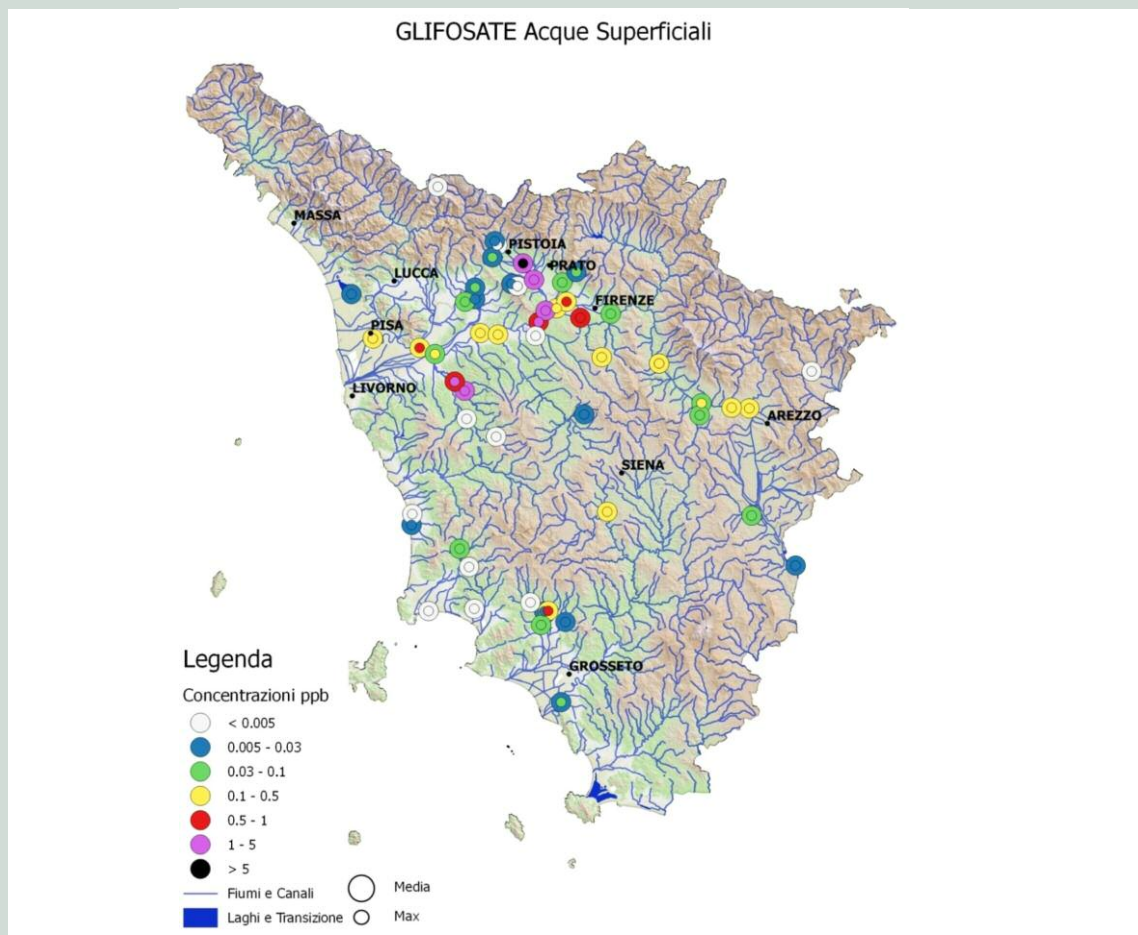
superiori allo standard di qualità ambientale: Torrente Brana al ponte di Berlicche (6 µg/l), Dogaia dei quadrelli ponte al fosso (12,38 µg/l), Ombrone pistoiense Ponte Ferruccia (6,39 µg/l) e Torrente Stella Ponte Catena (0,54 µg/l).

A fronte di una situazione decisamente articolata relativa alle acque superficiali, il quadro delle acque sotterranee appare meno preoccupante; infatti, durante tutto il periodo 2014-2016, non è stato rilevato alcun

punto di monitoraggio con concentrazioni medie di Glifosato superiori al limite di 0,1 µg/l e quindi al momento è possibile asserire che la risorsa idrica sotterranea non risenta dell'impatto da Glifosato.

Nella primavera del 2017, a seguito di un incidente avvenuto a Pistoia, si è verificato uno sversamento di un preparato contenente Glifosato che ha direttamente contaminato la falda acquifera attraverso un pozzo. I numerosi accertamenti analitici svolti su diversi pozzi

Figura 1: Concentrazione Glifosato Acque Superficiali Toscana, 2016



Fonte: ARPAT

nell'area circostante all'incidente hanno dimostrato, per il Glifosato, un rapido trasferimento nello spazio, unito ad un altrettanto rapido decadimento nel tempo.

#### BIBLIOGRAFIA

Hanke I., 2008, *Ultrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection*, Anal Bioanal Chem. 2008 Jul; 391(6):2265-76

Ibanez M., 2006, *Re-evaluation of glyphosate determination in water by liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry*, J Chromatogr A. 2006 Nov 17;1134(1-2):51-5.

Mazzetti M., 2017, *Determinazione di Glifosate e Acido aminometilfosfonico (AMPA) mediante derivatizzazione ed analisi HPLC-MS in alta risoluzione*, Notiziari dei Metodi Analitici, n° 2, Agosto 2017, IRSA-CNR

U.S. GEOLOGICAL SURVEY: United States Geological Survey Techniques and methods 5-A10, 2009, *Determination of Glyphosate its Degradation product Aminomethylphosphonic Acid, in Water by Isotope Dilution and Online Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry*.

## Disinfezione delle acque di scarico urbane con acido peracetico: quali effetti si hanno sulla tossicità dei reflui?

A. Arizzi Novelli, M. Melchiorri, L. Mastrangioli, N. Di Deo, G. Sergiacomo, E. Scamosci, G. Surricchio, C. Spatola Mayo  
ARTA Abruzzo

La Regione Abruzzo nel Piano di Tutela delle Acque ha stabilito per gli impianti di trattamento delle acque reflue urbane la sostituzione, a partire dal gennaio 2015, dei sistemi di disinfezione a clorazione con sistemi alternativi quali ozono, acido peracetico (PAA), raggi UV o altri trattamenti di pari efficacia, purché privi di cloro. Tale indicazione è stata stabilita poiché l'utilizzo dell'ipoclorito di sodio ha dimostrato avere delle controindicazioni dovute alla formazione di clorammine, clorati, composti cancerogeni e genotossici.

Nel 2015 e nel primo semestre del 2016 ARTA Abruzzo ha analizzato 101 acque di scarico di 38 depuratori delle province di Pescara e Chieti con potenzialità comprese tra 1.000 e 150.000 abitanti equivalenti: per ognuno dei campioni è stata effettuata l'analisi chimica del contenuto del residuo di PAA sotto forma di perossido e l'analisi ecotossicologica, come previsto dal D.Lgs. 152/06 (Tab. 3 dell'Allegato 5).

È stata scelta una batteria di tre saggi tossicologici di cui sono disponibili metodologie standardizzate: il batterio *Vibrio fischeri* (test "acuto" con esposizione a 30' - metodica UNI EN ISO 11348-3:2009), le alghe della specie *Pseudokirchneriella subcapitata* (test "acuto" con esposizione per 72h - norma ISO 8692:2012) e il crostaceo cladocero della specie *Daphnia magna* (test "acuto" con esposizione per 24h - norma UNI EN ISO 6341:2013). Per tali saggi la norma prevede, quale valore limite, che il campione non sia accettabile quando, dopo 24 ore, il numero degli organismi immobili sia uguale o maggiore del 50% del totale.

I risultati ottenuti con i tre diversi organismi applicati alle acque di scarico hanno evidenziato che con il *Vibrio fi-*

*scheri* il 9% dei campioni analizzati mostra un superamento del valore limite di legge; con il test algale circa il 17% di campioni sono risultati non conformi e sono stati osservati modesti fenomeni di biostimolazione; con la *Daphnia magna*, la tossicità è risultata superiore al limite sul 3% dei campioni analizzati e l'immobilizzazione è stata nulla o estremamente ridotta nella maggioranza dei campioni analizzati rispetto al controllo ( $p > 0,05$  al 95% del livello di significatività statistica).

Contestualmente alle analisi effettuate sugli scarichi, è stata valutata la sensibilità di ognuno dei tre organismi verso il PAA ottenendo valori di EC50 (Effective Concentration 50). Sono state condotte prove applicando i saggi su concentrazioni scalari di PAA, preparando soluzioni con le acque di diluizione compatibili con l'organismo test e partendo da un valore di acido peracetico al 36-40% in acido acetico.

I risultati ottenuti hanno mostrato per il *V. fischeri* un valore di EC50 a 30' di 0,26 mg/L (limiti fiduciali al 95% 0,21-0,36 mg/L), per l'alga *P. subcapitata* un valore di EC50 a 72h di 0,29 mg/L (limiti fiduciali al 95% 0,20-0,38) e per il crostaceo *D. magna* una EC50 a 24 h di 1,34 mg/L (limiti fiduciali al 95% 1,20-1,50). Tali risultati evidenziano una sensibilità confrontabile fra batteri ed alghe e confermerebbero la minore sensibilità del crostaceo, come ben evidenziato dalle risposte che si ottengono con i campioni ambientali.

Al fine di individuare un valore di PAA che, nell'ambito degli organismi utilizzati per la valutazione ecotossicologica delle acque di scarico, minimizzi il rischio di avere un effetto tossico indotto dall'utilizzo del suddetto disinfettante, è stato effettuato un confronto tra i dati di

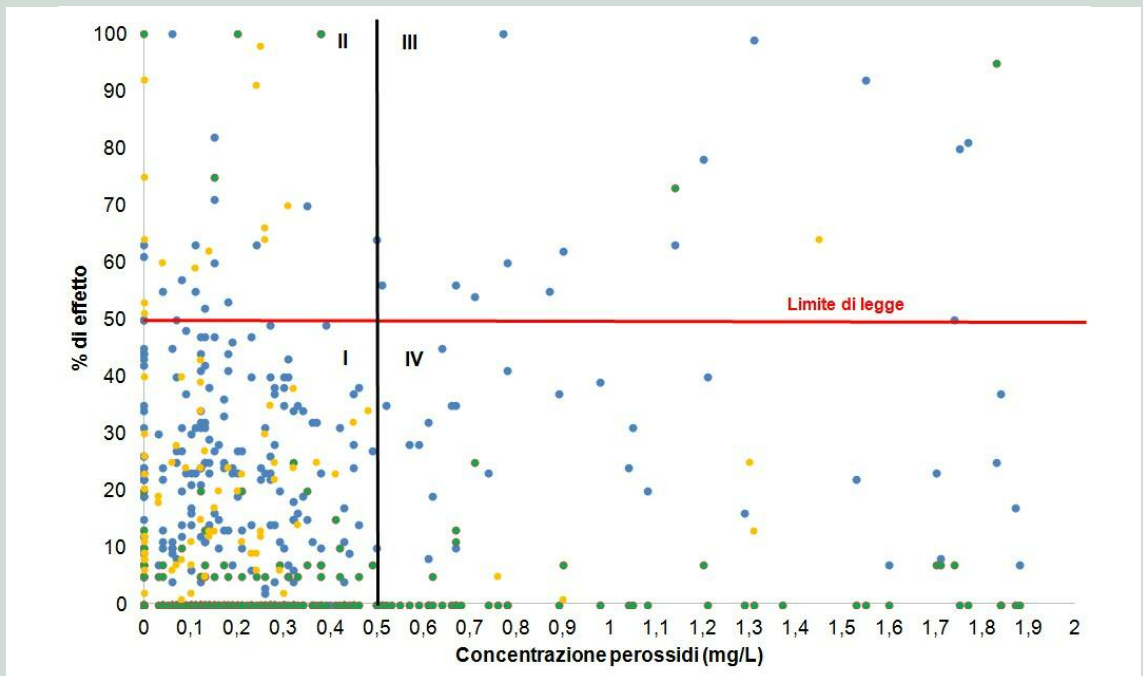
tossicità e le concentrazioni di perossido.

Nella Figura 1 vengono riportate le percentuali di effetto ottenute con due saggi di tossicità (*V.fischeri* e *D.magna*) in funzione della concentrazione di perossido rilevate nei campioni di acque di scarico di alcuni depuratori che avevano cominciato ad utilizzare tale disinfettante (2013/2014) e quelle ottenute con la batteria di 3 test applicata ai campioni del 2015 e del primo semestre 2016.

Dividendo il grafico in quattro quadranti, si osserva che fino ad un valore di circa 0,5 mg/L di perossido, il 90% dei campioni risulta conforme ai limiti di legge (quadrante I). Nel quadrante II troviamo il 10% dei

campioni che mostrano un elevato valore di tossicità fino ad una concentrazione di 0,5 mg/L di perossido; per questi campioni, l'analisi chimica non ha rilevato la presenza di sostanze tossiche diverse (es. metalli pesanti), ma la presenza di altri analiti potrebbe aver portato ad un segnale di tossicità. A tale riguardo sarà necessario effettuare ulteriori indagini su parametri come l'ammoniaca che potrebbero essere considerati fattori di confusione nell'individuazione di segnali di tossicità. Nei quadranti III e IV si osserva che ad una concentrazione compresa tra 0,6 e 2 mg/L si ottiene circa il 40% di campioni non conformi. Si è osservato, infine, che la percentuale di campioni che presentano

**Percentuali di effetto in funzione della concentrazione di perossido rilevate nei campioni di acque di scarico analizzate dal 2013 al 2014 con due saggi di tossicità (*V.fischeri* e *D.magna*) e dal 2015 al primo semestre 2016 con la batteria di tre saggi. In giallo sono riportati i risultati ottenuti con l'alga, in verde con il crostaceo ed in azzurro con il batterio**



Fonte: Elaborazione ARTA Abruzzo

---

tossicità aumenta all'aumentare della concentrazione di perossido, fino a rilevare un 90% di campioni non conformi per concentrazioni di perossido >5 mg/L. I risultati mostrano una maggiore capacità dell'alga nell'individuare tossicità negli scarichi dei depuratori civili, seguita dal batterio luminescente. Questo dato concorda con quanto già evidenziato in precedenti lavori [Aragno *et al.*, 2014] e viene riconfermato anche con questa tipologia di disinfezione con PAA. I valori di EC50 mostrano una similitudine di sensibilità tra i batteri e l'alga (nonostante tempi diversi di esposizione), mentre per *D. magna* si ha una sensibilità inferiore di circa 5 volte.

Il confronto tra i dati di tossicità e le concentrazioni di perossido ha permesso di ipotizzare un valore "soglia" di 0,5 mg/L che, nell'ambito degli organismi indagati, minimizza il rischio di avere un effetto tossico indotto dall'utilizzo del disinfettante.

Ulteriori indagini sono necessarie per approfondire le conoscenze dell'impatto del PAA sull'ambiente con lo scopo finale di proporre un valore come «limite di legge» per l'utilizzo di questa sostanza nella disinfezione delle acque di scarico dei depuratori degli agglomerati urbani e non solo.

## BIBLIOGRAFIA

Aragno M. *et al.*, 2015. *Batterie di saggi ecotossicologici: sintesi e prospettive dopo 13 anni di controlli ambientali in provincia di Cuneo*. Atti 6° edizione Giornate di studio 11-13 novembre 2014. 147-151.

ISO 8692, 2012. *Water quality- Fresh water algal growth inhibition test with unicellular green algae*.

UNI EN ISO 11348-3, 2007. *Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) Part 3: Method using freeze-dried bacteria*.

UNI EN ISO 6341, 2013. *Qualità dell'acqua - Determinazione dell'inibizione della mobilità di Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea) - Prova di tossicità acuta*.

## Uso di campionatori passivi per il monitoraggio dei fitofarmaci in alcuni fiumi trentini

Paolo Negri, Jacopo Mantoan

APPA Trento

La provincia di Trento, per le sue connotazioni fisiche e orografiche, è particolarmente ricca di acqua; l'uso sostenibile (anche energetico) delle acque, la loro protezione e difesa rappresentano elementi costitutivi per una corretta governance di questa risorsa.

Gli obiettivi prioritari di riduzione del rischio idraulico, di uso sostenibile della risorsa e in generale di mantenimento/miglioramento della qualità dell'ambiente sono perseguiti da due strumenti normativi e di pianificazione provinciali: il Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche del 2006 e il Piano di Tutela delle Acque del 2015.

### IL NUOVO PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Lo strumento di pianificazione dei corpi idrici provinciali della Provincia Autonoma di Trento è il Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato a febbraio 2015, che sostituisce il precedente risalente al 2005. Il Piano si pone come tassello del vasto e organico sistema di governo e di gestione del territorio, assicurando la coerenza rispetto agli altri strumenti di pianificazione dell'ambiente. La revisione del PTA ha recepito anche l'adeguamento delle attività di monitoraggio agli aggiornamenti normativi in materia di acque. Il PTA descrive la qualità dei corpi idrici e le misure da adottare per risanare i corpi idrici non buoni e mantenere lo stato di qualità di quelli buoni e elevati, secondo quanto previsto dal D.Lgs. n. 152/06. La normativa vigente comunitaria (Direttiva 2000/60/CE) e nazionale (D.Lgs. n. 152/06 di recepimento della direttiva), hanno ridefinito l'approccio in materia di tutela e gestione delle acque, definendo un impianto metodologico basato sulla tutela di ciascun "corpo idrico" (tratti fluviali, volumi distinti di acque sotterranee contenute da una o più falde acquifere e laghi) e non già esclusivamente dei

corsi d'acqua principali. La tutela delle acque, dunque, viene estesa a tutti i corsi d'acqua del reticolo idrografico aventi un bacino imbrifero maggiore di 10 kmq.

Per un quadro conoscitivo completo dei corpi idrici e del loro stato di qualità, APPA Trento in questi anni ha condotto un capillare lavoro di analisi e ricerca sul campo e in laboratorio attraverso una fitta rete di monitoraggio<sup>1</sup> aggiornata secondo le indicazioni del D.Lgs. n. 152/06. Il ricorso ad una solida attività di monitoraggio e a metodi condivisi per la valutazione complessiva dello stato dei corpi idrici sono elementi essenziali per la corretta gestione delle acque. La valutazione, secondo la normativa vigente, si basa su indicatori chimico-fisici e biologici.

### IL CONTROLLO DEL LIVELLO DI FITOFARMACI

Nel contesto di un efficace monitoraggio dello stato di qualità delle acque presenti sul territorio, un'attenzione particolare è data al controllo dei fitofarmaci. In provincia di Trento la presenza di fitofarmaci nei corsi d'acqua viene costantemente monitorata attraverso la rete di monitoraggio poc'anzi accennata. Queste sostanze, che possono avere un impatto significativo sugli ecosistemi d'acqua dolce, concorrono a determinare lo stato chimico e lo stato ecologico dei corpi idrici. Oltre ai normali campionamenti mensili, vengono condotte analisi specifiche utilizzando campionatori automatici.

Dal 2017 inoltre vengono utilizzati per la prima volta dei campionatori passivi: una tecnica innovativa nel contesto italiano, che consente di catturare per un periodo definito tutte le sostanze inquinanti trasportate da un corso d'acqua. La sperimentazione prevede la disposizione di tali campionatori, ogni quattro settimane, in punti selezionati, la successiva analisi del materiale raccolto presso i laboratori di APPA e l'elaborazione dei ri-

<sup>1</sup> La rete di monitoraggio è composta da 162 punti di monitoraggio nel periodo 2015 - 2019.

sultati. I punti di campionamento sono stati scelti su alcuni corsi d'acqua che non raggiungono gli obiettivi di qualità proprio a causa della presenza di fitofarmaci.

I campionatori passivi rappresentano un efficace strumento di analisi semi-quantitativa usato per riscontrare contaminanti particolarmente difficili da determinare con le metodologie di campionamento convenzionali. Rispetto ai metodi tradizionali [Progetto MOMAR, 2007-2013], i campionatori passivi misurano, piuttosto che la concentrazione totale, la frazione libera disciolta di un inquinante e quindi quella biologicamente disponibile, permettendo anche una valutazione di tipo tossicologico; forniscono una misura più rappresentativa delle concentrazioni medie dell'inquinante nel tempo; possono essere utilizzati per misurare le concentrazioni di inquinanti organici polari e non-polari e di composti inorganici, inclusi metalli, anioni e radionuclidi. I metodi di analisi sono gli stessi che si utilizzano per i campioni raccolti puntualmente.

Il campionamento passivo consente il monitoraggio di contaminanti in acqua (acque superficiali, acque sotterranee, acque costiere, ecc.) per un lungo periodo (giorni o settimane). In tal modo viene calcolata la media della concentrazione di ciascun contaminante.

Tale approccio attualmente non ha ufficialità normativa

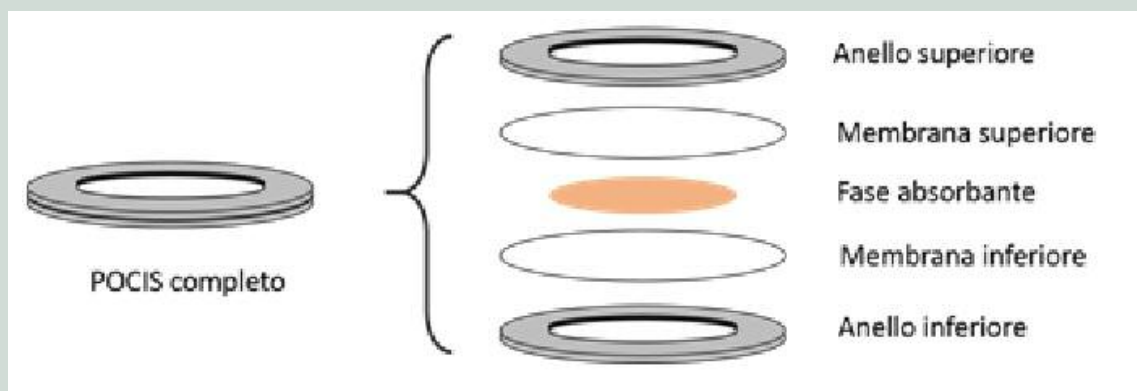
ma costituisce un utile strumento per indagare in maniera integrata le dinamiche dei nutrienti su scala temporale mensile e consente di evidenziare composti che non sarebbero identificati con un campionamento puntuale. Ciò consente di verificare in maniera sito-specifica come le pratiche colturali possano influenzare la qualità dei corsi d'acqua e, se necessario, consente di apportare dei correttivi per ridurre la pressione di sostanze inquinanti.

Per i composti organici idrofili, il POCIS (*Polar Organic Chemical Integrative Sampler*) è progettato per fornire la concentrazione media ponderata (TWA) di sostanze chimiche durante il periodo di campionamento. Il campionatore è costituito da un assorbente solido contenuto tra due membrane microporose. Il sorbente raccoglie contaminante in acqua. Ogni assorbente può avere una ritenzione per contaminante specifico o per famiglia di contaminante (Figura 1).

#### BIBLIOGRAFIA

Progetto MOMAR, 2007-2013. MARITTIMO – IT FR – MARITIME (Programma cofinanziato con il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale), *Metodologie di monitoraggio dell'ambiente marino, Rapporto finale progetto "Momar"*, [www.maritimeit-fr.net/](http://www.maritimeit-fr.net/)

Figura 1: Descrizione dei componenti POCIS



Fonte: [www.affinisept.it/campionatore-passivo/](http://www.affinisept.it/campionatore-passivo/)



## Posidonia oceanica e gestione degli accumuli spiaggiati

Patrizia Borrello, Cecilia Silvestri

ISPRA

La *Posidonia oceanica* è una pianta marina endemica del Mar Mediterraneo provvista di radici, fusto, foglie nastriformi raggruppate in fasci, fiori (in autunno) e frutti (in primavera) chiamati "olive di mare". Ha una modalità di accrescimento che porta alla formazione di strutture compatte a terrazzo costituite dall'intreccio di strati di rizomi, radici e sedimento intrappolato, chiamate *matte*. La pianta si sviluppa preferenzialmente su fondali sabbiosi, ma anche detritici e rocciosi, colonizzando in maniera continua ampie aree della fascia costiera, formando praterie sommerse che si estendono dalla superficie fino ai 40 m di profondità in acque molto limpide. La distribuzione è legata oltre che alla disponibilità di sostanza organica nel sedimento e alla trasparenza delle acque anche a valori di salinità (30%-39%) e di temperatura (10-28°C con valori ottimali tra 17°-20°C) relativamente costanti. Le praterie costituiscono un complesso ecosistema in termini di ricchezza e di interazioni biotiche e rappresentano un *habitat* preferenziale per molte specie che si adattano ai differenti microambienti determinati dalla diversità strutturale della pianta: strato fogliare, rizomi o *matte*. Il sistema offre riparo ed è area di riproduzione per moltissimi organismi marini tra cui specie ittiche di grande valore economico.

La *Posidonia oceanica* è considerata un buon indicatore biologico della qualità delle acque marino-costiere per la sua sensibilità alle perturbazioni naturali o artificiali in atto nell'ambiente. Inoltre, riveste un importante ruolo di protezione delle coste dall'erosione, di stabilizzazione e consolidamento dei fondali, di ossigenazione delle acque e di produttività primaria. Per tutti questi motivi e non solo, la *Posidonia oceanica* rappresenta uno degli ecosistemi più stabili e studiati del Mediterraneo ed è stata inserita nell'Allegato A della Direttiva *Ha-*

*bitat* (92/43/CEE) che individua tutti i siti d'interesse comunitario (SIC) che necessitano di salvaguardia anche attraverso norme nazionali.

Nella prateria si riconosce un limite superiore, ovvero la linea lungo la quale ha inizio la prateria partendo dalla linea di costa ed il limite inferiore, cioè la profondità in cui la prateria termina. Lo studio delle variazioni spazio temporali della struttura delle praterie, attraverso tecniche di ispezione e di rilevamento permette di diagnosticarne lo stato di salute e le tendenze evolutive.

L'intenso sfruttamento della fascia costiera, accanto ad attività quali la pesca a strascico e gli ancoraggi, espone le praterie di *Posidonia oceanica* a fenomeni di degrado e di regressione con conseguente perdita di biodiversità associata a questa biocenosi di pregio. Pertanto, una corretta gestione delle attività deve poter prevenire o minimizzare gli impatti sull'ambiente costiero sulle praterie. Lo spiaggiamento delle foglie adulte di *P. oceanica*, che si staccano dalla pianta, di altre sue parti (rizomi, resti fibrosi) e di altre fanerogame marine è un fenomeno naturale che annualmente si osserva su molti litorali, specialmente in seguito alle mareggiate autunnali e invernali. L'accumulo di biomassa spiaggiata, combinandosi con la sabbia, forma delle strutture molto compatte ed elastiche conosciute con il nome di "*banquettes*".

Le *banquettes* hanno spessori variabili, possono raggiungere anche i 2 m di altezza e svilupparsi per centinaia di metri, in funzione dell'assetto geomorfologico della costa.

La natura elastica cui sono soggette le rende comunque forme di deposito transitorie e facilmente deformabili per l'azione del moto ondoso incidente.

In generale, le *banquettes* sono costituite prevalentemente dalle foglie di *Posidonia* la cui forma a nastro e

modalità di accumulo, conferisce all'ammasso una struttura lamellare molto compatta ed elastica. Tale struttura è in grado di assorbire l'energia del moto ondoso riducendone, per l'intera fase di demolizione che si verifica durante l'insorgere di alcune mareggiate, le capacità erosive e contribuendo in tal modo alla stabilità delle spiagge; la *banquette* esercita infatti un ruolo attivo nel trattenere sedimento che rimane intrappolato tra gli strati sovrapposti di foglie: si calcola che 1 m<sup>3</sup> di *banquette* sia in grado di trattenere circa 60 kg di sedimento [Simeone, De Falco, 2013].

La *banquette* è in stretto rapporto con la frazione "flottante" in acqua la cui presenza dipende dalle condizioni meteomarine ed è legata sia alle fasi costruttive che demolitive del deposito stesso. Nell'insieme, *banquettes* e frazione flottante, rappresentano una difesa naturale della porzione più esposta della spiaggia alla perdita di sabbia dovuta al moto ondoso.

I resti di *Posidonia oceanica* che si depositano sulla battigia (Figura 1) costituiscono un prodotto che non ha ancora completato il suo ciclo biologico e che deve quindi subire diverse modificazioni biochimiche per poter es-

sere utilizzato dalle reti trofiche costiere. Questo detrito, una volta frammentato da processi fisici e dagli organismi detritivori e rimineralizzato ad opera dei batteri, rappresenta una importante fonte di carbonio e di nutrienti: molti pesci, allo stadio giovanile, traggono parte delle loro risorse trofiche da organismi (Anfipodi o Isopodi) che vivono e si alimentano nella zona di battigia interessata dalla presenza della *banquette*. Inoltre, i resti di *Posidonia oceanica* forniscono elementi nutritivi e per la vegetazione pioniera delle spiagge e di quella delle dune favorendo la formazione di dune embrionali, lo sviluppo delle *foredune* e quindi contribuendo alla stabilità del sistema. La presenza di accumuli transitori (Figura 1) o strutturati di *Posidonia oceanica* nelle aree a vocazione turistico-balneare è però poco gradita ai bagnanti che non ne conoscono il ruolo ecologico e la considerano un rifiuto maleodorante piuttosto che una componente naturale propria del litorale.

Tali aspetti comportano paradossalmente una diminuzione del valore turistico della spiaggia stessa e di conseguenza viene richiesto alle amministrazioni locali di rimuovere tali depositi per rendere le spiagge più grade-

**Figura 1: Accumuli di *Posidonia oceanica* su spiaggia**



Fonte: Patrizia Borrello, ISPRA

voli e fruibili. Tuttavia, con gli interventi di rimozione si asportano, oltre alle foglie, grandi quantità di sabbia senza tenere conto della natura del litorale su cui si interviene. Ciò significa compromettere l'integrità dell'*habitat* costiero e innescare/accelerare l'erosione costringendo poi le amministrazioni locali ad interventi costosi di protezione della costa e di ripascimento delle spiagge.

Con la Circolare MATTM n. 8123/2006 "Gestione della Posidonia spiaggiata" viene riconosciuto il ruolo ecologico della *banquette* e di protezione delle spiagge dall'erosione e vengono indicate le seguenti soluzioni gestionali: 1) mantenimento in loco delle *banquettes*; 2) spostamento degli accumuli nell'ambito della stessa spiaggia o su spiagge poco accessibili o non frequentate da bagnanti o su spiagge particolarmente esposte all'erosione; 3) rimozione permanente e trasferimento in discarica secondo la normativa vigente.

Partendo dalla sopracitata Circolare MATTM, per approfondire il quadro delle conoscenze sulla tematica e problematica gestionale degli accumuli di Posidonia oceanica spiaggiata, ISPRA, ha istituito e coordinato uno specifico gruppo di lavoro di esperti tematici ISPRA, ARPA, Provincia di Livorno ed Enea, per giungere a soluzioni gestionali condivise a livello nazionale e per offrire elementi per la definizione di una normativa di settore. A tal fine sono stati predisposti e inviati a circa 400 comuni costieri delle regioni Sardegna, Liguria, Toscana, Lazio, Puglia e Sicilia, specifici questionari per raccogliere informazioni su localizzazione e quantità di biomassa spiaggiata, modalità gestionali adottate, procedure di rimozione e quantitativi rimossi, costi gestionali.

I dati ottenuti sono stati raccolti nel documento ISPRA "Formazione e gestione delle *banquettes* di Posidonia oceanica sugli arenili" [Borrello *et al.* 2010]

L'indagine conoscitiva ha evidenziato che la raccolta, rimozione e conferimento in discarica degli accumuli di Posidonia prima e durante la stagione balneare è la modalità gestionale maggiormente adottata dai comuni costieri per rendere fruibili le spiagge; in questo modo però,

vengono asportate anche grandi quantità di sabbia. Per evitare ulteriori interventi di rimozione con conseguenze negative per l'ecosistema spiaggia bisognerebbe promuovere la creazione di un modello di SPIAGGIA ECOLOGICA con il mantenimento *in situ* della *banquette* e una gestione eco-sostenibile della stessa ovvero identificando le migliori pratiche possibili di rimozione e riuso della biomassa spiaggiata, che la sottraggano alla filiera dello smaltimento come rifiuto.

La creazione di un modello di SPIAGGIA ECOLOGICA necessita però di un sostegno educativo e di sensibilizzazione verso tutti i soggetti coinvolti nella gestione delle spiagge e i cittadini fruitori per diffondere conoscenze sul ruolo ecologico e importanza della *banquette* e Posidonia nell'ottica di sviluppare un turismo balneare consapevole ed eco-sostenibile.

A tale scopo ISPRA ha proposto il Corso di Educazione Ambientale rivolto alle Scuole primarie e secondarie di primo grado e il Corso di Formazione ambientale "Posidonia spiaggiata e spiaggia ecologica" destinato principalmente ai soggetti coinvolti nella gestione degli accumuli; entrambe le iniziative saranno esplesate nel 2018.

La spiaggia ecologica potrà essere così segnalata anche nei profili delle acque di balneazione ai sensi della Direttiva 2006/7/CE e potrebbe rappresentare un nuovo criterio per l'acquisizione della Bandiera blu.

## BIBLIOGRAFIA

Borrello P., De Angelis R., Pallottini E., Saccomandi F., Cappucci S., Aguzzi L., Castelli S., Parodi V., Cuneo C., Ungaro N., Sirchia B., Serena F., Mancusi C., Bini A., Viacava J., Bovina G. 2010. *Formazione e gestione delle banquettes di Posidonia oceanica sugli arenili*. ISPRA Manuali e linee guida 55/2010.

De Falco G., Simeone S. 2013. *Posidonia oceanica banquette removal: sedimentological, geomorphological and ecological implications*. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, 2013.

## Valutazione del sistema automatico di identificazione e conteggio di cellule di *Ostreopsis ovata*

Patrizia Borrello, Emanuela Spada

ISPRA

ISPRA ha partecipato come Partner associato, al Progetto M3-HABs "*Risk Monitoring, Modeling and Mitigation of Harmful Algal Blooms along Benthic Mediterranean Coasts*". Il progetto, finanziato dall'Unione Europea (programma ENPI-CBCMED) è iniziato a gennaio 2014 e terminato a dicembre 2015 e ha riunito Università, Istituti di Ricerca, Agenzie Regionali per l'Ambiente e imprese tecnologiche dislocate lungo le coste del Mediterraneo. Il progetto si è sviluppato con l'obiettivo di accrescere il livello di conoscenza del fenomeno dei blooms e implementare le misure atte a gestire le fioriture di microalghe bentoniche tossiche nel bacino mediterraneo, attraverso lo sviluppo di procedure di monitoraggio comuni, metodi di conteggio automatizzati e modelli predittivi.

Nell'ambito del progetto, in particolare nel *Work-package 4 "Optoelectronic system and algorithm for cell identification and counting"* è stato sviluppato un apposito software capace di identificare immagini 2D e 3D di *Ostreopsis ovata*, integrato con un sistema di conteggio automatico delle cellule.

Considerato che tale sistema avrebbe potuto rappresentare un valido supporto alle attività di monitoraggio delle ARPA, semplificando e velocizzando le operazioni di conteggio ed identificazione delle cellule di *Ostreopsis ovata*, ISPRA, coinvolto dal Coordinatore del Progetto M3-HABs (CONISMA - Università di Genova) ha istituito e coordinato un GdL per la "Valutazione del sistema automatico di identificazione e conteggio di cellule di *Ostreopsis ovata*". Oltre alle ARPA costiere, collaborano alle attività del GdL l'Università di Genova (DISTAV) e il CNR di Genova (Istituto di Biofisica).

Il GdL in linea con gli obiettivi della L.132/2016 istituita

del SNPA, è stato costituito a giugno 2016 con la partecipazione dei maggiori esperti sulla tematica "*Ostreopsis*" delle 14 Agenzie costiere.

A tutti i partecipanti delle ARPA è stato chiesto di raccogliere, durante il monitoraggio nazionale delle fioriture algali 2016 campioni di acqua, macroalghe o altro substrato in alcuni dei punti che negli anni sono stati interessati da fioriture di *Ostreopsis ovata*.

Prima dell'inizio delle attività è stato condiviso un protocollo operativo tratto e modificato dall'"*Intercalibration counting protocol*" sviluppato nell'ambito del Progetto M3-HABs per il prelievo, il trattamento e la preparazione dei campioni alle successive fasi analitiche [Borrello *et al.*, 2017]. Le procedure condivise prevedono la medesima strategia di campionamento descritta nei protocolli operativi ISPRA [Quaderni 5/2012] a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Il monitoraggio è quindi avvenuto tra i mesi di giugno e settembre o inizio di ottobre con una frequenza mensile, quindicinale, oppure ogni 2-3 giorni nei periodi di intensa fioritura in 1 o 2 punti massimo per regione.

Ciascuna Agenzia ha poi effettuato nella propria sede, la lettura dei preparati al microscopio ottico come di routine, mentre aliquote degli stessi campioni sono state separate e inviate al CNR, a distanza di pochi giorni dal prelievo, per essere contate in modo automatico dal sistema opto-elettronico (OPR).

Tale sistema utilizza un classificatore ottimizzato su immagini, in cui le microalghe appaiono senza tessitura interna e con contorni ben definiti.

Inoltre durante il monitoraggio il dipartimento ARPA Liguria di La Spezia ha ospitato un prototipo del sistema ottico motorizzato (Optoelettronico) con lo scopo di

confrontare il proprio sistema di identificazione e conteggio automatico con il metodo standard svolto da un operatore esperto [Borrello *et al.*, 2017]. Ciò ha anche permesso di comprendere che il tempo che intercorre tra il campionamento e la lettura automatizzata non influenza il risultato, dato che le analisi (manuale e automatica) in ARPA Liguria, venivano effettuate a breve distanza di tempo dal campionamento.

È stato ritenuto utile far effettuare alle ARPA il "Test Operatore Esperto" (TOE). Tale test ha avuto l'obiettivo di valutare la variabilità dei conteggi anche effettuati da operatori esperti (in tassonomia microalgale) nel processo di conta di alghe di *Ostreopsis ovata* da mettere a confronto con il riconoscimento automatizzato.

Operativamente si è utilizzato un *software* di immagini automatico creato *ad hoc* ed è stato chiesto agli operatori di cliccare su oggetti/immagini riconosciuti come *Ostreopsis ovata*; al termine del test il programma TOE

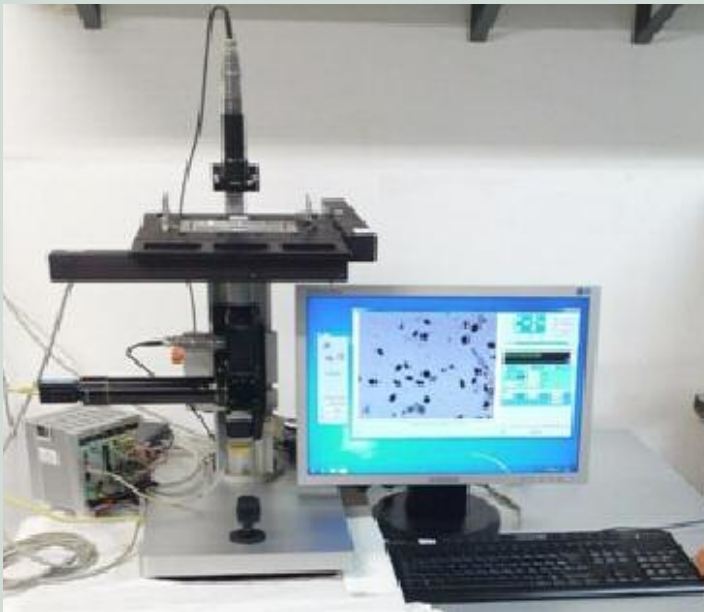
ha generato un file con i dettagli. Si è lavorato su 270 immagini acquisite dal sistema OPR ed hanno partecipato 20 riconoscitori di cui: 17 esperti ARPA, 2 esterni (UNIGE, CNR) e 1 sistema automatico (OPR).

Sulla base dei risultati ottenuti e delle valutazioni effettuate si è visto che l'OPR ha un comportamento che non si discosta in modo rilevante dalla popolazione degli esperti, e risulta assimilabile ai più "prudenti".

I risultati del progetto sono poi stati presentati e discussi a dicembre 2016 in un *workshop* dedicato che si è tenuto nella sede ISPRA di Roma e al quale hanno partecipato tutti i soggetti coinvolti nell'attività. Il *workshop* ha previsto anche una dimostrazione del funzionamento dello strumento in una sessione "Provami" per sperimentare direttamente il dispositivo.

Nella maggior parte dei casi il sistema è stato in grado di localizzare e riconoscere e quindi contare gli individui in modo corretto e con un accordo soddisfacente entro

Figura 1: Sistema Optoelettronico (OPR)



Fonte: CNR-IBF, Genova

il 20% rispetto alla lettura manuale da operatore. In generale si è visto che i risultati correlano bene nell'intervallo 103-105 cell/l, ovvero nell'intervallo di concentrazioni definite di *bloom*, ovvero di allerta per mettere in atto misure di tutela per la salute del bagnante [DM 30 marzo 2010; ISTISAN 14/19]. Tuttavia il sistema ha avuto difficoltà nell'elaborare correttamente il dato nei casi in cui le cellule avevano assorbito in modo parziale il fissativo o risultavano degenerate o erano presenti molti detriti di piccole dimensioni e frammenti morfologicamente paragonabili alle cellule d'interesse. Nella discussione si è evidenziato che tali situazioni possono essere superate con alcune accortezze, come ad esempio la diluizione del campione, l'aggiunta di fissativo ecc., a seconda delle necessità.

Si è concluso che l'attività del GdL ha efficacemente consentito di effettuare la valutazione del sistema optoelettronico (OPR) e che le criticità evidenziate possono essere facilmente superabili; quindi la macchina può essere impiegata a supporto dell'operatore nelle attività di monitoraggio con il vantaggio di un risparmio di tempo a fronte di un numero maggiore di campioni da analizzare. Inoltre, lo stesso strumento può essere addestrato al riconoscimento di altre specie d'interesse fornendo una libreria di immagini adeguata.

ISPRA pertanto ritiene di aggiornare i Protocolli Operativi (2012), inserendo questa nuova metodica di riconoscimento e conta automatica di cellule di *Ostreopsis ovata*, come ulteriore sistema di analisi quali-quantitativa ai sensi del DM 30 marzo 2010 e smi, All. C [ISTISAN 14/19].

Il video divulgativo su *Ostreopsis ovata* e le sue problematiche, elaborato nell'ambito del progetto M3-HABs è disponibile sul sito ISPRA

## BIBLIOGRAFIA

Borrello, P. Spada E., Asnagli, V. Chiantore M., Vassalli M. Sbrana, F., Ottaviani, E. Giussani V., 2017. *Valutazione del sistema automatico di identificazione e conteggio*

*di cellule di Ostreopsis ovata. Attività di interconfronto del gruppo di lavoro.* Rapporti 263/2017, 47 pp. [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

Decreto Legislativo 30 maggio 2008 n. 116 - *Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE.* G. U. Serie Generale n. 155 del 4-7-2008.

Decreto Ministero della Salute 30 marzo 2010. *Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione.* Supplemento ordinario alla G.U. n. 119 del 24 maggio 2010.

Funari E., Manganelli M., Testai E., Istituto Superiore di Sanità, 2014. *Ostreopsis cf. ovata: Linee Guida per la gestione delle fioriture negli ambienti marino costieri in relazione a balneazione e altre attività ricreative.* Rapporti Istisan 14/19.

ISPRA, Quaderni Ricerca Marina n. 5, 2012. *Monitoraggio di Ostreopsis ovata e Ostreopsis spp.:* Protocolli Operativi. [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it).



## Marine Strategy

Rosella Bertolotto, Federico Grasso, Alessandro Dagnino  
ARPA Liguria

Il 17 giugno 2008 il Parlamento Europeo e il Consiglio dell'Unione Europea hanno emanato la Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino, recepita in Italia con il d.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010.

La Direttiva, basata su un approccio integrato, si proponeva di diventare il pilastro ambientale della politica marittima dell'Unione Europea, e fissava come obiettivo agli Stati membri il raggiungimento entro il 2020 del buono stato ambientale per le proprie acque marine; a tal fine ogni Stato ha messo in atto una strategia che consta di una "fase di preparazione" e di un "programma di misure".

Il Ministero dell'Ambiente, che è responsabile dell'attuazione dei Programmi di Monitoraggio, in accordo con le Regioni costiere ha deciso di servirsi dell'operato delle Arpa per attuare gran parte di tali programmi. A seguito della stipula di apposite Convenzioni, tre agenzie capofila (Calabria, Emilia-Romagna e Liguria), hanno coordinato il lavoro delle macroregioni Mare Ionio-Mediterraneo Centrale, Mediterraneo Orientale, Mediterraneo Occidentale, su diverse tematiche ambientali declinate in nove moduli operativi:

- Colonna d'acqua
- Microplastiche
- Specie non indigene
- Rifiuti spiaggiati
- Contaminazione
- Input di nutrienti
- *Habitat* coralligeno
- *Habitat* fondi a Maerl
- *Habitat* di fondo marino sottoposti a danno fisico

ARPAL, oltre a coordinare le attività della sottoregione Mediterraneo Occidentale, che comprende Liguria, To-

sca, Lazio, Campania e Sardegna, svolge autonomamente o in collaborazione con altri soggetti una serie di attività operando, ove richiesto, fino a 12 miglia nautiche dalla costa.

Con le ultime campagne del 2017 si è chiuso il primo triennio di monitoraggio e i dati raccolti andranno elaborati per pianificare il lavoro futuro. Inoltre, a partire dal 2018, le attività saranno implementate con i monitoraggi delle specie marine tutelate dalle direttive comunitarie *Habitat* e Uccelli, segnale di quanto si intenda procedere in maniera integrata verso l'uso sostenibile delle risorse marino-costiere nel loro complesso, partendo da una conoscenza oggettiva e scientifica della situazione esistente, e coinvolgendo altri soggetti all'opera già da anni sul nostro mare, come le Aree Marine Protette.

Tra le nuove attività introdotte nel sistema agenziale dalla Strategia marina, spicca per attualità quella relativa al monitoraggio delle microplastiche in mare. ARPAL svolge l'intera filiera analitica, a partire dal campionamento in mare con il retino manta fino alla determinazione microscopica delle particelle raccolte.

Per quanto concerne lo studio dell'*habitat* coralligeno, l'obiettivo del primo triennio di attività è stato esplorativo, con indagini nelle aree della costa ligure per le quali non erano disponibili dati morfobatimetrici di dettaglio fino alla profondità di 100 metri.

Nel 2015 le quattro aree identificate per l'indagine sono state: Sestri L.- Deiva Marina, Bogliasco, Arenzano-Va-razze - Corallone - Maledetti, Imperia - S.Stefano. Nel 2016 invece sono state scelte aree attigue alle aree marine protette liguri: Cinque Terre, Portofino, Bergeggi e Capo Mortola. Infine, le quattro aree identificate per le

attività 2017, ancora in corso, ricadono sulla riviera di ponente, per la quale i dati di morfobatimetria disponibili risultano ancora incompleti.

Dal prossimo anno saranno selezionati i transetti su cui effettuare le attività di monitoraggio vero e proprio: confrontando i rilievi effettuati con ROV con i video rac-

| Modulo  | Aree | Zone   | N.campagne/anno | Descrizione attività   |
|---|------|--|-----------------|--|
| 1- Colonna d'acqua, <i>habitat</i> pelagici, contaminanti | 4    | Vado, Voltri<br>Portofino<br>Punta Mesco   | 6               | Misure in mare, prelievo campioni, analisi in laboratorio nutrienti, contaminanti, lista specie fitoplancton e zooplancton |
| 2 - Analisi microplastiche                                | 4    | Vado, Voltri<br>Portofino<br>Punta Mesco   | 2               | Misure in mare e campionamenti con retino manta, identificazione e conteggio frammenti                                     |
| 3 - Specie non indigene                                   | 2    | Genova<br>La Spezia  | 6               | Misure in mare, campionamenti in mare, determinazione lista specie in laboratorio  |
| 4 - Rifiuti spiaggiati                                    | 5    | Voltri, Varigotti<br>Cogoleto, Marinella   | 2               | Rilevazione su spiaggia secondo protocolli condivisi   |
| 5T - Contaminazione (trasporto marittimo)                 | 2    | Genova,<br>La Spezia   | 1               | Prelievo ed analisi sedimenti  |
| 6F - Input di nutrienti (fonti fluviali)                  | 1    | Foce Magra   | 12              | Profili chimico fisici, clorofilla<br>Concentrazione Ntot e P tot in acqua   |
| 6U - Input di nutrienti (fonti urbane)                    | 1    | Pegli  | 4               | Concentrazione Ntot e P tot in acqua   |
| 6A - Input di nutrienti (fonti acquacoltura)              | 1    | Lavagna  | 4               | Concentrazione Ntot e P tot e N-NH3 in acque e sedimento   |
| 7 - <i>Habitat</i> coralligeno                            | 4    | Selezionate di anno in anno sulla base delle informazioni pregresse, da 30 a 100 metri di profondità | 1               | Morfobatimetria, raccolta dati-immagine, informazioni su condizioni qualitative dell' <i>habitat</i>                       |



colti nel corso delle attività esplorative, sarà possibile evidenziare l'evoluzione dell'*habitat*, compresi i casi di sofferenza e perturbazione compresa la presenza di rifiuti abbandonati sul fondale marino.

Grazie alla Strategia Marina si è ottenuta una mole di dati senza precedenti, confrontabili su scala nazionale con il seguente dettaglio (suddiviso appunto in Mare Ionio-Mediterraneo Centrale, Mediterraneo Orientale, Mediterraneo Occidentale):

- 58 aree di indagine per i rifiuti spiaggiati (13-21-24),
- 54 per le microplastiche (13-18-23),
- 49 transetti per lo studio della colonna d'acqua e degli *habitat* pelagici (13-13-23),
- 24 aree di studio per gli *habitat* a coralligeno (6-4-14),
- 23 aree per la contaminazione da trasporto marittimo (4-10-9),
- 20 aree per la contaminazione da impianti industriali (5-10-5),
- 17 aree per la ricerca di specie non indigene (3-6-8),
- 11 aree di indagine per gli *habitat* di fondo marino sottoposti a danno fisico (1-9-1),
- 9 aree per lo studio dell'apporto di nutrienti da fonti fluviali (1-4-4),
- 8 aree per lo studio degli *habitat* fondi a Maerl (2-2-4),
- 6 aree per lo studio dell'apporto di nutrienti da fonti urbane (2-2-2),
- 6 aree per lo studio dell'apporto di nutrienti da acquacoltura (2-1-3),
- 5 transetti per lo studio della colonna d'acqua e dei contaminanti delle zone eutrofiche

## Valutazione e classificazione ecotossicologica dei sedimenti utilizzando il percorso previsto dal D.M. 173/2016

Tristano Leoni, Alessandra Valenti, Stefania Sarcina  
ARPA Marche

L'emanazione del D.M. 173/2016 (Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini) ha rappresentato un importante progresso nella caratterizzazione dei sedimenti marini, in particolare per quanto concerne le valutazioni ecotossicologiche.

Rispetto all'approccio previsto dal Manuale di movimentazione dei sedimenti marini di ICRAM, adottato dalla Regione Marche con DGR 255/2009, l'attuale D.M. migliora sicuramente, dal punto di vista qualitativo, la risposta ecotossicologica fornita, in quanto vengono individuate in modo più circostanziato le specie da utilizzare, alcune delle quali sono in grado di garantire una considerevole sensibilità analitica. Per contro, essendo la definizione della batteria dei saggi prevista abbastanza rigida, ne deriva l'utilizzo obbligatorio di alcune specie, soprattutto quelle appartenenti alla terza tipologia, per le quali è ri-

sultata evidente la difficoltosa applicabilità da parte delle Agenzie Ambientali, sia per aspetti relativi al reperimento degli organismi, sia per aspetti relativi all'esecuzione della prova.

ARPAM, fin dalla sua costituzione, ha sempre puntato su un laboratorio interno di Ecotossicologia a valenza regionale, laboratorio che ha condotto sperimentazioni con molteplici saggi partecipando a numerosi gruppi di lavoro nazionali per la validazione di metodi ufficiali, garantendo sempre la formazione continua di nuovi operatori e la messa in opera di processi di assicurazione qualità, orientando infine le proprie scelte su batterie di saggi dotate di adeguata valenza ecologica, piuttosto che meramente pratica.

Tali esperienze hanno fatto sì che, al momento dell'emanazione del D.M. 173/2016, ARPAM fosse in grado di applicare quasi tutti i saggi previsti dalla tabella 2.3 del decreto (Figura 1).

Figura 1: Saggi applicabili in ARPAM

| Gruppo       | Batteri                    |             | Alghe   |                                     | Crostei                   |                           |              | Molluschi Bivalvi |                              |                              | Echinodermi                          |                                       |                  |
|--------------|----------------------------|-------------|---|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
|              | Specie                     |             | Specie  |                                     | Specie                    |                           |              | Specie            |                              |                              | Specie                               |                                       |                  |
|              | Vibrio fischeri (Bacteria) |             | Donakella teretislecta<br>Phaeodactylum tricornutum<br>Skeletonema costatum (Algae) | Amphibalanus amphitrite (Crustacea) | Corophium spp (Crustacea) | Acartia tonsa (Crustacea) |              |                   | Tigriopus fulvus (Crustacea) | Crassostrea gigas (Bivalvia) | Mytilus galloprovincialis (Bivalvia) | Paracentrotus lividus (Echinodermata) |                  |
| Matrice      | fase liquida               | fase solida | fase solida   | fase liquida                        | Sed. intero               | fase liquida              | Sed. intero  | fase liquida      | fase liquida                 | fase liquida                 | fase liquida                         |                                       |                  |
| Endpoint     | Illuminescenza             |             | Crescita algale   | Mortalità                           | Mortalità                 | Mort. (48 h)              | Mort. (7 gg) | Sviluppo larvale  | Mortalità                    | Sviluppo larvale             | Sviluppo larvale                     | fecundazione                          | Sviluppo larvale |
| 1° tipologia |                            | XA          |   |                                     |                           |                           |              | XC                |                              |                              |                                      |                                       |                  |
| 2° tipologia | XA                         |             | XC  | XA                                  |                           | XA                        |              |                   | XA                           |                              |                                      | XA                                    |                  |
| 3° tipologia |                            |             |   |                                     |                           | XC                        |              |                   |                              | XC                           | XC                                   |                                       | XC               |

A - saggio acuto  
 B - saggio cronico/a lungo termine/sub cronico/ibp. Sub letale  
 XA - saggio applicato in ARPAM  
 XC - saggio licente parte della batteria definita da ARPAM  
 Saggi della terza tipologia

Fonte: Elaborazione ARPAM su Tabella 2.3 D.M. 173/2016

Tra i saggi, ARPAM ha definito una batteria di minima, dotata di una buona sensibilità e differenziazione degli *endpoint*, che garantisce anche una buona applicabilità. La batteria utilizzata attualmente comprende infatti:

- *Vibrio fischeri* su fase solida – *endpoint* bioluminescenza
- *Phaeodactylum tricornutum* su fase liquida – *endpoint* crescita algale
- *Crassostrea gigas* su fase liquida – *endpoint* sviluppo larvale

I metodi applicati sono i seguenti:

- *Vibrio fischeri* – Metodi Analitici Riferimento ICRAM 2001 Prot. AZUR Environmentale *Solid Phase Test Mod.*
- *Phaeodactylum tricornutum* – UNI EN ISO 10253:2017 [UNI, 2017]
- *Crassostrea gigas* – EPA/600/R-95-136-Section 13:1995 [EPA, 1995]

In particolare per il test con *Crassostrea gigas*, da ricerche effettuate su Web è stata individuata una *Sea-Farm* inglese che alleva e commercializza organismi per l'esecuzione di test ecotossicologici. Gli organismi sono reperibili quasi tutto l'anno, tranne nei mesi di ottobre e novembre e vengono consegnati in brevissimo tempo, al massimo in 48 ore, superando in questo modo i problemi metodologici legati al ciclo riproduttivo dell'organismo.

Gli organismi possono tra l'altro essere stabulati per brevi periodi in vasche a temperatura controllata di  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  garantendo così per un discreto lasso di tempo una buona produzione di gameti attivi utilizzabili per i saggi. Dalle prove effettuate, si è stabilito che, relativamente all'emissione dei gameti indotta alternando bagni freddi e caldi, le temperature ottimali sono di  $20^\circ\text{C}$  e di  $32^\circ\text{C}$  rispettivamente; temperature più basse del bagno caldo non davano luogo ad emissione.

Il metodo EPA prevede l'utilizzo di acqua di mare naturale con salinità del  $30 \pm 2$  ‰; sono state comunque effettuate prove con diverse tipologie di acque sintetiche preparate in laboratorio per verificare la possibilità

di un loro pratico utilizzo, ma i risultati non hanno soddisfatto i requisiti di validità del metodo in quanto la percentuale di organismi malformati era notevolmente superiore al 10% nel bianco.

Il test è di semplice esecuzione, anche se richiede un certo allenamento nella lettura e interpretazione delle malformazioni delle larve.

Per le altre due prove, non si rilevano criticità particolari essendo previsto il loro utilizzo da tempo da parte delle Agenzie Ambientali.

Ad oggi ARPAM ha caratterizzato con tale batteria numerosi sedimenti portuali utilizzando un approccio conforme a quanto previsto dal D.M. 173/2016, compreso l'utilizzo del software *Sediquasoft 109.0® v.1.0* che ha permesso di assegnare agevolmente le corrette opzioni gestionali ai materiali analizzati. Sono in fase iniziale di attuazione anche alcuni studi comparativi finalizzati all'individuazione di eventuali differenze significative riscontrabili nell'uso di differenti organismi / batterie nei confronti di uno stesso campione.

Viste le conoscenze maturate nel settore, nonché la possibilità di poter applicare la quasi totalità dei saggi previsti dal D.M. 173/2016, ARPAM si rende disponibile, come in passato, a mettere in campo la propria esperienza a servizio dell'intero sistema agenziale, sia come laboratorio di riferimento nazionale, che per collaborare con ISPRA ed eventuali altre Agenzie in attività formative in questo campo.

#### BIBLIOGRAFIA

EPA, 1995. EPA/600/R-95-136, *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to west coast marine and estuarine organism. First Edition, Section 13.*

UNI, 2017. UNI EN ISO 10253, *Qualità dell'acqua: Saggio di inibizione della crescita delle alghe marine *Skeletonema costatum* e *Phaeodactylum tricornutum*.*

# 4. SUOLO

Eugenia Bartolucci, Marco Di Leginio, Fiorenzo Fumanti  
ISPRA

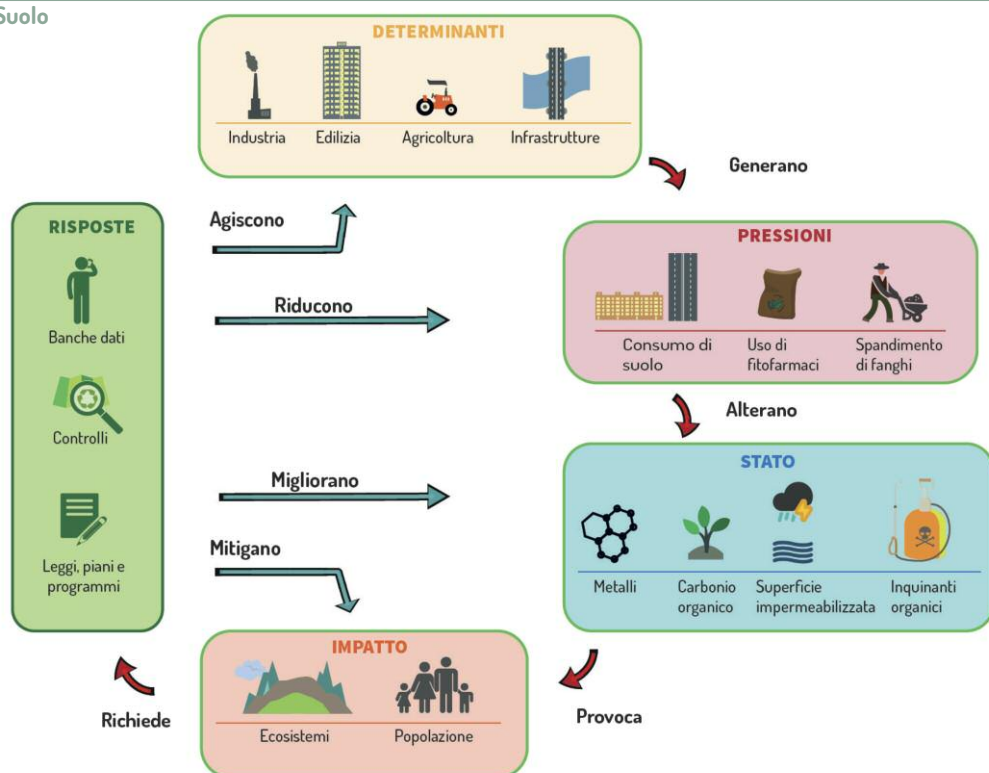
## Messaggi chiave

Insieme ad aria ed acqua, il suolo è l'elemento che permette la vita sulla terra. Fonte dell'alimentazione ed elemento chiave dei cicli geochimici, può essere distrutto fisicamente in tempi molto brevi o alterato chimicamente e biologicamente sino alla perdita delle proprie funzioni. Rappresenta la base fisica delle attività umane e, insieme al sottosuolo, fornisce le risorse necessarie per il sostentamento e lo sviluppo dell'umanità.

## Introduzione

Nonostante il suolo fornisca servizi ecosistemici di enorme valore e svolga una serie di funzioni ecologiche (produzione di biomassa, filtraggio, azione tampone e trasformazione, riserva genica e protezione di flora e fauna) e socio-economiche (supporto a insediamenti umani, deposito e fonte di materie prime, protezione e conservazione del patrimonio culturale) universalmente riconosciute, ancora non esiste una specifica normativa di riferimento per la sua protezione. Negli ul-

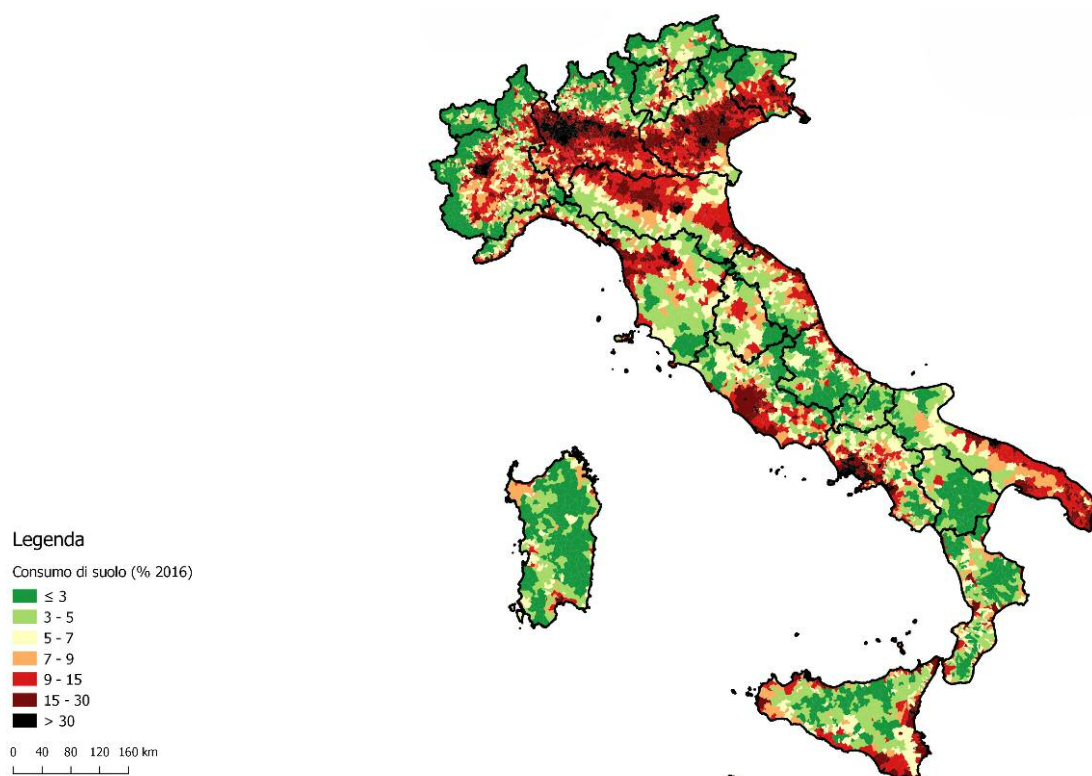
DPSIR\_Suolo



timi anni, sono state predisposte e avanzate alcune proposte legislative per la gestione sostenibile e la salvaguardia dei suoli italiani, una delle quali, finalizzata al "Contenimento del consumo di suolo e riuso del suolo edificato" (Disegno di Legge n.2039), e attualmente in discussione al senato. Tale DdL, riconosce l'importanza del suolo come bene comune e risorsa non rinnovabile, fondamentale per i servizi ecosistemici che produce, anche in funzione della prevenzione e della mitigazione degli eventi di dissesto idrogeologico e delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Gli aspetti relativi

alla contaminazione dei suoli e delle acque sono normati dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. (Parte IV, Titolo V) che individua l'analisi di rischio come strumento chiave per la definizione di sito contaminato e per la relativa gestione. In ottemperanza ai dettami costituzionali, le competenze relative alle attività estrattive di minerali non energetici sono state trasferite in capo alle regioni che, in tempi diversi, hanno legiferato in materia in maniera molto disomogenea, a causa della mancanza di una moderna normativa nazionale di riferimento, ancora ferma al R.D. 1443/1927.

**Figura 4.1: Percentuale di consumo di suolo a livello comunale (2016)**



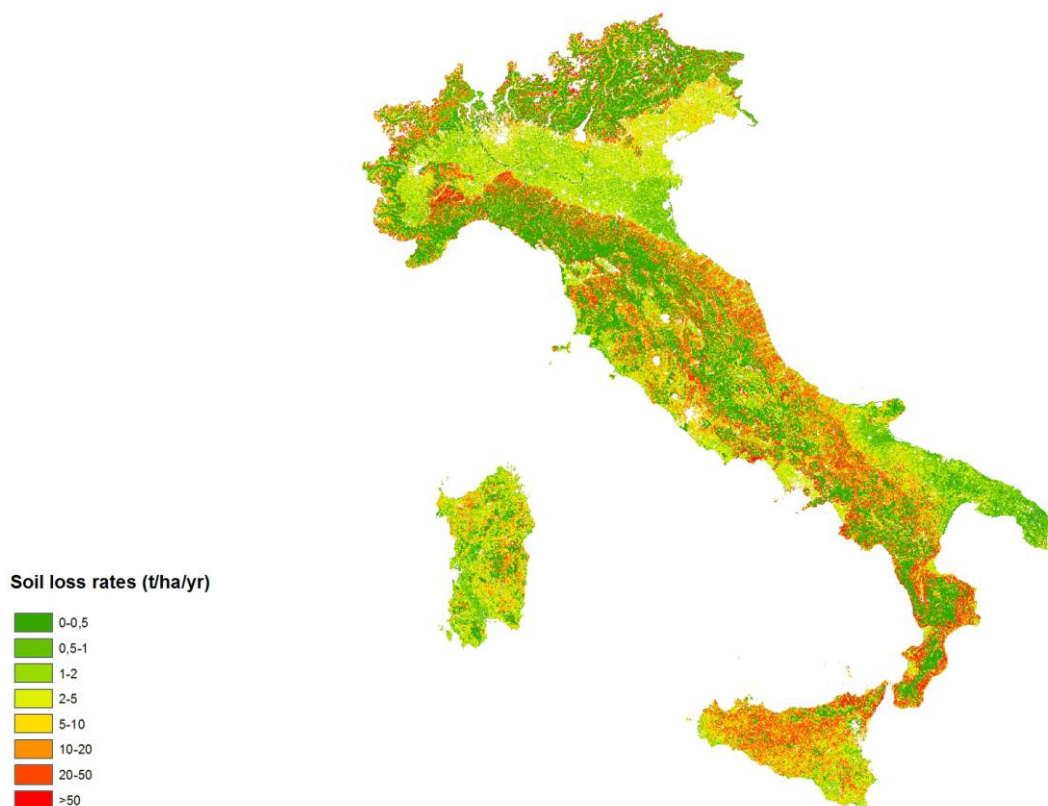
Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

## La situazione in Italia

La mancanza di una rete di monitoraggio dei suoli a livello nazionale non permette di avere un quadro accurato e omogeneo relativo ai diversi rischi di degrado che affliggono i suoli (erosione, diminuzione del carbonio organico, bilancio degli elementi nutritivi, contaminazione diffusa, desertificazione, ecc.). Grazie alla recente disponibilità delle immagini ad alta risoluzione Sentinel e alla rete di monitoraggio ISPRA-SNPA, il

consumo di suolo (inteso come variazione da una copertura non artificiale a una copertura artificiale) viene valutato con una certa affidabilità). In termini assoluti, in Italia sono oggi irreversibilmente persi circa 23.000 km<sup>2</sup> di suolo. Il fenomeno appare in crescita ma con un sensibile rallentamento nella velocità di trasformazione, probabilmente dovuto all'attuale congiuntura economica. Prendendo in esame le ripartizioni geografiche del territorio italiano, i valori percentuali più elevati si registrano al Nord (il Veneto e la Lombardia

Figura 4.2: Stima della perdita di suolo per erosione idrica espressa in tonnellate/ettaro\*anno (2015)



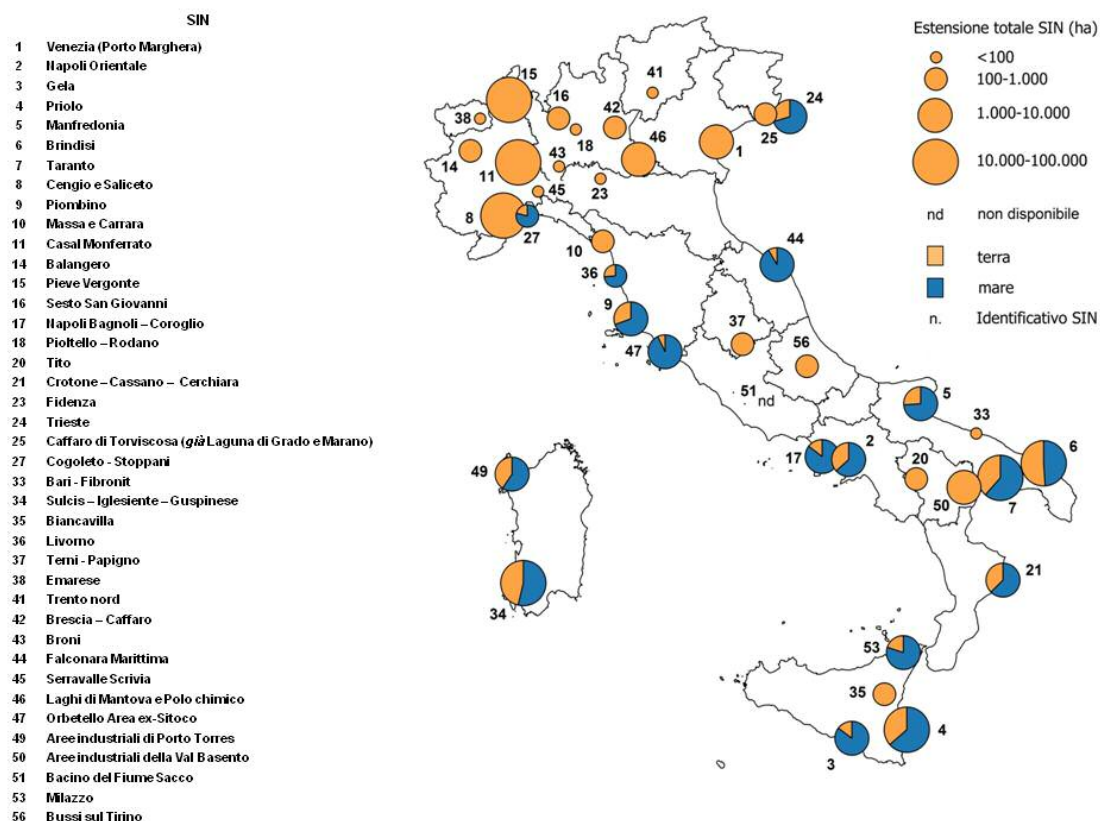
Fonte: JRC-IES

hanno ormai superato il 12% di superficie impermeabilizzata, (Figura 4.1) anche se un sensibile incremento, in termini di ettari consumati tra il 2015 e il 2016, si è avuto anche in Sicilia.

I Suoli possono essere persi anche per fenomeni naturali, spesso antropicamente indotti e/o accelerati, quali l'erosione idrica. La più recente elaborazione relativa all'erosione idrica, elaborata dal JRC a livello europeo, stima, per l'Italia, una perdita di suolo superiore a 8,50 tonnellate/ettaro\*anno contro una media eu-

ropea di circa 2,46 tonnellate/ettaro\*anno (Figura 4.2). La perdita di suolo per erosione idrica, la diminuzione del carbonio organico dei suoli, la salinizzazione dei suoli, particolarmente diffusa in area costiera, e l'accumulo nel suolo di sostanze inquinanti determinano la progressiva perdita di biodiversità edafica, la perdita di funzionalità dei suoli e l'innesco di processi di desertificazione. Le aree maggiormente suscettibili a fenomeni di desertificazione ricadono nelle regioni meridionali, ma esistono criticità anche

Figura 4.3: Localizzazione e classi di superficie totale dei Siti di Interesse Nazionale (2017)



Fonte: ISPRA

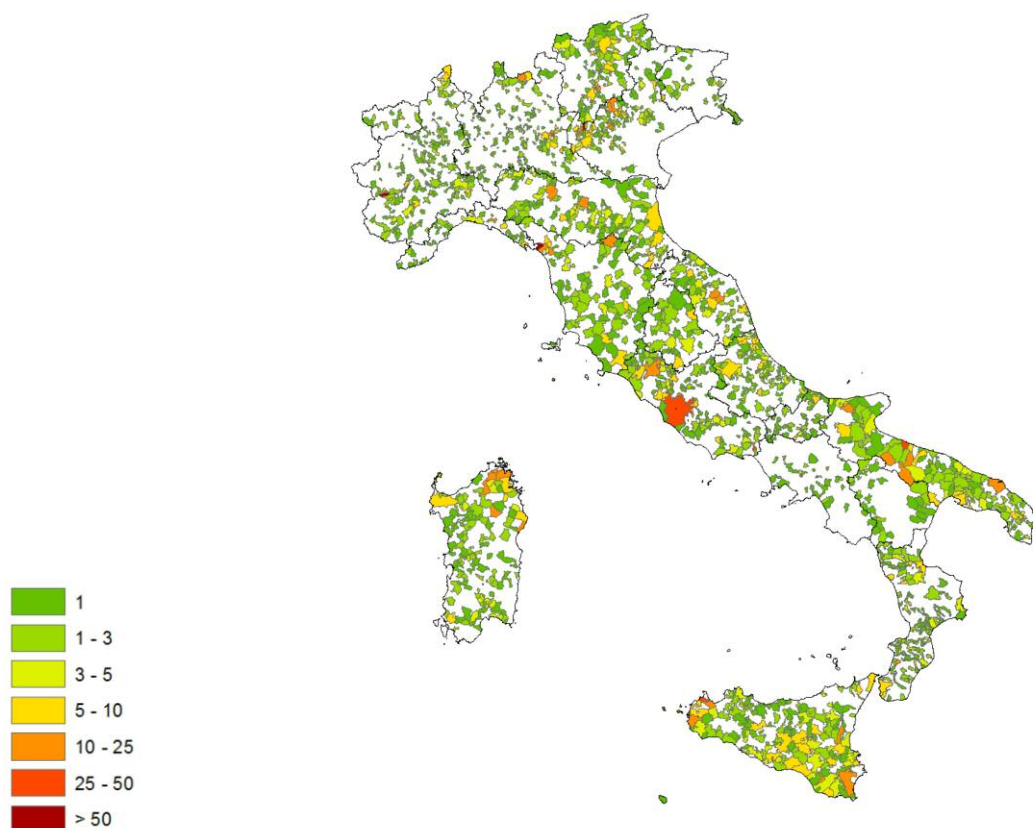


in quelle settentrionali.

Una delle più importanti problematiche dei suoli nei paesi industrializzati è la presenza di fenomeni di contaminazione diffusa o puntuale. In Italia sono attualmente presenti 40 siti che per il loro impatto e pericolosità ambientale sono ritenuti di interesse nazionale (SIN) e per i quali la procedura amministrativa di bonifica è in capo al MATTM con il supporto, tra

gli altri, di ISPRA (D.Lgs. 152/06, art. 252) (Figura 4.3). A questi vanno aggiunti gli oltre 22.000 siti registrati nelle anagrafi regionali dei siti da bonificare di cui circa 10.000 risultano aver concluso il procedimento di bonifica. Si precisa che i siti di interesse nazionale sono aree vaste del territorio italiano al cui interno sono attivi molteplici procedimenti di bonifica, mentre ad ogni sito registrato nelle anagrafi regionali corri-

**Figura 4.4: Distribuzione per comune dei siti di estrazione di minerali di seconda categoria (cave) con autorizzazione in vigore (2014)**



Fonte: ISPRA, Istat, Regioni/PA



sponde, in genere, un solo procedimento. Per tale motivo i numeri relativi ai siti nazionali e regionali non sono confrontabili.

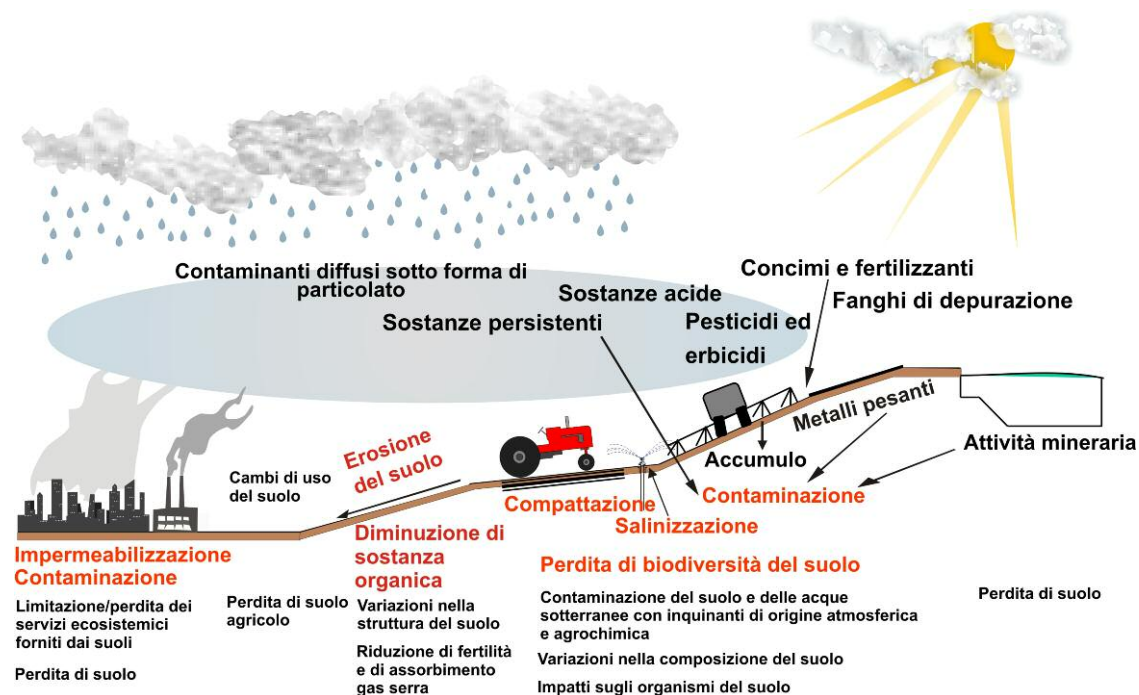
Un importante impatto ambientale è legato alle attività estrattive di risorse minerarie. Oltre agli impatti temporanei (rumore, polveri, inquinamento, ecc.), le pratiche d'estrazione possono produrre profonde e definitive modifiche del paesaggio, una perdita irreparabile di suolo, possibili fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee e una serie di questioni relative alla destinazione d'uso delle aree dismesse. Particolarmente impattante risulta l'attività estrattiva di minerali solidi di prima categoria (miniere) anche se l'anti economicità dell'estrazione e la perdurante crisi del settore ne hanno fortemente ridotto il numero. Al 2014 risultavano in vigore 143 concessioni minerarie ma solo 86 erano in produzione, tale dato non dovrebbe discostarsi di molto dalla situazione attuale. L'estrazione riguarda principalmente i minerali per ceramica o ad uso industriale (caolino, feldspati, argilla, bentonite, olivina) (46 miniere), la marna da cemento (18) e il salgemma e sale marino (12). Residuale è invece lo sfruttamento di minerali metalliferi (1), talco (4), e di altri minerali (lignite, grafite, bitumi ecc.). La diminuzione dell'attività connessa con la coltivazione dei minerali metalliferi, i cui scarti presentano elevate concentrazioni di sostanze inquinanti, ha sicuramente mitigato la pressione delle miniere sul territorio. Restano però aperte le problematiche ambientali relative alle centinaia di siti minerari abbandonati, 321 dei quali presentano un grado di rischio ecologico-sanitario da medio-alto ad alto. Per quanto riguarda le cave, al 2014, su 4.489 siti con autorizzazione in vigore (Figura 4.4), ne risultavano produttive solo 2.652, circa il 60% delle quali per estrazione di calcari e materiali alluvionali, a conferma del *trend* economicamente negativo

del settore iniziato nel 2008 con la crisi del settore delle costruzioni.

### Le cause

Le scorrette pratiche agricole, la concentrazione in aree localizzate della popolazione, delle attività economiche e delle infrastrutture, le variazioni d'uso e gli effetti locali dei cambiamenti ambientali globali possono originare gravi processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente la funzionalità del suolo. In particolare, le principali cause determinanti il consumo di suolo si possono identificare nella domanda abitativa, nella necessità di nuovi insediamenti per attività industriali o terziarie, nella richiesta di infrastrutture per il trasporto e la mobilità e nelle altre attività antropiche che portano a cambiamenti nell'uso del suolo. Molte delle attività sociali ed economiche, infatti, dipendono dalla costruzione e dalla disponibilità di aree artificiali. Ma hanno un ruolo importante anche: la rendita fondiaria e immobiliare; la possibilità di utilizzare le entrate fiscali e gli oneri di urbanizzazione per assicurare entrate finanziarie e per fornire servizi; l'elevata frammentazione amministrativa; la poco diffusa conoscenza e la scarsa consapevolezza delle funzioni del suolo e della loro importanza per il nostro benessere e per l'economia; le norme assenti o poco efficaci; le previsioni di espansione non sempre ben dimensionate degli strumenti urbanistici. Alle attività antropiche sono riferibili anche i fenomeni di contaminazione, puntuale e diffusa, dei suoli. In Italia le attività principalmente coinvolte in fenomeni di contaminazione puntuale sono le industrie legate alla raffinazione di prodotti petroliferi, l'industria chimica, metallurgica ed estrattiva e alcune attività di gestione dei rifiuti, cui si aggiunge la presenza di manufatti in amianto, soprat-

Figura 4.5: Schema delle minacce che possono compromettere le funzioni del suolo



Fonte: JRC modificato da ISPRA

tutto quelli in cattive condizioni di conservazione. La contaminazione diffusa può invece essere legata alle deposizioni atmosferiche e all'agricoltura intensiva, oppure ad attività antropiche diffuse sul territorio e/o prolungate nel tempo tali da rendere difficile l'individuazione di una sorgente univoca.

### Le azioni volte alla tutela dei suoli

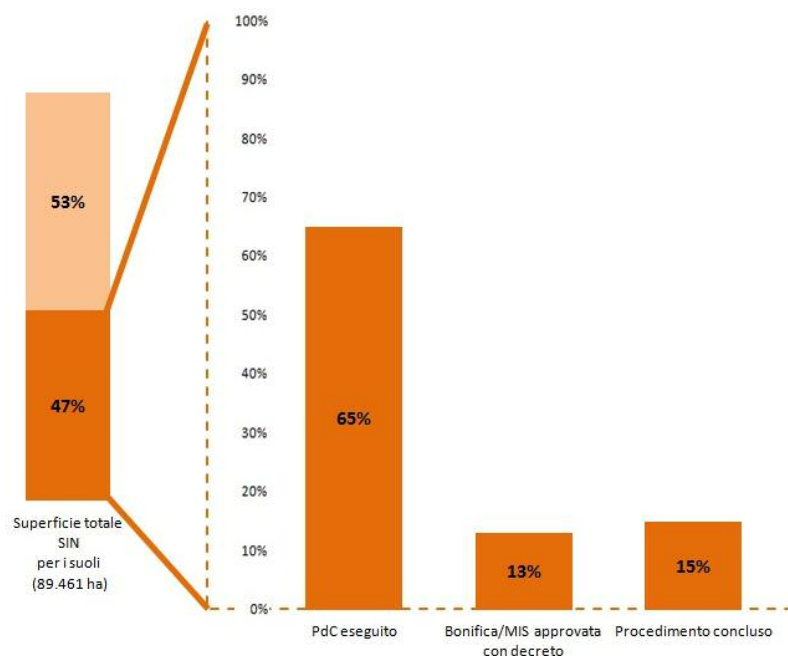
Nell'attuale legislazione internazionale ambientale c'è uno scarso riconoscimento dell'importanza del suolo e anche le legislazioni nazionali sono generalmente ina-

deguate a gestire le problematiche del degrado di tale risorsa. Ostacoli di natura concettuale, politica e tecnica hanno contribuito a rendere assai scarsi i riferimenti normativi globali e regionali a cui fare riferimento, indebolendo di fatto anche la capacità di sviluppare strumenti efficaci a livello nazionale. Nell'ultimo decennio, la comunità scientifica si è però mobilitata per alimentare la consapevolezza sulla gravità dei fenomeni di riduzione della funzionalità dei suoli sino al grado estremo rappresentato dalla perdita totale delle coperture pedologiche. A livello europeo è ripresa l'attività per definire un apparato normativo di protezione dei suoli

mentre a livello nazionale sono state proposte alcune leggi, una delle quali, relativa al consumo di suolo, al momento in stato avanzato di discussione. A livello globale, nell'ambito delle decisioni prese dalla Conferenza Rio+20 e in linea con quanto sancito nel Settimo Programma di Azione Ambientale, viene riconosciuta la necessità di un'azione urgente per invertire il processo di degrado del suolo. Il tema del monitoraggio del territorio è presente anche nell'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite e nei relativi Obiettivi di

Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals - SDGs*), da raggiungere entro il 2030, che dovranno essere integrati nei programmi nazionali a breve e medio termine, così da evitare la coesistenza di agende differenti e incoerenti (UN, 2015). Di particolare interesse è il raggiungimento di un *Land Degradation Neutral world*, quale elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici svolti dai suoli. Per quanto riguarda le procedure di bonifica dei Siti contaminati di Interesse Nazionale (SIN) la fase di caratterizzazione del sito, per

**Figura 4.6: Avanzamento delle procedure di caratterizzazione e messa in sicurezza/bonifica sulla superficie totale dei SIN per i suoli (2017)**



Nota: Sono esclusi dalla rappresentazione i SIN di Valle del Sacco, Balangero, Casale Monferrato, Emarese e Biancavilla. Gli "n.a." rappresentano aree ricomprese nel perimetro di alcuni SIN per i quali non si dispone di informazioni relative allo stato di avanzamento

Fonte: ISPRA

---

quanto riguarda i suoli, è stata ultimata per il 65% della superficie totale dei siti mentre sono ancora limitate le aree che dispongono di un progetto di messa in sicurezza/bonifica approvato con decreto. Il procedimento di bonifica risulta concluso in modeste porzioni dei SIN. La consapevolezza dei danni inferti al territorio dalle attività estrattive ha indotto le regioni ad elaborare apparati legislativi e pianificatori che, sia pur diversi nei contenuti e nello stato di attuazione, contengono prescrizioni circa l'individuazione e la delimitazione delle aree, le stime dei fabbisogni, le modalità di coltivazione, i tempi di escavazione. La domanda di autorizzazione/concessione deve sempre contenere il piano di recupero, a carico del proponente, del sito al termine dell'attività.

## Verso l'inventario geominerario e ambientale delle risorse minerarie solide italiane

Roberta Carta<sup>1</sup>, Marco Di Leginio<sup>1</sup>, Michele Fratini<sup>1</sup>, Fiorenzo Fumanti<sup>1</sup>, Maria Teresa Lettieri<sup>1</sup>, Mauro Lucarini<sup>1</sup>, Agata Patanè<sup>1</sup>, Monica Serra<sup>1</sup>, Carlo Dacquino

<sup>1</sup>ISPRA

L'attività estrattiva di minerali solidi da miniere e cave è un'attività primaria, ad elevato impatto ambientale ma anche fondamento di tutte le altre attività produttive e, di conseguenza, dello sviluppo e del benessere della popolazione. La produzione e l'approvvigionamento di materie prime minerali sono pertanto di importanza strategica per l'economia dell'Unione Europea. Pur avendo un ruolo importante nella produzione mondiale di minerali da costruzione e di minerali industriali, per molte materie prime, la cui richiesta è in continuo incremento, l'industria europea rimane fortemente dipendente dalle importazioni, anche da paesi in cui è carente l'attenzione verso la salvaguardia dei lavoratori e della tutela dell'ambiente.

È necessario, quindi, che all'incremento delle strategie di recupero e riciclo delle risorse minerarie sia affiancato lo sviluppo di modalità di estrazione ambientalmente sostenibili.

A livello nazionale, nonostante la forte contrazione degli ultimi anni con cali considerevoli della produzione, l'industria estrattiva di risorse minerarie non energetiche rimane un importante settore economico, che dovrebbe pertanto essere regolamentato, anche a livello nazionale, in un'ottica di sicurezza territoriale e tutela ambientale. La legislazione nazionale in materia risale ancora al Regio Decreto n.1443/1927, il quale distingue, sulla base del materiale estratto, le industrie estrattive di prima categoria (miniere) e seconda categoria (cave e torbiere). In ottemperanza ai dettami costituzionali le competenze amministrative e tecniche relative alle attività estrattive di minerali non energetici sono state trasferite, in tempi diversi, alle Regioni (cave: D.P.R. 24 luglio

1977 n.616; miniere: D.lgs. 31/3/1998 n. 112 e D.lgs. 22 giugno 2012 n. 83).

Il trasferimento delle competenze alle Regioni, in assenza di un apparato normativo statale di aggiornamento del RD n. 1443/1927 e di indirizzo delle attività, ha generato sia sistemi di pianificazione, autorizzazione e controllo diversificati sia sistemi di raccolta e gestione delle informazioni fortemente eterogenei. Tale situazione rende particolarmente difficoltoso la realizzazione di un quadro organico a livello nazionale propedeutico per l'elaborazione di qualsivoglia strategia nazionale.

A livello centrale la titolarità delle politiche minerarie risulta in capo al Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) e la raccolta dei dati statistici in capo a Istat e MISE, ma la trasversalità della materia e il forte impatto ambientale delle attività in essere e soprattutto passate, con la loro pesante eredità di centinaia di siti inquinati, rendono il SNPA, e ISPRA in particolare, in quanto sede del Servizio Geologico d'Italia, elemento portante e necessario di qualsivoglia futura politica di sviluppo sostenibile del settore.

Le politiche non possono, prescindere da un adeguato livello conoscitivo, che attualmente risulta carente e lacunoso. L'Italia è uno dei pochi paesi europei che ancora non dispone di un inventario nazionale delle attività estrattive di minerali solidi. Inventari che, negli altri paesi europei sono patrimonio dei Servizi Geologici Nazionali. In questo contesto si inquadra la realizzazione di un Geo Database geologico-minerario-ambientale nazionale, costruito in accordo con i principi e criteri INSPIRE (2007/2/CE, DLgs 32/2010) e basato sul recupero, revisione, validazione, armonizzazione delle informazioni presenti negli archivi del Servizio Geologico d'Italia, a

partire dalla Banca dati del Progetto di realizzazione della cartografia geologica nazionale alla scala 1:50.000 – Progetto CARG e dall'integrazione e implementazione con i dati derivanti da altri Databases esistenti e quelli in corso di formazione. Ciò permetterà di giungere ad un quadro omogeneo della situazione nazionale, attuale e storica, rappresentata non più da una sola analisi statistica, ma da una informazione comprensiva degli aspetti geologici, ambientali ed economici con particolare attenzione all'impatto ambientale delle attività. Oltre agli impatti ambientali classici delle attività di cantiere (sollevamento polveri, immissione d'inquinanti per il funzionamento dei macchinari di cantiere e per il traffico indotto, rischio di sversamenti sul suolo e nei corpi idrici superficiali e/o profondi, inquinamento acustico, ...), l'attività mineraria presenta impatti ambientali specifici, qualitativamente e/o quantitativamente, quali:

- consumo di suolo e sottosuolo;
- deturpazione del paesaggio;
- potenziale inquinamento delle falde profonde e dei corpi idrici superficiali;
- rischio statico-strutturale connesso all'apertura di vuoti nel sottosuolo (crolli e/o subsidenza), ai fronti di cava nelle attività a cielo aperto, all'innescio di frane nel caso di cumuli di depositi di rifiuti delle attività estrattive;
- rischio di frane e alluvioni, connesso con il possibile crollo dei bacini di laveria (es. Val di Stava)

Per l'elaborazione del progetto si prevede, quindi, di tenere in considerazione i seguenti dati:

- 1) Banca Dati CARG con le informazioni riportate nello strato ST013, risorse e prospezioni sulle cave e miniere, attive e cessate.
- 2) Per le aree non coperte dalla cartografia CARG si farà ricorso alla digitalizzazione delle informazioni presenti sugli originali d'autore, a scala 1:25.000, della carta geologica 1:100.000.
- 3) Il Database Nazionale delle Attività Estrattive di minerali solidi derivante dalla rilevazione comparteci-

pata Istat/ISPRA di supporto al Progetto Pressioni Antropiche e Rischi naturali del Piano Statistico Nazionale. Tale rilevazione, a cadenza annuale, ha lo scopo di definire la situazione attuale delle attività di prelievo di materiale da cave e miniere, dalla fase di estrazione (tipologia di materiale, localizzazione del sito, profondità della falda, presenza di vincoli sull'area, etc.) a quella di produzione di materie prime minerarie non energetiche con i relativi sottoprodotti.

- 4) Databases "I siti minerari italiani abbandonati, 1870-2006", contenente informazioni su tutte le miniere attive in Italia a partire dalla sua unità e "Inventario nazionale delle strutture di deposito di Tipo A", relativo ai depositi di rifiuti minerari ed il loro grado di rischio ecologico-sanitario e statico-strutturale, compilato sulla base delle informazioni fornite dalle regioni e/o province autonome.
- 5) Databases in essere o in progetto esistenti presso i firmatari del Protocollo d'intesa per la realizzazione della rete Musei e Parchi minerari (REMI)(MISE, Regioni, Musei e parchi minerari, gestori siti minerari, etc.).
- 6) Dati ed informazioni presenti negli archivi dei Servizi Geologici Regionali quando diversi dalle informazioni già disponibili nel DB CARG.
- 7) Dati ed informazioni relativi ai siti minerari ricadenti nei siti contaminati di competenza nazionale (ISPRA) e regionale (ARPA/APPA).
- 8) Dati ed informazioni relativi alle attività "cessate" disponibili presso le strutture regionali competenti integrate, quando necessario, con le informazioni derivanti da fotointerpretazione di immagini satellitari.
- 9) Dati sulle attività di monitoraggio ambientale effettuate da SNPA nei siti in esercizio.
- 10) Dati ed informazioni sulle attività di recupero e ripristino e/o ricomposizione ambientale presenti in ISPRA, nel SNPA e negli uffici territorialmente competenti.

11) Informazioni relative al rilascio dei pareri istruttori di VIA, presso SNPA, compresa l'acquisizione dei dati progettuali ritenuti rilevanti per ogni singolo sito.

Il database geologico-minerario sarà progettato secondo gli standard europei per aderire alla piattaforma europea sulle risorse minerarie (adeguamento al Progetto MINERALS4EU); inoltre rientrerà in un ambito di più ampio respiro, ovvero il *framework* europeo inerente l'ERA-NET (*European Research Area Network*) di tipo speciale della Commissione UE che, tra i vari *topic*, finanzia quello sui "Raw Materials".

Attualmente tutte le attività in esercizio sono state identificate e georiferite. Come aree pilota per la valutazione

della fattibilità del progetto sono state scelte aree ritenute rappresentative dell'insieme delle problematiche che dovranno essere affrontate nel progetto come la provincia di Cagliari (Figura 1) e la Valle d'Aosta. A livello regionale le diverse competenze tecniche in materia sono distribuite tra gli Uffici alle Attività Estrattive, i Servizi Geologici e le Agenzie per la Protezione dell'Ambiente, Enti che già collaborano con il Servizio Geologico d'Italia su tematiche che sono attinenti al progetto. A valle dei risultati ottenuti nelle aree pilota si cercherà di mettere a sistema le forze disponibili, a livello nazionale e regionale, al fine di giungere ad un risultato validato e condiviso.

**Figura 1: Primo prototipo del geodatabase con inseriti tutti i siti estrattivi (attivi e cessati) di minerali solidi presenti nella provincia di Cagliari**



Nota: poiché le informazioni derivano da diversi database, spesso spazialmente incongruenti, è stata necessaria una verifica della localizzazione dei siti tramite analisi di immagini satellitari. In viola sono riportati i siti verificati ed armonizzati, in giallo i siti non ben identificati che necessiterebbero di verifica da parte degli enti locali. Il sito a mare rappresenta un sito di estrazione di sabbie marine per ripascimento.

Fonte: ISPRA



## Catasto regionale delle terre e rocce da scavo ricadenti nel campo di applicazione del D.P.R. 120 del 13 giugno 2017

Giacomo Zaccanti e Cecilia Cavazzuti  
ARPAE Emilia-Romagna

I materiali provenienti da attività di scavo o terre e rocce da scavo (TRS), da sempre tra “rifiuti” e “non rifiuti”, possono essere gestiti come sottoprodotti in deroga al regime dei rifiuti in ottemperanza al DPR 120 del 13/06/2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n.164) o possono essere gestiti come rifiuti secondo l'articolo 183, parte IV del D.Lgs 152/06.

In Emilia-Romagna, in ottemperanza alla Legge 98 art. 41 bis, dal 2013 al 2016 sono stati movimentati come sottoprodotti, oltre 2.600.000 m<sup>3</sup> di TRS. Le dichiarazioni di atto di notorietà pervenute in Arpae sono state complessivamente 680. In regione le TRS vengono prodotte principalmente nelle zone urbanizzate del territorio, in quanto i cantieri da cui provengono sono legati all'edilizia e riguardano l'ampliamento o la realizzazione di fabbricati o la messa in opera di reti infrastrutturali. Una volta prodotti, questi materiali vengono riutilizzati principalmente per realizzare migliorie fondiarie o per il ripristino di siti estrattivi dismessi. La georeferenziazione dei dati sito-specifici dichiarati nelle pratiche ha permesso di stimare gli spostamenti, che questi materiali compiono nell'ambito della loro gestione. In ambiente *Google Earth* sono state calcolate le distanze espresse in percorsi stradali, che intercorrono fra i siti di produzione e i siti di destinazione; in Emilia-Romagna, mediamente le TRS, per ogni “pratica”, percorrono 70 km.

ARPAE, nell'esplicazione delle proprie funzioni, implementa uno specifico DB dei dati relativi alle movimen-

tazioni di terreno (catasto TRS), per catalogare e georiferire i dati sito specifici rappresentativi dei siti di produzione e destinazione di questi materiali movimentati nel territorio regionale.

Il DB regionale delle TRS è costituito da 6 schede riguardanti l'anagrafica del proponente produttore, il sito di produzione, il sito di destinazione, la tempistica dell'intervento, la descrizione dell'eventuale deposito temporaneo e la caratterizzazione analitica del materiale prodotto.

L'organizzazione del catasto TRS permette di effettuare analisi comparative fra le caratteristiche fisicochimiche dei materiali movimentati dichiarate dal produttore e lo screening analitico fornito dalla cartografia regionale relativa al contenuto di metalli pesanti nei suoli della pianura emiliano-romagnola, elaborata dal Servizio Geologico Regionale. Tale analisi consente di indirizzare le attività di controllo documentale e di ispezione in situ delle pratiche pervenute.

I metalli pesanti hanno la peculiarità di essere sempre presenti nei suoli in quantità variabili; tale variabilità è legata alla provenienza dei sedimenti che li hanno originati, alla loro tessitura e ai processi pedogenetici, che nel tempo ne hanno alterato le caratteristiche chimiche, impoverendoli o arricchendoli in alcuni elementi (contenuto di fondo naturale).

Le concentrazioni di metalli pesanti nei suoli risentono anche di una componente antropica legata alle molteplici attività umane; i metalli tendono ad accumularsi generalmente nello strato più superficiale del suolo attraverso il *fall out* atmosferico o l'apporto solido o liquido diffuso legato principalmente alla gestione



agronomica; di conseguenza nello strato più superficiale si avrà il contenuto naturale sommato all'arricchimento legato all'apporto antropico (contenuto di fondo naturale-antropico).

Dal 2005 Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (SGSS) della Regione Emilia-Romagna ha avviato un percorso di conoscenza nell'ambito di collaborazioni con Università di Bologna, ARPAE e il Centro Nazionale delle Ricerche di Firenze producendo le seguenti cartografie in linea con lo standard ISO/DIS 19258:2005 "Soil quality-Guidance on the determination of background values":

- Carta del fondo naturale di Cromo, Rame, Nichel, Piombo, Vanadio, Zinco a scala 1:250.000, che rappresenta la distribuzione areale della concentrazione in metalli a circa un metro di profondità (90-130 cm); la rappresentazione cartografica è basata su poligoni e gli strati informativi di base sono la carta dei suoli e quella dei bacini
- Carta del fondo naturale-antropico di Arsenico, Cromo, Rame, Nichel, Piombo, Stagno, Vanadio, Zinco a scala 1:250.000, che rappresenta la distribuzione areale della concentrazione in metalli nei primi 30 cm nei suoli agricoli e che si può considerare rappresentativa dell'orizzonte lavorato (Ap). La rappresentazione cartografica è di tipo geostatistico tramite Elementi Quadrati Finiti di un km di lato, i proxy utilizzati comprendono la gestione agronomica.

Entrambe le carte sono consultabili sui siti Web del Servizio Geologico ai seguenti indirizzi:

[geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/carte\\_tematiche.jsp?tem=1#tem1](http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/carte_tematiche.jsp?tem=1#tem1);

[applicazioni.regione.emiliaromagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=pedologia&bookmark=1%22](http://applicazioni.regione.emiliaromagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=pedologia&bookmark=1%22);

e scaricabili dal Geocatalogo regionale alla voce "suoli". Dal 2014 è stata avviata una collaborazione tra la Direzione Tecnica di Arpae e il SGSS per l'utilizzo della cartografia dei contenuti di fondo. Il problema principale nell'applicazione della normativa vigente è riferire il va-

lore della concentrazione del campione da 0 ad 1m al valore di fondo naturale, perché di fatto questo intervallo di profondità nei suoli rappresenta sia il contenuto naturale che quello antropico. Di conseguenza si è scelto di confrontare i dati degli screening con la Carta del contenuto di fondo naturale-antropico definendo una procedura sperimentale atta a valutare i casi per i quali il proponente/produttore indichi superamenti di valori di soglia di contaminazione asseriti a valori di fondo. Nel complesso la sperimentazione ha permesso di "usare sul campo" la cartografia, validandola ulteriormente, e consentirà inoltre di selezionare i dati analitici maggiormente attendibili per implementarne una nuova edizione, in un'ottica di gestione virtuosa dei dati ambientali, di integrazione di banche dati e di collaborazione tra Enti con diverse competenze.

Le TRS possono essere gestite non solo come sottoprodotto ma anche come rifiuto; tale gestione onerosa, normata dall'articolo 183, parte IV del D.Lgs 152/06, coinvolge tutti i rifiuti rientranti nei codici dell' Elenco Europeo dei Rifiuti (E.E.R) 170504 "terre e rocce da scavo" e 170503 "terre e rocce, contenenti sostanze pericolose". In Emilia-Romagna la produzione di rifiuti classificati come terre e rocce presenta un decremento negli ultimi due anni attestandosi a circa 600.000 tonnellate come media annua.

La possibilità di gestire le TRS come sottoprodotto assume una notevole valenza ambientale in quanto contribuisce alla tutela delle risorse naturali e allo stesso tempo consente di perseguire obiettivi di competitività del sistema, quali l'abbassamento dei costi connessi all'approvvigionamento di materia prima, la riduzione dell'utilizzo di materiale di cava, un minore ricorso allo smaltimento in discarica, la previsione di tempi certi e celeri per l'avvio nei lavori nei cantieri.

La possibilità di rendicontare la movimentazione delle TRS nel loro duplice aspetto di sottoprodotto/rifiuto permette di ricostruire a scala regionale un solido quadro conoscitivo relativo alle terre e rocce da scavo.

## Applicazione di una nuova batteria di test tossicologici per la valutazione dei sedimenti fluviali nel Sito di interesse regionale “Fiumi Saline e Alento”

Alessandra Arizzi Novelli<sup>2</sup>, M. Melchiorri<sup>2</sup>, E. Scamosci<sup>2</sup>, T. Marcelli<sup>2</sup>, N. Calace<sup>1</sup>, F. Onorati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ARTA Abruzzo, <sup>2</sup>ISPRA

Il Sito di Interesse Regionale (SIR) “Saline Alento” dal punto di vista paesaggistico include i tratti terminali di due fiumi il Saline e l'Alento. Essi costituiscono un esempio di ecosistema fluviale particolarmente interessante e rappresentativo del paesaggio fluviale abruzzese in quanto, per la gran parte del loro corso, sono caratterizzati da una scarsa antropizzazione. L'inserimento dei predetti tratti terminali dei fiumi, prima tra i siti di interesse nazionale, poi successivamente in quelli regionali, è stato richiesto dalla Regione Abruzzo in quanto, proprio in virtù della scarsa presenza umana, sulle sponde degli stessi sono stati rinvenuti ingenti quantitativi di rifiuti abbandonati di varia natura (fanghi, inerti, rifiuti speciali ecc.) che hanno indotto ad ipotizzare la possibile presenza di rifiuti pericolosi interrati. Il SIR Saline Alento è stato oggetto di una caratterizzazione nel 2009 e, successivamente nel 2014, a seguito di una convenzione stipulata tra Regione Abruzzo, ISPRA e ARTA, il sito è stato oggetto di una caratterizzazione integrativa definita sulla base dei risultati ottenuti dalla precedente indagine implementando il piano analitico e focalizzando l'attenzione alle aree interessate da fenomeni di contaminazione per le quali è stato valutato anche il potenziale pericolo delle diverse matrici ambientali.

In generale, le indagini hanno riguardato: terreni che in precedenza avevano mostrato superamenti delle Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC); aree interessate dalla presenza di rifiuti interrati; acque sotterranee; acque superficiali in corrispondenza dei medesimi punti di prelievo dei sedimenti fluviali; sedimenti marini ed arenili nelle aree che precedentemente

avevano mostrato superamenti dei Livelli Chimici di Base (LCB) di cui al manuale APAT-ICRAM (2007).

In particolare, è stata effettuata la caratterizzazione dei sedimenti fluviali applicando un approccio integrato comprendente analisi chimiche, fisiche (granulometria) ed ecotossicologiche. Soprattutto per la valutazione del pericolo ecotossicologico è stata utilizzata una nuova batteria di saggi biologici che ha tenuto conto della rappresentatività e della valenza ecologica degli organismi, in funzione dell'ambiente e della matrice da indagare (sedimento tal quale), ma anche della disponibilità di metodologie standardizzate (Manuale ISPRA 88/2013). La batteria ha previsto l'utilizzo di saggi acuti con il Crostaceo Cladocero *Daphnia magna* (test "acuto" con esposizione per 24 h con riferimento alla norma UNI EN ISO 6341:2013) e con l'alga *Pseudokirchneriella subcapitata* (test "acuto" con esposizione per 72 h con riferimento alla norma ISO 8692:2012) applicati all'elutriato (matrice acquosa). Per completare la batteria la scelta è ricaduta sul saggio cronico con *Heterocypris incongruens* (Crostaceo Ostracode) applicato al sedimento tal quale (test "cronico" con esposizione al sedimento per 6 giorni con riferimento alla norma ISO 14371:2012) che è stato scelto in sostituzione del saggio con il batterio marino *Vibrio fischeri* meno rappresentativo degli ambienti fluviali.

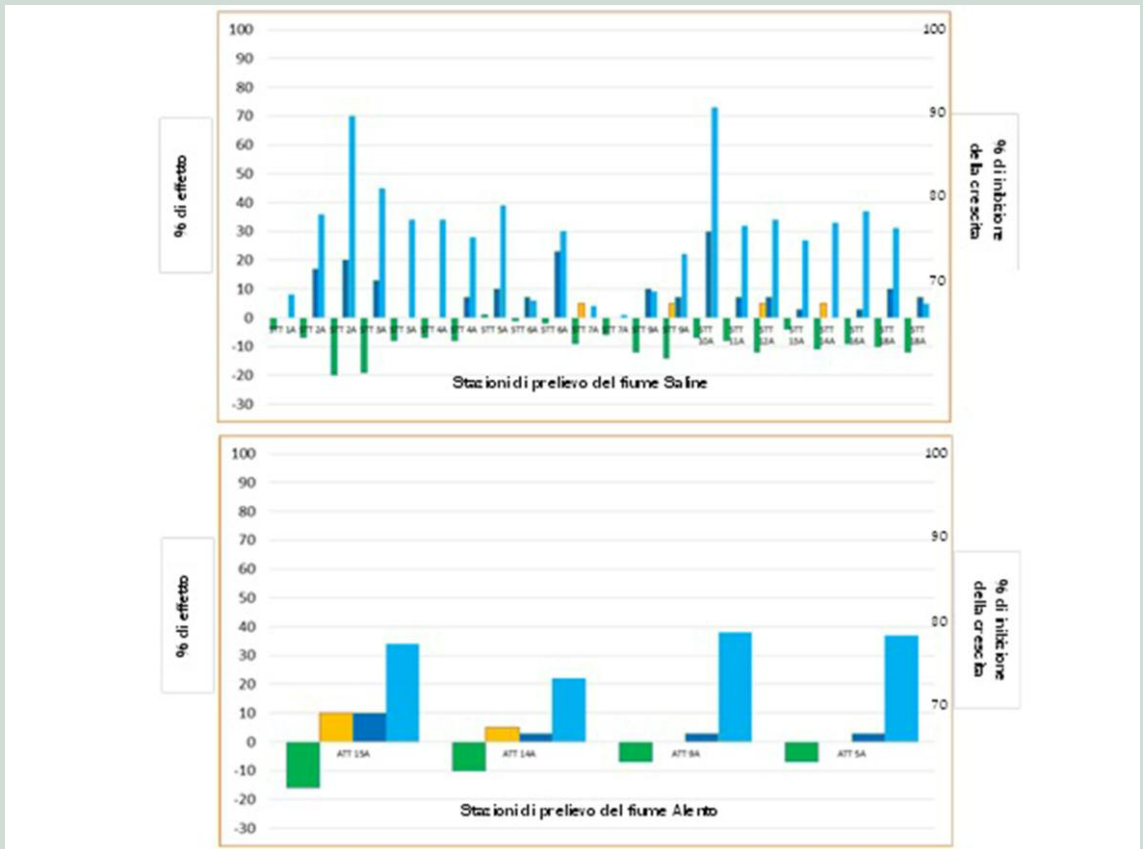
La strategia di campionamento ha previsto un numero di stazioni di prelievo definite in funzione della idromorfologia dei corsi fluviali, ovvero lunghezza e larghezza del tratto di alveo da indagare e, compatibilmente con l'accessibilità dei luoghi, sono stati prelevati 2 campioni di sedimento superficiale dello spessore di 0,3 m, per

un totale di 26 campioni: 22 per il Fiume Saline (STT) e 4 per il Fiume Alento (ATT). I campioni sono stati analizzati come "sedimento tal quale", mentre una seconda aliquota è stata trattata per la preparazione dell'elu-triato, la cui analisi permette di valutare il livello di tossicità della frazione estraibile in acqua delle miscele di contaminanti presenti nel sedimento. Tale matrice, infatti, essendo ottenuta mediante un processo di "lavaggio" del sedimento, consente di valutare i potenziali effetti tossici sulle componenti biologiche sensibili della colonna d'acqua, simulando eventi di mobilizzazione, ri-sospensione e rideposizione del sedimento.

I risultati ottenuti con i tre diversi organismi vengono riportati in Figura 1. Il test algale non ha riscontrato effetti tossici significativi ( $p > 0,05$  al 95% di significatività tramite t-test con varianza disomogenea), ma solo modesti fenomeni di biostimolazione, per la quasi totalità dei campioni, da ritenere tuttavia non rilevanti biologicamente.

Anche il saggio con il cladocero non ha mostrato alcun effetto di tossicità statisticamente significativo, in quanto l'immobilizzazione è stata nulla o estremamente ridotta in tutte le repliche dei campioni analizzati rispetto al controllo ( $p > 0,05$  al 95% di significatività statistica).

Figura 1: Risultati delle analisi ecotossicologiche effettuate sui sedimenti del fiume Saline e del fiume Alento



Fonte: Elaborazione ARTA Abruzzo

Con il saggio cronico effettuato con l'ostracode applicato al sedimento tal quale, è stato osservato un effetto massimo pari al 30% di mortalità per un solo campione del fiume Saline (STT10A). La stima della percentuale di inibizione della crescita ha invece evidenziato per circa la metà dei campioni di sedimento di entrambi i fiumi, un decremento compreso tra il 30 ed il 40%, raggiungendo il 70 e il 73% in due stazioni del fiume Saline (STT2A e STT10A). Gli effetti subletali di inibizione della crescita sono ritenuti biologicamente rilevanti, sebbene non associabili direttamente alle concentrazioni delle sostanze chimiche ricercate.

Infatti, i risultati delle analisi chimiche non hanno evidenziato valori di superamento per nessuno dei parametri chimici indagati nei campioni di sedimento sia del fiume Saline che dell'Alento. I risultati delle analisi granulometriche hanno evidenziato che circa il 65% dei campioni di sedimento di entrambi i fiumi presenta una predominanza della frazione pelitica.

I risultati ottenuti dall'applicazione della batteria di saggi biologici hanno evidenziato una sensibilità degli organismi utilizzati piuttosto diversa, confermando la necessità di un approccio multispecie e soprattutto confermando la validità della scelta del test cronico con l'ostracode. I sedimenti relativi sia al Fiume Saline che al Fiume Alento non hanno determinato risposte tossiche né acute né croniche per quanto riguarda la mortalità/sopravvivenza; analogamente il tasso di crescita dell'alga non ha mostrato variazioni significative. La crescita dell'ostracode, probabilmente da considerare la componente più sensibile della batteria di saggi impiegata, ha evidenziato invece, effetti importanti su buona parte dei campioni analizzati.

Sulla base dei dati disponibili non risulta possibile l'applicazione di alcuna procedura per la derivazione su base statistica di valori chimici di riferimento (come previsto, ad esempio, dal D.D. 8 giugno 2016) a causa della relativa omogeneità dei dati chimici ed ecotossicologici, che non consentono di discriminare differenti livelli di

pericolo chimico associabili alle classi di tossicità. Tuttavia, ciò suggerisce anche che la situazione ambientale complessiva non sia particolarmente compromessa, sia per i valori assoluti di concentrazione dei contaminanti ricercati sia per la sostanziale assenza di tossicità che ha permesso di escludere un pericolo attuale nei confronti del biota.

## BIBLIOGRAFIA

APAT ICRAM, 2007. *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*.

ISO 14371, 2012. *Water Quality - Determination of fresh water sediment chronic toxicity to *Heterocypris incongruens* (Crustacea, Ostracoda)*.

ISO 8692:2012. *Water quality- Fresh water algal growth inhibition test with unicellular green algae*.

ISPRA, 2013. *Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti e acque interne*. Manuali e Linee Guida 88/2013.

UNI EN ISO 6341, 2012. *Qualità dell'acqua - Determinazione dell'inibizione della mobilità di *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) - Prova di tossicità acuta*.

## Esperienze del sistema agenziale nelle attività di monitoraggio degli aeriformi nei siti contaminati

Antonella Vecchio<sup>1</sup>, Lucina Luchetti<sup>2</sup>, Adele Lo Monaco<sup>3</sup>, Renata Emiliani<sup>3</sup>, Daniela Ballardini<sup>3</sup>, Giuseppe del Carlo<sup>3</sup>, Ugo Bertelli<sup>4</sup>, Maurizio Garbarino<sup>4</sup>, Daniela Fanutza<sup>4</sup>, Luisa Rivara<sup>4</sup>, Madela Torretta<sup>5</sup>, Sara Puricelli<sup>5</sup>, Marco Fontana<sup>6</sup>, Paolo Fornetti<sup>6</sup>, Cristina Bertello<sup>6</sup>, Denis Bolognese<sup>6</sup>, Maura Albertazzi<sup>6</sup>, Cristiana Monferrato<sup>6</sup>, Maurizio Di Tonno<sup>6</sup>, Fedrico Fuin<sup>7</sup>, Daniela Fiaccavento<sup>7</sup>, Gianmaria Formenton<sup>7</sup>, Doriana Visentin<sup>7</sup>

<sup>1</sup>ISPRA, <sup>2</sup>ARTA Abruzzo, <sup>3</sup>ARPAE Emilia-Romagna, <sup>4</sup>ARPA Liguria, <sup>5</sup>ARPA Lombardia, <sup>6</sup>ARPA Piemonte, <sup>7</sup>ARPA Veneto

### INTRODUZIONE

Il monitoraggio delle matrici aeriformi (*soil gas survey*, misure di flusso, monitoraggio dell'aria ambiente) è sempre più utilizzato nell'ambito dei procedimenti di bonifica dei siti contaminati sia in fase di caratterizzazione ambientale, sia per l'esecuzione dell'analisi di rischio sito-specifica, sia per la progettazione degli interventi. Le Agenzie sono chiamate ad esprimersi (validare) sulla corretta esecuzione delle varie fasi dell'intero processo.

In tale contesto, diverse Agenzie si sono dotate di linee guida regionali per indirizzare tecnicamente lo svolgimento delle suddette attività, con peculiarità ed approcci specifici. È stato pertanto istituito un Gruppo di Lavoro Nazionale, GdL 9 bis "Procedura per la validazione da parte degli Enti di controllo dei dati derivanti dalle misure dirette di aeriformi (gas interstiziali, aria *indoor/outdoor*, flusso di vapori proveniente dal sottosuolo) nell'ambito di siti sottoposti a procedura di bonifica", con la finalità di definire un approccio metodologico condiviso a livello nazionale per la realizzazione dei presidi di monitoraggio, per il prelievo e l'analisi dei campioni di aeriformi e per l'utilizzo dei dati di campo all'interno dei procedimenti di bonifica.

Nell'ambito delle attività del GdL 9bis sono state eseguite differenti attività sperimentali, con il coinvolgimento di numerose Agenzie, al fine di confrontare le diverse tecniche di monitoraggio e di campionamento

e di raccogliere elementi utili per superare le criticità connesse alla rappresentatività dei dati e alla gestione dell'incertezza associata alla variabilità spaziale e temporale delle misure.

### FINALITÀ DELLE ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE

Le tecniche di campionamento degli aeriformi utilizzate nei siti contaminati sono differenti sia per tipologia, sia per risultati ottenuti. Il *soil gas survey*, che consiste in un campionamento attivo dei gas del suolo all'interno di un pozzetto attrezzato, permette di valutare le concentrazioni dei composti volatili nel suolo generalmente in corrispondenza della sorgente di contaminazione oppure in prossimità del bersaglio. L'utilizzo della camera di flusso (*flux chamber*) invece permette di determinare il flusso di massa degli inquinanti volatili emessi dal suolo. Infine le misure in aria consentono di determinare l'effettiva concentrazione dei composti volatili nell'aria ambiente (*indoor o outdoor*) alle quali sono esposti i bersagli.

I risultati delle diverse tipologie di monitoraggio spesso sono difficilmente confrontabili, inoltre ognuna delle tecniche presenta diverse limitazioni e/o criticità applicative ed occorre effettuare, nei casi più complessi, un monitoraggio integrato basato su più linee di evidenza. Le attività di sperimentazione condotte hanno riguardato diverse tecniche di campionamento applicate anche simultaneamente (approccio per linee di evi-

denza) al fine di consolidare gli approcci attualmente in uso e rendere realmente rappresentativi i risultati dei monitoraggi.

Di seguito sono descritti in sintesi i diversi casi studio.

### **Ravenna**

- Caratteristiche: Falda superficiale (soggiacenza variabile da 20 cm a 1,8 m da p.c.) contaminata da composti clorurati.
- Tipologia di monitoraggio: Camere di flusso aperte dinamiche, misure in aria ambiente (radiello e canister).
- Finalità: Parametri funzionamento delle camere di flusso;

Confrontabilità delle misure di flusso:

- con diversi supporti di campionamento (Canister, Fiale DT, Fiale DC);
- con camere di flusso differenti per caratteristiche costruttive e di regolazione.
- ripetibilità delle misure nella stessa giornata (mattino-pomeriggio) e nelle 24 ore;

Variabilità spaziale delle misure di flusso;

Confronto linee di evidenza (campionamento falda, misure di flusso, misure in aria).

- Soggetti coinvolti: ARPAE Emilia-Romagna (coordinatore), ARPA Lombardia, ARPA Piemonte, ISPRA, Chelab srl (Gruppo Merieux NutriSciences), Theolab SpA (oggi Thearen srl), Versalis.

### **Arquata Scrivia (AL)**

- Caratteristiche: Suolo profondo (>1m da p.c.) contaminato da Idrocarburi; Falda contaminata da Idrocarburi, BTEXS, MTBE.
- Tipologia di monitoraggio: *Soil gas survey* da sonde superficiali (2m da p.c.) e profonde (4m da p.c.).
- Finalità: Variabilità delle misure nell'arco della giornata; variabilità giornaliera delle misure (in giorni diversi); confrontabilità delle misure con diversi supporti di campionamento (Fiale DT e Fiale DC).

- Soggetti coinvolti: ARPA Piemonte (coordinatore), ARPA Liguria.

### **Rivarolo Canavese (TO)**

- Caratteristiche: Suolo insaturo e falda (soggiacenza di circa 6 m da p.c.) contaminati da solventi clorurati.
- Tipologia di monitoraggio: *Soil gas survey* da sonde superficiali (1,5m da p.c.).
- Finalità: Variabilità delle misure nell'arco della giornata, variabilità giornaliera delle misure (in giorni diversi).
- Soggetti coinvolti: ARPA Piemonte.

### **Bussi sul Tirino (PE)**

- Caratteristiche: Falda superficiale (soggiacenza < 1m da p.c.) contaminata da Composti clorurati, Idrocarburi, Benzene, Mercurio.
- Tipologia di monitoraggio: Camere di accumulo, camere di flusso aperte dinamiche, misure in aria ambiente (radiello, canister e sensori ad alta risoluzione - geotalpa).
- Finalità: Variabilità spaziale e temporale delle concentrazioni e delle misure;

Confrontabilità delle misure di flusso:

- con diversi supporti di campionamento: attivi (Canister, Fiale DC e Fiale DT), passivi (radiello), da campo (PID, GA e flussimetro);
- con diverse tipologie di camere: aperte dinamiche, chiuse statiche non stazionarie e chiuse statiche;

Determinazione di criteri di scelta dei punti di campionamento tramite *screening* con strumentazione portatile ad alta risoluzione;

Confrontabilità delle misure di aria ambiente determinate in laboratorio (canister e radiello) e le misure di campo con sensori a diversa sensibilità (Geotalpa e flussimetro).

- Soggetti coinvolti: ARTA Abruzzo e ISPRA (coordinatori), ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Lombardia, ARPA Piemonte, Thearen srl, Ud'A-DiSPUTer, West Systems srl.

**Mantova**

- Caratteristiche: Suolo insaturo e falda (soggiacenza di circa 8 m da p.c.) contaminati da Idrocarburi e BTEXS.
- Tipologia di monitoraggio: *Soil gas survey* da sonde superficiali (1,2 m da p.c.), camere di accumulo statiche e camere di flusso aperte dinamiche, misure in aria ambiente (radiello e canister).
- Finalità: Variabilità spaziale e temporale delle concentrazioni e delle misure;

Confrontabilità delle misure di flusso:

- con diversi supporti di campionamento (Canister, Fiale DT, Fiale DC);
- tra due camere di flusso uguali per verificare la robustezza delle misure;
- con camere di flusso dinamiche differenti per caratteristiche costruttive e di regolazione;
- indicazioni qualitative fornite dalle camere di flusso statiche rispetto a quelle dinamiche;
- correlazioni con parametri atmosferici al contorno;

Confronto linee di evidenza (campionamento falda, misure di *soil gas*, misure di flusso, misure in aria).

- Soggetti coinvolti: ARPA Lombardia (coordinatore), ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Piemonte, ARTA Abruzzo, Thearen srl, Merieux NutriSciences srl, West Systems srl, Copernico srl.

**Pavia**

- Caratteristiche: Falda (soggiacenza 3,7 m da p.c.) contaminata da Idrocarburi e BTEXS.
- Tipologia di monitoraggio: *Soil gas survey* da sonde superficiali (1,8 m da p.c.).
- Finalità: Variabilità delle misure di gas interstiziali nel breve-medio periodo in relazione alle variazioni dei parametri atmosferici.
- Soggetti coinvolti: ARPA Lombardia, Copernico srl.

**Maserada sul Piave (TV)**

- Caratteristiche: Suolo superficiale e suolo profondo (insaturo e saturo) contaminato da idrocarburi e

BTEXS; falda non contaminata.

- Tipologia di monitoraggio: *Soil gas survey* da sonde superficiali (0,5/1m da p.c.) e profonde (1,5/2,0m da p.c.).
- Finalità: Variabilità delle concentrazioni di *soil gas* a breve termine in relazione alle variazioni dei parametri atmosferici; confronto linee di evidenza (misure di *soil gas* e misure di flusso).
- Soggetti coinvolti: ARPA Veneto, Copernico srl, Thearen srl.

**RISULTATI**

Le sperimentazioni condotte consentono di desumere alcune considerazioni che possono supportare la scelta delle tipologie di campionamento e la pianificazione delle indagini in maniera da rendere il più possibile attendibili i risultati.

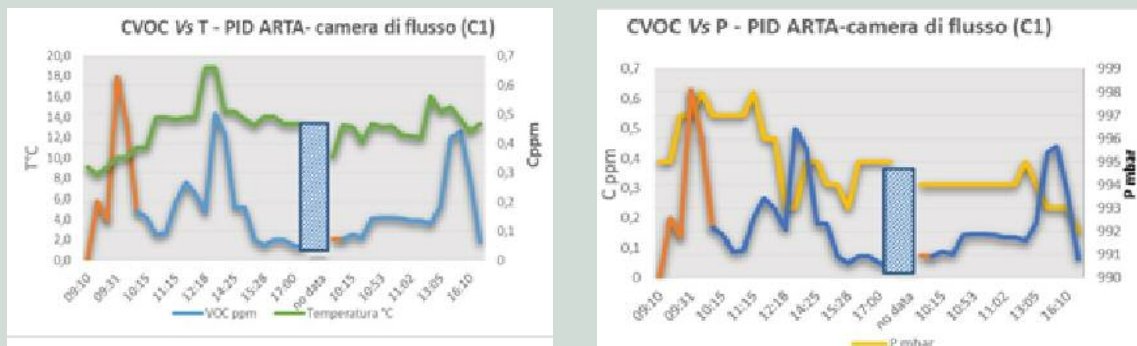
In particolare occorre osservare che se da un lato il fenomeno della migrazione dei vapori è complesso e, in linea di principio, richiederebbe monitoraggi di lunga durata (campagne di diversi giorni ripetute nel tempo anche per diversi anni) anche con l'utilizzo di più tecniche di campionamento appaiate (linee di evidenza), dall'altro non è pensabile che la chiusura di un procedimento di bonifica possa essere condizionata da monitoraggi prolungati nel tempo che comportano per gli enti di controllo un aggravio, in termini sia di dilazioni temporali sia economiche, spesso non sostenibile sui siti oggetto di procedimento di bonifica.

I risultati delle sperimentazioni hanno consentito di trarre alcune conclusioni sugli aspetti critici del monitoraggio degli aeriformi nei siti di bonifica ed in particolare:

- 1) Variabilità nel breve/medio periodo (più misure nello stesso giorno e misure in più giorni consecutivi). Le sperimentazioni non sono state sempre concordi su questo aspetto. In alcuni casi si sono registrate variazioni apprezzabili sia nell'arco della stessa giornata che in giorni diversi. In altri casi non si è registrata una variazione significativa nel tempo delle concen-



Figura 1: Esempio misure rilevate durante la sperimentazione: concentrazioni di COV rilevati con Fotoionizzatore (PID), Temperatura e Pressione misurati dentro le camere di flusso



Fonte: Gruppo di Lavoro 9bis SNPA

trazioni osservate. Le campagne condotte hanno comunque identificato che i parametri atmosferici (in particolare pressione, temperatura, velocità e direzione del vento e umidità) possono influenzare significativamente le concentrazioni nei gas interstiziali all'interfaccia suolo/aria (Figura 1). Pertanto, sulla scorta dei dati disponibili, l'eventuale ripetizione del campionamento in più giorni, dovrà essere valutata caso per caso tenendo conto in par-

icolare della tipologia di terreno indagata, eventuale presenza di coperture e delle condizioni meteorologiche cui si riferiscono i dati.

2) Variabilità spaziale. Le sperimentazioni hanno mostrato che la variabilità spaziale è un aspetto importante da considerare nella progettazione delle indagini. In particolare per quel che concerne le misure di flusso, che hanno una copertura in termini di area/volumi indagati più limitati, la prossimità ai punti

Figura 2: Esempio sperimentazione svolte sul SIN di Bussi. a) fasi di screening del flusso di COV con camera di accumulo e flussimetro statico e allestimento delle camere di flusso e di accumulo per i campionamenti, b) griglia delle stazioni di misura di COV eseguite con camera di accumulo e c) mappa di isoflusso dei COV,



Fonte: Gruppo di Lavoro 9bis SNPA



Figura 3: Misure contestuali con diverse tipologie di camere di flusso e diversi supporti di campionamento



Fonte: Gruppo di Lavoro 9bis SNPA

di campionamento di suoli/acque più contaminati potrebbe non essere in alcuni casi un criterio appropriato per l'individuazione delle vie preferenziali di migrazione. Potrebbe essere utile, in questi casi, una valutazione di screening dei COV totali mediante ad esempio camera di accumulo e, una volta individuate le aree a maggior flusso, procedere al campionamento di dettaglio mediante camera aperta dinamica (Figura 2).

3) Confrontabilità dei risultati in termini di diversi supporti di campionamento. In generale laddove le concentrazioni di COV sono "rilevabili" si registra un sostanziale accordo tra i diversi supporti di campionamento (fiale desorbimento chimico, fiale desorbimento termico, canister, strumentazione da campo). Tuttavia stante la rilevante variazione di "sensibilità" (minor limite di quantificazione) associata ai diversi

supporti, nel caso di basse concentrazioni previste di COV emerge come la risposta varia in funzione del supporto. Pertanto è opportuno effettuare il contraddittorio e condurre le diverse campagne utilizzando i medesimi sistemi di campionamento e non variarli nel tempo per avere confrontabilità (Figura 3). La scelta del supporto di campionamento deve in ogni caso essere preventivamente concordata con gli enti di controllo. I tempi di campionamento devono essere tarati in funzione del tipo di supporto, della tipologia di contaminazione e della permeabilità del terreno.

4) Confrontabilità in termini di diverse tipologie di camere di flusso. Laddove le concentrazioni di COV sono risultate al di sopra della "rilevabilità" i risultati ottenuti con le diverse tipologie di camere sono stati confrontabili. Anche l'utilizzo di camere di flusso identiche appaiate ha evidenziato che la risposta è uni-

---

voca. Tuttavia in generale le sperimentazioni condotte non si ritengono sufficienti per definire la confrontabilità, per tutte le sostanze, di camere di flusso di diversa tipologia, ma sono necessari ulteriori dati. Pertanto è opportuno verificare che le camere di flusso impiegate durante i monitoraggi siano basate su studi scientifici robusti in termini di buona miscelazione interna e corrette condizioni fluidodinamiche. Occorre verificare in campo la tenuta delle camere durante il campionamento.

5) Linee di evidenza. Le tre linee di evidenza (*soil gas*, flusso, aria ambiente) hanno dato risposte confrontabili nei casi in cui le concentrazioni di COV nei gas sono risultate "non rilevabili". Negli altri casi non sempre si registra un accordo tra i risultati ottenuti. Pertanto si rimarca la necessità di pianificare i monitoraggi dei gas interstiziali utilizzando la tipologia di indagine (*soil gas*, misura di flusso) che meglio risponde alle finalità della valutazione e alle caratteristiche del sito e della contaminazione. In ogni caso il ricorso a più linee di evidenza deve essere limitato esclusivamente ai casi più complessi.

Le conclusioni delle attività di sperimentazione saranno incluse tra i prodotti del Gruppo di lavoro 9 bis (in corso di pubblicazione).

# 5. PERICOLOSITÀ AMBIENTALE

## 5.1 PERICOLOSITÀ DI ORIGINE NATURALE

Domenico Berti, Anna Maria Blumetti, Valerio Comerchi, Luca Guerrieri, Carla Iadanza, Mauro Lucarini, Roberto Pompili, Mauro Roma, Alessandro Trigila

ISPRA

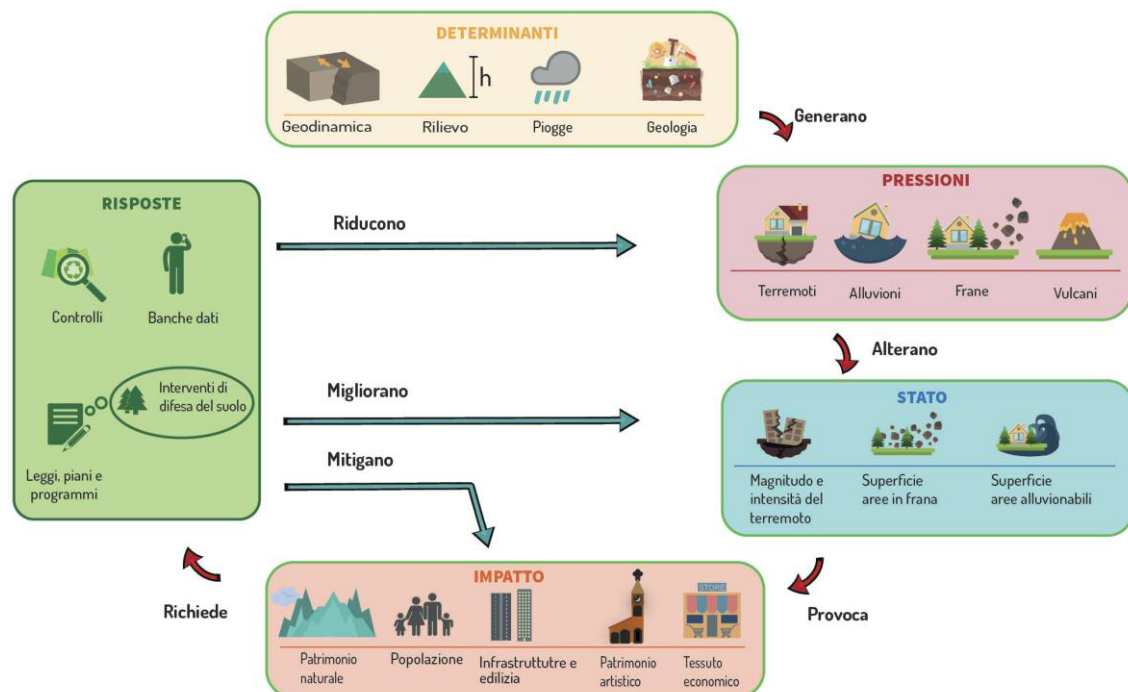
### Messaggi chiave

Il territorio italiano è particolarmente soggetto a pericolosità di natura geologica per le sue caratteristiche geologico-strutturali e geomorfologiche. Inoltre, anche le attività antropiche che vengono svolte sul territorio partecipano alla definizione del quadro della pericolosità.

### Introduzione

I fenomeni naturali che possono divenire fonte di pericolosità per l'uomo si dividono in due categorie principali, sulla base del loro meccanismo genetico: fenomeni di origine endogena (ad esempio, terremoti, eruzioni vulcaniche), correlati a dinamiche interne alla Terra, e fenomeni di origine esogena (ad esempio alluvioni, frane, valanghe, ecc.), che avvengono sulla superficie terrestre. Lo studio degli eventi sismici, della fagliazione

### DPSIR\_Pericolosità geologica



superficiale e delle eruzioni vulcaniche è molto importante in un territorio come quello italiano, dove la pericolosità di tali fenomeni spesso interessa aree densamente popolate e industrializzate. Anche il dissesto geologico-idraulico è divenuto (dal secondo dopoguerra) un problema di grande rilevanza sociale ed economica, proprio in funzione delle interrelazioni esistenti tra processi naturali e attività antropiche.

### La condizione esistente

La lunga sequenza sismica che ha colpito l'Italia Centrale è indubbiamente il fenomeno di origine naturale che ha caratterizzato maggiormente il 2016 per gli ingenti danni che ha procurato, sia in termini di perdite di vite umane, che di distruzione del patrimonio costruttivo, artistico-culturale e infrastrutturale di molte decine di paesi. La sequenza sismica è iniziata il 24 agosto con un evento di Magnitudo momento 6,0, con epicentro ad Accumoli, in provincia di Rieti, a cui ha fatto seguito, nello stesso giorno un evento di Magnitudo momento 5,4, con epicentro in territorio di Norcia (PG); altri terremoti di Magnitudo superiore a 5 sono avvenuti il 26 ottobre a Castelsantangelo sul Nera e Ussita, in provincia di Macerata, rispettivamente di Magnitudo momento 5,4 e 5,9 e il 30 ottobre, quando a Norcia (PG) si è verificato l'evento più forte, di Magnitudo momento 6,5. Gli ipocentri individuati dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV (ISIDe *Working Group*, 2010) hanno avuto profondità comprese tra 7,5 e 9,2 km, risultando quindi abbastanza superficiali e in grado di indurre forti danneggiamenti. I meccanismi focali sono stati generalmente di tipo distensivo, in accordo con il regime tettonico estensionale a cui è soggetta la parte della catena appenninica sede dei terremoti. Considerando anche gli eventi di più bassa magnitudo, nel 2016, nell'area epi-

centrale, che si estende per circa 80 km di lunghezza e 20-25 di larghezza (nelle regioni Lazio, Abruzzo, Umbria e Marche) sono stati registrati quasi 45.000 eventi. In Figura 5.1.1 vengono riportati gli oltre 9.000 eventi, di magnitudo superiore a 2, avvenuti nell'area della sequenza del Centro Italia, con alcuni dettagli relativi ai 5 terremoti che hanno avuto Magnitudo superiore a 5. Tali eventi hanno causato danni ingenti e il numero delle vittime è stato molto elevato a causa dell'alta vulnerabilità delle abitazioni, per lo più in muratura e prive di interventi di miglioramento sismico, oppure ristrutturate senza seguire criteri antisismici. Il numero di vittime è stato alto anche perché, sfortunatamente, il primo terremoto, del 24 agosto (che ha causato tutte le 299 vittime), è avvenuto in un periodo di massima affluenza nelle "seconde case" presenti nei paesi colpiti di Amatrice (RI) e dintorni; tali abitazioni erano costruite con la pietra locale (spesso neanche squadrata), costituita da arenaria, che non presenta buone caratteristiche costruttive, a causa del suo alto grado di alterabilità ed erodibilità. Un altro fattore che ha influenzato il danneggiamento degli edifici è rappresentato dagli "effetti di sito", dovuti alle particolari condizioni geologiche e geomorfologiche dei luoghi edificati. Sono in corso studi di microzonazione sismica nei paesi più danneggiati proprio per caratterizzare da questo punto di vista i terreni su cui sorgono tali centri abitati. Certamente, anche il terremoto del 30 ottobre, per la sua elevata Magnitudo di 6,5, ha ulteriormente e pesantemente danneggiato le strutture e infrastrutture già messe alla prova dalla precedente sequenza sismica. In Figura 5.1.2 è possibile osservare gli enormi danni subiti dal paese di Pescara del Tronto (AP) a seguito degli eventi del 24 agosto e del 30 ottobre. L'intera sequenza del 2016 ha indotto migliaia di effetti ambientali, per la maggior parte frane, ma anche fagliazione superficiale, sinkhole, variazioni idrologiche,

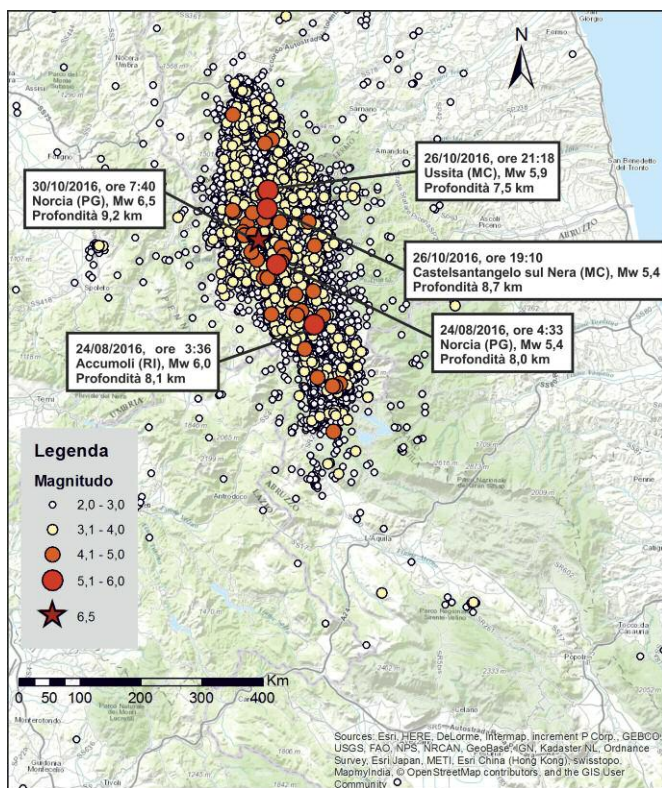


Figura 5.11: Eventi sismici di Magnitudo maggiore o uguale a 2 registrati nel 2016 dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nell'area della sequenza sismica del Centro Italia. (Le informazioni riportate nelle etichette si riferiscono ai 5 eventi di Magnitudo superiore a 5)

Fonte: Elaborazione ISPRA di dati INGV



Figura 5.12: Danni subiti dal paese di Pescara del Tronto dopo il terremoto del 24 agosto 2016 e dopo il terremoto del 30 ottobre 2016



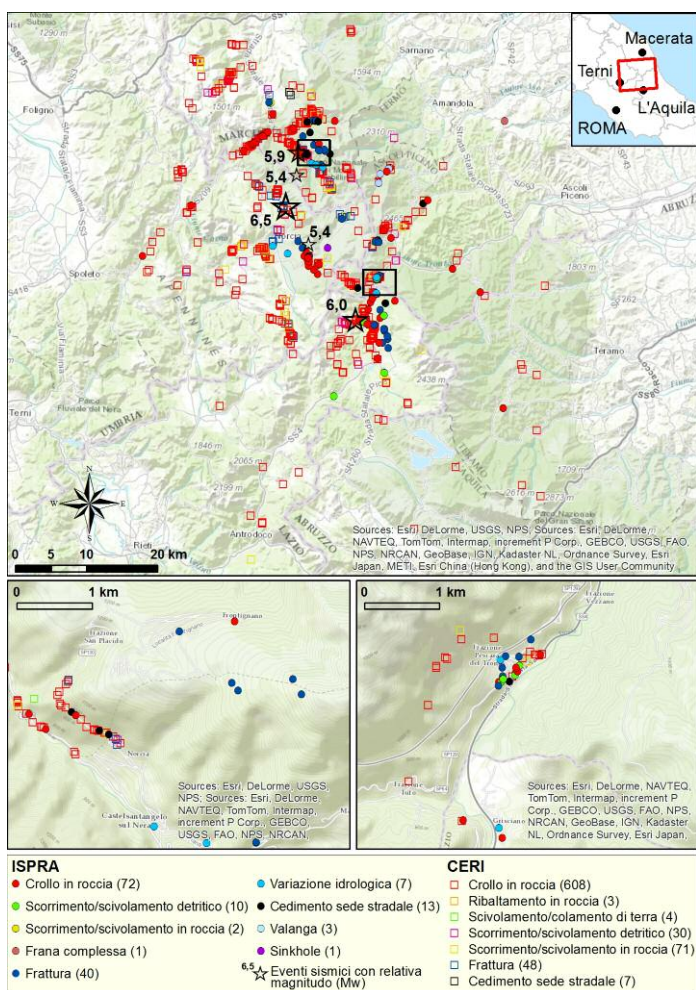
Fonte: Foto ISPRA



ecc.. In occasione delle tre scosse principali, è stata osservata la riattivazione fino in superficie del sistema di faglie attive e capaci che ha originato la sequenza sismica (definito in letteratura come sistema di faglie del M. Vettore - M. Bove). In particolare, in occasione del terremoto di Amatrice del 24 Agosto (Mw=6,0) si è riattivata la porzione Sud-orientale del sistema (M. Vetto-

retto-M. Vettore), con dislocazioni aventi fino a 25 cm di rigetto più o meno continue per una lunghezza complessiva pari ad almeno 5 km. La seconda scossa importante avvenuta il 26 Ottobre con epicentro vicino Visso (Mw= 5,9) ha causato la riattivazione della porzione Nord-occidentale dello stesso sistema di faglie, con dislocazioni aventi rigetto fino a una decina di cm

**Figura 5.1.3: Distribuzione areale degli effetti ambientali indotti dalla sequenza sismica del Centro Italia nel 2016. Le stelle indicano gli eventi sismici del 2016. In basso, gli zoom sugli effetti indotti (box di sinistra) a Castelsantangelo sul Nera (MC) e Frontignano (MC) e (box di destra) a Pescara del Tronto (AP).**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA e CERI (Università Sapienza)

**Figura 5.1.4: La frana indotta dal terremoto del 30 ottobre che ha deviato il corso del fiume Nera e che ha interrotto la ex strada provinciale 209 Valnerina, che collega Visso (MC) a Norcia (PG) e Preci (PG)**



Fonte: ISPRA

osservate nella zona di Frontignano. Infine, in occasione dell'evento sismico del 30 Ottobre (Mw=6.5) con epicentro a Norcia, si è osservata la riattivazione fino in superficie dell'intero sistema di faglie con dislocazioni cosismiche continue per almeno 28 km, con rigetti medi di diversi decimetri e localmente, sul Monte Vetore, fino a quasi due metri. Le componenti che hanno determinato tale notevole rigetto sono sia di natura tettonica che gravitativa. In generale, la fagliazione superficiale non ha procurato danni di rilievo, avendo interessato aree per lo più poco antropizzate, però, essa ha presumibilmente danneggiato la strada delle Tre Valli Umbre (SS685), nel tratto in galleria tra Capodacqua (in prossimità della Valle del Tronto) e San Pellegrino (nel bacino di Norcia), compromettendone la circolazione. A seguito della prima forte scossa del 24 agosto e delle successive, per tutto il 2016, i ricercatori di ISPRA - Servizio Geologico d'Italia hanno eseguito sopralluoghi per verificare gli effetti sismoindotti e fornire supporto al Dipartimento di Protezione Civile. Un'analogia raccolta di informazioni sulle frane e le fratture sismoindotte è stata eseguita anche dal Centro di

Ricerca sui Rischi Geologici (CERI) dell'Università "Sapienza" di Roma. I dati dei rilievi sia di ISPRA che del CERI sono stati raccolti in uno specifico sistema informativo geografico. Nella Figura 5.1.3 viene riportata l'ubicazione di tutti gli effetti ambientali raccolti, distinti per tipologia. Gli effetti, in larga parte frane, ricadono nelle regioni Lazio, Abruzzo, Umbria e Marche, e sono maggiormente concentrati in un'area di oltre 1.300 km<sup>2</sup> che racchiude gli epicentri dei 5 terremoti di Magnitudo superiore a 5. Nella stessa figura, nello zoom di sinistra sono rappresentati gli effetti osservati nell'area di Castelsantangelo sul Nera e Frontignano (MC), mentre in quello di destra gli effetti a Pescara del Tronto (AP). Una delle frane di più ampie proporzioni è quella avvenuta lungo la Valnerina e che ha anche deviato il corso del Fiume Nera, provocando l'interruzione della ex Strada Provinciale 209 che collega Visso (MC) a Norcia (PG) e Preci (PG) (Figura 5.1.4).

Oltre l'86% degli effetti secondari è rappresentato da frane. Di queste, la maggior parte è stata costituita da crolli in roccia (Figura 5.1.5).

Per quanto riguarda gli eventi alluvionali verificatisi sul territorio nazionale a seguito di intensi fenomeni meteorici, il 2016 è stato caratterizzato mediamente da una distribuzione non omogenea delle precipitazioni tra le varie regioni; infatti, mentre su quelle settentrionali, su quelle centrali e sulle isole sono state nel complesso deficitarie, sulle regioni meridionali si sono rivelate abbondanti. I valori delle cumulate di pioggia hanno raggiunto quantitativi anomali solo durante quattro eventi (tutti di durata pari o superiore a 48 ore), su un totale di una trentina di eventi alluvionali significativi censiti. Un aspetto caratteristico dei fenomeni meteorici avvenuti nel 2016 è stato la distribuzione temporale delle precipitazioni, a scala nazionale, con quantitativi notevoli spesso concentrati in poche ore (“bombe d’acqua”), intervallati a lunghi periodi siccitosi e con scarsissime precipitazioni. Gli effetti al suolo più evidenti sono stati classificati come piene improvvise o “flash flood” e hanno avuto conseguenze nefaste sia in termini di per-

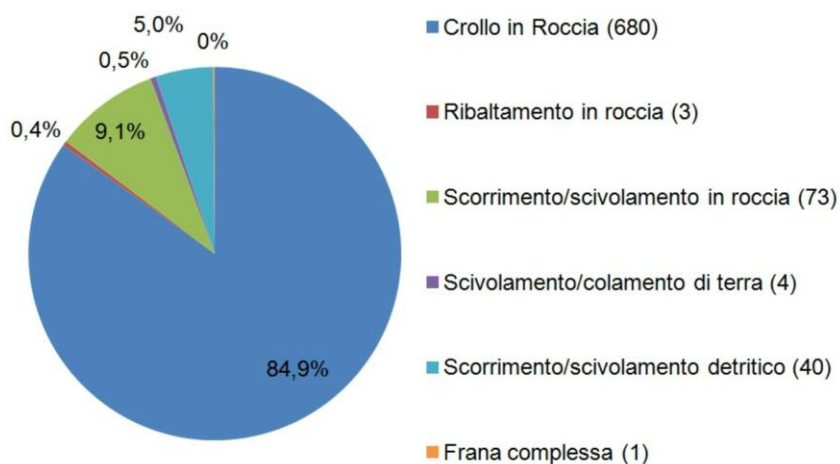
dità di vite umane (5 dovute a fenomeni idraulici in totale) che di fenomeni geomorfologici (esondazioni e frane), nonché di danni materiali (non inferiori a 1.100 milioni di euro in totale censiti).

Tra gli eventi alluvionali che hanno colpito il territorio nazionale, quelli di maggior rilievo per estensione dell’area interessata, danni materiali e perdita di vite umane (3 nel totale delle 5) si sono verificati quasi in contemporanea nel nord Italia (Liguria e Piemonte) e nel sud Italia (Sicilia e Calabria), tra il 21 e il 25 novembre.

Il danno complessivo rapportato al PIL mostra per il 2016 i minimi valori degli ultimi 6 anni, evidenziando quindi un netto *trend* in diminuzione e una chiara inversione di tendenza rispetto al periodo 2010-2015 (Figura 5.1.6).

Relativamente agli eventi di frana principali, ovvero quelli che hanno causato vittime, feriti, evacuati,

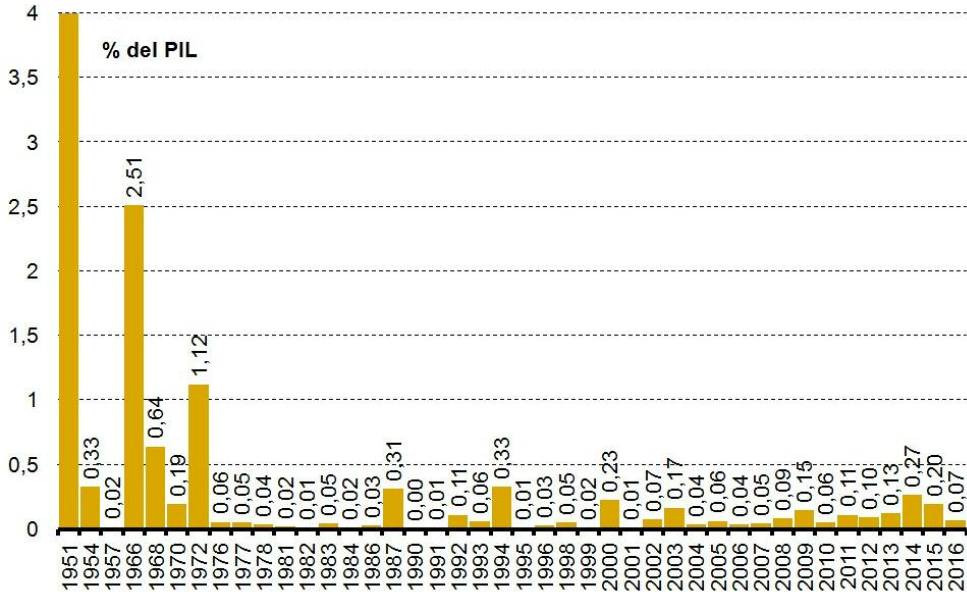
**Figura 5.1.5: Distribuzione statistica delle tipologie di frane indotte dalla sequenza sismica del 2016**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA e CERI (Università Sapienza)



Figura 5.1.6: Valori del danno da eventi alluvionali rapportato al PIL in Italia dal 1951 al 2016



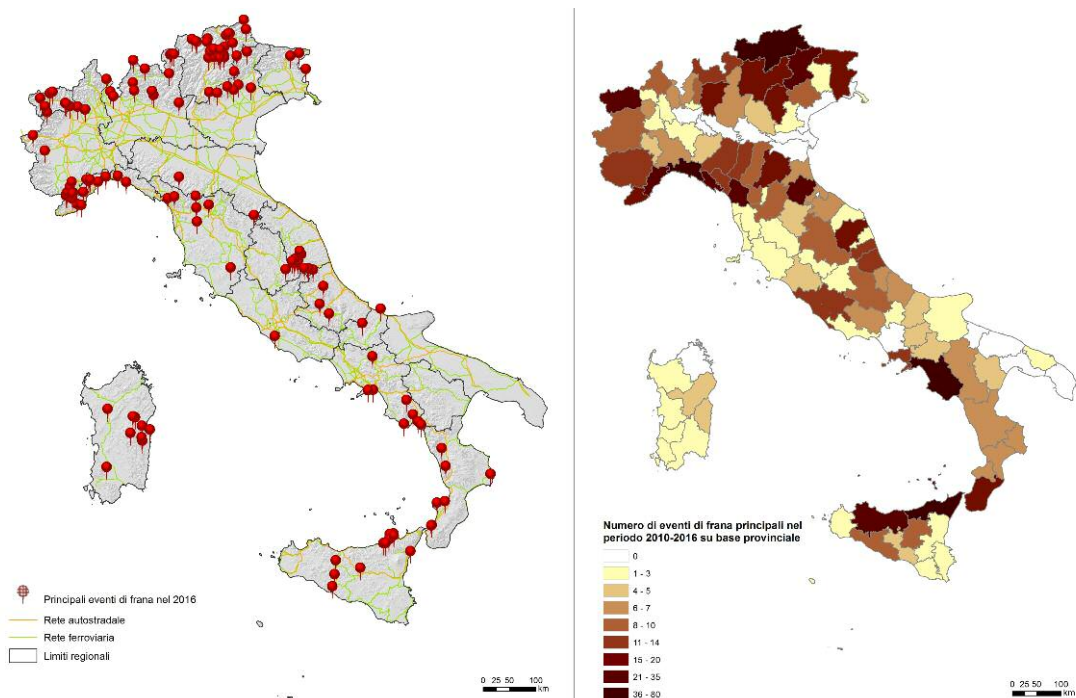
Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ISPRA e ISTAT

danni a edifici, beni culturali, infrastrutture lineari di comunicazione primarie e reti di servizi, nel 2016 sono stati censiti 146 eventi con 1 vittima, 17 feriti e danni prevalentemente alla rete stradale (Figura 5.1.7a). I principali eventi di frana sono distribuiti su gran parte del territorio italiano e in particolare in provincia di Bolzano e nelle regioni Lombardia, Piemonte, Liguria, Marche e Sicilia. Tra i principali fenomeni franosi si segnalano, oltre alle frane sopra descritte legate alla sequenza sismica dell'Italia centrale, quelle innescate dalle intense precipitazioni tra il 21 e il 25 novembre 2016 nel ponente ligure e nel Piemonte centro-meridionale. Le province più colpite nel periodo 2010-2016 sono state Bolzano, Messina, Genova e Salerno (Figura 5.1.7b).

### Le soluzioni intraprese o prospettate

La conoscenza del territorio e della sua pericolosità sismica è certamente il primo fattore da tenere in considerazione nel processo di riduzione del rischio sismico in Italia. L'OPCM 3519/2006 ha ribadito che è compito di ciascuna Regione l'aggiornamento della propria classificazione sismica e ha fornito alle stesse i nuovi "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone". Un importante passo, nel 2008, è stata l'approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con Decreto del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti del 14/01/2008. Queste norme sono in realtà il nuovo riferimento normativo per la progettazione antisismica,

Figura 5.1.7: a) Principali eventi di frana nel periodo gennaio – dicembre 2016; b) Numero di eventi di frana principali nel periodo 2010-2016 su base provinciale



Fonte: ISPRA

mentre la classificazione sismica del territorio nazionale continua a essere un riferimento per controlli tecnico-amministrativi. La normativa, che a livello nazionale, indirizza gli studi di microzonazione sismica (ICMS 2008) negli ultimi anni è stata affiancata da normativa tecnica regionale che fornisce linee guida specifiche per gli studi di MS tenendo conto delle caratteristiche locali di ciascun territorio. Queste linee guida forniscono una procedura per raccogliere tutte le informazioni utili a delimitare le aree suscettibili di amplificazione sismica locale, caratterizzandole

anche in funzione di specifiche fragilità del territorio. A seguito della sequenza sismica che ha colpito l'Italia Centrale dal 24 Agosto 2016, è stato emanato un Decreto del Presidente della Repubblica (del 9 settembre 2016), con cui è stato nominato un Commissario Straordinario del Governo ai fini della ricostruzione nei territori dei Comuni interessati dall'evento sismico. Con il Decreto Legge del 17 ottobre 2016, n. 189, recante "Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dal sisma del 24 agosto 2016", convertito dalla legge 15 dicembre 2016, n. 229 e successive modifiche (decreto

legge 9 febbraio 2017, n. 8, convertito dalla legge 7 aprile 2017, n. 45), è stato stabilito che il Commissario Straordinario promuova l'immediata esecuzione di un piano finalizzato a dotare i Comuni individuati ai sensi dell'Art. 1 della MS di III livello disciplinando con propria Ordinanza la concessione di contributi destinati ai Comuni interessati. Ciò è avvenuto con Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 recante "Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici". I relativi studi di MS sono attualmente in corso.

Un ulteriore importante strumento di riduzione del rischio sismico, che è stato recentemente introdotto dal Governo italiano, è il cosiddetto "Sisma bonus". Il 28 febbraio 2017 il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti ha firmato il decreto recante le linee guida per la classificazione di rischio sismico delle costruzioni nonché le modalità per l'attestazione, da parte di professionisti abilitati, dell'efficacia degli interventi effettuati. È stata prorogata fino al 31 dicembre 2021 la detrazione per gli interventi di ristrutturazione ai fini del miglioramento o dell'adeguamento antisismico e per la messa in sicurezza degli edifici con importanti novità per quanto riguarda la percentuale di detrazione, la ripartizione annuale e l'estensione delle zone dove è possibile usufruirne. Se verrà applicato efficacemente, tale strumento potrebbe ridurre sensibilmente il rischio sismico in Italia, molto elevato a causa dell'elevata vulnerabilità del patrimonio abitativo.

Per quanto riguarda il rischio idrogeologico, archiviare le informazioni sui fenomeni franosi è un'attività strategica tenuto conto che gran parte delle frane si riattivano nel tempo, anche dopo lunghi periodi di quiescenza di durata pluriennale o plurisecolare (es. frana di Corniglio in provincia di Parma: 1902, 1994-2000). L'ISPRA dal 2005 eroga il servizio di cartografia

*online* dell'Inventario IFFI che consente la consultazione delle frane e la visualizzazione di foto, documenti e filmati ([www.progettoiffi.isprambiente.it](http://www.progettoiffi.isprambiente.it)). Tale attività di diffusione delle informazioni concorre ad aumentare l'informazione e la consapevolezza del cittadino sul rischio idrogeologico del proprio territorio. L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia riveste grande importanza, essendo utilizzato come strumento tecnico di base per l'aggiornamento delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), la progettazione preliminare di reti infrastrutturali, la programmazione di interventi di difesa del suolo, la gestione delle emergenze idrogeologiche e la redazione dei Piani di Emergenza di Protezione Civile. Considerato che ogni anno sul territorio nazionale si verificano oltre un migliaio di frane, sarebbe necessario destinare maggiori risorse per il rilevamento, la mappatura e l'aggiornamento della banca dati IFFI, così come proposto nella Relazione tecnico-economica approvata dalla Conferenza Stato-Regioni nel 2012.

Per quanto riguarda gli interventi strutturali di mitigazione del rischio, la Struttura di Missione Italia Sicura della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il MATTM hanno messo in campo il Piano stralcio aree metropolitane e urbane contro le alluvioni (Delibera CIPE N. 32/2015) ed elaborato il Piano del fabbisogno nazionale contro il dissesto idrogeologico. Nell'ambito della comunicazione e diffusione delle informazioni, la piattaforma cartografica di Italia Sicura ([mappa.italiasicura.gov.it/](http://mappa.italiasicura.gov.it/)) consente di visualizzare le mosaicature nazionali ISPRA della pericolosità idraulica e da frana e gli indicatori di rischio insieme agli interventi di difesa del suolo del Repertorio ReNDiS.

## 5.2 PERICOLOSITÀ DI ORIGINE ANTROPICA

Francesco Astorri, Marina Cerra  
ISPRA

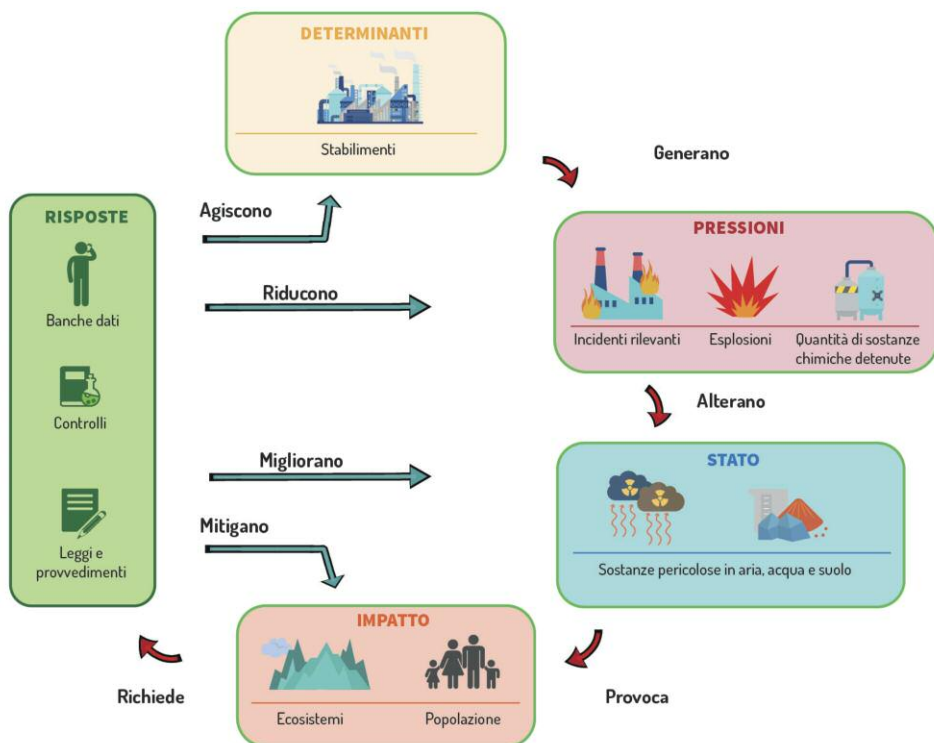
### Messaggi chiave

Recepimento in Italia della Direttiva Europea Seveso III e implementazione dell'Inventario Nazionale degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante con lo scopo di limitare la possibilità che si verifichino incidenti di rilevante entità.

### Introduzione

Per pericolosità di origine antropica s'intende la pericolosità (diretta o indiretta), per la vita umana e l'ambiente, derivante da attività umane potenzialmente pericolose. In questa ampia definizione rientrano tutte le industrie (piccole, medie e grandi, sia di processo sia manifatturiere), ma in particolare gli stabilimenti industriali con attività che richiedono l'utilizzo di determinate sostanze pericolose che rendono tali industrie a rischio di inci-

### DPSIR\_Pericolosità di origine antropica



denti anche rilevanti (stabilimenti RIR).

Negli anni Ottanta, la Comunità Europea prese per la prima volta in considerazione tale tipo di stabilimenti, emanando una specifica direttiva, la 82/501/CEE (nota anche come "Direttiva Seveso"), con lo scopo di prevenire o almeno ridurre gli effetti del possibile accadimento di un grave incidente, per una maggior tutela delle popolazioni e dell'ambiente nella sua globalità.

La Direttiva Seveso fu recepita in Italia con il Decreto del Presidente della Repubblica del 17 maggio 1988, n. 175. La Direttiva Seveso stessa ha subito negli anni vari aggiustamenti: le Direttive 96/82/CE (Seveso II) e 2003/105/CE, i cui recepimenti in Italia sono stati il D.Lgs. 334/99 (Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidente rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose) e il D.Lgs. 238/05 (Attuazione della direttiva 2003/105/CE che modifica la Direttiva 96/82/CE sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose). Con l'intento di migliorare ulteriormente la sicurezza, la Commissione europea ha emanato una nuova direttiva, la Direttiva n. 2012/18/UE (Seveso III), recepita in Italia nel Giugno 2015 attraverso il D.Lgs. 105/15. Tale direttiva, oltre a recepire il Regolamento 1272/2008 "CLP" per la classificazione delle sostanze pericolose, ha l'obiettivo di innalzare i livelli di protezione e controllo vigenti negli stabilimenti a rischio di incidente rilevante e di ottimizzare e semplificare le procedure amministrative, nonché migliorare gli aspetti relativi all'informazione alla popolazione.

Il D.Lgs. 105/15, che detta disposizioni finalizzate a prevenire incidenti rilevanti connessi alla presenza di determinate sostanze pericolose e/o a limitarne le conseguenze per l'uomo e per l'ambiente, si applica agli stabilimenti che detengono (per l'utilizzo nel ciclo produttivo o semplicemente in stoccaggio) sostanze poten-

zialmente pericolose, in quantità tali da superare determinate soglie, stabilite dalla suddetta normativa Seveso. L'elemento caratterizzante di uno stabilimento a Rischio di Incidente Rilevante (RIR) è la detenzione di quantitativi significativi di determinate sostanze pericolose, in quanto l'uso e/o la detenzione di queste (per le loro caratteristiche sono classificate come tossiche e/o infiammabili e/o esplosive e/o comburenti e/o pericolose per l'ambiente), può portare alla possibile evoluzione non controllata di un incidente con pericolo grave, immediato o differito, sia per l'uomo (all'interno o all'esterno dello stabilimento), sia per l'ambiente circostante, a causa di: incendio, esplosioni ed emissioni in aria e/o diffusione nel terreno di sostanze tossiche per l'uomo e/o per l'ambiente.

Pertanto, al fine di ridurre la probabilità di accadimento degli incidenti, i gestori degli stabilimenti RIR devono adempiere a specifici obblighi, tra i quali l'adeguamento degli impianti al fine di renderli il più possibile sicuri e la predisposizione di documenti tecnici e informativi specifici, pena l'applicazione di sanzioni penali e amministrative. Oltre a ciò gli stabilimenti sono sottoposti a specifici controlli e ispezioni da parte dell'autorità pubblica.

### La situazione attuale

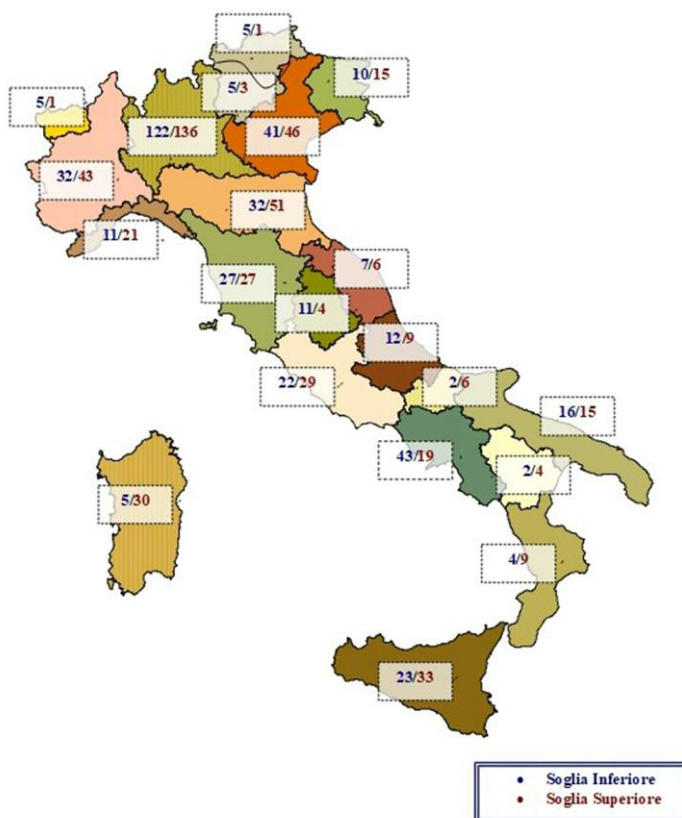
Per un efficace sistema di controllo degli stabilimenti industriali con pericolo di incidente rilevante non si può prescindere da un adeguato sistema informativo che consenta di raccogliere e gestire i dati sulle attività svolte, le sostanze pericolose presenti, le misure di sicurezza adottate e gli scenari incidentali ipotizzabili con associate le aree di potenziale danno. Tali informazioni, messe in relazione con le caratteristiche di vulnerabilità del territorio circostante, consentono di ottenere una mappatura dei rischi da utilizzare per la pianificazione

del territorio, l'informazione alla popolazione e la gestione delle emergenze. Infatti l'informazione sull'attività e sul tipo di sostanze normalmente presenti in uno stabilimento consente di valutare il pericolo potenziale a esso associato.

A tale scopo, è stato predisposto l'Inventario Nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti, gestito e aggiornato dall'ISPRA e di cui il MATTM mantiene l'indirizzo e il coordinamento, ai sensi dell'art. 5, comma 3 del decreto. L'Inventario (già previsto dal-

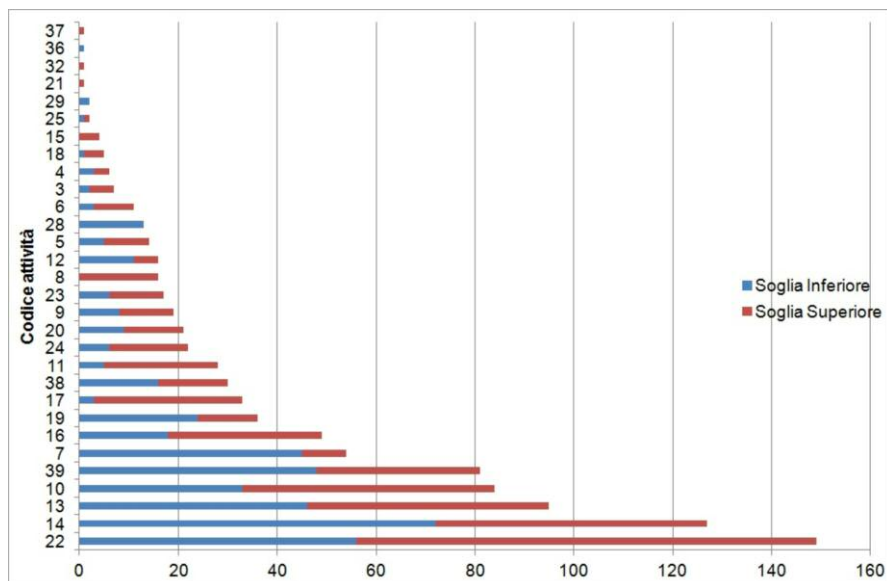
l'art.15 del D.lgs. 334/99 e smi.) viene continuamente aggiornato con le informazioni trasmesse in via telematica dai gestori che compilano il modulo di notifica unificato (Allegato 5 del D.lgs.105/15), permettendo di avere a disposizione una serie di informazioni di base (dati identificativi dell'azienda e dello stabilimento, attività, ubicazione geografica e georeferenziazione, sostanze detenute con i rispettivi quantitativi e altre informazioni) grazie alle quali è possibile avere elementi preliminari per la determinazione del potenziale rischio per la po-

**Figura 5.2.1: Distribuzione regionale degli stabilimenti soggetti al DLgs.105/15 (30/04/2017)**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Inventario Nazionale degli stabilimenti RIR (al 30/04/2017)

Figura 5.2.2: Distribuzione nazionale degli stabilimenti RIR per tipologia di attività (30/04/2017)



Legenda: Attività: (3) Attività minerarie (sterili e processi fisico-chimici). (4) Lavorazione dei metalli. (5) Lavorazione di metalli ferrosi (fonderie, fusione ecc.). (6) Lavorazione di metalli non ferrosi (fonderie, fusione ecc.). (7) Trattamento di metalli mediante processi elettrolitici o chimici. (8) Raffinerie petrolchimiche/di petrolio. (9) Produzione, fornitura e distribuzione di energia. (10) Stoccaggio di combustibili (anche per il riscaldamento, la vendita al dettaglio ecc.). (11) Produzione, distruzione e stoccaggio di esplosivi. (12) Produzione e stoccaggio di articoli pirotecnici. (13) Produzione, imbottigliamento e distribuzione all'ingrosso di gas di petrolio liquefatto (GPL). (14) Stoccaggio di GPL. (15) Stoccaggio e distribuzione di GNL. (16) Stoccaggio e distribuzione all'ingrosso e al dettaglio (ad esclusione del GPL). (17) Produzione e stoccaggio di pesticidi, biocidi e fungicidi. (18) Produzione e stoccaggio di fertilizzanti. (19) Produzione di prodotti farmaceutici. (20) Stoccaggio, trattamento e smaltimento dei rifiuti. (21) Risorse idriche e acque reflue (raccolta, fornitura e trattamento). (22) Impianti chimici. (23) Produzione di sostanze chimiche organiche di base. (24) Fabbricazione di plastica e gomma. (25) Produzione e fabbricazione di carta e di pasta di carta. (28) Industrie alimentari e delle bevande. (29) Ingegneria generale, fabbricazione e assemblaggio. (32) Ceramica (mattoni, terracotta, vetro, cemento, ecc.). (36) Centri di movimentazione e trasporto (porti, aeroporti, parcheggi per camion, ecc.). (38) Fabbricazione di sostanze chimiche (non specificate altrimenti nell'elenco).

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Inventario Nazionale degli stabilimenti RIR (al 30/04/2017).

polazione e l'ambiente derivante dalla presenza nelle vicinanze di una determinata industria classificata RIR. L'inventario è utilmente impiegato anche per il trasferimento delle informazioni tra le Amministrazioni competenti per i controlli a livello centrale e regionale, assumendo, quindi, un ruolo fondamentale per il monitoraggio e per la verifica dell'attuazione delle norme

in materia di controlli sui pericoli di incidente rilevante. Costituisce, inoltre, un valido strumento di supporto alle Autorità comunali preposte all'informazione alla popolazione, nonché consente la comunicazione di informazioni corrette alla Commissione europea ai sensi dell'art. 21 comma 3 della Direttiva e della decisione europea 895/2014.



Sulla base delle informazioni contenute nell'Inventario Nazionale, è possibile individuare la distribuzione sul territorio degli stabilimenti e la loro categoria (soglia inferiore e soglia superiore). Quest'ultima, infatti, permette di evidenziare gli adempimenti, stabiliti dalla normativa, a cui sono soggetti i gestori degli stabilimenti. Gli stabilimenti di soglia inferiore hanno l'obbligo di presentare una notifica alle autorità competenti (tra cui il MATTM tramite l'ISPR) e di adottare un sistema di gestione della sicurezza specifico per lo stabilimento; gli stabilimenti di soglia superiore hanno i medesimi obblighi degli stabilimenti di soglia inferiore, ma sono tenuti a redigere anche il rapporto di sicurezza. In Italia, ad aprile 2017, il numero complessivo di stabilimenti RIR in soglia inferiore è di 437, mentre il numero di stabilimenti in soglia superiore è 508, pertanto il numero totale di stabilimenti RIR attivi che si sono notificati, è di 945 (Figura 5.2.1).

La valutazione completa e puntuale dei potenziali pericoli presuppone anche la considerazione da parte degli Enti di controllo degli scenari incidentali ipotizzabili e delle misure impiantistiche e gestionali messe in atto dai gestori per la prevenzione degli incidenti e la limitazione delle loro conseguenze, nonché del ruolo giocato, in caso di incidente, dalle misure di gestione del rischio residuo adottate e predisposte dalle Autorità competenti (pianificazione di emergenza esterna, informazione alla popolazione, pianificazione urbanistica). Tali informazioni, insieme con gli scenari incidentali ipotizzabili con associate le aree di potenziale danno, messe in relazione con le caratteristiche di vulnerabilità del territorio circostante, consentono di ottenere una mappatura dei rischi da utilizzare per la pianificazione. Dall'analisi delle tipologie di stabilimenti è inoltre possibile trarre ulteriori considerazioni sulla mappa dei pe-

ricoli di incidente rilevante nel nostro Paese. L'attività di uno stabilimento permette, infatti, di avere informazioni sul tipo di sostanze normalmente detenute ed eventualmente sul tipo di processo. Tali informazioni consentono di valutare, sia pure in modo qualitativo e parziale, i potenziali pericoli associati alla presenza dello stabilimento in un determinato territorio. La Figura 5.2.2 fornisce un'indicazione delle attività industriali maggiormente diffuse tra gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante.

Sul territorio nazionale, si riscontra una prevalenza di "impianti chimici" con un totale di 149 stabilimenti, di cui 56 impianti di soglia inferiore e 93 di soglia superiore. A seguire troviamo i depositi di "stoccaggio di GPL" con un totale di 127 stabilimenti, più o meno equamente suddivisi tra depositi di soglia inferiore e depositi di soglia superiore.

## Le cause

La pressione degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante nel contesto italiano è paragonabile a quella degli altri grandi Paesi industriali europei anche se, indubbiamente, presenta delle specificità connesse alla storia e allo sviluppo dell'industria nazionale e alle scelte effettuate in passato, ad esempio, in materia di approvvigionamento energetico. Al riguardo basta pensare alla concentrazione di raffinerie che si riscontra in Sicilia e Lombardia, alla presenza dei grandi poli petrolchimici sviluppatasi negli anni del dopoguerra nella Pianura padana (Ravenna), nella Laguna di Venezia (Marghera) e, a partire dagli anni '60 e '70, nel Mezzogiorno (Brindisi, Priolo, Gela, Porto Torres, ecc.). Una specificità nazionale, nel quadro europeo degli stabilimenti a rischio, è quella connessa al notevole sviluppo della rete dei depositi di GPL, con la funzione di approvvigionamento per le zone

del Paese non raggiunte dalla rete distribuzione di metano. Una caratteristica nazionale è anche la presenza di distretti industriali, caratterizzati dalla concentrazione di piccole e medie industrie con produzioni similari o connesse nella medesima filiera produttiva come, ad esempio, la chimica e la farmaceutica in alcune aree lombarde (la Lombardia detiene oltre il 27% degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante) e nell'area pontina, o la galvanica in Veneto, Piemonte e Lombardia.

### Le soluzioni

Il quadro normativo a livello europeo e nazionale dei controlli sui rischi di incidenti rilevanti è ormai definito e maturo, essendo passato attraverso quattro successive direttive, e relativi recepimenti nazionali. Le attività di risposta messe in atto in Italia sono in linea con quelle adottate negli altri Paesi UE; ciò conferma un sostanziale allineamento agli standard europei, pur con margini di miglioramento connessi a: snellimento e accelerazione degli iter di valutazione dei rapporti di sicurezza e incremento dei controlli ispettivi; maggior consapevolezza delle Amministrazioni comunali della problematica del rischio industriale, con conseguente incremento delle attività di controllo sul territorio e d'informazione della popolazione; miglioramento qualitativo delle attività connesse alla pianificazione di emergenza esterna in caso di incidente. I miglioramenti sopra evidenziati potranno essere conseguiti in presenza di: risorse certe per Amministrazioni e organi tecnici coinvolti, anche attraverso l'introduzione, prevista dal D.Lgs. 105/15, di un sistema di tariffe a carico dei gestori di stabilimenti a rischio di incidente rilevante in relazione ai controlli e alle verifiche effettuati dalla Pubblica Amministrazione; accessibilità da parte degli Enti amministrativi alle informazioni relative agli stabi-

limenti RIR sul proprio territorio attraverso l'accesso in tempo reale all'Inventario Nazionale; migliore coordinamento delle Autorità di controllo a livello nazionale e regionale con predisposizione e mantenimento di procedure di monitoraggio da parte del MATTM e definizione puntuale e tempestiva di criteri e riferimenti tecnici omogenei e dettagliati per l'indirizzo delle Autorità e organi tecnici preposti localmente ai controlli. In questo quadro appare centrale il ruolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente ISPRA-ARPA-APPA (SNPA), che per competenze ed esperienze maturate può dare il suo rilevante contributo, in concorso con altri soggetti, alla soluzione di molte delle problematiche evidenziate.

## Le attività svolte da SNPA a seguito della sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016 in Italia Centrale

Marco Amanti  
ISPRA

Il 24 agosto 2016 in Italia Centrale si è attivata una sequenza di eventi sismici che ha fatto registrare ad oggi più di 74.000 scosse, a partire da quella delle 3:36 del mattino del 24 agosto nella provincia di Rieti, con un terremoto di magnitudo 6,0 ed epicentro presso Accumoli. Due mesi più tardi, alle 21:18 del 26 ottobre, la stessa sequenza ha provocato un sisma di magnitudo 5,9 tra le province di Macerata e Perugia; nella stessa zona alle 7:40 del 30 ottobre è arrivato il terremoto più forte, di magnitudo 6,5.

Ancora un lungo intervallo, e tra le 9:25 e le 10:25 del 18 gennaio 2017, si sono susseguiti tre terremoti di magnitudo superiore a 5 tra le province di L'Aquila e Rieti. In totale sono stati 9 gli eventi con magnitudo > 5,0, 59 con magnitudo tra 4,0 e 5,0, e quasi 1000 eventi di magnitudo compresa tra 3,0 e 4,0 [INGV, 2017].

L'ISPRA è parte del Comitato Operativo del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e come tale ha preso parte al coordinamento delle attività fin dall'inizio dell'emergenza.

In particolare l'ISPRA, con il proprio personale, ha partecipato dal 24 agosto alle attività del Comitato, presso la sede in Roma della Protezione Civile e, a partire dal 28 agosto, ha presidiato stabilmente con propri rappresentanti il Comitato Operativo Permanente presso la Direzione Comando e Controllo (Di.Coma.C.) del DPC insediata a Rieti, fino alla sua chiusura il 7 aprile 2017.

Inoltre, come Centro di Competenza del DPC, ha svolto funzioni di supporto alla Funzione Tecnica del Dipartimento nelle attività sul territorio nelle aree colpite dal sisma, con particolare riferimento alla:

- valutazione speditiva della stabilità dei versanti, al fine

di supportare le decisioni per la gestione della viabilità (chiusura e/o riapertura della stessa) e suggerire la necessità di opportune opere di mitigazione del rischio;

- valutazione della compatibilità geo-idrologica di siti destinati a diversi usi, quali alloggi temporanei, casette, container, depositi temporanei di macerie, attività commerciali temporanee, scuole,...

In queste vesti, personale altamente qualificato di ISPRA (geologi, geofisici, ingegneri ambientali e tecnici) è stato presente sul territorio colpito fin dai momenti immediatamente successivi alla prima scossa sismica, nei territori comunali di Amatrice e Accumoli (RI) e in quelli di Arquata del Tronto e Montegallo (AP).

A seguito della seconda e terza scossa di terremoto alla fine di ottobre, a più di due mesi dalla prima, l'impegno legato all'ampliamento delle zone di intervento nelle province di Perugia e Terni, in Umbria, nelle province di Teramo e Macerata nelle Marche e in Abruzzo, con il coinvolgimento di più di 140 territori comunali ha richiesto un nuovo e maggiore sforzo al personale già impiegato.

La Direzione Generale ISPRA ha deciso quindi di sistematizzare il coinvolgimento, fino a quel momento solo sporadico, del nascente Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) nelle attività emergenziali, chiedendo la disponibilità delle Agenzie di Protezione Ambiente a fornire delle squadre di personale specializzato per un supporto il più completo possibile al DPC. Si è sviluppata quindi, sotto il coordinamento di ISPRA, una collaborazione articolata nella presenza nell'area colpita, a rotazione settimanale, delle Agenzie competenti e disponibili, con squadre autonome, composte di 2 unità

con professionalità di geologo o ingegnere ambientale e con esperienza specifica nelle attività sopra descritte. Tali presenze si sono affiancate alle quotidiane disponibilità del personale ISPRA, svolgendo le attività di volta in volta richieste dalla Funzione Tecnica del DPC.

Nel periodo emergenziale, protrattosi in alcuni casi anche oltre la chiusura della Di.Coma.C., ISPRA-SNPA ha effettuato più di 420 sopralluoghi su altrettanti siti, di cui una cinquantina in collaborazione con le Agenzie. In particolare:

- n. 80 sopralluoghi hanno riguardato problemi legati alla viabilità, principale e secondaria, con particolare attenzione ai fenomeni di crollo di massi ed alla valu-

tazione del rischio residuo;

- n. 49 sopralluoghi hanno permesso di valutare l'idoneità di siti destinati all'ubicazione di Tendopoli, nella fase iniziale, o Container ad uso abitativo;
- n.209 sopralluoghi hanno riguardato la valutazione della idoneità geo-idrologica di siti destinati a MAP (Moduli Abitativi Provvisori) o SAE (Soluzioni Abitative in Emergenza);
- n. 9 sopralluoghi sono stati dedicati alla valutazione della idoneità di siti destinati a scuole;

I rimanenti sopralluoghi hanno riguardato tematiche diverse che spaziano dall'aumento della portata delle sorgenti del fiume Nera alla compatibilità geo-idrologica di siti destinati allo stoccaggio temporaneo di macerie,

**Figura 1: Il versante occidentale del Monte Vettore e la rottura generata sulla sua superficie dal sisma**



Fonte: Volo DPC, 30 ottobre 2016 - Foto Marco Amanti

dalla viabilità sentieristica di montagna ai versanti del monte Vettore.

Per ciascun sopralluogo sono stati redatti specifici Report, valutando l'idoneità dei diversi siti esaminati, per quanto attiene alla compatibilità geo-idrologica, con l'ausilio della documentazione geologica e geologico-tecnica ricavabile dal geoportale del Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia ([sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page](http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page)), supportando in tal modo la scelta definitiva dei siti stessi che è comunque in capo alle autorità locali ed al DPC.

Una grande attenzione è stata anche dedicata alla raccolta dei dati relativi alle evidenze della fagliazione post sisma (Figura 1), collaborando con l'INGV e gli altri enti operativi sul territorio per gli studi sulla tettonica dell'area ed in questo ambito sono state anche installate stazioni GPS temporanee di alta precisione per la misura degli spostamenti del terreno ed è continuata l'elaborazione dei dati delle stazioni permanenti esistenti nell'area.

Vale la pena di segnalare inoltre che su alcuni dei siti colpiti da fenomeni franosi di grande entità l'ISPRA ha realizzato studi di dettaglio, sempre su richiesta della Funzione Tecnica del DPC, per contribuire alla messa in sicurezza definitiva della popolazione e dei beni esposti. Rientra in questo casistica la frana di Pescara del Tronto, frazione di Arquata del Tronto (AP), che ha coinvolto la SS 4 - Salaria, interrompendola ripetutamente a seguito di riattivazioni parziali. Su tale sito sono ancora in corso studi di dettaglio. Altrettanto dicasi per la frana che ha colpito Castelnuovo di Campi (TE), per la quale recentemente è stato richiesto il parere di ISPRA in merito al monitoraggio ed alla messa in sicurezza del versante che mette a rischio decine di abitazioni.

Il personale ISPRA impegnato, in varia misura, nelle attività descritte è stato di oltre 70 unità, per un totale di circa 1000 giorni/uomo di missione, oltre al personale che dalla sede ha fornito la documentazione cartografica e bibliografica, allestendo anche un Web-gis dedicato.

Le ARPA Toscana, Liguria, Puglia e Lombardia direttamente coinvolte hanno messo disposizione ulteriori 15 unità di personale, per un totale di circa 90 giorni/uomo di missione.

Infine è importante sottolineare che ISPRA è membro del Centro di Microzonazione Sismica (CentroMS) e come tale ha partecipato alle attività propedeutiche alla MZS nei comuni colpiti nella prima scossa, coordinando le azioni di 15 diversi Enti e Università nella Macroarea denominata Arquata del Tronto - Montegallo (AP).

Nell'ambito della successiva Convenzione tra Commissario del governo per la ricostruzione e CentroMS, a seguito del Decreto Legge n. 8 del 9 febbraio 2017, che prevede di "dotare i Comuni della cosiddetta Area 1 della microzonazione sismica di terzo livello", ISPRA coordina le attività nell'Unità Operativa Territoriale (UOT) di 30 comuni denominata Marche 3.

Le attività sono finalizzate a supportare i professionisti incaricati degli studi svolgendo: formazione specifica, valutazione delle cartografie realizzate, affiancamento nella pianificazione delle indagini dirette ed indirette, affiancamento per la modellazione 1D della Risposta Sismica Locale (RSL), realizzazione della modellazione 2D per la RSL su casi specifici, controllo dei risultati finali, ed infine valutazione della correttezza della applicazione della MZS nella pianificazione per la ricostruzione al fine di contribuire ad una ricostruzione attenta alla realtà geologica locale, favorendo la corretta applicazione delle vigenti norme antisismiche.

## BIBLIOGRAFIA

Geoportale del Dipartimento per il Servizio geologico d'Italia [sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page](http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page) (Ultima visita 9 novembre 2017)  
INGV, (2017) - Gruppo di Lavoro INGV sul Terremoto in centro Italia. *Relazione sullo stato delle conoscenze sulla sequenza sismica in centro Italia 2016-2017* (aggiornamento al 2 febbraio 2017), doi: 10.5281/zenodo.267984.



## Indicatori di rischio a supporto della programmazione degli interventi di mitigazione del dissesto idrogeologico

Alessandro Trigila e Carla Iadanza  
ISPRA

L'ISPRA, nell'ambito dei propri compiti istituzionali di raccolta, elaborazione e diffusione dei dati in materia di difesa del suolo e dissesto idrogeologico riferita all'intero territorio nazionale (artt. 55 e 60 del D.Lgs. 152/2006; art. 6 della L. 132/2016), nonché delle attività di supporto tecnico-scientifico al MATTM e alla Struttura di Missione Italia Sicura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, elabora gli indicatori nazionali di rischio idrogeologico. L'obiettivo degli indicatori è fornire un quadro ufficiale di riferimento sul rischio per frane e alluvioni in Italia al fine di dare un importante strumento di supporto alle politiche nazionali di mitigazione del rischio attraverso l'individuazione delle priorità di intervento, la ripartizione dei fondi e la programmazione degli interventi di difesa del suolo.

A tale scopo sono stati individuati tre indicatori strategici relativi a popolazione, imprese e beni culturali a rischio. La metodologia adottata per la produzione degli indicatori risponde a criteri di trasparenza e replicabilità e prevede l'utilizzo di dati ufficiali disponibili sull'intero territorio nazionale. Facendo riferimento all'equazione  $R = P \times E \times V$ , dove  $R$  è il rischio,  $P$  la Pericolosità,  $E$  gli Elementi esposti e  $V$  la Vulnerabilità, sono state utilizzate in input le Mosaicature nazionali ISPRA delle aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto idrogeologico (PAI) e delle aree a pericolosità idraulica (D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE). La prima mosaicatura è stata realizzata mediante l'armonizzazione delle legende dei PAI in 5 classi: pericolosità molto elevata P4, elevata P3, media P2, moderata P1 e aree di attenzione AA. La seconda si riferisce ai tre scenari di pericolosità idraulica definiti dalla norma: ele-

vata P3 con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (alluvioni frequenti), media P2 con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti) e bassa P1 (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi). Per gli elementi esposti, sono stati utilizzati i dati del 15° Censimento della Popolazione ISTAT 2011, del 9° Censimento Industria e Servizi ISTAT 2011 e la banca dati dei Beni Culturali - Vincoli In Rete VIR realizzata e gestita dall'ISCR.

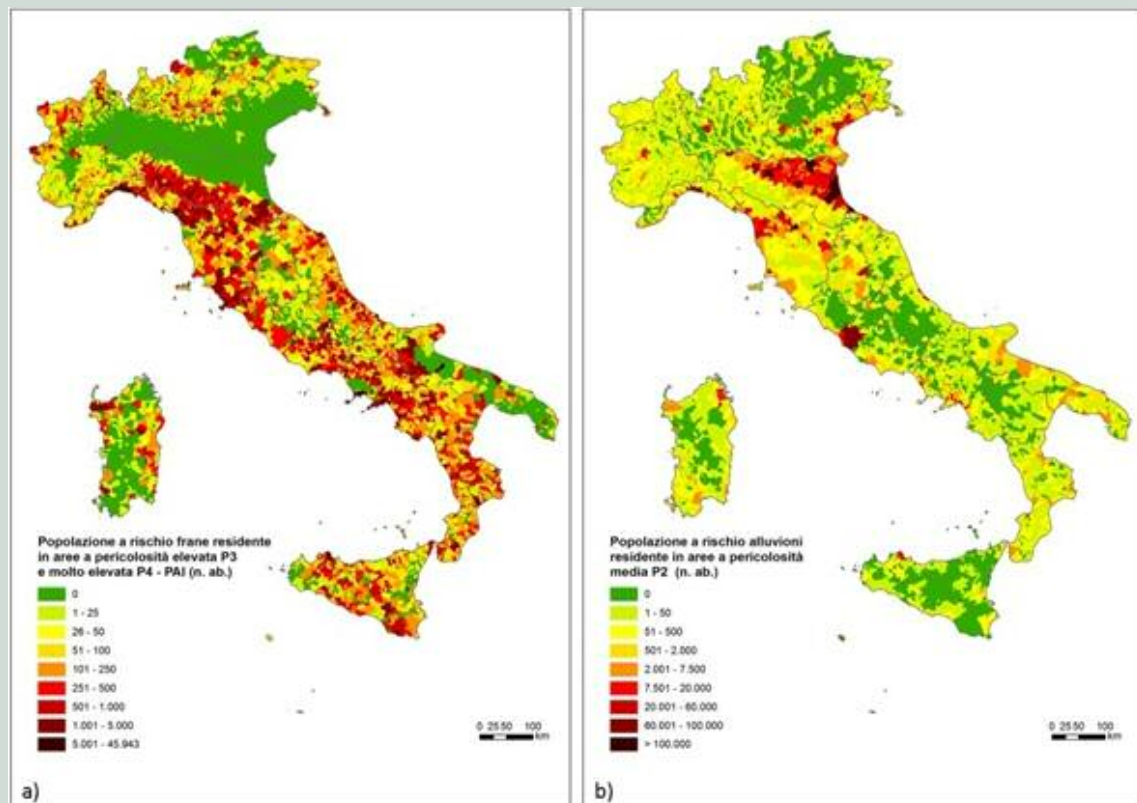
La stima della popolazione a rischio frane<sup>1</sup> è stata effettuata utilizzando le 402.678 sezioni censuarie ISTAT del 2011, quali unità territoriali delle elaborazioni. Il numero di persone esposte è stato calcolato con il metodo di proporzionalità, moltiplicando la percentuale di area a pericolosità da frana all'interno di ciascuna sezione di censimento per la popolazione residente nella suddetta sezione. Il dato è stato quindi aggregato su base comunale, provinciale, regionale e nazionale [Trigila *et al.*, 2015].

La vulnerabilità, che rappresenta il grado di perdita dell'elemento a rischio che può essere danneggiato nel corso di un evento, è stata posta cautelativamente pari a 1, in quanto una sua valutazione richiederebbe la conoscenza della magnitudo dei fenomeni franosi (velocità e volume) come pure la conoscenza del comportamento/resilienza delle categorie di popolazione (es. anziani, bambini, persone non autosufficienti). La vulnerabilità può inoltre variare anche in base al periodo dell'anno (estivo/invernale), al giorno della settimana (feriale/festivo) e all'ora (diurna/notturna) in cui si verifica l'evento.

Analogamente a quanto effettuato per il rischio frane è

<sup>1</sup> Per popolazione a rischio si intende la popolazione residente in aree a pericolosità da frana esposta al rischio di danni alla persona (morti, dispersi, feriti, evacuati).

Figura 1: a) Popolazione a rischio residente in aree a pericolosità da frana elevata P3 e molto elevata P4 PAI su base comunale; b) Popolazione a rischio alluvioni residente in aree a pericolosità media P2 (tempo di ritorno fra 100 e 200 anni) su base comunale



Fonte: ISPRA

stata stimata la popolazione a rischio alluvioni residente nelle aree a pericolosità idraulica. Anche in questo caso la vulnerabilità è stata posta uguale a 1, non essendo disponibile, per l'intero territorio nazionale, l'informazione sui tiranti idrici e sulla velocità della corrente. La popolazione a rischio frane residente nelle aree a maggiore pericolosità (P3+P4) ammonta a 1.247.679 abitanti, pari al 2,1% del totale (Figura 1.a) [ISPRA, 2016], mentre quella a rischio alluvioni è pari a 5.922.922 abitanti (10%) nello scenario di pericolosità media P2 con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (Figura 1.b).

Il numero delle unità locali e degli addetti delle imprese a rischio all'interno di ciascuna sezione di censimento è stato stimato con la stessa metodologia adottata per la popolazione a rischio. Le unità locali di imprese a rischio in aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata (P3+P4) risultano 79.530 pari all'1,7% del totale, con 207.894 addetti a rischio, quelle a rischio alluvioni 576.535 (12%) nello scenario a pericolosità idraulica media P2, con 2.214.763 addetti a rischio.

I Beni Culturali a rischio frane sono 38.829, dei quali 10.909 ubicati in aree a pericolosità elevata e molto ele-



vata. I beni culturali a rischio alluvioni nello scenario massimo atteso (eventi estremi) risultano 40.393, di cui 30.424 sono a rischio anche nello scenario di pericolosità idraulica media (elaborazione ISPRA giugno 2017).

Gli Indicatori di rischio così elaborati sono stati di supporto alla programmazione degli interventi di mitigazione del dissesto idrogeologico da parte dei decisori politici.

Infatti l'indicatore nazionale della popolazione a rischio idraulico su base comunale è stato impiegato per l'individuazione delle priorità di intervento nell'ambito del Piano stralcio aree metropolitane e urbane contro le alluvioni [Delibera CIPE N. 32/2015]. Gli indicatori di popolazione a rischio frane e alluvioni, insieme a quelli relativi all'erosione costiera e alle valanghe, sono stati utilizzati per la ripartizione dei fondi tra le Regioni [DPCM 5 dicembre 2016] nell'ambito del Piano nazionale contro il dissesto idrogeologico.

Al fine di comunicare e diffondere le informazioni, i suddetti indicatori di rischio sono stati pubblicati nel 2015 nel Rapporto ISPRA sul Dissesto idrogeologico in Italia [Trigila *et al.*, 2015] e sulla piattaforma cartografica di Italia Sicura (<http://mappa.italiasicura.gov.it/>) che consente di visualizzare le mappe di pericolosità e gli indicatori insieme ai dati relativi agli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico del Repertorio ReNDiS e di consultare le informazioni sulle emergenze di Protezione Civile.

Recentemente tali indicatori sono stati integrati nella nuova piattaforma "Mappa dei rischi dei comuni italiani" realizzata dalla Struttura di missione Casa Italia della Presidenza del Consiglio dei Ministri e dall'ISTAT (<http://www.istat.it/it/mappa-rischi>).

## BIBLIOGRAFIA

DPCM del 5 dicembre 2016. *Approvazione dell'indicatore di riparto su base regionale delle risorse finalizzate agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.*

Delibera CIPE N. 32/2015 del 20 febbraio 2015. *Asse-*

*gnazione di risorse ad un piano stralcio di interventi prioritari, per livello di rischio e tempestivamente caratterizzabili, relativi alle aree metropolitane e alle aree urbane con un alto livello di popolazione esposta al rischio.* Trigila A., Iadanza C., Bussetini M., Lastoria B., Barbano A., 2015. *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio.* Rapporto 2015. ISPRA, Rapporti 233/2015.

## Progetto ARMOGEO – Adeguamento della Rete di Monitoraggio Geologico della Lombardia

Luca Dei Cas e Francesco Giudes

ARPA Lombardia

Con Legge Regionale n. 5 del 31.07.2013 di modifica della Legge Regionale n. 16 del 16.08.1999 (Istituzione dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente - ARPA), la Regione Lombardia ha disposto che l'attività del Centro di Monitoraggio Geologico di ARPA Lombardia (CMG) si espliciti nel supporto tecnico-scientifico e nell'attività di prevenzione e controllo agli Enti competenti per gli interventi di protezione civile nelle zone a rischio ambientale anche mediante la progressiva acquisizione (ove necessario tramite specifiche convenzioni) dei sistemi di monitoraggio geologico esistenti sul territorio lombardo, gestiti peraltro da Enti diversi.

La finalità è di sviluppare un'unica rete regionale integrata per la Regione Lombardia garantendone il relativo adeguamento tecnologico e il potenziamento.

Il tale contesto, il progetto ARMOGEO di ARPA Lombardia ha previsto l'adeguamento tecnologico ed il potenziamento delle reti di monitoraggio di n. 18 aree in dissesto presenti sul territorio regionale, secondo propri standard di monitoraggio geotecnico e secondo quanto indicato con DGR n. X/2684 del 14 dicembre 2011.

Con Decreto 479 del 17 settembre 2015 ARPA Lombardia ha aggiudicato il servizio di progettazione esecutiva e realizzazione degli interventi sulle reti di monitoraggio al raggruppamento temporaneo di imprese con capogruppo la Società CAE S.p.A. e le mandanti Field S.r.l., RCT S.r.l., Studio Cancelli Associato e GE-Prof. Ing. M. Manassero.

In particolare la progettazione esecutiva e realizzazione degli interventi riguarda le seguenti reti:

- Torrioni di Rialba (Comune di Abbadia Lariana - LC), Garavina-Monte Piazze (comuni di Colico, Dorio, Sueglio e Vestreno - LC), Vignola (Ponte Nizza - PV), Dos-

senza (Dossena - BG), Garzeno-Catasco (Garzeno - CO), Roncaglia (Pian Camuno - BS), Tezzi (Gandellino - BG), Paisco-Grumello (Paisco Loveno - BS), Burena e Bubegno (San Nazzaro Val Cavargna - CO), Zinville (Sellero - BS), Bindo-Rossiga (Cortenova - LC), Bedolleso (comuni di Colico e Dorio - LC), Val Dagua (Torre Santa Maria - SO), Pagafone (Fuipliano Valle Imagna - BG), Noceno (Vendrognò - LC), Pal (Sonico - BS), Monte Mater (Madesimo - SO).

In data 16.12.2015 è stato sottoscritto tra ARPA Lombardia e il raggruppamento temporaneo di imprese con capogruppo la Società CAE S.p.A. e le mandanti Field S.r.l., RCT S.r.l., Studio Cancelli Associato e GE-Prof. Ing. M. Manassero il contratto di "Affidamento del servizio per l'adeguamento e l'ampliamento della rete geologica di ARPA Lombardia ai sensi della L.R. 31 luglio 2013, n.5 Progetto ARMOGEO".

Il cronoprogramma dell'intervento fornito dal raggruppamento temporaneo di imprese con capogruppo la Società CAE S.p.A. e le mandanti Field S.r.l., RCT S.r.l., Studio Cancelli Associato e GE-Prof. Ing. M. Manassero prevede che i lavori si protrarranno sino a tutta l'estate 2018 e che l'organizzazione dei cantieri con riferimento all'insieme delle attività oggetto di contratto seguirà la seguente successione:

- Garzeno-Catasco (Garzeno - CO);
- Vignola (Ponte Nizza - PV);
- Garavina-Monte Piazze (Colico, Dorio, Sueglio e Vestreno - LC);
- Paisco-Grumello (Paisco Loveno - BS);
- Dossena (Dossena - BG);
- Torrioni di Rialba (Abbadia Lariana - LC);
- Tezzi (Gandellino - BG);

- Bindo-Rossiga (Cortenova – LC);
- Roncaglia (Pian Camuno – BS);
- Burena-Bubegno (San Nazzaro Val Cavargna – CO);
- Zinvill (Sellero – BS);
- Noceno (Vendrognò – LC);
- Bedolesso (Colico e Dorio – LC);
- Pagafone (Fuiplano Valle Imagna – BG);
- Val Dagua (Torre Santa Maria – SO);
- Monte Mater (Madesimo – SO);
- Pal (Sonico – BS).

Allo stato attuale risultano conclusi e pre collaudati gli interventi di Idro, Paisco, Ponte Nizza, Dossena e Torrioni di Rialba e risultano conclusi ed in fase di pre collaudo gli interventi sulle aree di Catasco, Monte Piazze e Tezzi. Risultano altresì in avanzata fase di conclusione le opere relative all'area di Cortenova, mentre in fase iniziale risultano essere il cantiere di San Nazzaro Valcavargna e Zinvill e prossimo all'avvio il cantiere di Pian Camuno. Molto importante risulta sottolineare come, per le aree di Torrioni di Rialba, Garavina-Monte Piazze, Vignola, Dossena, Garzeno-Catasco, Roncaglia, Tezzi, Paisco-Grumello, Burena e Bubegno, Zinvill, Bindo-Rossiga, al fine di definire la loro evoluzione recente, è previsto al termine di un primo periodo di acquisizione dei dati e di eventuali ulteriori osservazioni, uno studio di modellazione atto a definire i possibili scenari di evento e soglie d'allarme determinate sulla base di modelli geologici.

## Utilizzo della modellistica a supporto della gestione degli eventi estremi (piene e magre)

Secondo Barbero, Mariella Graziadei e Milena Zaccagnino  
ARPA Piemonte

Prevedere livelli e portate nei corsi d'acqua e nei canali, con adeguato margine di anticipo, è oggi una necessità consolidata per i più molteplici scopi: dalla riduzione del rischio alluvionale, alla gestione degli stati di scarsità idrica, dall'ottimizzazione della risorsa per uso agricolo e irriguo alla massimizzazione della produzione idroelettrica.

Presso il Centro Funzionale di ARPA Piemonte è operativo il sistema di previsione e gestione delle piene [Barbero, 2005] il cui cuore è costituito dal software MIKE CUSTOMIZED® implementato per il territorio piemontese.

La previsione delle portate fluviali è effettuata attraverso l'applicazione di una serie di modelli numerici che, in base ai dati di input costituiti dalle osservazioni della rete pluvio-idrografica, è in grado di simulare i processi di trasformazione afflussi-deflussi e di formazione e propagazione delle onde di piena lungo gli alvei fluviali. Per gestire la variabilità spaziale delle forzanti atmosferiche e della risposta dei bacini idrografici, il bacino idrografico complessivo è stato suddiviso in 187 sottobacini indipendenti, che costituiscono le unità di base per la modellazione.

Dal punto di vista idraulico, il reticolo coperto dalla simulazione è formato da circa 80 corsi d'acqua e 3 grandi laghi prealpini ed ha una lunghezza complessiva di circa 3.500 km.

I modelli di simulazione con cui è costruito il sistema sono deterministici e fisicamente basati [Barbero, 2001]; si tratta di moduli del software MIKE11 prodotto dal DHI, di seguito brevemente descritti.

- Modulo idrologico di trasformazione afflussi-deflussi: modello deterministico, fisicamente basato, a para-

metri concentrati, costituito da un set di relazioni matematiche collegate fra loro in modo da descrivere quantitativamente la fase terrestre del ciclo dell'acqua. Il modello simula in continuo la variazione di contenuto di acqua di serbatoi distinti e reciprocamente collegati, che rappresentano gli elementi fisici principali del bacino idrografico. I serbatoi riproducono i seguenti processi: accumulo e scioglimento neve, intercettazione, infiltrazione, immagazzinamento nella falda.

- Modulo idraulico: simulazione del flusso in condizioni monodimensionali, stazionarie e non di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali.

Il sistema viene utilizzato per predisporre giornalmente una valutazione delle criticità sul reticolo idrografico piemontese. In Figura 1 si riporta, a titolo di esempio, la valutazione delle piene fluviali emessa il 24 novembre 2016 durante l'evento alluvionale che ha colpito il Piemonte.

La mappa rappresenta il reticolo idrografico principale del Piemonte con alcune delle stazioni idrometriche della Rete di Monitoraggio Regionale (indicate con il pallino). I tratti dei corsi d'acqua evidenziati assumono colorazioni differenti in funzione dei livelli di criticità previsti nelle successive 36 ore.

I livelli di criticità previsti sono 4:

1) assente (colore verde);

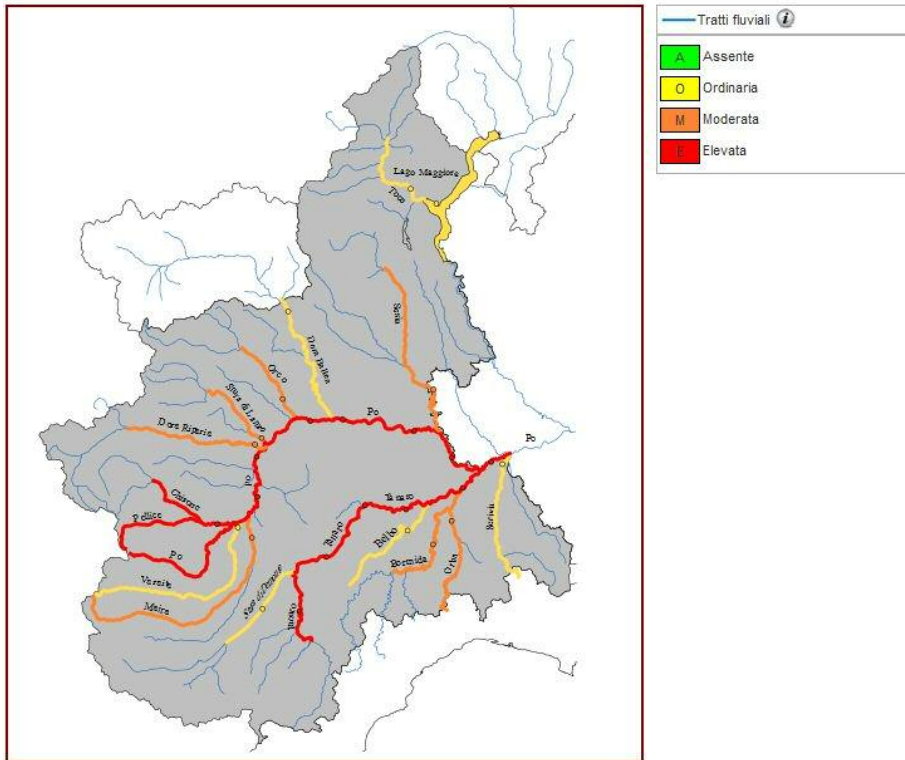
2) ordinaria: la portata occupa tutta la larghezza del corso d'acqua con livelli sensibilmente al di sotto del piano campagna; bassa probabilità di fenomeni di esondazione, prestare attenzione all'evoluzione della situa-

Figura 1: Valutazione delle piene fluviali emessa il 24 novembre 2016

## PIENE FLUVIALI - Valutazione emessa il 24-11-2016 alle ore 11:00 e valida 36 ore

[Mappa piene Fluviali](#)
[Tabella riepilogativa](#)
[Elenco comuni](#)

## Criticità massima nelle 36 ore dall'emissione.



Fonte: ARPA Piemonte

zione (colore giallo);

3) moderata: la portata occupa l'intera sezione fluviale con livelli d'acqua prossimi al piano campagna; alta probabilità di fenomeni di inondazione limitati alle aree golenali e moderati fenomeni di erosione (colore arancione);

4) elevata: la portata non può essere contenuta nell'alveo; alta probabilità di fenomeni di inondazione estesi alle aree distali al corso d'acqua e di intensi fenomeni di erosione e di alluvionamento (colore rosso).

Il sistema modellistico fin qui descritto viene utilizzato anche a supporto della gestione delle risorse idriche per rispondere alle esigenze di perseguire l'obiettivo della sostenibilità ambientale, come integrazione tra fabbisogni e utilizzazioni. Il modello di bilancio idrico fornisce un contributo alle attività conoscitive sull'utilizzo della risorsa idrica in occasione delle situazioni di crisi che interessano il bacino del fiume Po nell'ambito dell'Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici coordinato dal Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Per la simulazione del ciclo idrologico, sono rappresentati e vengono gestiti nel modello i dati informativi sulle reti idrografiche e le relative interconnessioni con i fattori antropici (utenze, serbatoi, impianti idroelettrici, acque superficiali, acque sotterranee, afflussi-deflussi e qualità dell'acqua) [Barbero, 2014]. Il sistema è stato configurato per ricevere, come input idrologico le serie delle portate fornite in continuo dal modello afflussi-deflussi precedentemente descritto.

La porzione piemontese del bacino del fiume Po presenta caratteristiche particolarmente complesse ed eterogenee, comprendendo sia torrenti con tempi di risposta molto rapidi sia corsi d'acqua con caratteristiche di tipo fluviale. Il regime idrologico risulta condizionato, oltre che dalle precipitazioni dai processi di fusione nivale, dalle regolazioni degli invasi e dei laghi, dagli scambi con la falda e dalle numerose derivazioni. Nel modello di bilancio il territorio è stato discretizzato in 900 sottobacini, comprendendo un migliaio di utenze idroelettriche, irrigue o idropotabili e 40 invasi.

Quotidianamente viene simulata l'evoluzione delle portate dei corsi d'acqua nei dieci giorni successivi ed i corrispondenti deficit di acqua superficiale ai principali nodi di prelievo irriguo. I risultati delle simulazioni effettuate possono essere aggregati a differenti scale in termini di stima della portata totale derivata per uso irriguo e di deficit percentuale rispetto alle portate di concessione.

La conoscenza dettagliata del sistema di prelievi che insistono sulla regione, unita alla simulazione tramite modello numerico di scenari climatologici e gestionali, consentono un maggiore controllo dei principali elementi di alterazione della risorsa e la loro incidenza nei periodi caratterizzati da criticità idrica. Inoltre, il modello gestionale così strutturato potrà diventare anche uno strumento di supporto alla pianificazione finalizzata al riordino organico delle utenze all'interno di un ambito

idrografico e nelle istruttorie tecniche relative alla domanda di concessione.

#### BIBLIOGRAFIA

Barbero S., Rabuffetti D., Buffo M., Graziadei M., 2001. *Development of a Real Time Physically-Based Flood Forecasting System in the Piemonte Region, Italy*. 4<sup>th</sup> DHI Software Conference, Helsingør, Denmark.

Barbero S., Rabuffetti D., 2005. *Operational hydro-meteorological warning and real time flood forecasting: the Piemonte region case study*. European Geosciences Union - Hydrology and Earth System Sciences, 9(4), pp. 457-466.

Barbero S., Graziadei M., Zaccagnino M., Comune E., Torretta S., 2014. *Sistema modellistico di supporto alla previsione e gestione di situazioni di scarsità idrica in Piemonte*. XXXIV Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, 7-10 settembre 2014 Bari.

## Inventario nazionale degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (D.Lgs. 105/2015, art.5, comma 3 e art.13, commi 1 e 9)

Francesco Astorri, Antonella Pellegrini, Simona Ciattoni  
ISPRA

Un'attività dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA), già consolidata nel corso degli anni e ora ulteriormente ampliata dal D.Lgs. 105/2015, è la predisposizione, la gestione e l'aggiornamento dell'Inventario nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti, di cui il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM) mantiene l'indirizzo e il coordinamento, ai sensi dell'art. 5, comma 3 del sopracitato decreto.

Attualmente l'Istituto, essendo il destinatario delle notifiche telematiche da parte dei gestori, verifica la completezza e conformità delle stesse, (art. 13, comma 9) e garantisce la comunicazione di informazioni corrette verso la Commissione europea a sensi dell' art. 21 comma 3 della Direttiva Comunitaria 2012/18/UE (Seveso III) e della decisione europea 895/2014.

L'Inventario, utilizzato dunque al fine della trasmissione per via telematica delle notifiche da parte dei gestori e dello scambio delle informazioni tra le amministrazioni competenti a livello centrale e regionale, assume un ruolo centrale come strumento per il monitoraggio e la verifica dell'attuazione di tale direttiva grazie alle funzionalità di interrogazione/consultazione del DB in esso implementate.

ISPRA, grazie alla sinergia tra Servizio rischio industriale e Direzione Informatica, ha predisposto due applicativi Web, il "Seveso III.0" e il "Seveso-Query" finalizzati, rispettivamente, alla trasmissione telematica da parte dei gestori delle notifiche ex art. 13 D.lgs 105/2015 e alla consultazione, da parte delle Pubbliche Amministrazioni destinatarie delle notifiche, dei dati contenuti nelle sezioni del modulo di cui all'allegato 5 stesso D.lgs

105/2015.

L'applicativo Seveso III.0, è in uso e ha consentito:

- la trasmissione telematica, da parte dei gestori, delle notifiche di circa il 90% degli stabilimenti (in via di completamento entro dicembre 2017);
- l'aggiornamento delle notifiche cartacee precedentemente inviate da parte dei gestori;
- l'utilizzo dei dati già inseriti e quindi la limitazione dell'impegno degli stessi gestori alle sole sezioni da modificare.

Il sistema è dotato di elevata flessibilità in quanto se da un lato le informazioni che inserisce il gestore attraverso il Seveso III.0 riflettono strettamente lo standard legislativo, ovvero il format del modulo di Allegato 5 al D.lgs 105/2015, il sistema di gestione in "back office" di tali informazioni dispone di una moltitudine di funzioni di consultazione, interrogazione e riepilogo dei dati che possono essere implementate e distribuite modulando in funzione di diversi livelli di utilizzo coerentemente con le esigenze operative e informative degli utenti.

L'applicativo "Seveso-Query" consente ai soggetti autorizzati, la consultazione delle informazioni contenute nelle notifiche presentate mediante Seveso III. Il Seveso Query, in particolare, contiene un pacchetto di funzionalità, la cui struttura è stata condivisa con il MATTM, che risponde, alla specifica esigenze di mettere a disposizione delle amministrazioni destinatarie della notifica, o di chi ne faccia richiesta, la consultazione dei dati dell'Inventario (art. 13, comma 5). Oltre alle informazioni contenute nelle notifiche, Seveso Query è corredato da funzionalità aggiuntive di consultazione di dati, non con-



---

tenute in maniera specifica nelle notifiche, bensì provenienti da altre amministrazioni (esiti istruttorie RdS, PEE, esiti Ispezioni SGS, ecc.) che vengono progressivamente inserite dai funzionari di ISPRA per rispondere alle ulteriori esigenze, di cui all'art. 5, comma 3.

Inoltre, per rispondere alle specifiche richieste di cui all'art. 5, comma 2, punto e), è stata sviluppata la funzionalità che permette di generare in tempo reale, in automatico e a partire dai dati inseriti dai gestori attraverso il Seveso III.O, il file xml conforme alle specifiche fornite dalla Commissione Europea (ufficio JRC-MAHB di Ispra-Varese) nonché l'upload di questo nella banca dati europea e-SPIRS nelle modalità di cui alla decisione 2014/895/UE.

L'applicativo è tuttora in fase di ottimizzazione per consentire anche la visualizzazione delle informazioni inserite nella versione dell'Inventario Nazionale in uso per il D.Lgs. 334/99 e s.m.i. ora sostituito, per le stesse tematiche, dal D.Lgs. 105/2015; è in previsione che Seveso Query consenta la visualizzazione delle informazioni anche ai cittadini interessati (profilazione pubblica).

Si prevede infine la realizzazione della nuova release dell'Inventario Nazionale per il D.Lgs. 105/2015 che sostituirà definitivamente la precedente versione.

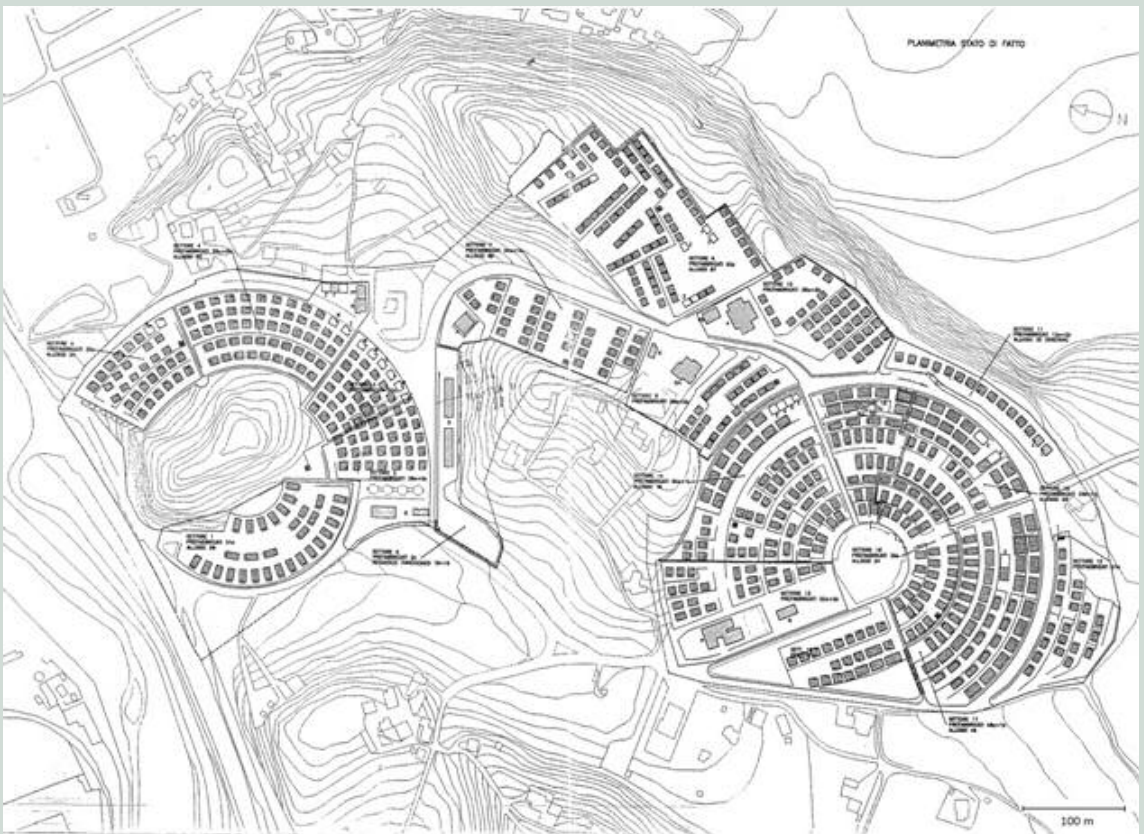
## Amianto antropico: Caso di studio “La cittadella di Bucaletto” – Potenza

Luigi Leone, Francesco D’Avino, Giacomo Malvasi  
ARPA Basilicata

L’amianto è un minerale naturale a struttura microcristallina e di aspetto fibroso appartenente alla classe chimica dei silicati ed alle serie mineralogiche del serpentino e degli anfiboli.

Lo sviluppo della produzione industriale di materiali contenenti amianto risale alla fine del 1800. Svariati sono stati gli utilizzi dell’amianto: nel settore metalmeccanico, in tutti i materiali sottoposti a frizione e surriscaldamento, nel settore tessile, nel settore cartario ed in molti settori dell’indotto di queste produzioni. Nel settore edile tale minerale è stato ampiamente usato soprattutto come cemento-amianto. Il massiccio utilizzo in passato è dovuto alle proprietà fisico-chimiche dell’amianto; la fibra grezza veniva lavorata per realizzare

**Figura 1: Planimetria de “La Cittadella di Bucaletto”**



Fonte: Comune di Potenza

---

prodotti adattabili a molteplici usi. Nel tempo, però, tale materiale si è rivelato nocivo per l'uomo. La pericolosità consiste nella capacità dei materiali contenenti amianto di rilasciare fibre potenzialmente inalabili. L'esposizione alle fibre di amianto è associata a malattie dell'apparato respiratorio (asbestosi, carcinoma polmonare) e delle membrane sierose, principalmente la pleura (mesotelioma). Esse si manifestano dopo molti anni dall'esposizione: da 10 - 15 per l'asbestosi ad anche 20 - 40 per il carcinoma polmonare ed il mesotelioma.

Sul tema specifico del cemento-amianto, il Centro Regionale Amianto dell'ARPA Basilicata ha condotto un monitoraggio nella "cittadella di Bucaletto", una contrada alla periferia di Potenza nata per ospitare temporaneamente gli sfollati del terremoto dell'Irpinia del 1980, dove sono stati costruiti circa 500 prefabbricati, alloggi temporanei per i cittadini in attesa di nuove abitazioni definitive; alloggi che ancor oggi ospitano oltre 2.000 residenti (Figura 1).

Uno dei rischi ambientali in cui si trova il quartiere Bucaletto è la presenza di amianto nella struttura dei prefabbricati. La presenza di amianto inglobato in matrice compatta non costituisce un pericolo fintanto che non si effettuino tagli, abrasioni, perforazioni o a causa di deterioramenti causati dal tempo e dagli agenti atmosferici che possono provocare il rilascio di fibre libere in aria.

Prelievi di campioni massivi e monitoraggi ambientali per rilevare la presenza di amianto nel Rione Bucaletto del Comune di Potenza sono stati effettuati a partire dal 1995, quando il Centro Regionale Amianto faceva parte del Settore Fisico del Presidio Multizonale di Prevenzione (P.M.P.). I campionamenti e le successive analisi sono state effettuate sempre su richiesta del Comune di Potenza, dell'Autorità Giudiziaria, dell'Azienda Sanitaria Locale di Potenza e anche della Regione Basilicata. Sono stati prelevati complessivamente 67 campioni di cui 30 massivi e 37 aerodispersi.

Le analisi dei campioni massivi sono state effettuate uti-

lizzando la tecnica FT-IR (spettrometria infrarossa a trasformata di Fourier) o la tecnica SEM (microscopia elettronica a scansione), le analisi dei campioni di aerodispersi sono state effettuate esclusivamente utilizzando la tecnica della Microscopia Elettronica a Scansione con spettrometro a dispersione di energia.

Nella maggior parte dei campioni massivi (frammenti di materiali solidi) si è riscontrata la presenza di amianto, così come era lecito attendersi, mentre nei 37 campioni di aerodispersi, prelevati nel corso degli anni, non sono state rilevate fibre di amianto.

## Gestione dei materiali contenenti amianto derivanti dalla demolizione dei “casotti” della Spiaggia del Poetto di Cagliari

Simona Argiolas<sup>1</sup>, Ivana Dettori<sup>2</sup>, Sergio Pilurzu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Comune di Cagliari, <sup>2</sup>ARPA Sardegna

La spiaggia del Poetto di Cagliari si estende per circa 8 km, dalla Sella del Diavolo sino al litorale di Quartu Sant'Elena. I primi stabilimenti balneari cominciano a sorgere nel primo decennio del 1900. Negli anni 20 agli stabilimenti balneari si aggiungono i casotti e le colonie

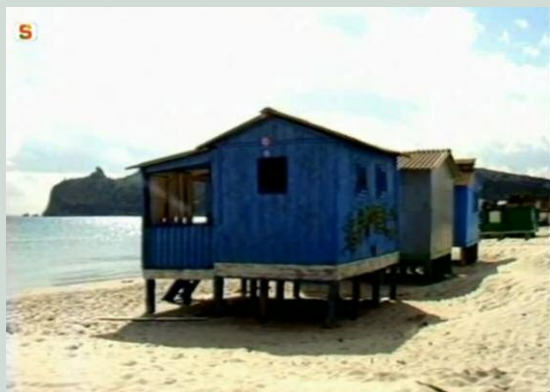
marine; alla fine degli anni 50, oltre agli stabilimenti balneari, si contavano più di 1400 casotti, abitualmente utilizzati come residenza estiva delle famiglie cagliaritanne (Figura 1).

Nel 1986, il Ministero della Marina Mercantile diffidò il

**Figura 1: La spiaggia del Poetto e i casotti tra il 1954 e il 2013**



Figura 2: I casotti del Poetto e la loro distruzione



Fonte: Regione Autonoma della Sardegna – [www.sardegna.digitalibrary.it](http://www.sardegna.digitalibrary.it)

Sindaco di Cagliari ad intervenire con demolizione forzata, a causa delle precarie condizioni igieniche del litorale. Conseguentemente si procedette al loro abbattimento, alla rimozione e allo smaltimento dei materiali di risulta, con operazioni di demolizione mediante mezzi d'opera cingolati.

Tali interventi sostanzialmente “radevano al suolo” le strutture in legno, compresi i loro scarichi (fosse settiche disperdenti, molte di queste in cemento-amianto) con tutti i materiali strutturali (Figura 2). Tra questi le coperture, che al tempo erano per la maggiore parte realizzate con lastre ondulate di “Eternit”, contenenti una percentuale in fibre di amianto di circa il 14%. Il passaggio ripetuto dei mezzi cingolati sui materiali di risulta ha comportato la frantumazione delle lastre e la loro dispersione al di sotto dello strato superficiale della sabbia.

Per rimediare alla scomparsa della spiaggia del versante cagliaritano, nel 2002 è stato tentato un ripascimento, attraverso un sistema di draghe che ha prelevato la sabbia a qualche centinaio di metri dalla riva e deposto la stessa nell'arenile.

Nel maggio 2012 furono rinvenuti, tra la sabbia del Poetto, alcuni frammenti di materiali contenenti fibre di

amianto (MCA), verosimilmente parti delle coperture dei casotti. Secondo quanto previsto dal Testo Unico Ambientale fu quindi attivato un procedimento di rimozione rifiuti, caratterizzazione e bonifica.

La progettazione e la metodologia di intervento, condivisa tra gli enti competenti (Comune di Cagliari, Provincia di Cagliari, ARPAS e Regione Autonoma della Sardegna), ha previsto un'indagine storica con individuazione dell'area di intervento, suddivisa in tre lotti, la ricerca visiva dei frammenti affioranti, la rastrellatura manuale delle sole parti interessate da vegetazione autoctona, la rastrellatura manuale, ripetuta sino a 8 volte, della superficie dell'arenile, l'aratura e la rastrellatura a profondità di circa 40 cm dell'arenile ed infine la rimozione dei rifiuti.

In uno dei lotti è stato eseguito un intervento sperimentale di grigliatura meccanica, con vaglio da 3 cm per una profondità media di 230 mm, finalizzato a valutare l'efficacia di rimozione dei manufatti in rapporto al rischio di dispersione delle fibre di amianto. Quest'ultimo fattore è stato valutato preponderante e la grigliatura meccanica è stata abbandonata a favore della rastrellatura manuale.

L'intervento ha interessato un'area complessiva di circa 160.000 metri quadri e ha prodotto una raccolta



di 423 kg di MCA, smaltiti a norma di legge. Inoltre, durante i lavori, è stato eseguito un monitoraggio della qualità dell'aria, con 5 stazioni interne al cantiere e 1 esterna a esso, che ha escluso presenza di fibre di amianto.

Infine, a completamento della ricerca e rimozione dei frammenti di MCA, è stata eseguita una campionatura a maglia regolare della sabbia; le determinazioni di laboratorio hanno escluso la presenza di fibre di amianto oltre al limite di legge e hanno consentito la chiusura del procedimento.

Il monitoraggio della qualità dell'aria è stato ripetuto a fine stagione balneare ed ha confermato l'assenza di fibre di amianto.

Considerate le modalità di demolizione dei casotti e l'apporto di sabbia intervenuto nel 2002 con il ripascimento, è stata ritenuta tecnicamente non possibile la completa rimozione dei frammenti di MCA, verosimilmente sepolti anche a elevate profondità, per cui è stata attivata e pubblicizzata una procedura di segnalazione da parte dei cittadini, tramite numero verde dedicato, e sono state programmate ulteriori attività di ricerca e raccolta dei MCA nei punti di probabile accumulo e a maggiori profondità.

Un ulteriore intervento di rimozione di MCA è stato eseguito nel 2014 nell'area di circa un ettaro, in cui, nel 1986, furono accumulati i residui dei casotti demoliti. L'intervento, eseguito mediante rastrellatura manuale per filari paralleli e ripetuta perpendicolarmente, ha prodotto una raccolta di circa 20 chilogrammi di MCA, successivamente smaltiti a norma di legge.

Nella stessa area, nel 2015, l'intervento è stato ripetuto mediante preliminare rastrellatura per eliminare i frammenti emersi dopo le mareggiate, successiva aratura, rimozione dei frammenti di MCA rinvenuti e esecuzione random di pozzetti di ispezione 40x40 cm sino alla profondità massima consentita dalla presenza dell'acqua (45 cm), al fine di individuare punti di accumulo dei manufatti contenenti amianto. In diversi

punti è stata riscontrata la presenza di frammenti di lastre e tubazioni riconducibili per forma e dimensioni alle vecchie fosse settiche un tempo ubicate al di sotto dei casotti. Successivamente al ripristino morfologico, è stata effettuata un'ulteriore rastrellatura sull'arenile, per rimuovere eventuali frammenti di MCA. Durante tutte le operazioni la qualità dell'aria è stata monitorata attraverso l'utilizzo di 3 stazioni, che non hanno rilevato presenza di fibre di amianto. Complessivamente l'intervento ha consentito di rimuovere 960 kg di frammenti di MCA, 5.380 kg di sabbia frammista a piccoli frammenti di MCA e 15 m<sup>2</sup> misti di inerti da demolizione.

Nel 2016 e 2017 è proseguita l'attività di raccolta dei frammenti di MCA affiorati dopo le mareggiate e segnalati dai cittadini. L'informazione pubblica sulla possibilità e necessità di segnalare la presenza di possibili MCA nella spiaggia del Poetto, che dal 2014 ha consentito di rimuovere circa 50 kg di frammenti di Eternit, ha sensibilizzato la popolazione sul problema delle fibre di amianto e ha determinato numerosi interventi di rimozione sull'intero territorio comunale.

Dal 2018 e per i prossimi 9 anni, le attività di rimozione dei frammenti di MCA nella spiaggia del Poetto prevedono la verifica preliminare annuale dell'intera spiaggia in cui potrebbero essere venuti alla luce eventuali rifiuti a causa delle azioni combinate delle maree e degli eventi meteorologici e loro raccolta settimanale e rimozione e trasporto a smaltimento autorizzato. Inoltre rimarrà attivo il servizio di segnalazione a disposizione dei cittadini mediante i canali istituzionali. La procedura di ricerca e rimozione di frammenti di materiali contenenti amianto utilizzata per la spiaggia del Poetto di Cagliari è stata utilmente applicata nella predisposizione del Piano di Caratterizzazione per la rimozione di MCA nel litorale di Torregrande, Comune di Oristano, approvato nella Conferenza di Servizi tenutasi il 19 dicembre 2016. Le operazioni previste da Piano sono, a tutt'oggi, in fase di esecuzione.

# 6. RIFIUTI

Cristina Frizza, Andrea M. Lanz  
ISPRA

## Messaggi chiave

Tutti gli atti strategici e regolamentari dell'Unione Europea pongono come obiettivo prioritario l'uso sostenibile delle risorse, correlandolo alla gestione sostenibile dei rifiuti. L'obiettivo è quello di garantire che il consumo delle risorse rinnovabili e non rinnovabili e l'impatto che esso comporta non superi la capacità di carico dell'ambiente e di ottenere lo sganciamento dell'uso delle risorse dalla crescita economica mediante un significativo miglioramento dell'efficienza dell'uso delle stesse, attuata attraverso la "dematerializzazione" dell'economia e la

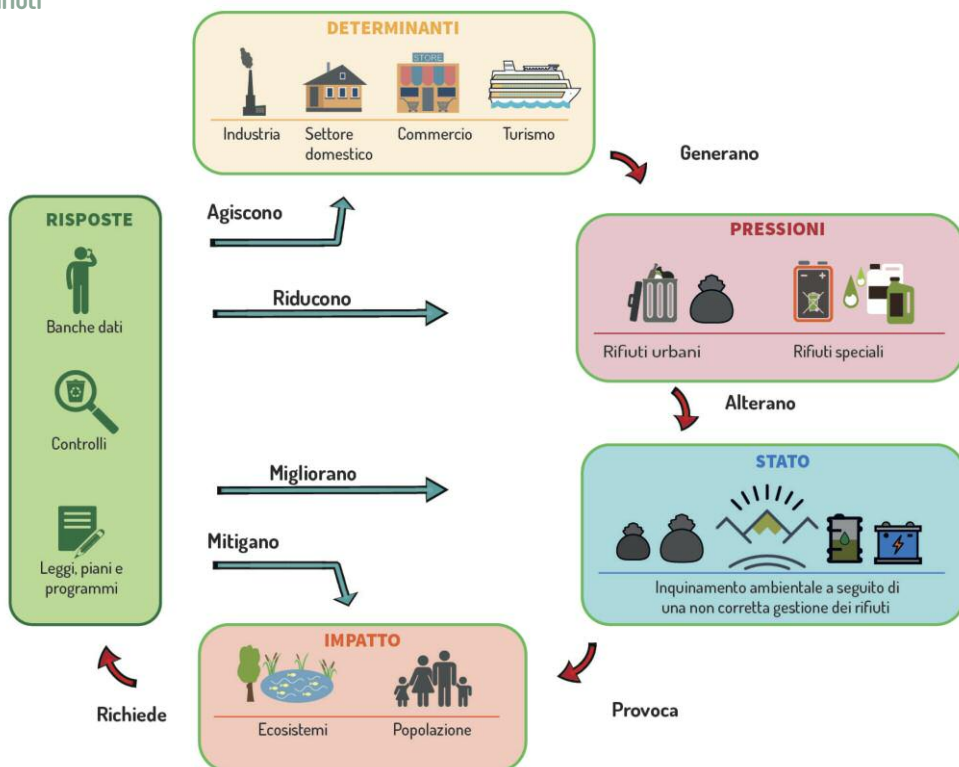
prevenzione dei rifiuti della produzione.

Tra il 2015 e il 2016 la crescita della produzione dei rifiuti urbani (+2%) è in linea con l'andamento degli indicatori socio-economici facendo, pertanto, riscontrare una sostanziale assenza di disaccoppiamento.

## Introduzione

L'acquisizione delle informazioni sulla produzione e sulla raccolta differenziata dei rifiuti urbani si basa sulla predisposizione e l'invio di appositi questionari ai soggetti pubblici e privati che, a vario titolo, raccolgono informazioni in

DPSIR\_Rifiuti



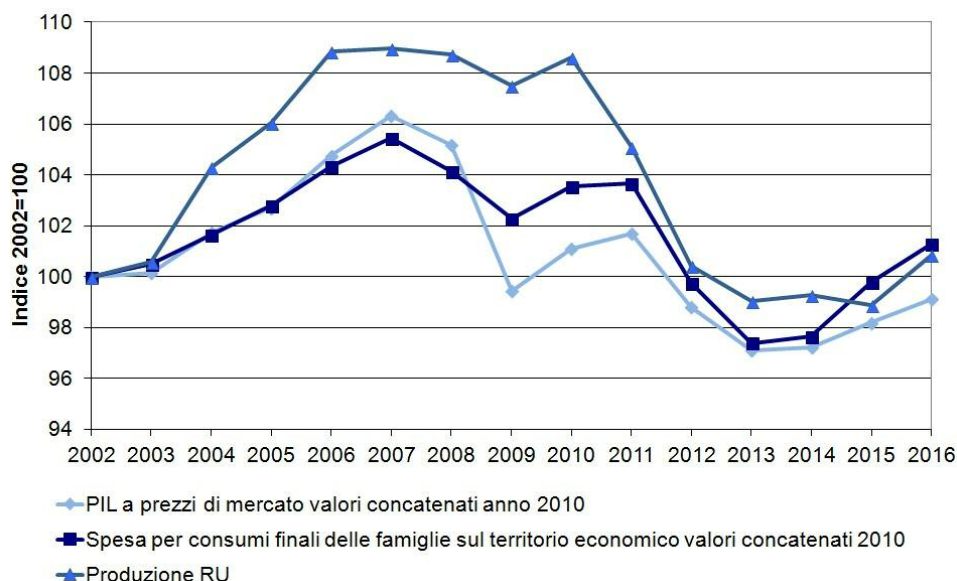


materia di gestione dei rifiuti urbani. In particolare, le informazioni sono richieste alle Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente, alle Regioni, alle Province, agli Osservatori regionali e provinciali sui rifiuti e, in alcuni casi, alle imprese di gestione dei servizi di igiene urbana. In caso di limitata disponibilità d'informazione l'elaborazione è completata ricorrendo alle banche dati MUD. In assenza totale di dati, ISPRA procede, invece, all'effettuazione di stime (attraverso un metodo ormai consolidato e utilizzato da diversi anni) al fine di quantificare il dato di produzione dei rifiuti urbani indifferenziati prodotti. I dati sulla gestione dei rifiuti urbani e dei rifiuti speciali sono acquisiti mediante la predisposizione e l'invio di appositi questionari a tutte le amministrazioni compe-

tenti al rilascio delle autorizzazioni e ai diversi soggetti pubblici e privati che, a vario titolo, raccolgono informazioni in materia di rifiuti (sezioni regionali e provinciali del catasto dei rifiuti, regioni e province) e attraverso l'elaborazione delle banche dati MUD.

In alcuni casi, si procede anche all'effettuazione di indagini puntuali sui singoli impianti di gestione dei rifiuti, al fine di superare dubbi e incongruenze emersi nella fase di confronto dei dati provenienti da diverse fonti. Il complesso lavoro di confronto e validazione dei dati consente di aggiornare annualmente il quadro del sistema impiantistico e di effettuare una valutazione sull'intero sistema di trattamento/recupero/smaltimento dei rifiuti in Italia.

**Figura 6.1: Andamento della produzione dei rifiuti urbani e degli indicatori socio economici, anni 2002 - 2016. Note: sono stati assunti pari a 100 i valori della produzione dei rifiuti urbani, del PIL e della spesa delle famiglie dell'anno 2002**



Fonte: ISPRA; dati degli indicatori socio economici: ISTAT

## La produzione dei rifiuti urbani e speciali

Nel 2016, la produzione nazionale dei rifiuti urbani (RU) è pari a 30,1 milioni di tonnellate, con un aumento rispetto al 2015 del 2% (+590 mila tonnellate circa).

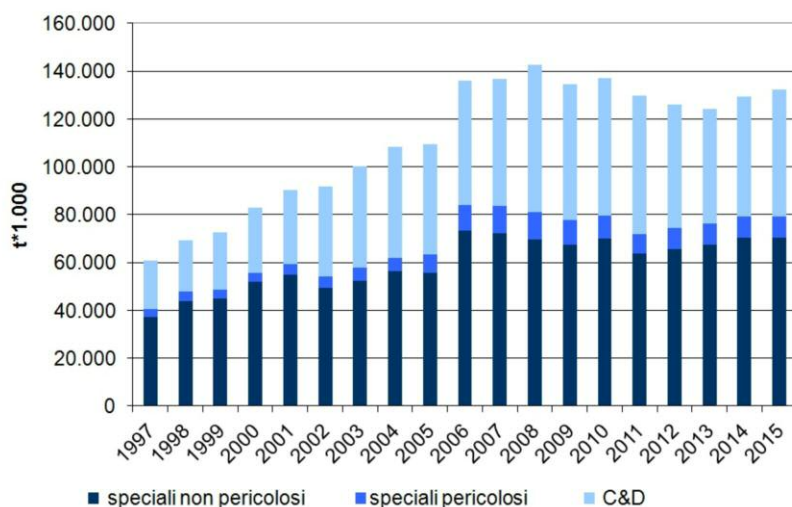
Va evidenziato che il dato 2016 è stato determinato adottando una nuova metodologia di calcolo, introdotta dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, 26 maggio 2016, che si discosta in parte da quella precedentemente utilizzata. In particolare, la nuova metodologia include nel dato di produzione degli RU i rifiuti inerti prodotti da piccoli interventi di rimozione eseguiti nelle abitazioni, che in base alla precedente metodologia di ISPRA (applicata sino al 2015) erano invece conteggiati come rifiuti speciali. Per effetto di tale modifica il dato di produzione dei RU è elevato di circa 350 mila tonnellate rispetto a quello che si sarebbe ottenuto applicando la precedente metodo-

logia. Nell'ultimo anno si riscontra, in ogni caso, un'inversione di tendenza rispetto all'andamento del precedente periodo 2011-2015, nel quale si era rilevata una progressiva riduzione della produzione totale dei rifiuti urbani.

La crescita della produzione dei rifiuti urbani è in linea con l'andamento degli indicatori socio-economici. La spesa per consumi finali sul territorio economico delle famiglie residenti e non residenti fa infatti rilevare, tra il 2015 e il 2016, un incremento dell'1,5%, sia per il dato a valori correnti che per quello a valori concatenati con l'anno 2010, mentre il prodotto interno lordo a valori correnti mostra una crescita dall'1,7% (l'aumento del PIL a valori concatenati è pari al +0,9%, Figura 6.1).

La produzione dei rifiuti urbani cresce in tutte le macroaree geografiche, con un aumento percentuale più rilevante nel Nord Italia (+3,2%) e più contenuto nel Mezzogiorno (+1,1%) e nel Centro (+0,9%).

Figura 6.2: Produzione dei rifiuti speciali totali in Italia



Fonte: ISPRA

In valore assoluto il quantitativo di RU prodotti nel 2016 è pari a quasi 14,2 milioni di tonnellate al Nord, 6,6 milioni di tonnellate al Centro e circa 9,4 milioni di tonnellate al Sud. La produzione pro capite, raggiunge 497 kg per abitante per anno, con una crescita, rispetto al 2015, di 10 kg per abitante per anno. Al Nord il valore si attesta a 510 kg per abitante per anno (16 kg in più rispetto al 2015), al Centro a 548 kg per abitante per anno (5 kg per abitante in più rispetto al precedente anno) e al Sud a 450 kg per abitante per anno (+6 kg per abitante).

La produzione nazionale dei rifiuti speciali si attesta, negli anni 2014 e 2015, rispettivamente, a 129,3 milioni di tonnellate e 132,4 milioni di tonnellate, facendo registrare un aumento del 2,4%, corrispondente a oltre 3,1 milioni di tonnellate. In particolare, rispetto al 2014, la produzione totale di rifiuti speciali non pericolosi mostra un incremento in termini quantitativi di oltre 2,8 milioni tonnellate (+2,3%), imputabile per la maggior parte ai rifiuti da operazioni di costruzione e demolizione (Figura 6.2). La produzione di rifiuti speciali pericolosi aumenta del 3,4%, corrispondente in termini quantitativi a poco più di 300 mila tonnellate. Nel dato complessivo sono compresi i quantitativi di rifiuti provenienti dal trattamento dei rifiuti urbani, in quanto classificati come rifiuti speciali ai sensi della normativa vigente.

L'analisi dei dati per attività economica (secondo la classificazione Ateco 2007) evidenzia che il maggior contributo alla produzione complessiva dei rifiuti speciali, nel biennio in esame, è dato dal settore delle costruzioni e demolizioni (Ateco da 41 a 43), con una percentuale pari al 41,1% (40,1% nel 2014). Seguono le attività di trattamento dei rifiuti e di risanamento, rientranti nelle categorie Ateco 38 e 39, con una percentuale, nel 2015, del 27,1% (27,3% nel 2014) e le attività manifatturiere (Ateco da 10 a 33) che, prese nel loro complesso, contribuiscono per il 20,1% al totale della produzione

(20,6% nel 2014). Le altre attività economiche incidono, nel loro insieme, per circa l'11,7% (11,9% circa nel 2014) sulla produzione totale dei rifiuti speciali. La ripartizione percentuale delle diverse attività economiche è stata calcolata sul totale della produzione dei rifiuti al netto dei quantitativi per i quali non risulta nota l'attività economica o i codici CER, e che pertanto non possono essere collocati in uno specifico settore produttivo o non possono essere opportunamente classificati.

### La gestione dei rifiuti

Nel 2016, la percentuale di raccolta differenziata si attesta al 52,5% circa della produzione nazionale, facendo rilevare una crescita di 5 punti rispetto al 2015 (47,5 %). Tale incremento, al pari di quello rilevato per il dato di produzione, è però in parte attribuibile al cambiamento della metodologia di calcolo. I criteri individuati dal decreto 26 maggio 2016 prevedono, infatti, che siano incluse nella raccolta differenziata alcune frazioni precedentemente non contabilizzate, quali gli scarti della selezione della multimateriale, i rifiuti da spazzamento stradale destinati a recupero e i rifiuti da costruzione e demolizione provenienti da piccoli interventi di rimozione condotti presso le abitazioni.

Nonostante l'ulteriore incremento non viene, tuttavia, ancora conseguito, a livello nazionale, l'obiettivo fissato dalla normativa per il 2011 (60%).

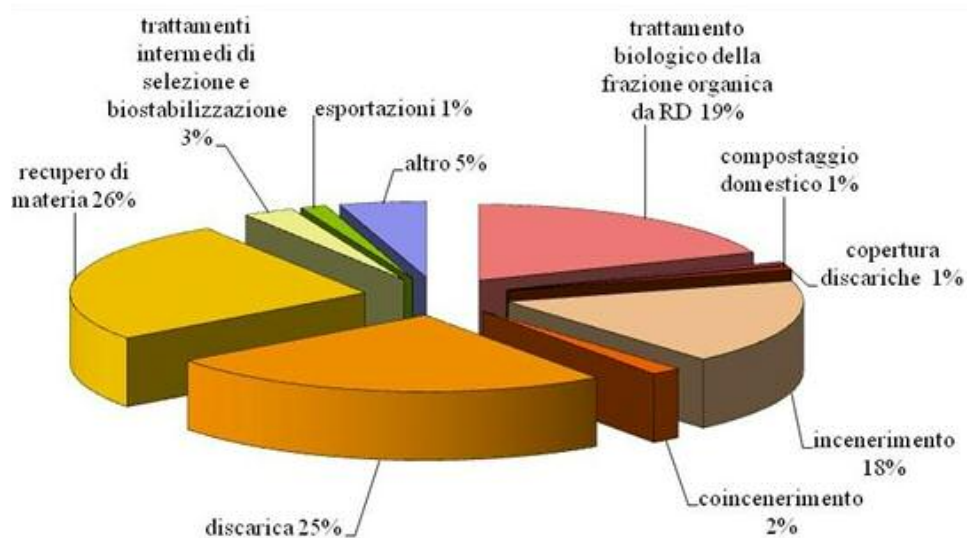
La situazione della raccolta differenziata appare notevolmente diversificata a livello di macroarea geografica. Nel Nord, infatti, la raccolta si colloca a 9,1 milioni di tonnellate, nel Centro a 3,2 milioni di tonnellate e nel Sud a 3,5 milioni di tonnellate. Tali valori si traducono in percentuali, calcolate rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani di ciascuna macroarea, pari al 64,2% per le regioni settentrionali, al 48,6% per quelle del Centro e

al 37,6% per le regioni del Mezzogiorno. L'analisi dei dati sulla gestione dei rifiuti urbani, relativi al 2016 evidenzia che lo smaltimento in discarica interessa il 25% dei rifiuti urbani prodotti. Il riciclaggio delle diverse frazioni provenienti dalla raccolta differenziata o dagli impianti di trattamento meccanico biologico dei rifiuti urbani raggiunge, nel suo insieme il 45% della produzione: il 19% è costituito dal recupero di materia della frazione organica da RD (umido+verde) e oltre il 26% dal recupero delle altre frazioni merceologiche. Il 18% dei rifiuti urbani prodotti è incenerito, mentre circa il 2% viene inviato ad impianti produttivi, quali i cementifici, centrali termoelettriche, ecc., per essere utilizzato all'interno del ciclo produttivo e per produrre energia; l'1% viene utilizzato, dopo adeguato trattamento, per la ricopertura delle discariche, il 3%, costituito da rifiuti

derivanti dagli impianti TMB, viene inviato a ulteriori trattamenti quali la raffinazione per la produzione di CSS o la biostabilizzazione, l'1% è esportato (433 mila tonnellate) e un'analoga percentuale è gestita direttamente dai cittadini attraverso il compostaggio domestico. Infine, nella voce "altro" (5%), sono incluse le quantità di rifiuti che rimangono in giacenza alla fine dell'anno presso gli impianti di trattamento, le perdite di processo, nonché i rifiuti prodotti dagli impianti di trattamento meccanico biologico la cui destinazione non è desumibile dalla banca dati MUD.

I rifiuti speciali gestiti in Italia, nel 2015, sono 136 milioni di tonnellate, di cui 127,7 milioni di tonnellate (93,8% del totale gestito) da rifiuti non pericolosi e 8,4 milioni di tonnellate (6,2% del totale gestito) da pericolosi. L'ammontare totale è comprensivo dei rifiuti rimasti in stoc-

**Figura 6.3: Ripartizione percentuale della gestione dei rifiuti urbani, 2016**



Fonte: ISPRA

caggio, al 31/12, presso gli impianti e i produttori, (14,6 milioni di tonnellate).

Al totale gestito, si aggiungono 11,4 milioni di tonnellate di rifiuti speciali derivanti dal trattamento di rifiuti urbani e computati nel ciclo di gestione degli stessi.

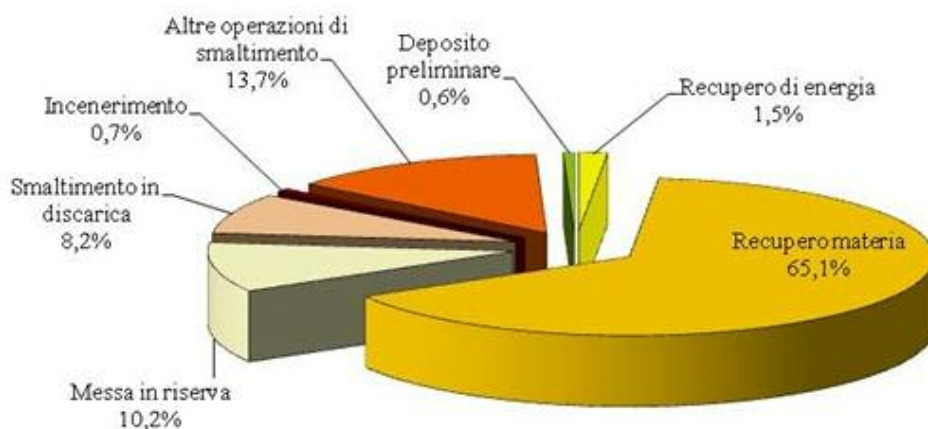
La Figura 6.4, riporta le percentuali di rifiuti speciali avviati alle diverse forme di gestione, compresi i rifiuti in giacenza a fine anno 2015.

Rispetto al totale gestito, si osserva che, il recupero di materia (da R2 a R12), costituisce la quota predominante, il 65,1% (88,6 milioni di tonnellate), seguono con il 13,7% (18,6 milioni di tonnellate) le altre operazioni di smaltimento (D8, D9, D13, D14) e, con l'8,2% (11,2 milioni di tonnellate) lo smaltimento in discarica (D1). Appaiono residuali, con l'1,5% e con lo 0,7%, le quantità avviate al recupero di energia e all'incenerimento. Alla "Messa in riserva" (R13) e al "Deposito preliminare" (D15) pari, rispettivamente, al 10,2% e allo 0,6%, sono avviati complessivamente 14,6 milioni di tonnellate di rifiuti, che

nell'anno di riferimento non sono destinati ad ulteriori operazioni di recupero/smaltimento, ma permangono in giacenza presso gli impianti di gestione ovvero presso il produttore.

Complessivamente, la messa in riserva di rifiuti speciali prima dell'avvio ad operazioni di recupero, è pari a 13,8 milioni di tonnellate, mentre, il deposito preliminare alle operazioni di smaltimento è pari a 787 mila tonnellate.

Figura 6.4: Ripartizione percentuale della gestione dei rifiuti speciali, 2015



Fonte: ISPRA

## La Campania e l'economia circolare: la buona pratica della filiera corta del riciclo di carta e cartone

Alberto Grosso, Giuseppe De Palma  
ARPA Campania

In Italia, dopo la siderurgia, il comparto cartario è quello che impiega in valore assoluto il maggior quantitativo di materia prima proveniente dal riciclo dei rifiuti (circa il 55%).

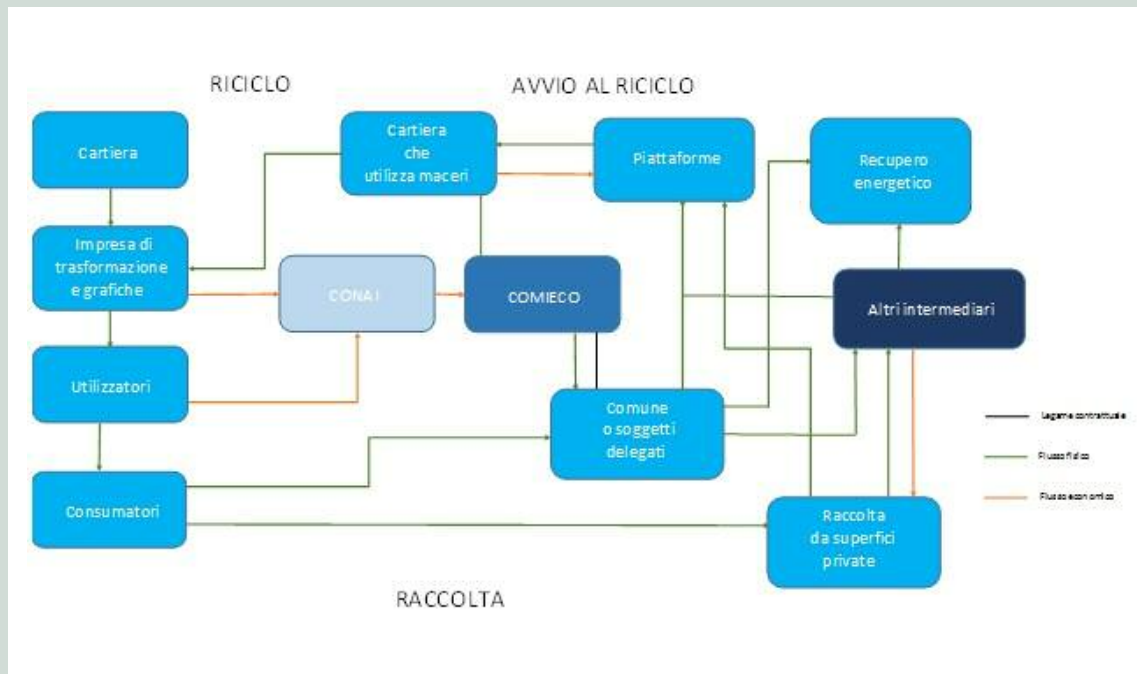
La filiera del recupero degli imballaggi in carta e cartone è costituita da quattro segmenti: produzione cartaria, fabbricazione degli imballaggi, raccolta dei materiali, trattamento per il riciclo.

Negli ultimi venti anni, il recupero e riciclo di carta e cartone in Italia ha fatto registrare un incremento progressivo e, come mostrato anche in Figura 1 il ciclo di vita

compiuto dagli imballaggi cellullosici rappresenta un perfetto esempio di economia circolare; questi vengono infatti ritirati dalle case dei cittadini per poi farvi ritorno dopo essere stati separati, selezionati, riciclati, lavorati e rimessi in circolazione tramite la distribuzione.

A livello nazionale nell'ambito del circuito del Consorzio nazionale per il recupero e riciclo degli imballaggi a base cellullosica (COMIECO) è possibile individuare 321 piattaforme di raccolta e selezione e 56 cartiere. Questa rete impiantistica, distribuita principalmente al Nord ed al Centro Italia (al Sud sono presenti solo 7 cartiere di

Figura 1: Schema della filiera del recupero degli imballaggi in carta



Fonte: PGP CONAI giugno 2011

cui 3 in Campania), consente di lavorare la quasi totalità dei rifiuti di carta e cartone in ambito nazionale.

L'industria cartaria campana vanta antiche tradizioni e l'attuale sistema impiantistico regionale è costituito da 3 cartiere e 25 piattaforme di selezione in convezione COMIECO dove i rifiuti cartacei vengono selezionati, cerniti, pressati, confezionati in balle ed avviati alle cartiere come materia prima di recupero.

Nel 2014, 173 migliaia di tonnellate di carta e cartone sono state inviate dai Comuni campani in 98 impianti di prima destinazione situati in ambito regionale, con l'eccezione di 11 impianti ubicati fuori regione che tuttavia hanno gestito quantità trascurabili di rifiuti.

I dati quindi evidenziano l'esistenza di un sistema di gestione virtuoso che seguendo il principio di prossimità tende a gestire e riciclare in ambito regionale tutta la carta ed il cartone raccolti.

Il sistema ha dei significativi margini di miglioramento: infatti in Campania nel 2015 sono stati raccolti 36 kg/ab/anno di carta e cartone contro il dato medio di raccolta procapite delle regioni del Centro-Nord Italia pari a 62 kg/ab/anno.

In proposito il nuovo Piano regionale di gestione dei rifiuti urbani approvato a dicembre 2016 prevede un incremento dei quantitativi di carta e cartone raccolti per raggiungere nel 2020 circa 250.000 t/a.

I rifiuti quindi non più visti come un problema, ma come una opportunità di sviluppo anche economico e in quest'ottica è da segnalare il progetto "100% Campania" che ha ottenuto diversi premi e riconoscimenti sia in Italia che in Europa. Si tratta dello sviluppo di una rete per il *packaging* sostenibile formata da 6 piccole e medie imprese del territorio campano e appartenenti alla filiera di carta e cartone, che insieme fatturano 130 milioni di € l'anno (2015) occupando 350 dipendenti per una capacità produttiva di 150.000 tonnellate di carta e cartone all'anno.

Il piccolo *network* di aziende campane ha come obiettivo quello di produrre "imballaggi sostenibili" utilizzando

come materia prima il macero proveniente esclusivamente dalla regione Campania garantendo che l'intera catena del valore resti nel territorio campano, ottimizzando così risorse, costi, impatti ambientali e sociali.

Il *network* di aziende ha puntato sulla produzione di carta e cartone "green" certificata "FSC Recycle" (si tratta di una certificazione rilasciato da un ente di certificazione tedesco che certifica che il materiale è totalmente ottenuto dal riciclo dei rifiuti 100%), in particolare è stato calcolato sulla base di studi LCA (*Life Cycle Assessment*) che per ogni tonnellata di carta prodotta con fibra riciclata si risparmiano:

- 36.770 litri di acqua;
- 33.895 kWh di energia elettrica;
- 106,9 kg di CO<sub>2</sub>.

La carta riciclata è poi utilizzata per produrre *packaging* sostenibile realizzato con:

- carte da macero certificate FSC®, prodotte nell'ambito della Rete campana,
- colle a base d'amido di mais per l'incollaggio del cartone,
- colle alimentari prive di plastificanti per l'incollaggio della scatola,
- inchiostri a base d'acqua per stampa flessografica, con basso contenuto di metalli pesanti e composti organici volatili (COV).

L'iniziativa ha reso già possibile la realizzazione di alcuni significativi progetti che possono essere inquadrati come *best practice* di economia circolare; in particolare:

- un progetto di prevenzione che ha reso possibile la realizzazione di un'interfaldia in cartone più leggera del 13% rispetto a quella precedentemente utilizzata da un'azienda di produzione di acque minerali, utilizzando solamente la carta della raccolta differenziata dello stesso stabilimento di imbottigliamento delle acque;
- un progetto di innovazione che ha consentito di realizzare una scatola per prodotti destinati allo stoccaggio in cella frigorifera, impiegando una speciale carta



---

riciclata resistente all'umidità e paragonabile alle carte in fibra vergine. Anche in questo caso si è puntato ad un modello di "closed loop supply chain" attraverso il ritiro e il riciclo degli scarti di cartone prodotti nello stesso stabilimento cui la scatola è destinata;

- l'imballaggio sostenibile prodotto dal *network* di aziende campane è stata scelta anche dai produttori della Cipolla Ramata di Montoro (Avellino), realizzando per tale prodotto uno specifico *packaging* sostenibile realizzato con il macero della raccolta differenziata dei comuni campani, prevedendo anche la realizzazione degli arredi e complementi in cartone ondulato dell'intero show-room ristorante dedicato alla degustazione del prodotto;
- l'utilizzo del *packaging green* da parte di un pastificio di Gragnano (NA) dal 2009 che nel 2015 ha consentito il risparmio di quasi 17 milioni di kWh, di 66 milioni di litri d'acqua e di 191,500 kg di CO<sub>2</sub>; in continuità con i risultati di tale esperienza è stato poi siglato un accordo di programma tra il *network* di aziende ed il Comune di Gragnano per incrementare la raccolta differenziata e il riciclo di carta e cartone sul territorio. L'idea è quella di dar vita ad una *best practice* replicabile in contesti simili e realizzare un ciclo chiuso che garantisca tracciabilità, certificazione e legalità dell'intera filiera, con l'ambizioso obiettivo di produrre ricadute occupazionali ed economiche su scala locale.

In particolare si prevede di aumentare la quantità di raccolta differenziata della carta del Comune di Gragnano dalle attuali 694 t a 1.694 t entro il 2016 e di destinare l'intera raccolta alla produzione di *packaging* per le aziende pastaie di Gragnano. In tal modo il riciclo di 1.694 tonnellate di macero potrà coprire oltre il 20% del fabbisogno annuo del Consorzio Pastai di Gragnano.

Tra i benefici economici diretti per il Comune di Gragnano si stimano circa 150.000 euro/anno derivanti dalle minori spese per lo smaltimento della carta e dagli

introiti percepiti per la vendita del macero, benefici economici che si intende tradurre in opportunità occupazionali.

L'iniziativa dimostra che con la programmazione, le relazioni, l'innovazione e la cooperazione possono nascere buone pratiche per lo sviluppo di modelli di economia circolare su scala locale, anche in una regione storicamente segnata dalle emergenze.

## Il riciclaggio delle principali frazioni oggetto di RD: metodologia per la ricostruzione dei flussi a partire dal primo impianto di destinazione fino all'impianto di recupero

Maria Concetta Peronace, Veronica Rumberti, Paolo Gironi  
ARPAE Emilia-Romagna

Nell'ambito di una politica europea sempre più attenta ad incentivare modelli di economia circolare, basata sull'uso efficiente delle risorse, i rifiuti devono essere sempre più considerati come una risorsa da cui ottenere materie prime da immettere nuovamente nel mercato produttivo.

La stima dell'effettivo riciclaggio dei rifiuti, funzionale alla verifica degli obiettivi di cui all'art. 181 del D.Lgs. 152/2006, fa riferimento all'opzione b) indicata dalla Decisione 2011/753/UE ed al metodo di calcolo 2 dell'allegato 1 alla Decisione stessa.

Il tasso di riciclaggio viene calcolato in riferimento alla quantità di rifiuti relativi alle principali frazioni oggetto di raccolta differenziata presenti nel totale dei rifiuti urbani prodotti. Tale valore, che rappresenta il denominatore del rapporto, espressione del tasso di riciclaggio, è calcolato applicando le percentuali della composizione merceologica media regionale al valore regionale di produzione di rifiuti urbani. Il numeratore è invece rappresentato dalla sommatoria dei quantitativi delle varie frazioni avviati ad effettivo riciclaggio stimati seguendo il percorso delle principali frazioni raccolte in modo differenziato attraverso i diversi impianti/piattaforme di stoccaggio/valorizzazione fino all'avvio a recupero.

Con riferimento alle frazioni di carta, plastica, vetro, legno, acciaio alluminio, verde e umido raccolte dal gestore del servizio pubblico, i quantitativi avviati a recupero vengono stimati con la ricostruzione, frazione per frazione, dei flussi in entrata e in uscita da ogni impianto per quantificare gli scarti associati alle fasi di recupero. I dati sono estratti dall'applicativo ORSO (Osservatorio

Rifiuti Sovraregionale) fino alla prima destinazione e dal data base MUD (Modello Unico di Dichiarazione Ambientale) per i dati relativi agli impianti (rifiuti in ingresso e in uscita, tipo di operazione di trattamento) da cui transitano i rifiuti finché non diventano nuove materie prime seconde.

La ricostruzione dei percorsi seguiti da ciascuna frazione, oggetto di studio, ha evidenziato che i rifiuti, dopo la raccolta, possono essere consegnati direttamente e senza tappe intermedie, al recuperatore finale che effettua la valorizzazione definitiva del rifiuto; in alternativa i rifiuti possono transitare da uno o più impianti di valorizzazione che effettuano trattamenti di pulizia/selezione che hanno l'obiettivo di preparare il rifiuto prima del suo invio agli impianti di riciclo/recupero di materia da cui è re-immesso nel ciclo produttivo.

I quantitativi stimati non comprendono le quote avviate a recupero energetico; tale quantità viene desunta dall'analisi puntuale dei flussi. Fanno eccezione i rifiuti in plastica, per i quali i quantitativi avviati a recupero energetico attraverso il circuito consortile vengono conteggiati nei quantitativi per i quali viene riconosciuto il corrispettivo CONAI (Consorzio Nazionale Imballaggi) e pertanto non è possibile dedurli puntualmente. L'unico dato disponibile è uno studio condotto da COREPLA (Consorzio per la raccolta il riciclaggio e il recupero degli imballaggi in plastica) a scala nazionale da cui risulta che circa il 45% dei rifiuti plastici non è recuperabile come materia (di questi il 43% viene avviato a recupero energetico, mentre il restante 2% a smaltimento).

Per i materiali avviati a recupero tramite il sistema consortile le informazioni desunte dal MUD e da ORSO vengono confrontate con quelle fornite dai Consorzi di Filiera. Per completare la ricostruzione del numeratore della formula indicata, nel sopraccitato metodo di calcolo, sono state considerate anche le frazioni di rifiuti assimilati avviate direttamente a recupero dai produttori ai sensi dell'art. 238,c.10, del D.Lgs.152/2006, ipotizzando che il recupero sia pari al 100% del raccolto.

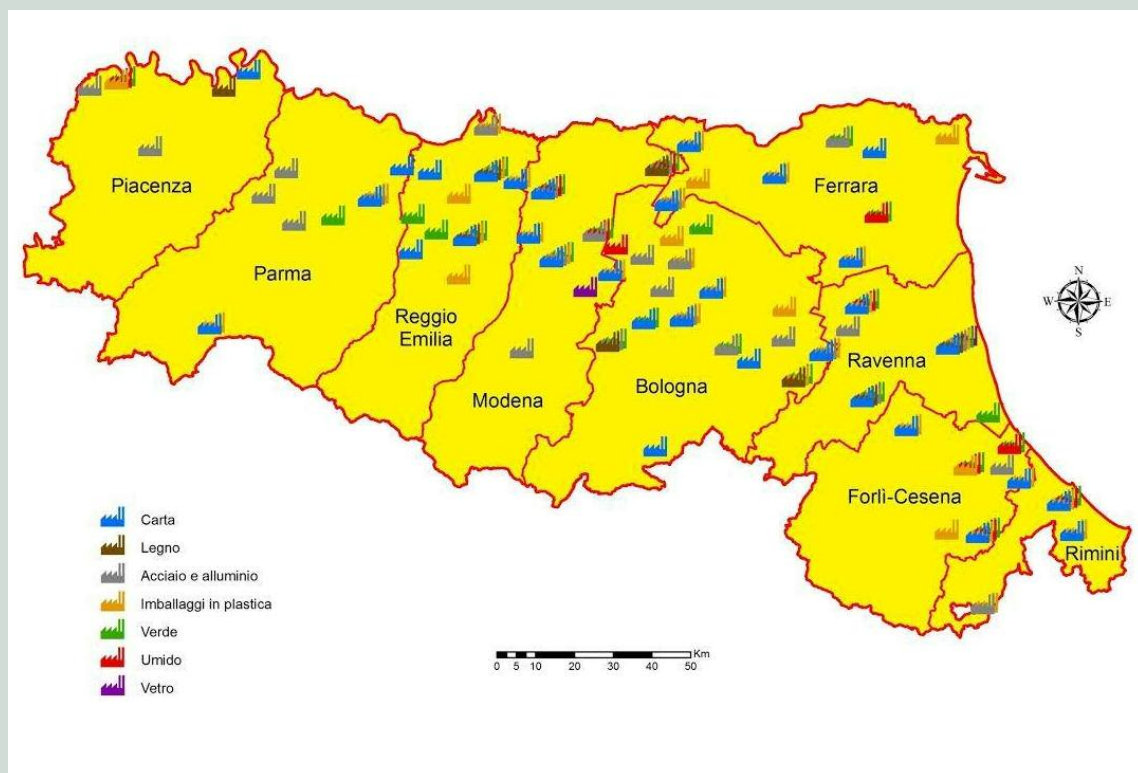
Il tasso di avvio a riciclaggio rispetto alla produzione totale dei rifiuti, in Emilia-Romagna nel 2015 è risultato pari al 55%: il traguardo del 50% previsto dalla normativa europea al 2020 è già stato raggiunto e superato. Il 70% dei rifiuti raccolti in modo differenziato in Emi-

lia-Romagna sono inviati a impianti di recupero dentro i confini regionali (Figura 1)

Di seguito per ogni frazione si fa una breve sintesi dei risultati emersi dallo studio dei flussi:

- Umido: tasso di riciclo pari al 46%. Il 69% è stato avviato direttamente a impianti di compostaggio e il 31% è transitato in impianti di stoccaggio prima dell'avvio a compostaggio. La quasi totalità dell'umido raccolto in modo differenziato è stato avviato ad impianti ubicati nel territorio regionale. Gli impianti di recupero sono in totale 21 di cui 12 ubicati in regione.
- Verde: tasso di riciclo pari al 59%. Dall'analisi dei flussi emerge che la maggior parte (65% c.a.) è stato avviato ad impianti ubicati nel territorio regionale; il restante

Figura 1: Ubicazione degli impianti di recupero delle frazioni raccolte in modo differenziato in Emilia-Romagna



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

(35% c.a.) in impianti extra regionali. Gli impianti di recupero sono in totale 61 di cui 34 ubicati in regione.

- Carta: tasso di riciclo pari al 61%; è stata avviata per il recupero a 39 impianti, di cui 38 situati nel territorio regionale. Prevalentemente dopo la raccolta i rifiuti cartacei sono conferiti direttamente a impianti di valorizzazione, dove preliminarmente selezionati, cerniti e pressati in balle, sono avviati alle cartiere, nella maggior parte dei casi come "materie prime".
- Plastica: tasso di avvio a recupero pari al 22%. L'analisi dei flussi conferma una complessa filiera gestionale che vede il coinvolgimento di 47 impianti di pre-trattamento, dove il materiale è in pochi casi stoccato, ma nella maggior parte subisce una pre-pulizia, prima dell'avvio ai 119 impianti di valorizzazione. Circa il 52% è destinata ad impianti ubicati nel territorio regionale, mentre il restante 48% in impianti extra regionali;
- Vetro: tasso di avvio a riciclo pari al 78%. L'analisi dei flussi conferma una filiera gestionale molto semplice costituita da 9 impianti di cui 7 ubicati fuori regione a cui sono stati avviati circa il 66% dei rifiuti vetrosi raccolti, il restante 34% è stato trattato nei due impianti regionali.
- Metalli: tasso di riciclo pari al 58%. La maggior parte (83% c.a.) dei metalli sono destinati ad impianti ubicati nel territorio regionale, il restante 17% ad impianti ex regionali. Gli impianti di recupero sono in totale 64 di cui 43 situati sul territorio;
- Legno: è il materiale con il più alto tasso di riciclo (86% c.a.) per il quale lo studio dei flussi ha evidenziato che circa il 20% del materiale raccolto è destinato ad impianti ubicati nel territorio regionale mentre l'80% è mandato ad impianti extra regionali. Gli impianti di recupero sono 16 di cui 7 extra regionali.

I risultati dello studio sulla ricostruzione dei flussi e della verifica dell'effettivo tasso di riciclaggio oltre ad essere funzionale alla verifica degli obiettivi di cui all'art. 181 del D.Lgs. 152/2006, sono oggetto di una campagna di comunicazione, giunta alla sua 5° edizione, dal titolo "CHI

LI HA VISTI? RIFIUTO INDIFFERENZIATO SORVEGLIATO SPECIALE": l'analisi dei flussi dei rifiuti e la verifica del loro effettivo recupero costituisce un importante elemento nell'incentivare il cittadino ad effettuare la raccolta differenziata, rendendolo partecipe del processo di riciclo che dalla raccolta prosegue nei successivi processi di recupero. La documentazione relativa a tale campagna di comunicazione è disponibile su:

- [www.arpae.it](http://www.arpae.it),
- [ambiente.regione.emilia-romagna.it/rifiuti](http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/rifiuti).

## Progetto speciale per contrastare l'economia sommersa, l'elusione e l'evasione

Maura Ceccanti, Elisabetta Baldanzini, Daniele Gramigni  
ARPA Toscana

Con l'approvazione del Piano annuale delle attività 2014 di ARPAT, la Giunta regionale toscana ha impegnato l'Agenzia a redigere un progetto speciale per il potenziamento dei controlli ambientali finalizzati a contrastare l'insorgere di un'economia illegale in alcuni settori produttivi della regione. Tale priorità di intervento nasce all'interno di un più ampio obiettivo regionale: rafforzare le azioni finalizzate alla vigilanza ed alla sicurezza sui luoghi di lavoro, al contrasto del lavoro sommerso ed alla promozione delle politiche di integrazione.

Il "Progetto speciale sui controlli ambientali connessi all'economia sommersa, l'elusione e l'evasione", approvato dalla Giunta regionale con DGRT 250/2014, si è articolato nel triennio 2014-2016 ed è stato coordinato centralmente. Cuore dell'attività del progetto è stato il potenziamento dei controlli sulla gestione dei rifiuti nel territorio regionale (attraverso azioni di indagine, ispezioni, controllo analitico, incrocio e valutazione dei dati e delle informazioni inerenti alle fasi di raccolta, trasporto, recupero, riciclo e smaltimento dei rifiuti), in coordinamento/ integrazione/collaborazione con altri Enti e/o Forze di Polizia e su ambiti di attività ipotizzati a rischio in cui si è ritenuto, sulla base anche dell'attività ordinaria svolta, che fosse possibile intercettare le conseguenze di attività economiche sommerse, organizzate e di traffici o guadagni illeciti o comunque irregolari.

Elemento innovativo del progetto è stata la definizione e la sperimentazione di una strategia di controllo con modalità operative nuove, utili a individuare i reati ambientali in maniera non convenzionale e con valutazione critica degli elementi raccolti. È stata infatti presa in esame anche la documentazione fiscale relativa ai flussi di denaro connessi alla gestione dei rifiuti.

Per darsi coerente con gli obiettivi, il controllo doveva

garantire una o più delle seguenti condizioni:

- svolgersi all'interno di attività interforze, o comunque coordinato con altri soggetti di controllo (Corpo Forestale dello Stato, Carabinieri, Guardia di Finanza, Dogana, Vigili del Fuoco, Comune e Polizia Municipale, Provincia e Polizia Provinciale, Azienda Sanitaria Locale) nell'ambito di filoni investigativi trasversali;
- portare alla contestazione di "reati spia", riferibili all'art.256 c.1 (Attività di gestione di rifiuti non autorizzata), all'art.259 (Traffico illecito di rifiuti) e all'art.260 (Attività organizzate per il traffico illecito di rifiuti) del DLgs 152/06 s.m.i; svolgersi come attività di lavoro a rete, con più strutture ARPAT coinvolte nel controllo e/o una struttura che coordina/svolge l'indagine su un territorio sovraprovinciale;
- evidenziare un illecito tramite modalità di controllo non convenzionali (trattasi di irregolarità non tanto perché è riscontrata dal sopralluogo ma perché viene ricercata e trovata attraverso ipotesi ed analisi documentali varie come fatture, consumi, incroci con i dati MUD, etc.);
- evidenziare un illecito da parte dello stesso soggetto in province diverse o su ambiti di attività diversi (irregolarità ricorrente);
- evidenziare un'evasione totale ambientale (assenza di autorizzazione o notifica prevista);
- generare impulsi per accertamenti di altri soggetti con competenze ambientali o con competenze in ambiti connessi all'ambiente (Altre Agenzie, Aziende Sanitarie Locali, Dogane, Albo gestori, etc.);
- generare la necessità di ricomporre le informazioni in possesso di ARPAT, con eventuali azioni di controllo su un "sistema di produzione-smaltimento rifiuti".

Nel progetto sono state inoltre incluse consistenti attività di collaborazione e supporto della Magistratura e delle forze dell'ordine, in coerenza con gli obiettivi anche se non relative agli ambiti di attività programmati; sono state poi definite modalità di registrazione dell'attività e degli esiti, così da disporre - a fine progetto - di una banca dati dei controlli utile per successive verifiche.

Nel primo anno, il controllo ha riguardato:

- settore tessile, da cui parte l'azione regionale,
- sistemi di gestione dei rottami (ferrosi e non),
- rifiuti da fitofarmaci nel vivaismo,
- rifiuti liquidi trasportati su gomma.

A questi settori viene aggiunto un quinto ambito, denominato "vari", nel quale sono inseriti i controlli che presentano i requisiti sopra citati ma che non rientrano né nel singolo ambito di attività programmato, né nelle attività a supporto di altri Enti (DIA, Magistratura, Forze dell'ordine e di polizia) coerenti con gli obiettivi. Nell'anno successivo il "vivaismo", collocato prevalentemente solo nella provincia di Pistoia, è stato sostituito con gli "inerti", così da estendere territorialmente il controllo.

L'integrazione con altri soggetti è stata molto ampia (il 75% dei controlli del 2014, il 50% del 2015 ed il 62% del 2016 sono stati svolti in collaborazione con altri Enti e/o Forze di Polizia), e il Progetto complessivamente ha permesso di effettuare 339 controlli (95 nel 2014, 129 nel 2015 e 115 nel 2016) che si aggiungono a quelli ordinari. Nel 2016 è stato preparato, organizzato ed effettuato anche un complesso intervento straordinario a supporto della DIA, relativo allo smaltimento del *pulper* prodotto dalle cartiere e allo smaltimento dei fanghi in agricoltura. L'intervento in campo, in collaborazione con CFS e GdF, ha richiesto la partecipazione di ARPAT a 22 ispezioni contemporanee con il prelievo di 32 campioni su un ampio territorio appartenente a più province.

Relativamente alle irregolarità:

- nel 2014 se ne riscontrano nel 68% delle situazioni prese in esame. Il 20% delle attività sono risultate sprovviste della necessaria autorizzazione/notifica e

sono stati effettuati 24 sequestri, di cui più del 50% sul tessile e il 20% sui rottami;

- nel 2015 il quadro sostanzialmente non varia, le situazioni irregolari risultano pari al 59%, quelle sprovviste di autorizzazione/notifica il 29% e vengono effettuati 23 sequestri;
- nel 2016 le situazioni con irregolarità sono state il 68% (come nel 2014), sale a 40 la percentuale di quelle senza autorizzazione/notifica e vengono effettuati 25 sequestri. I principali illeciti rilevati hanno riguardato la gestione non conforme dei rifiuti e lo smaltimento irregolare; nello specifico:
  - pratiche non conformi tese a risparmiare risorse;
  - rifiuti non conformi alle specifiche richieste per la destinazione finale;
  - omologhe non rappresentative del rifiuto;
  - evasione dei tributi previsti per la gestione dei rifiuti.

Gli elementi che sono emersi riconducono a:

- traffico transfrontaliero per i rifiuti tessili e i rottami;
- traffico illecito e sistemi di collusione tra imprese gestione rifiuti, destinatari finali e laboratori di analisi;
- violazioni ricorrenti nel processo "end of waste" con conseguente vantaggio economico;
- mancato controllo radiometrico per i rottami;
- scarsa corrispondenza tra realtà e certificazione dei sistemi di gestione.

L'attività svolta, molto impegnativa, ha portato all'acquisizione di conoscenze con incremento della capacità di controllo sui rifiuti, ha permesso di individuare la necessità di alcuni interventi normativi per ridurre aspetti incerti o diversamente interpretabili dove si insinuano comportamenti illeciti o interventi normativi integrativi che potrebbero evitare spazi di collusione.

Infine ha portato alla consapevolezza che il sistema dei controlli e di gestione debba dotarsi di strumenti/indicatori di vulnerabilità che facilitino l'azione di contrasto all'economia sommersa e ai conseguenti effetti ambientali.

# 7. RUMORE, CAMPI ELETTROMAGNETICI, RADIAZIONI IONIZZANTI

## 7.1 RUMORE

Cristina Frizza, Francesca Sacchetti  
ISPRA

### Messaggi chiave

L'inquinamento acustico costituisce uno dei principali problemi ambientali in Europa, soprattutto negli agglomerati urbani dove si concentrano le principali sorgenti di rumore.

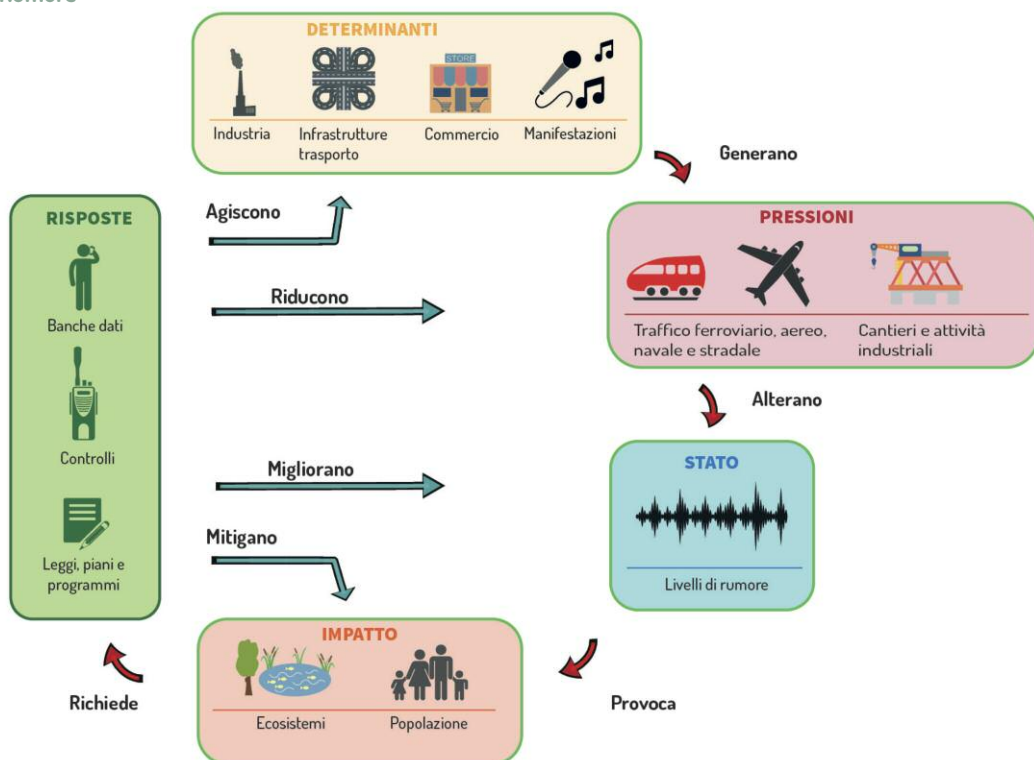
La riduzione del numero di persone colpite da rumore ambientale rappresenta un obiettivo individuato in ambito comunitario dal settimo Programma d'azione per

l'ambiente.

In ambito nazionale è evidente un'alta attenzione da parte dei cittadini riguardo all'inquinamento acustico e una richiesta di tutela personale e dell'ambiente: nel 2016 circa 93 controlli su 100 delle ARPA/APPA sono stati svolti a seguito di esposti della cittadinanza e nel 40,6% di sorgenti controllate sono stati riscontrati superamenti dei limiti normativi.

Ad oggi permangono ancora numerose criticità sul terri-

### DPSIR\_Rumore





torio nazionale nell'attuazione di quanto previsto dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico (L.Q. 447/1995): solo il 59% dei comuni ha approvato un piano di classificazione acustica, principale strumento di pianificazione e gestione sul territorio dell'inquinamento acustico.

## Introduzione

La Direttiva 2002/49/CE, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, è lo strumento legislativo di cui si è dotata l'Unione Europea per proteggere i cittadini dall'esposizione al rumore ambientale. La Direttiva richiede alle autorità competenti degli Stati Membri la redazione di mappe acustiche, relativamente agli agglomerati e alle principali infrastrutture di trasporto stradali, ferroviarie e aeroportuali. Le mappe acustiche rappresentano il principale strumento di valutazione dei livelli di esposizione al rumore, basato su metodi e criteri comuni e condivisi al fine di rendere confrontabili nel tempo e nello spazio i dati. La Direttiva prevede altresì l'elaborazione e l'adozione dei Piani di Azione, finalizzati a prevenire e ridurre i livelli di esposizione al rumore, laddove si possono verificare effetti nocivi per la salute, e a tutelare la buona qualità acustica nelle aree dove questa è già presente, assicurando l'informazione e la partecipazione dei cittadini.

In ambito nazionale l'impianto legislativo, basato sulla L.Q. 447/95 e sui relativi decreti attuativi, è caratterizzato da una articolata struttura che attribuisce grande rilievo agli strumenti di prevenzione, pianificazione, controllo e risanamento.

Nonostante gli strumenti messi in campo dalla complessa legislativa vigente, comunitaria e nazionale, la tematica necessita tuttora di attenzione e definizione di risposte efficaci e condivise.

## Il problema

Prolungate esposizioni a elevati livelli di rumore possono influire sullo stato di benessere psico-fisico della popolazione; gli effetti sulla salute comprendono lo stress, i disturbi del sonno, ma anche problemi cardiovascolari. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) raccomanda, al fine di evitare sia i fenomeni di disturbo (annoyance) che i danni alla salute, un livello  $L_{night}$  in ambiente esterno inferiore a 40 dB(A) e comunque non superiore a 55 dB(A)<sup>1</sup>.

Le infrastrutture stradali, all'interno e all'esterno degli agglomerati, rappresentano le sorgenti di rumore prevalente; dai dati disponibili relativi all'implementazione della Direttiva 2002/49/CE negli Stati Membri, al 2012, sono complessivamente 100 milioni le persone esposte a livelli di rumore stradale superiori a 55 dB Lden, di cui circa 70 milioni all'interno degli agglomerati<sup>2</sup>.

In Italia lo stato di attuazione degli adempimenti previsti dalla Direttiva, recepita con D.Lgs. 194/2005, è caratterizzato da ancora numerose inadempienze rispetto alle scadenze temporali prescritte. I dati presentati evidenziano comunque percentuali significative di popolazione esposta nelle aree urbane a livelli superiori a 65 dB Lden e a 55 dB  $L_{night}$ .

Per il contenimento dell'inquinamento acustico e quindi la regolamentazione delle sorgenti, la normativa nazionale sul rumore (L.Q. 447/1995 e decreti attuativi) ha definito, per le diverse tipologie di sorgenti, dei valori limite, distinti in limiti per l'ambiente esterno, in relazione a quanto disposto dal piano di classificazione acustica del territorio comunale, e limiti differenziali, all'interno degli ambienti abitativi.

Analizzando le attività di controllo del rispetto dei limiti normativi svolte dalle ARPA/APPA, nel 2016, risultano 2.736 le sorgenti controllate con misurazioni, distinte in

<sup>1</sup> "Night Noise Guidelines (NNG)" World Health Organization 2009

<sup>2</sup> REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL - On the Implementation of the Environmental Noise Directive in accordance with Article 11 of Directive 2002/49/EC, Brussels, 30.03.2017

attività (produttive, servizio e/o commerciali, temporanee) e infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie, aeroportuali e portuali), con un'incidenza di 4,6 sorgenti controllate ogni 100.000 abitanti.

Le sorgenti maggiormente controllate risultano le attività di servizio e/o commerciali (56,6%), seguite dalle attività produttive (29,6%). Tra le infrastrutture di trasporto, che rappresentano il 7,7% delle sorgenti controllate, le infrastrutture stradali rimangono le sorgenti più controllate (5,6% sul totale delle sorgenti controllate).

L'attività di controllo viene eseguita principalmente a seguito di segnalazione/esposto da parte dei cittadini: globalmente il 93,1% delle sorgenti sono state controllate a seguito di esposto.

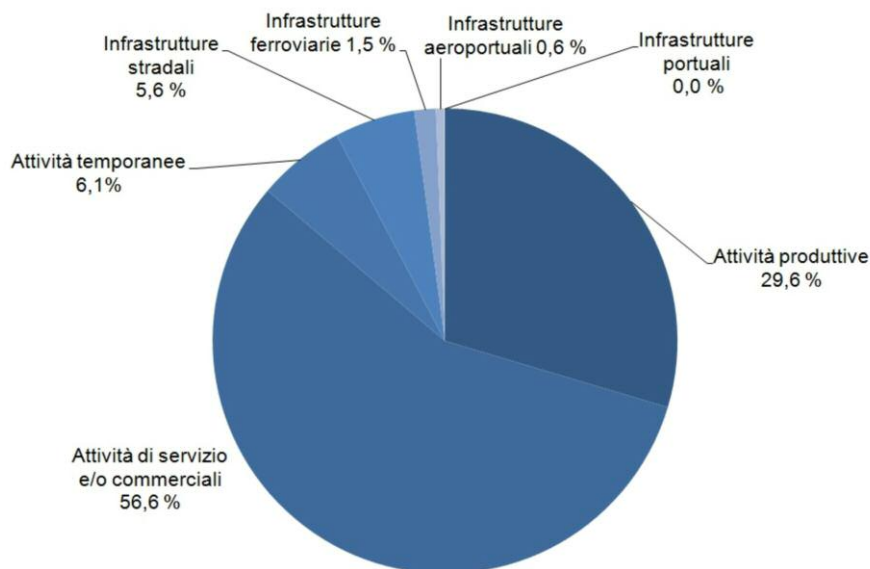
Nel 2016 le attività di servizio e/o commerciali, oltre ad

essere le sorgenti più controllate, sono anche quelle in cui si riscontra il maggior numero di superamenti sui controlli effettuati, pari al 44,8%, seguono le infrastrutture stradali (37,9 %) e le attività produttive (36,9%). Complessivamente nel 40,6% di sorgenti controllate sono stati riscontrati superamenti dei limiti normativi, evidenziando un problema di inquinamento acustico ancora significativo.

### Le principali sorgenti di rumore

L'inquinamento acustico è causato da un'eccessiva esposizione a suoni e rumori di elevata intensità. Questo può avvenire in città e in ambienti naturali. Le cause dell'inquinamento acustico possono essere molteplici: fabbriche, cantieri, aeroporti, autostrade, ferrovie, circuiti

**Figura 7.1.1: Distribuzione delle sorgenti controllate (2.736) nelle diverse tipologie di attività/infrastrutture (2016)**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

per competizioni motoristiche, discoteche, macchine e attrezzature destinate a funzionare all'aperto che generano impatti significativi ecc. Le principali sorgenti di rumore possono essere identificate nel traffico aereo, ferroviario e stradale. A tal fine si analizzano di seguito i dati relativi al traffico per le diverse modalità di trasporto. In particolare, i dati relativi al traffico aeroportuale, studiati in base al numero di movimenti degli aeromobili per il trasporto aereo commerciale (nazionale e internazionale), mostrano, tra il 2005 e il 2016, un *trend* altalenante. Dopo l'apice raggiunto nel 2007 (1.532.987 movimenti), il traffico aeroportuale diminuisce fino al 2009 (-9,8%), aumenta nel 2010 (+3,7%), e nel 2011, anche se con un'incidenza minore (+1,2% rispetto al 2010). Nel 2012 si assiste a un nuovo decremento (-3,4%) che prosegue poi, con un'incidenza

maggiore, nel 2013 (-5,6%), dovuto principalmente alla crisi economica mondiale che ha comportato una generale contrazione delle spese dei cittadini e quindi una riduzione del traffico passeggeri. Nel 2014 e nel 2015 si rileva una lieve crescita (+1%, +0,1%), mentre nel 2016 si ha di nuovo un decremento dello 0,3%.

Per quanto riguarda il traffico ferroviario, nel 2015 sulla rete delle Ferrovie dello Stato hanno circolato 323,4 milioni di treni-km per il trasporto dei passeggeri (+3,5% rispetto al 2005) e 43 milioni di treni-km per il trasporto delle merci (-29,2% rispetto al 2005). In particolare, quest'ultimo subisce una forte diminuzione del 26,7% nel 2009 (rispetto al 2008) a causa della crisi economica. Nel 2013, dopo andamenti altalenanti, si rileva un ulteriore decremento (-3%), mentre nel 2014 e nel 2015 si registra una ripresa, rispettivamente, dell'1% e del 4%.

Figura 7.1.2: *Trend del traffico stradale registrato sulla rete autostradale in concessione (2016)*



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati AISCAT

Il traffico veicolare, che rappresenta la principale sorgente di inquinamento acustico, nel periodo 2000-2016, subisce un incremento dei chilometri percorsi dai veicoli leggeri e pesanti sulle autostrade italiane di circa il 12,6%. Nel 2007, il traffico stradale raggiunge il suo picco massimo di crescita, con quasi 84 miliardi di veicoli/km, per poi stabilizzarsi intorno agli 83 miliardi di veicoli/km fino al 2010, e diminuire fino al 2013 del 9,8%. Nel 2014 invece si denota una ripresa della crescita dell'1,9% che continua nel 2015 con un incremento del 7,1%, mentre nel 2016 il traffico subisce un decremento del 3,2% (Figura 7.1.2).

### Le azioni per contenere l'inquinamento acustico

La L.Q. 447/1995 prevede che le Regioni/Province autonome provvedano all'emanazione di una propria normativa che definisca una serie di criteri, modalità e procedure necessari per la completa attuazione della legge nazionale. Dall'emanazione della L.Q. non è ancora completo il quadro legislativo regionale: risultano ancora 5 le Regioni che non si sono dotate di una legge regionale in materia (Molise, Campania, Basilicata, Sicilia e Sardegna). In Campania e Sicilia sono state emanate disposizioni riguardo singoli atti procedurali (linee guida per la redazione della classificazione acustica, procedure di riconoscimento della figura di tecnico competente, ecc.), mentre in Sardegna, nelle more dell'approvazione di una legge organica in materia di inquinamento acustico, si è provveduto a rielaborare tutte le direttive finora emanate dalla giunta regionale, apportandovi le necessarie modifiche e integrazioni. In Molise e Basilicata non è stato ancora emanato alcun provvedimento che disciplina la materia.

Al 31/12/2016, il Piano di classificazione acustica, indispensabile strumento di pianificazione dello sviluppo urbanistico e di tutela del territorio dall'inquinamento

acustico, che consiste nella suddivisione del territorio comunale in aree acusticamente omogenee a cui sono associati dei limiti acustici, risulta approvato solo nel 59% dei comuni. Permangono inoltre ancora evidenti, a scala regionale, le differenze di applicazione di questo strumento di pianificazione; le Regioni con le percentuali di comuni zonizzati più elevate sono: Valle d'Aosta (100%), Lombardia e Toscana (96%), Veneto (91%), Marche (90%), Liguria (85%), Piemonte (75%), provincia di Trento (73%), Emilia-Romagna (72%); mentre le regioni che registrano percentuali inferiori al 15% sono: Puglia (12%), Abruzzo (10%) e Sicilia (2%). Il Piano di classificazione acustica non risulta ancora uno strumento di pianificazione comunale utilizzato nelle regioni Friuli-Venezia Giulia, Basilicata e Calabria. Mancano invece informazioni aggiornate al riguardo per la regione Molise.

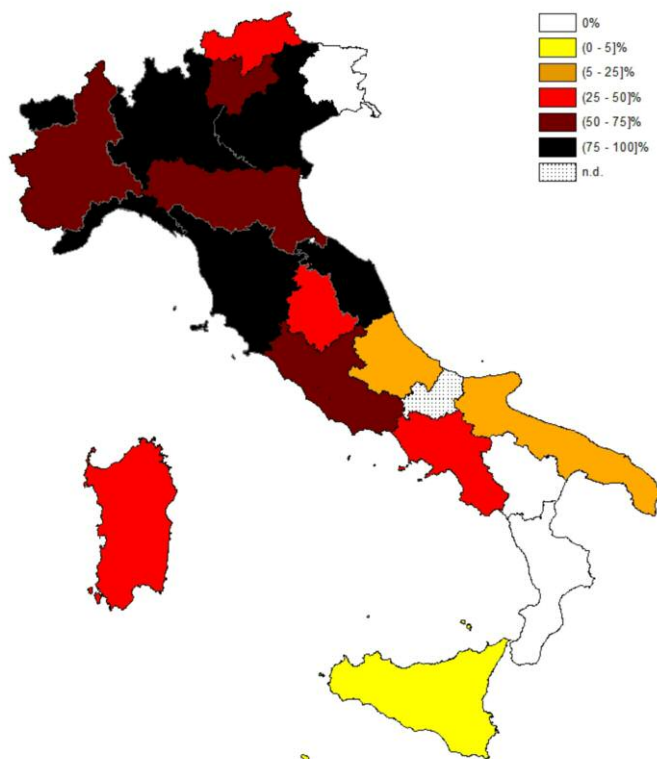
Ancora più critica è la situazione relativa all'approvazione del Piano di risanamento acustico comunale. Il Piano di risanamento rappresenta l'atto conseguente alla classificazione acustica comunale ed è previsto dalla normativa quale strumento fondamentale di gestione e risoluzione delle problematiche di inquinamento acustico sul territorio. Ad oggi questo strumento di pianificazione risulta scarsamente utilizzato sull'intero territorio nazionale; dai dati disponibili, solo 62 comuni dei 4.688 dotati di classificazione acustica hanno approvato il Piano di risanamento, confermando negli anni una percentuale di poco superiore all'1%, ovvero una situazione di stasi generale delle politiche di risanamento acustico in ambito comunale. Tale strumento di pianificazione è utilizzato prevalentemente in Toscana, con 41 Piani di risanamento approvati, pari al 15,5% sul totale dei comuni dotati di Piano di classificazione acustica approvato nella Regione stessa.

In sintesi, ad oggi permangono ancora numerose criticità

nell'applicazione della normativa nazionale, relative soprattutto al mancato completamento dei decreti previsti dalla L.Q., alle differenze riguardanti lo stato di attuazione nelle diverse realtà regionali, alla non completa attuazione degli strumenti di pianificazione territoriale e alla frammentazione delle azioni finalizzate alla prevenzione e alla mitigazione degli effetti prodotti dal rumore. Risulta inoltre necessario assicurare la piena integrazione/armonizzazione degli strumenti previsti nel sistema legislativo nazionale con quelli introdotti in ambito

comunitario dalla Direttiva 2002/49/CE, recepita in Italia con il D.Lgs.194/2005. Nel lungo processo di armonizzazione, avviatosi con la Legge 161/2014<sup>3</sup>, l'entrata in vigore del D.Lgs. 42/2017 rappresenta un passo importante e l'avvio di un riesame più generale della materia. Il Decreto infatti apporta alcune modifiche significative al quadro normativo vigente, ad esempio prevede il coordinamento tra mappature acustiche e relazioni sullo stato acustico e tra piani d'azione e piani di risanamento e la revisione di alcuni decreti attuativi della L.Q. 447/95.

**Figura 7.1.3: Percentuale di comuni che hanno approvato la classificazione acustica sul numero totale di comuni di ogni regione/provincia autonoma (aggiornamento dati al 31/12/2016)**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e dati ISTAT

<sup>3</sup> L'art. 19 della L.161/2014 conferisce la delega al Governo per l'armonizzazione, entro diciotto mesi dalla data di entrata in vigore della predetta legge (25/11/2014), della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico con le direttive europee in materia.

## 7.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI

Gabriele Bellabarba, Maria Logorelli

ISPRA

### Messaggi chiave

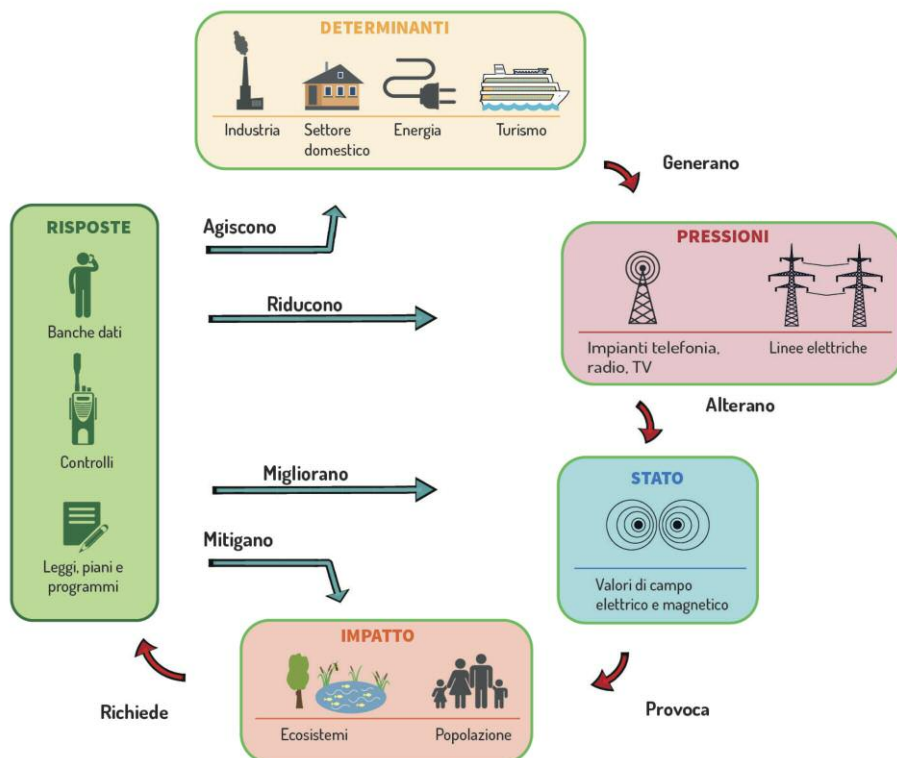
Resta importante l'attenzione della popolazione sulle principali sorgenti elettromagnetiche oggetto dell'attività di controllo del SNPA quali impianti radiotelevisivi, stazioni radio base per telefonia mobile ed elettrodotti. Nel 2016 il 43% dei controlli totali sperimentali effettuati dalle ARPA/APPA riguarda impianti oggetto di numerose segnalazioni da parte dei cittadini. Il numero totale dei casi di superamento dei limiti

di legge risulta sostanzialmente invariato rispetto a luglio 2016.

### Introduzione

Le Radiazioni non ionizzanti (NIR) comprendono campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF, dall'inglese *Extremely Low Frequency*), radiofrequenze (RF), microonde (MO), infrarosso (IR) e luce visibile. In questo documento vengono in particolar modo appro-

### DPSIR\_Radiazioni non ionizzanti



fonditi alcuni aspetti importanti legati alle principali sorgenti fisse operanti alle radiofrequenze (RF) (impianti radiotelevisivi e stazioni radio base per la telefonia mobile) e alle frequenze estremamente basse (ELF) (elettrrodotti). Alla luce dell'evoluzione tecnologica che ha contraddistinto negli ultimi anni il settore delle telecomunicazioni è emersa la volontà di modificare un quadro normativo ritenuto sotto certi aspetti ormai obsoleto ed "eccessivamente" vincolante dal punto di vista radioprotezionistico. Sono state introdotte delle semplificazioni a più livelli delle procedure autorizzative regolamentate dal D.Lgs. 259/2003 "Codice delle comunicazioni elettroniche" per alcune particolari tecnologie di telecomunicazione basate su soglie di potenza e/o limiti dimensionali degli apparati. Altro importante passo in campo normativo è rappresentato dalla modifica delle modalità di misurazione e calcolo dei valori limite normativi fissati dal DPCM 8/07/2003 (100 kHz e 300 GHz), introdotta a seguito della necessità evidenziata più volte dai gestori di telefonia mobile di ottenere una maggiore flessibilità nel dispiegamento della rete, in primo luogo in termini di reperimento e localizzazione ottimale dei siti ma anche agevolando la possibilità di operare in *site-sharing* con diversi sistemi radio. A fronte di tutto questo resta comunque caposaldo del quadro normativo nazionale la legge quadro n.36/2001 che, oltre a introdurre valori limite estremamente cautelativi rispetto allo scenario internazionale, allarga gli obiettivi di tutela, non limitandosi alla tutela della salute, ma tutelando anche l'ambiente ed il paesaggio.

## Il problema

Le principali sorgenti di campo elettromagnetico, che nel tempo hanno evidenziato delle criticità ambientali tali da essere oggetto di studio e controllo da parte degli enti istituzionali competenti, sono rappresentate dagli

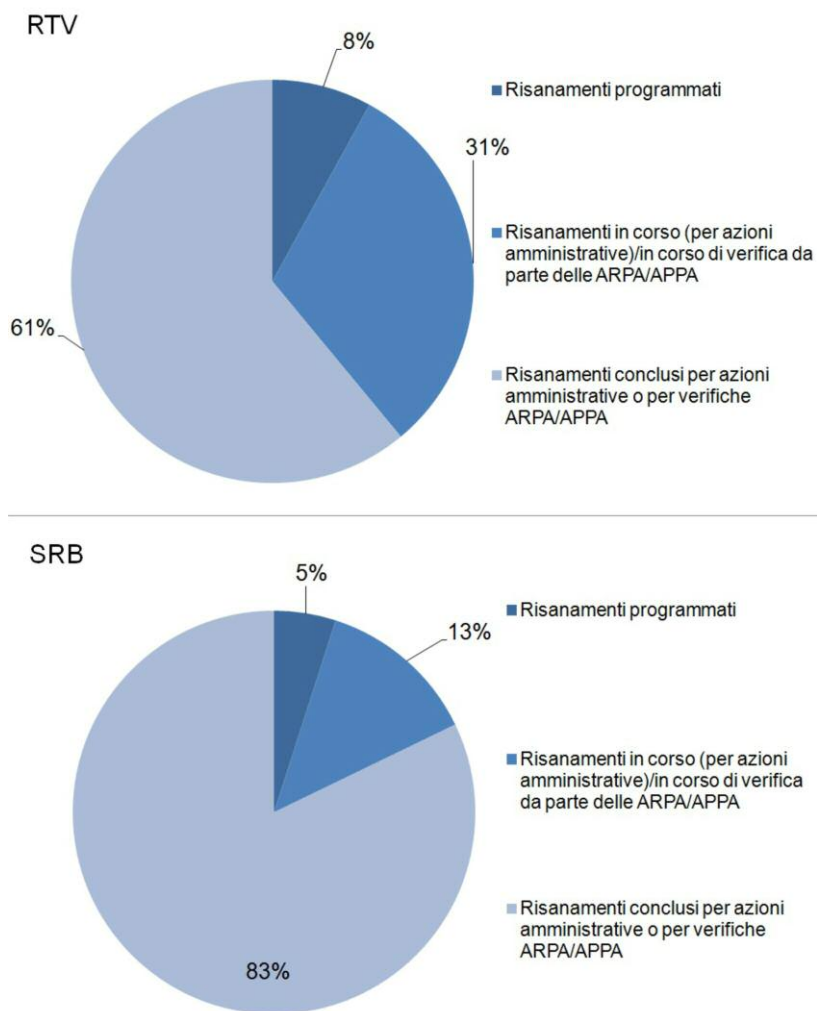
impianti a radiofrequenza (impianti radiotelevisivi e stazioni radio base) e dagli elettrrodotti (linee elettriche e cabine di trasformazione primarie e secondarie). A livello nazionale i casi di superamento dei limiti di legge relativi agli impianti RTV, SRB ed ELF, rilevati dall'attività di controllo delle ARPA-APPA nell'arco temporale 1999-luglio 2017, sono rispettivamente 595, 109 e 64. Situazione sostanzialmente invariata rispetto a luglio 2016 sia per le sorgenti RF (da 546 a 558) sia per quelle ELF (da 58 a 59). Tale confronto è stato possibile solo per le 12 regioni<sup>1</sup> che hanno fornito i dati aggiornati per tutte le tipologie di sorgenti considerate. A luglio 2017 i casi di superamento risanati relativi agli impianti RTV, SRB ed ELF, per le 15 regioni<sup>2</sup> che hanno fornito il dato aggiornato, sono stati rispettivamente il 61%, l'83% e il 70% del totale. Per gli impianti RTV la complessità del risanamento (Figura 7.2.1 coinvolgimento di più impianti, difficoltà nel mantenimento della stessa qualità del servizio di cui agli atti di concessione) comporta una maggiore presenza di risanamenti da concludere. Per gli elettrrodotti la mancanza del decreto attuativo della Legge 36/2001 (art.4, c. 4), che disciplina i criteri di elaborazione dei piani di risanamento, non favorisce la risoluzione di tali azioni. Le informazioni trattate risentono comunque di alcune problematiche quali ad esempio la mancanza di strumenti consolidati di raccolta dati a livello locale, la mancanza di risorse umane e finanziarie dedicate a questa attività di raccolta dati e nessun obbligo da parte dell'autorità competente (Comune o Provincia) nell'informare l'ARPA/APPA dello stato dell'arte dell'azione di risanamento, richiesta da quest'ultima a valle della situazione di non conformità di un dato impianto. Occorre evidenziare che le informazioni riguardanti lo stato delle azioni di risanamento corrispondono allo stato di attuale conoscenza del sistema agenziale ARPA/APPA.

<sup>1</sup> Le regioni considerate sono Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Marche e Puglia.

<sup>2</sup> Le regioni considerate sono Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Lazio, Umbria, Marche, Puglia, Calabria e Sicilia.



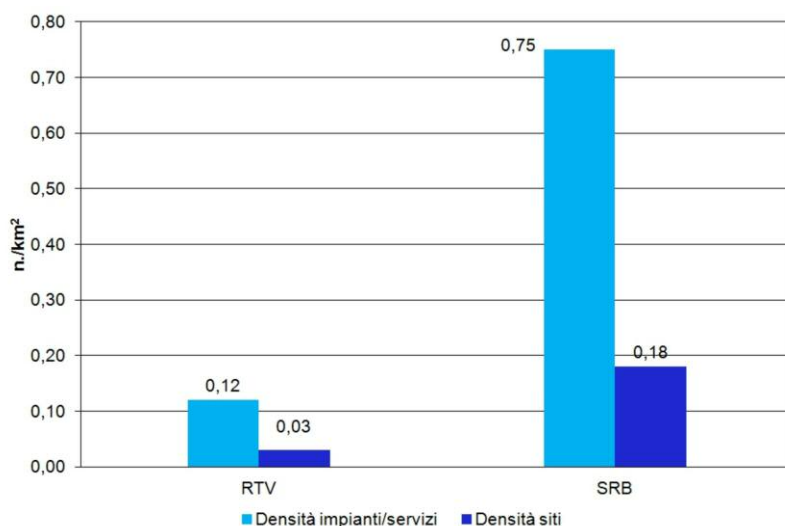
Figura 7.2.1: Stato delle azioni di risanamento nei siti in cui si è rilevato almeno un superamento a causa di impianti RTV e SRB (1998-luglio 2017)



Note: I dati sono relativi alle sole regioni/province autonome per le quali si dispone della serie completa.

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA (Osservatorio CEM)

Figura 7.2.2: Densità di impianti/servizi e di siti, confronto tra RTV e SRB. Nota: i dati sono relativi alle regioni per le quali si dispone della serie completa



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA (Osservatorio CEM)

### Le principali sorgenti CEM

Recentemente il mondo delle telecomunicazioni ha visto e sta vivendo un'evoluzione tecnologica tale da rendere necessaria una riconfigurazione di gran parte dei circa 45 mila impianti fissi per la telefonia mobile (SRB - Stazioni Radio Base) esistenti sul territorio italiano. Tutto ciò si sta traducendo in un aumento della pressione ambientale associata a tali sorgenti di campo elettromagnetico. Gli impianti RTV, seppure generalmente meno numerosi di quelli per telefonia mobile, rappresentano le sorgenti più critiche per l'emissione di campi elettromagnetici, per le maggiori potenze in gioco connesse al loro funzionamento. Le SRB sono invece impianti che, considerate le minori potenze di funzionamento, gene-

rano campi elettromagnetici di entità sensibilmente inferiori ma che, a causa della loro capillare diffusione sul territorio nazionale, soprattutto in ambito urbano, sono spesso percepite dai cittadini come fattori di rischio per la salute, essendo maggiore la percentuale di popolazione esposta nelle aree circostanti le installazioni. Nel 2016 le SRB presentano una densità di servizi, sull'intera superficie nazionale, 6 volte superiore rispetto a quella relativa agli impianti radiotelevisivi (RTV) (rispettivamente 0,75 e 0,12 impianti per km<sup>2</sup>); anche la densità dei siti SRB (0,18 siti per km<sup>2</sup>) è circa tre volte superiore rispetto a quella dei siti RTV (0,03 siti per km<sup>2</sup>). La potenza complessiva degli impianti SRB (11.446 kW) risulta essere di poco superiore a quella degli impianti RTV (10.347 kW) (Figura 7.2.2). I valori assoluti delle potenze

sono aumentati anche per il diverso numero di regioni che è stato possibile considerare nel 2016.

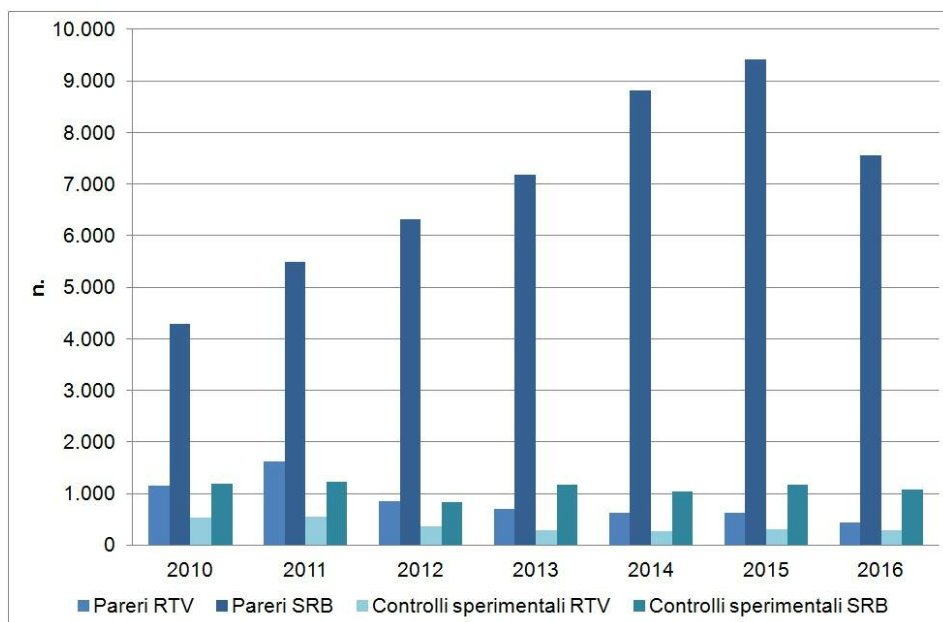
I dati sopra menzionati si riferiscono alle 10 regioni<sup>3</sup> che hanno fornito il dato completo per l'anno 2016 per entrambe le tipologie di sorgente RTV ed SRB.

Dal 2015 al 2016 gli impianti SRB sono aumentati del 10% e la relativa potenza complessiva è aumentata del 12%. Gli impianti RTV risultano, invece, in una situazione stazionaria evidenziando solo una riduzione di potenza complessiva del 3%.

Tale confronto è stato possibile effettuarlo per le 8 regioni<sup>4</sup> che hanno fornito il dato completo che hanno fornito il dato completo per il biennio 2015-2016 per entrambe le tipologie di sorgente RTV ed SRB.

I dati relativi agli elettrodotti vengono forniti dalle ARPA/APPA e risentono delle forti problematiche relative alla gestione dell'informazione attraverso i gestori delle linee elettriche. Spesso le informazioni in loro possesso non sono aggiornate e non coprono l'intero terri-

**Figura 7.2.3: Pareri e controlli sperimentali effettuati su impianti RF in Italia, distinti per tipologia di sorgente (2010-2016)**



Nota: I dati sono relativi alle sole regioni/province autonome per le quali si dispone della serie completa nell'arco temporale 2010-2016 per le sorgenti RTV e SRB (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Provincia autonoma di Bolzano, Veneto, Liguria, Toscana e Umbria)

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA (Osservatorio CEM)

<sup>3</sup> Le regioni considerate sono Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria e Marche.

<sup>4</sup> Le regioni considerate sono Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Emilia-Romagna, Umbria e Marche.

torio regionale. Attualmente è in fase di discussione il decreto attuativo ai sensi dell'art. 7, comma 1 della legge 22 febbraio 2001, n. 36 riguardo le modalità di inserimento dei dati relative alle sorgenti ELF oggetto del Catasto elettromagnetico nazionale. Per i motivi di cui sopra non è possibile confrontare i dati del 2016 con gli anni precedenti forniti oltretutto direttamente dai gestori delle linee elettriche ad ISPRA.

### Le azioni per contenere l'inquinamento elettromagnetico

L'attività di controllo del SNPA su questo tipo di sorgenti di campi elettromagnetici è diventata nel tempo sempre più intensa (Figura 7.2.3) e mirata a una corretta caratterizzazione ambientale di questi impianti individuando le situazioni di criticità legate a vari aspetti (alta densità di impianti, potenze in gioco, valori importanti di campo elettrico presenti, particolare sensibilità sociale etc...). L'attenzione della popolazione verso queste sorgenti elettromagnetiche risulta essere alta, infatti, nel 2016 il 43% dei controlli totali sperimentali effettuati dalle ARPA/APPA riguarda impianti che sono stati oggetto di numerose segnalazioni da parte dei cittadini (4.199 controlli sperimentali di cui 1.798 su richiesta dei cittadini). Tale informazione si riferisce alle sole 15 regioni<sup>5</sup> che hanno fornito il dato completo al 2016 per le sorgenti RTV, SRB ed ELF. Dal 2015 al 2016 si registra una diminuzione dei pareri tecnici rilasciati dalle ARPA in fase autorizzativa pari al 27% per RTV, e al 19% per SRB e per ELF. Nel medesimo arco temporale, i controlli

sperimentali effettuati dalle stesse Agenzie risultano aumentati per RTV del 5% e diminuiti per SRB del 16% a fronte di una riduzione dei controlli effettuati su richiesta dei cittadini pari rispettivamente al 4% e al 21%. Per gli impianti ELF il numero di controlli sperimentali resta sostanzialmente invariato ma aumenta del 9% il numero di quelli effettuati su richiesta dei cittadini. Tale confronto è stato possibile solo per 10 regioni/province autonome<sup>6</sup> che hanno fornito il dato completo per il biennio 2015-2016 per le sorgenti RTV, SRB ed ELF. La necessità di affrontare e gestire la problematica legata a queste sorgenti RF ed ELF, dal punto di vista socio-ambientale, ha determinato anche l'esigenza di avere a disposizione strumenti efficienti per la raccolta e la sistematizzazione di dati e informazioni in materia. Il 13 febbraio 2014 è stato emanato il decreto ministeriale di istituzione del catasto in oggetto a valle di un processo di confronto tra ISPRA e le ARPA/APPA, iniziato diversi anni fa, al fine di definire e condividere le specifiche tecniche per la realizzazione del Catasto stesso. Il CEN opera in coordinamento con i diversi Catasti elettromagnetici regionali (CER) e sono in fase di avvio dei progetti regionali finanziati dal MATTM secondo i disposti del DD n.72/2016 relativi alla realizzazione/gestione dei CER. Questo sicuramente comporterà un forte impulso positivo con la conseguente messa a regime degli stessi e del CEN. Attualmente 10 Regioni su 20 sono provviste di un catasto elettromagnetico regionale, non sempre però completo di informazioni ed esteso a entrambe le tipologie di sorgenti RF ed ELF.

<sup>5</sup> Le regioni considerate sono Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Lazio, Umbria, Marche, Puglia, Calabria e Sicilia.

<sup>6</sup> Le Regioni considerate sono Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Provincia autonoma di Trento, Veneto, Liguria, Emilia-Romagna, Umbria, Marche e Puglia.

## 7.3 RADIAZIONI IONIZZANTI

Sonia Fontani, Giuseppe Menna, Francesco Salvi, Giancarlo Torri, Paolo Zeppa  
ISPRA

### Messaggi chiave

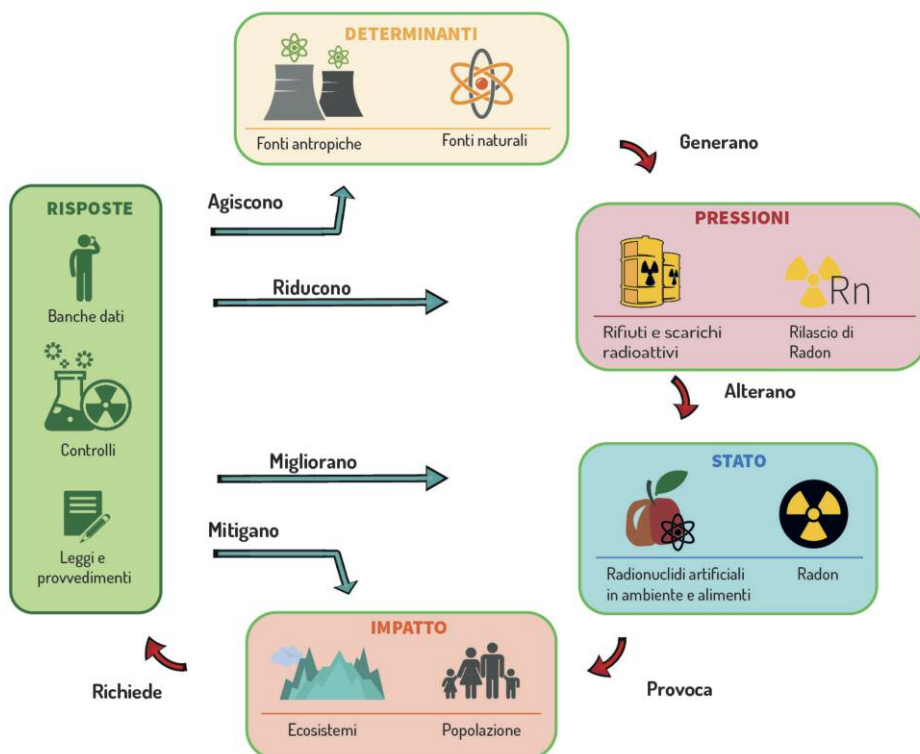
Le centrali nucleari nel nostro paese non sono più in esercizio, ma sono in corso le attività connesse alla loro disattivazione. Continua, inoltre, ad essere sempre più diffuso l'impiego delle radiazioni ionizzanti nelle applicazioni medico-diagnostiche. In assenza di incidenti rilevanti, tuttavia, l'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti deriva principalmente dalla radioattività naturale, il cui contributo maggiore è rappresen-

tato dal radon. Ogni anno in Italia sono attribuiti all'esposizione al radon circa 3.400 tumori polmonari su un totale di circa 31.000 casi.

### Introduzione

Le radiazioni ionizzanti possono essere generate da fonti artificiali o naturali. La presenza di radioattività artificiale nell'ambiente è dovuta in gran parte ai test atomici della seconda metà del secolo scorso e agli incidenti nucleari,

DPSIR\_Radiazioni ionizzanti



in particolare quello di Chernobyl. In Italia le centrali nucleari e le altre installazioni connesse al ciclo del combustibile, non sono più in esercizio, ma sono in corso le attività di smantellamento e messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi derivanti dal pregresso esercizio. L'impiego delle radiazioni ionizzanti nelle applicazioni medico-diagnostiche, nell'industria e nella ricerca scientifica risulta sempre più diffuso, questo comporta la gestione delle attività di trasporto per la distribuzione delle sorgenti radioattive e dei rifiuti da esse derivanti. L'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti deriva, tuttavia, principalmente da fonti naturali di origine cosmica e terrestre. Tra le fonti di origine terrestre c'è il radon, un gas naturale radioattivo presente ovunque nei suoli e in alcuni materiali impiegati in edilizia, che nei luoghi chiusi (case, scuole, ambienti di lavoro, etc.) tende ad accumularsi fino a raggiungere, in particolari casi, concentrazioni ritenute inaccettabili in quanto causa di un rischio eccessivo per la salute. Occorre, inoltre, aggiungere tra le fonti di radioattività naturale quella derivante da particolari lavorazioni e attività industriali di materiali contenenti radionuclidi naturali (*Naturally Occurring Radioactive Material* - NORM) che possono comportare un significativo aumento dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori.

Ad oggi nel nostro Paese il controllo sulle attività che possono comportare un'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti è regolamentato dalla Legge 31 dicembre 1962, n. 1860, dal Decreto Legislativo del 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche, dal Decreto Legislativo dell'8 febbraio 2007, n. 52, dal Decreto Legislativo del 4 marzo 2014, n. 45 e dal Decreto Legislativo del 15 febbraio 2016, n. 28. La Raccomandazione europea 2000/473/Euratom dell'8 giugno 2000 fornisce indicazioni agli Stati membri sulla realizzazione del monitoraggio della radioattività ambientale. Il 17 gennaio

2014 è stata pubblicata la Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio europeo del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti che dovrà essere recepita dagli Stati membri entro il 6 febbraio 2018.

### Il problema

È possibile avere una panoramica sullo stato dell'esposizione della popolazione e dell'ambiente alle radiazioni ionizzanti monitorando la radioattività naturale e artificiale nell'ambiente. Nella legislazione italiana il controllo della radioattività ambientale è articolato in reti di monitoraggio regionali e nazionali.

Le reti nazionali hanno compiti di sorveglianza e/o di allarme e pronta notifica.

La Rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale (REte di SOrveglianza della RADioattività - RESORAD), il cui coordinamento tecnico è affidato a ISPRA, è costituita dai laboratori del SNPA e da altri Istituti (Croce Rossa Italiana e Istituti Zooprofilattici Sperimentali) che rendono operativi piani annuali di monitoraggio della radioattività, il cui obiettivo principale è il rilevamento dell'andamento della radioattività nelle principali matrici ambientali e negli alimenti. Tutti i rilevamenti effettuati sono raccolti in una banca dati nazionale, DBRad, elaborata e residente su server ISPRA, ma accessibile e popolata da tutti i soggetti della rete via Web. La rete automatica di monitoraggio della radioattività ambientale per fini di pronto-allarme, Rete Gamma, dell'ISPRA è costituita da 59 centraline di monitoraggio automatico, distribuite sul territorio nazionale, che forniscono in tempo reale una misura del rateo di dose gamma assorbita in aria. La rete è stata concepita per segnalare eventuali valori anomali riconducibili a rilasci

di radioattività in atmosfera, ad esempio a seguito di un incidente a una centrale nucleare tra quelle che operano oltre frontiera. Infatti, la rete, che costituisce uno dei sistemi di supporto alla gestione delle emergenze radiologiche che operano presso il Centro Emergenze Nucleari dell'ISPRA, partecipa al sistema nazionale di allertamento previsto dal Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche di cui al DPCM 19 marzo 2010. A livello regionale sono anche presenti analoghe reti automatiche di rilevamento; su iniziativa dell'Istituto, si è proceduto a una integrazione della maggior parte delle stazioni regionali con la Rete nazionale, soprattutto per quelle regioni maggiormente esposte al rischio rappresentato dagli impianti nucleari che operano a ridosso dei confini nazionali. Inoltre, recentemente, a tale processo di integrazione delle diverse realtà di monitoraggio radiologico di allarme, si è aggiunta la partecipazione di una parte consistente di stazioni della Rete di allarme del Ministero dell'Interno, gestita dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. Il quadro radiometrico fornito dall'insieme delle reti automatiche nazionali e regionali per il monitoraggio della radioattività ambientale, viene reso disponibile dall'ISPRA alla piattaforma europea EURDEP a cui tutte le reti automatiche dei paesi dell'Unione devono, ai sensi della Decisione del Consiglio 87/600/Euratom, trasmettere i propri dati in caso di una emergenza nucleare o radiologica.

La dose gamma assorbita in aria è dovuta principalmente alla radiazione cosmica e a quella terrestre. Un'indagine nazionale, effettuata negli anni 1970-1971 su un reticolo di oltre 1.000 punti di misura, ha consentito di stimare i contributi di origine cosmica e terrestre *outdoor*; un'altra indagine nazionale, svolta dal 1989 al 1997, sulla radioattività naturale nelle abitazioni, su campioni rappresentativi a livello regionale ha fornito i dati

per effettuare una stima della dose gamma di origine terrestre indoor. Si evidenziano le sostanziali uniformità del contributo della radiazione cosmica, mentre il contributo della radiazione terrestre è fortemente dipendente dalla geologia del sito.

Una delle principali fonti di radioattività naturale di origine terrestre è il radon, gas naturale radioattivo prodotto dal radio a sua volta prodotto dall'uranio, presente nei suoli in concentrazione variabile in relazione alle caratteristiche geologiche del sito e in alcuni materiali impiegati in edilizia. In aria aperta si disperde rapidamente, mentre nei luoghi chiusi tende ad accumularsi fino a raggiungere, in particolari casi, concentrazioni ritenute inaccettabili in quanto causa di un rischio eccessivo per la salute. La stima della concentrazione media di radon in aria negli ambienti confinati (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro) rappresenta il parametro di base per la valutazione dell'impatto sulla popolazione in quanto il radon aumenta il rischio di tumori polmonari. Ogni anno in Italia sono attribuiti all'esposizione al radon circa 3.400 tumori polmonari su un totale di circa 31.000 casi e rappresenta la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di sigaretta. In assenza di specifici eventi incidentali il radon rappresenta in assoluto la principale fonte di esposizione alle radiazioni ionizzanti per la popolazione.

Per avere una buona indicazione sullo stato dell'esposizione della popolazione alla radioattività artificiale presente nell'ambiente è possibile effettuare una stima della concentrazione di attività di un radionuclide guida come il cesio 137 (Cs-137), tossico anche in piccole quantità e dalla vita media pari a 30 anni, nelle principali matrici ambientali e alimentari quali il particolato atmosferico, la deposizione al suolo e il latte. La concentrazione di attività del Cs-137 nel particolato atmosferico e nella deposizione al suolo è finalizzata alla



sorveglianza della radiocontaminazione ambientale, mentre la concentrazione di attività del Cs-137 nel latte è volta ad evidenziare una possibile contaminazione rilevante anche per l'aspetto dietetico-sanitario in seguito a fenomeni di accumulo nella catena alimentare. In Figura 7.3.1 è riportato l'andamento temporale della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico per tutte le stazioni italiane dal 1986 ad oggi; in essa si osservano i picchi di contaminazione relativi all'arrivo in Italia della "nube di Chernobyl" (aprile 1986), nonché quello dovuto a un incidente avvenuto nel giugno 1998 in una fonderia spagnola presso Algeciras, rilevato in modo più evidente nel Nord Italia. Permane, negli ultimi

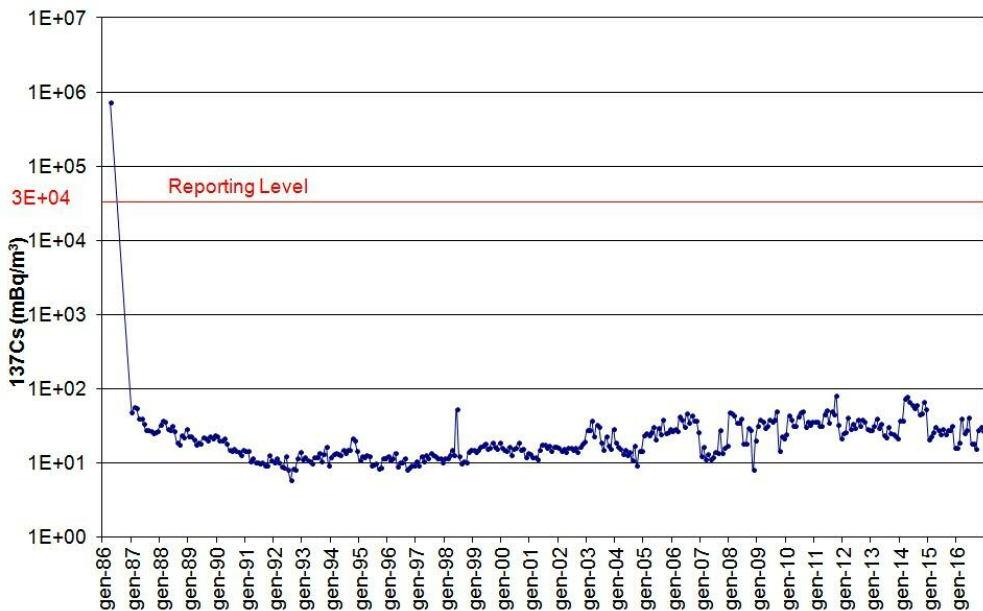
anni, una sostanziale stazionarietà dei livelli misurati che sono ben al di sotto del "reporting level" fissato dalla Raccomandazione 2000/473/Euratom (30 mBq/m<sup>3</sup>).

### Le cause principali

Le cause, che concorrono a generare lo stato attuale di esposizione della popolazione e dell'ambiente alle radiazioni ionizzanti, possono essere fonti di radioattività naturale e artificiale.

Tra le fonti di radioattività naturale troviamo quella derivante da particolari lavorazioni e attività industriali di

**Figura 7.3.1: Concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico per tutte le stazioni italiane dal 1986 ad oggi**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA/CRI/IIZZSS

materiali contenenti radionuclidi naturali (*Naturally Occurring Radioactive Material* - NORM) e il gas radon, che ha origine dal suolo in relazione alla geologia del territorio e ai materiali da costruzione utilizzati negli edifici. Per la radioattività artificiale le attività che implicano un probabile rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione e che rappresentano una potenziale pressione sull'ambiente circostante, riguardano in particolare:

- le installazioni del progresso programma nucleare in fase di smantellamento ed i reattori di ricerca;
- le strutture di deposito di rifiuti radioattivi, molte delle quali presenti all'interno delle installazioni stesse;
- le attività di impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti, comprese le macchine radiogene;
- le attività di trasporto delle materie radioattive.

## La sorveglianza della radioattività ambientale

Al fine di prevenire e proteggere lavoratori, popolazione e ambiente da esposizioni indebite alle radiazioni ionizzanti risulta di forte rilevanza condurre le attività di controllo e di monitoraggio della radioattività sull'ambiente e sugli alimenti su tutto il territorio nazionale e mantenere le competenze di sicurezza nucleare e di radioprotezione ad alto livello. La normativa europea, che dovrà essere recepita nel febbraio 2018, sposa proprio questa visione, andando a potenziare controlli e monitoraggi, regolamentando, per la prima volta, l'esposizione al radon nelle abitazioni e introducendo nuove attività da annoverare tra i NORM. A tale scopo risulta molto utile un indicatore di risposta che riepiloga la situazione dell'attività di sorveglianza attuata dalle reti nazionali, regionali e locali. L'organizzazione attuale in condizioni ordinarie, in ottemperanza a disposizioni normative, prevede tre livelli

di monitoraggio/controllo ambientale: le reti locali, attraverso le quali si esercita il controllo dell'ambiente attorno alle centrali nucleari e altri impianti di particolare rilevanza (*source related*); le reti regionali, delegate al monitoraggio e controllo generale dei livelli di radioattività sul territorio regionale (*source related/person related*); le reti nazionali, con il compito di fornire il quadro di riferimento generale della situazione italiana ai fini della valutazione della dose alla popolazione, prescindendo da particolari situazioni locali (*person related*).

L'indicatore fornisce una valutazione della bontà del monitoraggio rispetto all'adeguamento a standard qualitativi definiti in termini di: matrici sottoposte a monitoraggio, tipologia di misure effettuate, frequenza di campionamento e misura, sensibilità di misura, densità spaziale e regolarità del monitoraggio. Lo stato di attuazione del monitoraggio nazionale ad oggi risulta sufficientemente adeguato, come hanno dimostrato anche gli esiti delle visite di verifica condotte dalla Commissione Europea ai sensi degli art.35 e 36 Euratom, sebbene possa essere migliorata la copertura territoriale soprattutto per alcune tipologie di misure radiometriche. Nella Tabella 7.3.1 è riepilogato lo stato di attuazione delle reti regionali del monitoraggio della radioattività ambientale. Le reti regionali risultano tutte operative ed in alcuni casi sono approvate dall'Assessorato alla Sanità in altri dall'Assessorato all'Ambiente. Tenendo conto dei dati forniti dal 2014 al 2016 alla REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD) relativamente a tre matrici (particolato atmosferico, deposizione al suolo e latte) si rileva che la copertura spaziale del monitoraggio è soddisfacente sul territorio nazionale, pari a circa il 90% per il particolato atmosferico e il latte, appena superiore al 70% per la deposizione al suolo.

Tabella 7.3.1: Stato delle reti regionali, esempi di contributi alla rete nazionale

| Regione/<br>Provincia<br>autonoma | Operatività della<br>rete regionale | Approvata<br>da Regione/<br>Provincia<br>autonoma | Particolato<br>atmosferico | Deposizioni<br>umide<br>e secche | Latte |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|-------|
| Piemonte                          | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Valle d'Aosta                     | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | Si                               | Si    |
| Lombardia                         | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | Si                               | Si    |
| Bolzano                           | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | Si                               | Si    |
| Trento                            | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Veneto                            | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | Si                               | Si    |
| Friuli-Venezia<br>Giulia          | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | Si                               | Si    |
| Liguria                           | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | No                         | No                               | No    |
| Emilia-Romagna                    | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Toscana                           | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Umbria                            | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Marche                            | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | Si                               | Si    |
| Lazio                             | Si                                  | Si (Ass. Ambiente)                                | Si                         | Si                               | Si    |
| Abruzzo                           | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Molise                            | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | No                         | No                               | No    |
| Campania                          | Si                                  | Si  | Si                         | No                               | Si    |
| Puglia                            | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Basilicata                        | Si                                  | Si  | Si                         | Si                               | Si    |
| Calabria                          | Si                                  | Si  | Si                         | No                               | Si    |
| Sicilia                           | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | No                               | Si    |
| Sardegna                          | Si                                  | Si (Ass. Sanità)                                  | Si                         | No                               | Si    |

Fonte: ISPRA/ARPA/APPA/CRI/IIZZSS

## Indicatore di esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle Stazioni Radio Base calcolato considerando la distribuzione della popolazione per piano nel Comune di Verona

Sabrina Poli, Raffaella Ugolini, Flavio Trotti  
ARPA Veneto

Scopo del presente lavoro è fornire una metodologia per valutare in maniera sintetica e accurata l'esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle Stazioni Radio Base (SRB). La metodologia proposta [Poli *et al.*, 2016] tiene conto dei valori di campo elettrico calcolati a diverse altezze e mediati sulle sezioni di censimento e della popolazione media residente, per ciascuna sezione, ai diversi piani. Lo studio, che è stato condotto sul territorio del comune di Verona, rappresenta il raffinamento dell'indicatore elaborato nel 2010 [Trotti *et al.*, 2010] nell'ipotesi che tutta la popolazione risieda al primo piano, il più popolato.

### METODOLOGIA

La metodologia si sviluppa nelle seguenti due fasi:

a) Determinazione dei livelli di campo elettrico

Nel calcolo del campo elettrico, sono state considerate tutte le Stazioni Radio Base attive all'interno del territorio comunale (n. 312, marzo 2016) e quelle presenti entro una distanza di almeno 500 m dal confine.

Per ogni edificio presente all'interno del territorio comunale è stato calcolato il valore di campo elettrico ad ogni piano a partire da 2 m (piano terra) fino a 47 metri (quindicesimo piano). Il calcolo è stato ripetuto ogni 3 metri, sommando 2 metri all'altezza di ogni piano (riferito al pavimento) per considerare tutta la lunghezza del corpo umano.

Lo *shape file* degli edifici utilizzato è stato fornito dall'Azienda Generale dei Servizi Municipalizzati del Comune di Verona ed è aggiornato al 2011.

Il calcolo del campo elettrico è stato effettuato utiliz-

zando l'applicativo NirGis sviluppato da ARPAV in ambiente QGIS (applicazione desktop GIS Open Source) [Poli *et al.*, 2011]; la stima prodotta è conseguita nell'ipotesi conservativa di propagazione del campo elettrico in condizioni di campo lontano e spazio libero.

b) Valutazione dell'esposizione della popolazione

Per lo studio della distribuzione della popolazione, sono stati utilizzati i dati ISTAT del Censimento 2011 forniti dalla Sezione Sistema Statistico Regionale, Segreteria Generale della Programmazione, Regione Veneto.

In tali dati, per ogni sezione, sono elencati gli edifici della sezione; per ogni edificio è indicato il numero di piani fuori terra e la popolazione residente. Elaborando opportunamente i dati, per ogni sezione si ottiene la popolazione media residente per ciascun piano.

Con i dati disponibili sono state costruite le distribuzioni di frequenza della popolazione scaligera per fascia di valore di campo elettrico, per ciascun piano e quella complessiva, come somma delle precedenti. Infine, per confronto con precedenti lavori [Poli *et al.*, 2010; Poli *et al.*, 2015] è stata prodotta anche la distribuzione corrispondente all'ipotesi che tutti i cittadini risiedano al primo piano (altezza di 5 metri rispetto al livello del suolo, che in Veneto risulta il più abitato).

### RISULTATI

1. Campo elettrico

Per ciascuna sezione di censimento, i valori di campo elettrico sono stati calcolati in corrispondenza di tutti gli edifici e poi mediati sulla sezione stessa. Sono stati ottenuti valori di campo elettrico medio a diverse al-

tezze, da zero fino all'altezza corrispondente al piano più alto popolato all'interno della sezione stessa. A differenza di quanto atteso, il campo elettrico non continua a crescere all'aumentare dell'altezza: il valore medio più elevato, pari a 2,3 V/m, è stato calcolato all'altezza di 14 metri (4° piano); il valore massimo, pari a 5,3 V/m, si osserva in corrispondenza del 3° piano, a 11 metri di altezza. In generale, tutti i parametri statistici valutati (media, massimo, mediana, 95° percentile, 99° percentile) mantengono livelli alti tra il terzo e il settimo piano, poi diminuiscono; ciò è probabilmente dovuto al fatto che l'edificato del comune di Verona è costituito soprattutto da edifici di due piani (un piano oltre il piano terra); quindi, all'aumentare dell'altezza, si riduce notevolmente il numero di edifici sui quali effettuare il calcolo del campo elettrico ed è

plausibile che tali edifici non si trovino vicini alle Stazioni Radio Base attive.

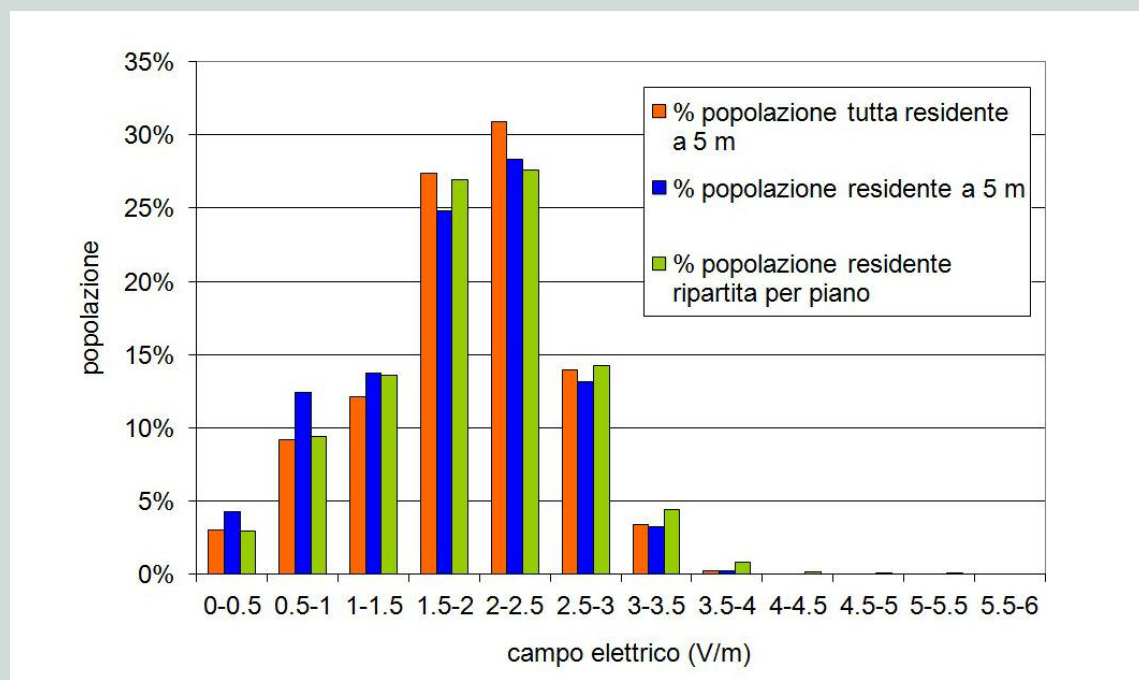
## 2. Esposizione della popolazione

Nel grafico di Figura 1 sono rappresentate le tre distribuzioni della popolazione (esprese in percentuale) del comune di Verona, calcolate in questo lavoro.

In arancione è mostrata la distribuzione della popolazione valutata nell'ipotesi che tutti i cittadini del comune, pari a 247.833 unità, siano residenti al primo piano (5 metri di altezza). L'elaborazione era già stata condotta in precedenza [Trotti *et al.*, 2010; Poli *et al.*, 2015] e viene riproposta per poterla confrontare con le successive.

Il colore blu è associato alla distribuzione della popolazione media residente al primo piano, pari a 67.355

Figura 1: Rappresentazione grafica dell'indicatore di campo elettrico calcolato nel comune di Verona



Fonte: Elaborazione ARPA Veneto

cittadini.

Infine il verde è utilizzato per indicare la distribuzione che deriva dalla somma di tutte le distribuzioni relative a ciascun piano (per ogni intervallo di campo elettrico, somma della popolazione media residente in ciascun piano).

Dall'analisi del grafico e dall'elaborazione dei parametri statistici associati a ciascuna distribuzione si osserva che:

- le tre distribuzioni hanno un andamento a campana molto simile;
- in tutte e tre le distribuzioni, la metà della popolazione è esposta a livelli di campo elettrico inferiori a 2,0 V/m e la maggioranza a livelli inferiori a 3,0 V/m; i parametri statistici sono molto simili nei tre istogrammi;
- la distribuzione di frequenza complessiva (in verde) è quella che maggiormente si allarga verso i valori più elevati di campo elettrico; il 99° percentile di tale distribuzione risulta infatti il più elevato, 3,5 V/m, e conferma che il raffinamento operato nelle stime tiene conto in modo più accurato delle esposizioni ai diversi piani degli edifici.

## CONCLUSIONI

Lo strumento di analisi elaborato si conferma un valido indicatore, utile sia per sintetizzare in modo semplice e immediato l'impatto degli impianti di telefonia cellulare sul territorio e sulla popolazione sia per monitorare l'evoluzione dello stato dell'ambiente elettromagnetico nel tempo.

I risultati ottenuti mostrano innanzitutto che la suddivisione per piano non comporta variazioni significative nella distribuzione di frequenza della popolazione rispetto alle valutazioni condotte ad un'unica altezza, quella del piano più popolato. È quindi possibile operare il confronto con i risultati ottenuti nelle precedenti indagini [Trotti *et al.*, 2010; Poli *et al.*, 2015]. La situazione rimane in sostanza invariata tra il 2015 e il 2016, mentre, rispetto al 2010, si osserva in generale un incremento di

tutti i parametri statistici in conseguenza del maggior numero di impianti installati e della maggiore potenza. Nel dettaglio la mediana, che rappresenta la soglia entro la quale è esposta la metà della popolazione, aumenta da 1,2 V/m a 1,9 V/m; il 95° percentile, il valore entro il quale risulta esposto il 95% degli abitanti, cresce da 2,3 V/m a 3 V/m; infine la percentuale di popolazione esposta a valori di campo elettrico superiori a 3 V/m, ossia a metà del valore di attenzione, passa da meno dello 0,1% al 5%.

Nonostante il confronto evidenzia un *trend* in aumento dal 2010 in poi, la situazione per il comune di Verona può essere considerata confortante, come confermato anche dalle misure sperimentali. La soglia di riferimento per la valutazione dello stato attuale dell'indicatore è il valore di attenzione e obiettivo di qualità stabiliti dalla normativa pari a 6 V/m, decisamente superiore ai parametri statistici evidenziati sopra.

## BIBLIOGRAFIA

- Poli S. *et al.*, 2011. *Il progetto ETERE di Arpa Veneto*. In: *Ecoscienza*, pagg. 40-41.
- Poli S., Ugolini R., Trotti F., 2015. *Esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle Stazioni Radio Base: risultati per i comuni capoluogo del Veneto*. In: *XI Rapporto Qualità Ambiente Urbano*, ISPRA, pagg. 122-132.
- Poli S., Ugolini R., Trotti F., 2016. *Indicatore di esposizione della popolazione al campo elettrico prodotto dalle stazioni radio base calcolato considerando la distribuzione della popolazione per piano nel comune di Verona*. In: *Atti del VI Convegno Nazionale degli Agenti Fisici*.
- Trotti F., Poli S., Ugolini R., 2010. *Radiazioni non ionizzanti: campi elettromagnetici a radiofrequenza*. In: *Ambiente e territorio 2010*, ARPAV, pagg. 69-75.

## Superamento dei valori limite dei campi elettromagnetici: alcuni casi nella provincia di Reggio Calabria in siti “complessi” e per stazioni radio base di telefonia mobile

Francesca Gatto, Giovanna Belmusto, Francesco Suraci, Roberto Talia, Duilio Dieni  
ARPA Calabria

Nell'ambito delle attività istituzionali di ARPA Calabria nel corso degli ultimi anni è proseguita l'attività di monitoraggio e controllo nel territorio provinciale di Reggio Calabria per valutare l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici (CEM) prodotti dalle sorgenti esterne ad alta frequenza. Negli anni 2013-2016 sono state effettuate circa 450 misure strumentali in campo dei livelli di CEM e sono stati riscontrati superamenti dei valori limite di riferimento in alcune postazioni di misura interessate dalle emissioni elettromagnetiche.

Nel seguito sono descritte le attività tecniche amministrative a supporto dei comuni a seguito di superamenti dei limiti di riferimento per i campi elettromagnetici per alcuni impianti ubicati nei comuni di Villa San Giovanni e di Palmi.

Nel novembre 2014 a seguito di richiesta del Corpo di Polizia Locale del comune di Villa San Giovanni, sono stati effettuati controlli e verifiche in merito alle emissioni elettromagnetiche prodotte dalla stazione radio base ubicata in via Cosenz, 4.

Con le verifiche strumentali si è accertato il superamento del valore di attenzione per il campo elettrico di cui al DPCM 8 luglio 2003 presso uno specifico ricevitore. Tali superamenti sono stati riscontrati sia con misure puntuali che con misure in continuo.

A seguito di tale attività è stata formulata dall'Agenzia al comune di Villa San Giovanni la proposta di riduzione a conformità delle emissioni elettromagnetiche della suddetta stazione radio base (SRB).

A completamento delle attività, si è inoltre svolta una verifica tecnica istruttoria inerente il sito oggetto di indagine. In particolare, la documentazione esaminata è

costituita da un'istanza del gestore della SRB e da un progetto architettonico nonché da una relazione previsionale di stima dei CEM ed è stata integrata con due documentazioni progettuali a firma del tecnico redattore dell'analisi di impatto elettromagnetico, nelle quali risultavano delle modifiche sostanziali al posizionamento e alla configurazione radioelettrica dell'impianto rispetto alla documentazione tecnica precedentemente inoltrata.

In particolare nella prima documentazione integrativa veniva riformulata l'altezza del centro elettrico dei sistemi radianti, con innalzamento del centro emissivo di 1,5 m rispetto al progetto originario. Nella seconda documentazione veniva dimezzata la potenza sul sistema DCS relativamente al settore 2 dell'impianto orientato a 300°N.

I dati tecnici rilevati nonché quelli progettuali della citata documentazione tecnica sono stati utilizzati al fine di effettuare delle stime dei livelli di campo elettromagnetico prodotto dalla stazione radio base attraverso il software Aldena NFA3D.

Per tali stime risulta di particolare importanza la determinazione del dislivello tra centro elettrico delle antenne emmissive e del ricevitore in cui si va a calcolare il livello di campo atteso. Nella prima integrazione progettuale, in cui è stata aumentata l'altezza del centro dei sistemi radianti di 1,5 m, veniva indicato il dislivello tra centro emissivo e ricevitore di via Cosenz, 6 pari a 4,5 m. Dal sopralluogo in situ e dalle misure effettuate si è rilevato invece che il dislivello tra il centro elettrico dell'impianto e il ricevitore è circa 1,10 m.

Si riporta in Figura 1 un'immagine dei risultati dei calcoli



Figura 1: Volume di rispetto a 6 V/m del livello di campo elettrico generato dalla SRB da progetto originario con condizioni *in situ*



Fonte: ARPA Calabria

effettuati per valutare le stime dei livelli di campo attesi nelle diverse ipotesi in cui l'impianto è considerato come da configurazione originaria e come da integrazioni progettuali e con le caratteristiche plano-altimetriche del sito di installazione e del ricettore rilevate *in situ*.

A seguito delle comunicazioni di ARPA Calabria relative al superamento dei limiti e alle difformità tecniche della SRB rispetto a quanto indicato negli elaborati progettuali, il comune di Villa San Giovanni ha emesso un'ordinanza di spegnimento del settore della SRB che provocava il superamento del limite. A tale ordinanza l'operatore di telefonia coinvolto ha fatto ricorso al Tribunale Amministrativo di Reggio Calabria. L'operatore ha comunque provveduto a spegnere il settore dell'impianto e successivamente, a seguito di specifica istanza, ha effettuato una rotazione del settore della SRB da  $300^\circ$  a  $310^\circ$ N.

Nel corso degli ultimi anni è stato oggetto di continua attività di rilevazioni strumentali di intensità CEM l'area di Monte S. Elia del comune di Palmi; nel raggio di 200

metri nella zona presso cui sono state effettuate le misure vi sono installati come sorgenti radio emissive gli impianti a titolarità di operatori radio-televisivi nonché ulteriori sorgenti come impianti e ponti radio a servizio delle forze militari. [Guarnieri Calò Carducci *et al.* 2009]. La zona di principale valutazione è quella di ubicazione del serbatoio idrico nonché della Chiesa di S. Elia di Palmi, dove vi è la concentrazione maggiore degli impianti a servizio radiofonico.

Nel corso dei sopralluoghi è stata effettuata la misurazione dell'intensità del campo elettrico presso alcune postazioni di misura in località S. Elia di Palmi c/o Acquedotto, in alcune delle quali sono state eseguite le rilevazioni in banda larga.

In data 05/10/2016 si sono effettuate anche delle rilevazioni a banda stretta (Figura 2) sia all'esterno che all'interno della chiesa di S. Elia. Per la misura all'interno della chiesa si è applicato come limite di riferimento l'obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003 e s.m.i.,

e, considerando che le rilevazioni selettive di tipo *spot* sono rappresentative dei valori immessi nell'arco delle 24 ore, come confermato dalle rilevazioni in continuo con centralina di monitoraggio e per la tipologia di sorgenti, si è provveduto a comunicare al comune di Palmi il superamento dei valori limite per le postazioni indicate oggetto di verifica [Viola *et al.*, 2006].

Il comune di Palmi ha provveduto con ordinanza sindacale a richiedere la riduzione delle emissioni elettromagnetiche agli operatori radiofonici interessati.

Alcune emittenti hanno provveduto a ridurre la potenza in antenna e hanno comunque presentato ricorso al TAR contro l'ordinanza. Pertanto la procedura di riduzione a conformità risulta ancora in corso di definizione e non sono stati completamente definiti gli interventi di risanamento [Salvati, Strappini, 2010].

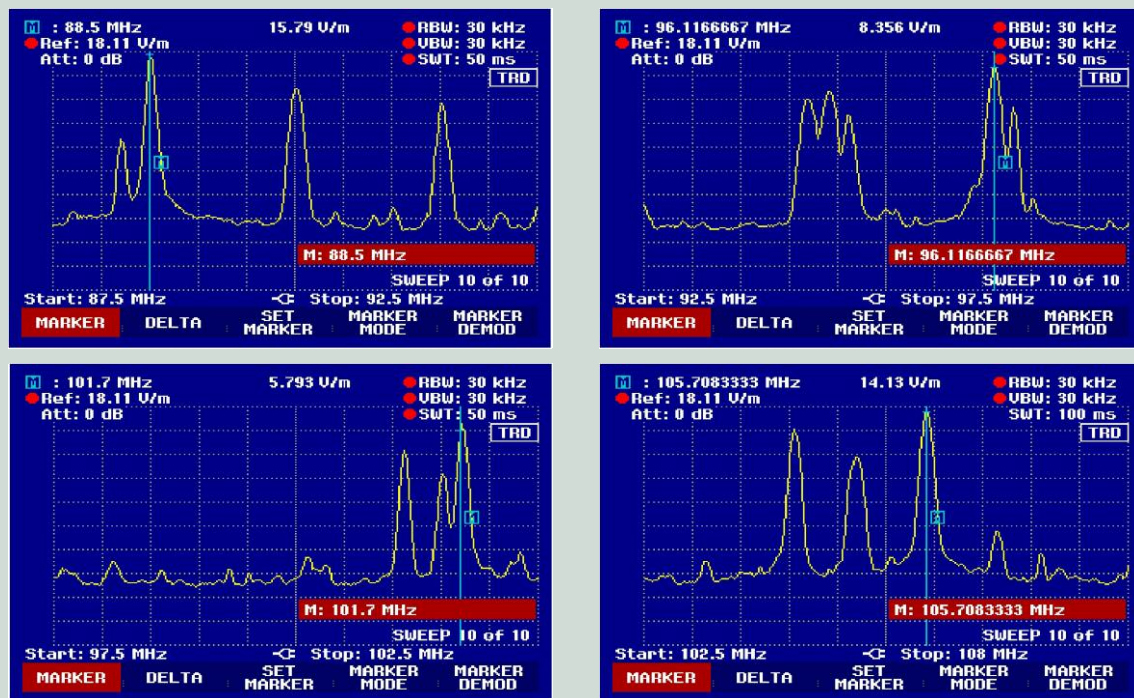
## BIBLIOGRAFIA

Guarnieri Calò Carducci A., Arnesano T., Perrella A., Barnaba R., Ciccio G., De Vitis O., Martucci V., Vitucci L., 2009. *Esposizione a campi elettromagnetici generati da "siti complessi" (impianti radio-TV e SRB) nella Regione Puglia*. In: Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti - Vercelli, 24-27 marzo.

Salvati B., Strappini M. 2010. *Inquinamento elettromagnetico: le difficoltà del risanamento*. Rivista Micron Anno V-numero 10-Dicembre 2008.

Viola M., Del Frate S., Telesca M., Villalta R., 2006. *Procedure per il risanamento di siti inquinati da campi elettromagnetici a radiofrequenza: siti semplici e complessi*. In: Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento. Biella 7-8-9 giugno 2006.

Figura 2: Immagini delle misure strumentali in banda stretta c/o postazione marciapiede antistante ingresso chiesa



Fonte: Rapporto tecnico ARPA Calabria

## Gli impianti nucleari in Piemonte

Luca Albertone, Laura Porzio  
ARPA Piemonte

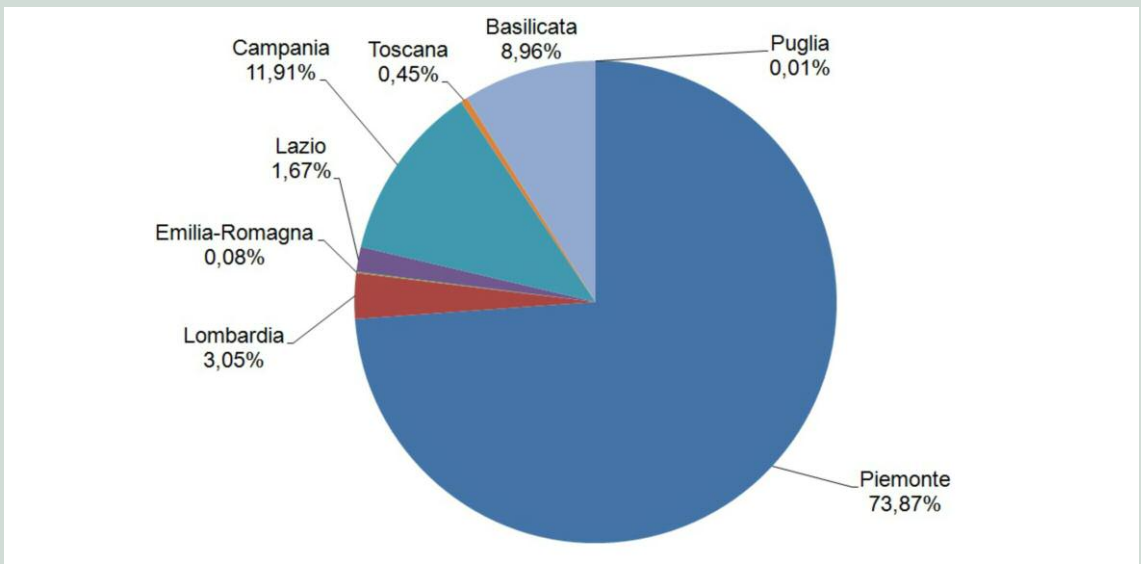
Sul territorio della regione Piemonte sono insediati tre siti nucleari - Bosco Marengo (AL), Saluggia (VC) e Trino (VC) - presso i quali hanno sede quattro impianti rappresentativi di tutto il ciclo del combustibile nucleare: l'impianto FN-SO.G.I.N. di fabbricazione del combustibile nucleare con sede a Bosco Marengo, la centrale elettro-nucleare "E. Fermi"-SO.G.I.N. con sede a Trino, l'impianto pilota EUREX-SO.G.I.N. di riprocessamento del combustibile nucleare irraggiato con sede a Saluggia e il Deposito Avogadro di combustibile nucleare irraggiato con sede a Saluggia.

Tutti gli impianti ospitano depositi temporanei di stoccaggio di rifiuti radioattivi solidi e, nel caso dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. di Saluggia, anche di rifiuti liquidi deri-

vanti dall'esercizio pregresso. Inoltre, presso il sito di Saluggia sono insediati i depositi di rifiuti radioattivi della LivaNova Site Management (ex Sorin) dove si trovano rifiuti radioattivi solidi derivanti dalle precedenti attività di raccolta svolte dalla ditta e dallo smantellamento del reattore di ricerca Avogadro. Complessivamente il Piemonte ad oggi detiene più del 70% dei rifiuti radioattivi italiani e la quasi totalità del combustibile nucleare irraggiato (Figura 1).

La passata stagione nucleare italiana, terminata con il referendum del 1987, ha lasciato in eredità l'oneroso compito di gestire la *decommissioning* di tutti gli impianti del ciclo del combustibile nucleare distribuiti sul territorio regionale. In generale si tratta di impianti datati, con-

Figura 1: Quantità di rifiuti radioattivi detenuti in termini di attività



Fonte: ISPRA - Annuario dei Dati ambientali Edizione 2016

cepi con tecnologie superate e soprattutto con un'età media ben superiore alla durata per la quale erano stati progettati. Di conseguenza non stupisce il manifestarsi di problematiche e anomalie impiantistiche che possono, in alcuni casi, avere importanti ripercussioni sull'ambiente. Questa situazione costituisce perciò un importante fattore di pressione per il territorio regionale.

La politica nazionale prevede il *decommissioning* di tutti gli impianti nucleari e il rilascio dei siti privi di vincoli di natura radiologica (condizione di *green field*). Questo processo implica lo smantellamento delle installazioni, il trattamento *in situ* dei rifiuti prodotti in fase di esercizio e in fase di *decommissioning*, il loro condizionamento per trasformarli in manufatti pronti per essere trasferiti al Deposito Nazionale.

L'attuale indisponibilità del Deposito Nazionale implica necessariamente che ogni impianto dovrà gestire depositi temporanei di rifiuti radioattivi solidi fino all'entrata in esercizio dello stesso (condizione di *brown field*). Impianto FN-SO.G.I.N. di Bosco Marengo - L'impianto di Bosco Marengo ha quasi ultimato le attività di decommissioning, sono in corso le attività di trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi ed è già stato adeguato il deposito temporaneo.

Impianto EUREX-SO.G.I.N. di Saluggia - Nel 2014 SO.G.I.N. ha presentato al Ministero dello Sviluppo Economico l'istanza di disattivazione ex art. 55 del D.Lgs. 230/1995 e ss.mm.ii. Presso il sito è in costruzione l'impianto CEMEX per la solidificazione, mediante cementazione, dei rifiuti radioattivi liquidi attualmente stoccati in appositi serbatoi. Inoltre, sta per entrare in esercizio il nuovo deposito temporaneo per rifiuti radioattivi solidi denominato D2.

Deposito Avogadro di Saluggia - Il deposito ospita ancora 64 elementi di combustibile irraggiato - destinato al riprocessamento presso l'impianto francese di La Hague - e non ha ancora presentato al Ministero dello Sviluppo Economico l'istanza di disattivazione ex art. 55 del D.Lgs. 230/1995 e ss.mm.ii.

LivaNova Site Management di Saluggia - Presso il sito è entrato in esercizio il nuovo deposito temporaneo di rifiuti radioattivi solidi e sono in corso le attività di caratterizzazione degli stessi. Inoltre sono state avviate le attività di caratterizzazione del manufatto denominato bunker che ospita i rifiuti radioattivi prodotti dallo smantellamento del reattore di ricerca Avogadro.

Centrale nucleare "E. Fermi" - SO.G.I.N. di Trino - La centrale nel 2012 ha ottenuto dal Ministero dello Sviluppo Economico l'autorizzazione alla disattivazione ex art. 55 del D.Lgs. 230/1995 e ss.mm.ii.

Nel 2015 tutto il combustibile irraggiato stoccato in piscina è stato inviato all'impianto di riprocessamento francese di La Hague. Sono stati avviati i progetti di adeguamento dei depositi di rifiuti radioattivi solidi e la costruzione degli impianti Wot e SiCoMor rispettivamente per il trattamento e il condizionamento delle resine esaurite attualmente stoccate sul sito.

#### LE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

ARPA Piemonte effettua la sorveglianza presso i siti nucleari sia attraverso la gestione di reti di monitoraggio radiologico ambientale, ordinarie e straordinarie, sia attraverso lo svolgimento di attività di controllo puntuali. Per ognuno dei siti nucleari viene gestita una rete locale di monitoraggio radiologico ambientale, strumento che consente di:

- segnalare tempestivamente l'insorgere di situazioni anomale e di fenomeni di accumulo di particolari radionuclidi rilasciati nell'ambiente in modo autorizzato e/o a seguito di eventi anomali;
- di valutare lo stato della contaminazione radioattiva dell'ambiente e conseguentemente di stimare l'equivalente di dose efficace alla popolazione, grandezza proporzionale al rischio indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Alla dose efficace possono contribuire, attraverso differenti vie critiche, sia matrici alimentari sia ambientali. Le matrici e i radionuclidi di riferimento sono stati indi-

viduati, per ogni sito, in funzione delle informazioni disponibili sulle caratteristiche degli impianti, sui punti di campionamento, sulla radiotossicità e sul comportamento chimico dei radionuclidi stessi.

Le attività di controllo vengono svolte in collaborazione con ISPRA in attuazione del "Protocollo operativo tra ARPA Piemonte e APAT (ora ISPRA)" siglato in data 16 giugno 2005 e rinnovato nel 2015. In quest'ambito vengono effettuati:

- la sorveglianza in occasione di attività particolari o di eventi anomali;
- il controllo degli scarichi di effluenti radioattivi liquidi di tutti gli impianti mediante il prelievo e l'analisi di un campione dai serbatoi di raccolta prima di ogni scarico.

Con periodicità annuale viene prodotta una relazione tecnica di dettaglio, pubblicata anche sul sito Web dell'Agenzia [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it) alla pagina dedicata al tema ambientale radioattività.

## L'IMPATTO RADIOLOGICO SULL'AMBIENTE E SULLA POPOLAZIONE

Presso i siti di Bosco Marengo e Trino non si sono mai verificati episodi di contaminazione dell'ambiente e ad oggi non è stata verificata alcuna criticità.

Presso il sito di Saluggia invece è stata riscontrata - a partire dal 2006 - la presenza di Sr-90, Co-60, Cs-137 e H-3 nell'acqua di falda superficiale prelevata a valle degli impianti. Mentre è noto che la contaminazione da Co-60 è imputabile ad un incidente occorso nel 1986 presso il Complesso LivaNova-Avogadro, molteplici sono le possibili fonti di rilascio di contaminanti in falda, alcune delle quali non sono ad oggi state puntualmente individuate. L'area alla quale nel corso degli ultimi anni si è prestata maggiore attenzione è all'interno del Complesso LivaNova-Avogadro ed è costituita dalle celle calde di manipolazione di sorgenti ad alta attività, dal deposito temporaneo di rifiuti e dal manufatto denominato bunker dove sono stoccati i rifiuti provenienti dal *decommissioning* del re-

attore di ricerca Avogadro.

I valori delle concentrazioni riscontrati non sono significativi dal punto di vista radioprotezionistico, e in particolare non costituiscono un rischio per la popolazione, ma rappresentano un importante indicatore ambientale di alcune criticità impiantistiche.

Per i tre siti nucleari piemontesi le attività di monitoraggio hanno consentito di verificare il rispetto nel tempo del limite di non rilevanza radiologica di 10 microSv/anno per gli individui di riferimento della popolazione.

## La concentrazione di Cs-137 nelle ceneri di combustione prodotte all'interno degli impianti di teleriscaldamento a combustibile legnoso: studio del fenomeno e analisi delle problematiche ad esso correlate

Massimo Garavaglia<sup>1</sup>, Concettina Giovani<sup>1</sup>, Giuseppe Candolini<sup>1</sup>, Flavio Trotti<sup>2</sup>, Elena Caldognetto<sup>2</sup>, Silvia Bucci<sup>3</sup>, Ilaria Peroni<sup>3</sup>, Massimo Faure Ragani<sup>4</sup>, Mauro Magnoni<sup>5</sup>, Rosella Rusconi<sup>6</sup>, Luca Verdi<sup>7</sup>

<sup>1</sup>ARPA FVG, <sup>2</sup>ARPA Veneto, <sup>3</sup>ARPA Toscana, <sup>4</sup>ARPA Valle d'Aosta, <sup>5</sup>ARPA Piemonte, <sup>6</sup>ARPA Lombardia, <sup>7</sup>APPA Bolzano

La ricaduta di <sup>137</sup>Cs sul Nord della penisola italiana e in particolare sul Friuli Venezia-Giulia a seguito dell'incidente avvenuto alla centrale di Chernobyl è stata significativa. Ancora oggi si possono trovare elevate concentrazioni di <sup>137</sup>Cs nei suoli indisturbati dei boschi delle regioni dell'arco Alpino. Negli ultimi anni sono sorti diversi impianti per la produzione di energia che utilizzano gli scarti dei boschi (cippato) come combustibile (Impianti a biomassa). Il processo di combustione concentra i radionuclidi presenti nel legno. Recentemente l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia-Giulia è stata chiamata per valutare il possibile destino di alcune ceneri prodotte in uno di questi impianti. Anche se le concentrazioni di <sup>137</sup>Cs nel legno sono di poche unità di Bq/kg, nelle ceneri leggere si possono misurare concentrazioni anche di qualche migliaio di Bq/kg.

Per poter affrontare le varie problematiche sia normative che di radioprotezione legate alla gestione di queste ceneri si è creato un gruppo di lavoro a cui partecipano rappresentanti di diverse Agenzie Regionali per l'Ambiente e dell'Istituto Superiore di Sanità.

All'interno del gruppo sono state prese in considerazione tutte le possibili destinazioni di queste ceneri: utilizzo diretto in agricoltura, riutilizzo in impianti di compostaggio, riutilizzo nella produzione di materiali da costruzione o conferimento in discarica.

Per ciascuno di questi scenari è stata valutata la dose ai lavoratori e alla popolazione utilizzando sia calcoli diretti sia modelli numerici. I risultati verranno analizzati alla

luce dell'attuale quadro normativo e di quello che si prefigura in relazione al recepimento della Direttiva Euratom 2013/59.

I laboratori delle Agenzie coinvolte nel gruppo di lavoro hanno appositamente effettuato misure di spettrometria gamma su ceneri e cippato al fine di determinare con più accuratezza i termini di sorgente per il calcolo della dose. Alla data del 31/08/2017 sono stati analizzati più di 160 campioni di ceneri, 30 campioni di cippato e 30 campioni di legno. Una prima analisi dei risultati porta a concludere che, qualora l'impianto sia dotato di sistemi per l'abbattimento fumi, le concentrazioni di <sup>137</sup>Cs sono più elevate nelle ceneri leggere rispetto alle ceneri pesanti o alle ceneri di caldaia e solo esse sono potenzialmente un problema dal punto di vista della radioprotezione.

Per affrontare e meglio inquadrare il problema normativo legato alla gestione delle ceneri, in particolare di quelle con concentrazioni di <sup>137</sup>Cs superiori agli attuali limiti, è stata effettuata una approfondita ricerca delle normative vigenti in ambito europeo soprattutto in quei paesi del Nord Europa in cui il problema è conosciuto da tempo e gestito con legislazione apposita [Markkanen M., 1995].

Per quanto riguarda le problematiche legate alla radioprotezione è necessario effettuare la valutazione della dose efficace sia ai lavoratori che alla popolazione. Per fare questo verranno presi in considerazione i seguenti scenari:

- emissioni in atmosfera in assenza di sistemi di abbat-



timento (elettrofiltri)

- gestione/manutenzione degli impianti
- uso diretto delle ceneri in agricoltura
- uso delle ceneri in impianto di compostaggio
- conferimento in discarica delle ceneri
- uso delle ceneri nella produzione di materiali da costruzione

Non tutte le attività intraprese all'interno del gruppo di lavoro si sono concluse, ma i primi risultati portano a ritenere molto probabile la non rilevanza radiologiche dell'attività di combustione di cippato e la conseguente produzione di ceneri.

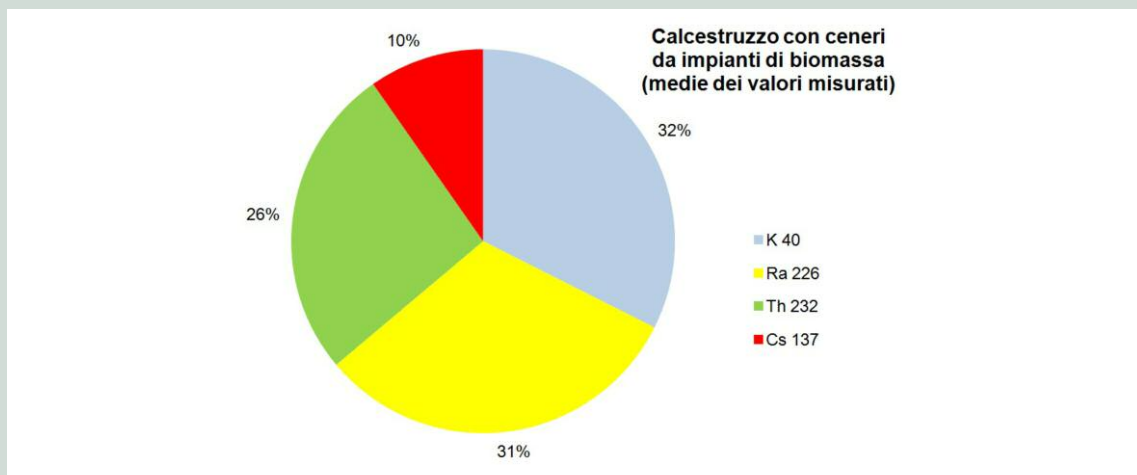
Un'attività portata a termine è quella relativa al calcolo della dose alla popolazione per quanto riguarda l'utilizzo di materiali da costruzione prodotti con l'aggiunta di ceneri da impianti di biomassa. In questo caso la stima della dose per la popolazione è stata effettuata in accordo a quanto riportato nel documento *Radiation Protection 112* [European Commission, 1999]. Con il contributo fondamentale dell'Istituto Superiore di Sanità è stato calcolato l'apposito coefficiente dose/con-

centrazione in analogia a quanto riportato nel documento sopra citato per il  $^{226}\text{Ra}$  e il  $^{232}\text{Th}$ . Poiché anche le concentrazioni di  $^{40}\text{K}$  risultano elevate nelle ceneri di combustione del cippato, nel calcolo della dose è stato preso in considerazione anche il suo eventuale contributo aggiuntivo.

In Figura 1 è riportato il contributo percentuale di ciascun radionuclide alla determinazione della dose efficace totale. Circa un terzo della dose efficace totale è dovuta ad ognuno dei radionuclidi naturali presenti ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) mentre il  $^{137}\text{Cs}$  contribuisce per una quota del 10% [Belz, 2013]. Questa distribuzione dei contributi è stata ottenuta utilizzando i valori medi che risultano da tutte le misure di spettrometria gamma effettuate dai vari laboratori. Se invece viene utilizzato il valore massimo di concentrazione di  $^{137}\text{Cs}$  misurato nelle ceneri il contributo del Cesio stesso raggiunge circa il 30% della dose efficace totale.

Anche considerando l'utilizzo di calcestruzzo a cui è stata aggiunta cenere con la concentrazione di  $^{137}\text{Cs}$  più elevata, la dose efficace ottenuta risulta comunque inferiore al livello di riferimento 1 mSv anno per la popo-

**Figura 1: Contributo percentuale dei singoli radionuclidi alla dose efficace totale (0,36  $\mu\text{Sv}$ )**



Fonte: ARPA Friuli Venezia-Giulia



lazione (Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013). Vale la pena comunque segnalare che rispetto all'utilizzo di ceneri da centrali a carbone che producono un trascurabile incremento di dose [Zampieri *et al.* 2004], l'utilizzo di ceneri da biomassa (in casi particolari) produce il raddoppio del valore di dose efficace.

Da ultimo è importante sottolineare che qualora la concentrazione di  $^{137}\text{Cs}$ , o la % di cenere nel calcestruzzo, aumentassero fino a produrre un fattore di concentrazione di  $^{137}\text{Cs}$  nel calcestruzzo  $>$  di 700 Bq/kg, il livello di riferimento di 1 mSv risulterebbe superato.

L'obiettivo principale raggiunto dal gruppo di lavoro, che si è costituito per affrontare questa problematica, è stato quello della piena condivisione delle varie competenze e capacità presenti nelle varie Agenzie nel campo della Radioprotezione. Al termine delle attività del gruppo è intenzione di tutti i partecipanti rendere pubblici i risultati raggiunti con la stesura di un documento che permetta una facile consultazione dei risultati ottenuti.

#### BIBLIOGRAFIA

Belz G., 2013. *L'impiego delle ceneri di carbone nei calcestruzzi*, Enel Ricerca.

European Commission, 1999. *Radiation Protection 112 Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials*.

Markkanen M., 1995. *Radiation Dose Assessments for Materials with Elevated Natural Radioactivity*. Report STUK-B-STO 32, Radiation and Nuclear Safety Authority - STUK.

Zampieri C., Trotti F., Dalzocchio B., Scegliado G., Bucci S., Innocenti C., Nava S., Maggiolo S., 2004. *Attività lavorative con materiali ad elevato contenuto di radioattività naturale (NORM: Naturally Occurring Radioactive Materials)*, ANPA, RTI CTN\_AGF 3/2004.

## Impatto radiologico di reflui medicali nei sistemi di depurazione urbana e in ambiente

Raffaella Ugolini, Elena Caldognetto, Flavio Trotti  
ARPA Veneto

ARPAV ha condotto negli ultimi anni un'attività di studio e di approfondimento [Caldognetto *et al.*, 2014; Ugolini *et al.*, 2015] mirata a quantificare l'impatto ambientale prodotto dai reflui radioattivi provenienti dai reparti di Medicina Nucleare delle strutture sanitarie e dai pazienti stessi quando rientrano al domicilio a seguito di un trattamento con sostanze radioattive non sigillate. È stato analizzato il "percorso" che viene compiuto dai radionuclidi dal momento in cui vengono somministrati ai pazienti fino al loro rilascio in ambiente, sotto forma di refluo in uscita da un impianto di depurazione e sotto forma di fanghi di depurazione, dispersi in agricoltura come ammendanti.

### INDIVIDUAZIONE DELLE STRUTTURE SANITARIE DETENTRICI DI SORGENTI RADIOATTIVE NON SIGILLATE

Come prima parte del lavoro sono state individuate tutte le strutture, sanitarie e non, detentrici di sorgenti radioattive non sigillate e valutato il loro impatto in termini di sostanze radioattive rilasciate in ambiente.

Come supposto, la maggior parte delle sorgenti viene gestita da strutture sanitarie, mentre una minor parte viene impiegata per scopi di ricerca da aziende farmaceutiche e Università. Queste ultime non comportano nessun impatto in ambiente sia per le ridotte quantità impiegate sia per lo smaltimento dei rifiuti tramite ditte specializzate. Diversamente, le strutture sanitarie impiegano sorgenti radioattive non sigillate per scopi terapeutici e diagnostici nei reparti di Medicina Nucleare e Radioterapia Metabolica. È stato dimostrato [Caldognetto *et al.*, 2014] che l'impatto principale in ambiente è dovuto ai pazienti che, a seguito di un trattamento ambulatoriale con radiofarmaci, rientrano in giornata al

domicilio, da dove disperdono direttamente nel sistema fognario cittadino radionuclidi in concentrazioni non trascurabili. Le strutture sanitarie stesse risultano meno problematiche da un punto di vista ambientale, in quanto i reflui provenienti dai reparti di Medicina Nucleare e di Radioterapia Metabolica vengono raccolti in vasche dedicate e qui fatti decadere prima di essere immessi nella fognatura ospedaliera. Non va comunque trascurato il contributo dei pazienti che, dopo trattamento con radiofarmaci, vengono avviati ai reparti di degenza che non sono collegati alle vasche di raccolta; di conseguenza i loro reflui vengono immessi direttamente nella fognatura ospedaliera e da qui in quella cittadina senza passare dalle vasche di decadimento.

I radionuclidi maggiormente impiegati sono: Tc-99m, F-18, I-131. Nello studio ne sono stati considerati molti altri tra cui Ga-68, Sm-153, Ga-67, In-111, Y-90, I-123, Cu-64, Sr-89 e Ra-223.

### VALUTAZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI ATTIVITÀ NELLE DIVERSE FASI DI LAVORAZIONE DI UN DEPURATORE URBANO

Note le concentrazioni di attività presenti nei reflui cittadini, è stato studiato nel dettaglio l'impianto di depurazione di Verona [Caldognetto *et al.*, 2014], e sono state quantificate, tramite l'applicazione di un modello di calcolo [Titley *et al.*, 2000], le concentrazioni di attività dei radionuclidi rilasciati da pazienti e dalle strutture sanitarie, nelle diverse fasi di lavorazione. Il depuratore di Verona ha una potenzialità di 330.000 abitanti e una portata media di 1.000 l/s; serve tre ospedali, di cui due attrezzati con reparti di Medicina Nucleare e uno con un reparto di Radioterapia Meta-

bolica. Prevede diverse lavorazioni che compongono la linea acqua e la linea fanghi; nella prima i trattamenti servono per rimuovere inquinanti e sostanze solide in modo da ottenere un effluente idoneo allo sversamento in Adige; nella seconda linea i trattamenti sono mirati a concentrare il più possibile le sostanze inquinanti in fanghi finali stabili disidratati, idonei all'utilizzo in agricoltura.

Tramite il modello di calcolo, si determina la distribuzione delle sostanze radioattive in tutte le fasi di lavorazione, fino a determinare la concentrazione di attività nei prodotti finali, ossia effluente in uscita e fanghi disidratati. I fattori determinanti del calcolo sono:

1. coefficiente di rimozione, ossia la ridistribuzione dei radionuclidi tra fase liquida e fase solida nei reflui. Per esempio il Tc-99m rimane quasi interamente nella fase liquida; lo I-131 si ripartisce invece tra fase liquida e fase solida;
2. durata dei processi. Questo fattore influisce maggiormente sui radionuclidi con tempi di decadimento brevi, come Tc-99m e F-18. In generale i tempi di lavorazione più lunghi si registrano nella linea fanghi;
3. disidratazione finale. Al fine di ridurre il volume, i fanghi finali vengono sottoposti a disidratazione per rimuovere l'acqua. In tal modo, viene aumentata la concentrazione di attività dei radionuclidi presenti.

Dallo studio emerge che:

1. nell'effluente finale (tempo impiegato di uscita dal depuratore: 1 giorno) il radionuclide presente in concentrazioni maggiori è il Tc-99m, pari a 0,004 Bg/g, seguito dallo I-131. I radionuclidi a breve emivita, ad esempio il F-18, decadono completamente durante le prime fasi di lavorazione;
2. nel fango finale, rispetto agli altri radionuclidi, lo I-131 è presente in percentuale superiore al 90%, pari a 0,34 Bg/g. Nel rimanente 10% si ritrovano Ra-223, Sr-89, Ga-67, In-111, Tl-201 e Sm-153. Visti i lunghi tempi di lavorazione (20 giorni) i radionuclidi a breve emivita decadono.

## DESTINO FINALE DELL'EFFLUENTE IN USCITA DAL DEPURATORE DI VERONA

L'effluente in uscita dal depuratore (mediamente 87.328 m<sup>3</sup>/giorno) si immette nell'Adige. L'impatto dell'effluente sull'ambiente circostante è stato valutato [Caldognetto *et al.*, 2014] tenendo conto che l'acqua viene prelevata per fini irrigui, con conseguente contaminazione di diversi prodotti, per la pesca e per ricavare acqua potabile. I gruppi critici di popolazione per i quali è stata valutata la dose annua sono:

1. pescatori e consumatori del pescato del sito più prossimo al punto di immissione;
2. agricoltori e coltivatori che attingono acqua dal fiume per le coltivazioni e gli allevamenti, e si alimentano con cibo locale;
3. soggetti più prossimi al punto di immissione che usano l'acqua del fiume per bere.

Il modello utilizzato per valutare l'esposizione dei gruppi critici è tratto dal report IAEA n. 19 del 2001.

Dapprima è stata calcolata la concentrazione di attività di ciascun radionuclide nei diversi comparti (fiume, pesce, foraggi, cereali, ortofrutta, mangime animale, latte, carne, sedimenti del fiume) a partire dalla concentrazione presente nell'effluente al momento del rilascio in Adige; successivamente è stata valutata la dose per adulti e per bambini dei tre gruppi critici.

Risulta che le dosi efficaci<sup>1</sup> sono molto basse per tutti i gruppi critici, sia adulti che bambini; tra tutte, la più alta si riscontra per i bambini del gruppo critico 2, pari a 0,8 microSv/anno. La via più significativa di esposizione è riconducibile all'ingestione da latte. Per tutti gli altri gruppi, la dose efficace si mantiene al di sotto di 0,5 microSv/anno. Va sottolineato che molte delle assunzioni e delle parametrizzazioni adottate sono fortemente cautelative. In conclusione, l'impatto della radioattività residua nell'effluente in uscita dal depuratore non costituisce un rischio per la popolazione.

<sup>1</sup> La grandezza fisica utilizzata per quantificare l'interazione tra radiazioni e materia è la dose assorbita, che misura la quantità di energia ceduta dalla radiazione alla materia.

Gli effetti biologici dipendono dalla dose assorbita, ma anche dal tipo di radiazione e dal tessuto colpito (i tessuti hanno diversa radioresistenza).

La dose efficace tiene conto dei tessuti che sono stati investiti dalla radiazione.

## IMPATTO RADIOLOGICO DELL'USO DEI FANGHI DI DEPURAZIONE IN AGRICOLTURA

I fanghi di depurazione, che rappresentano il principale residuo dei trattamenti depurativi, possono essere recuperati per l'impiego in agricoltura, visti i buoni contenuti di sostanza organica e di altri elementi utili per la fertilità vegetale. Le tipologie di lavorazione cui i fanghi sono sottoposti prima dello spargimento sui terreni sono essenzialmente due: il condizionamento e il compostaggio. Nello studio utilizzato come riferimento per la presente indagine [Ugolini *et al.*, 2015] è stato valutato l'impatto solo del fango sottoposto a condizionamento, considerato più critico rispetto al compostaggio.

I gruppi critici di popolazione per i quali è stata valutata la dose annua sono:

1. soggetti che si nutrono di cibo proveniente dai campi trattati;
2. soggetti che stazionano sui medesimi terreni.

Il modello utilizzato per valutare l'esposizione dei gruppi critici è tratto dal report IAEA n. 19 del 2001.

Il trattamento prevede lo stoccaggio del fango per almeno 60 giorni prima dello spargimento sui terreni, per abbattere i microorganismi potenzialmente dannosi e ridurre il potere fermentescibile della sostanza. In base ai dati a disposizione di ARPAV, è stata ipotizzata una quantità di fango depositata annualmente pari a 4 kg/m<sup>2</sup>/a, in condizioni di spargimento quotidiano (condizioni cautelative).

A partire dalla concentrazione di attività nei fanghi in uscita dal depuratore, è stata calcolata la concentrazione di attività nei fanghi condizionati e da questi nel suolo, foraggi, cereali, ortofrutta, mangime animale, latte e carne. Con tali dati è stata valutata la dose efficace individuale annua per adulti e bambini dei due gruppi critici.

Risulta che le dosi efficaci sono particolarmente basse e non superano il decimo di microSv/a. Tra i radionuclidi, i più significativi sono Sr-89, P-32 e I-131, ossia i radioisotopi con tempi di decadimento più lunghi, ma che, ad

esclusione dello I-131, sono poco utilizzati in Medicina Nucleare. In conclusione, la radioattività residua presente nei fanghi di depurazione civile impiegati in agricoltura non comporta rischi di sorta per la popolazione, né per gli adulti né per i bambini.

Lo studio è stato realizzato a partire dai dati disponibili per il depuratore di Verona: visti i tempi, le modalità di trattamento e i parametri cautelativi adottati, si ritiene che possa essere rappresentativo della problematica per impianti simili a quello di Verona e adattato con facilità anche ad altre situazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Caldognetto E., Trotti F., Ugolini R., Bertazzi E., 2014. *Modello di caratterizzazione radiologica del depuratore urbano di Verona*. Atti del XXXVII Convegno Nazionale di Radioprotezione, pagg. 621-632.

IAEA International Atomic Energy Agency, 2001. *Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment*. Safety Report Series No. 19, IAEA Vienna.

Titley J. G., Carey A. D., Crockett G. M., Ham G. J., Harvey M. P., Mobbs S. F., Tournette C., Penfold J. S. S., Wilkins B. T., 2000. *Investigation of the sources and fate of radioactive discharges to public sewers*. R&D Technical Report P288.

Ugolini R., Caldognetto E., Trotti F., Pegoraro A., Giandon P., Ceron A., Franz L., 2015. *Impatto radiologico dell'uso in agricoltura dei fanghi di depurazione civile*. Atti del XXXVI Congresso Nazionale di Radioprotezione AIRP, pagg. 230-239.

## Monitoraggio di radionuclidi nei fanghi e nelle acque di scarico di impianti di depurazione urbana nella provincia di Ancona

Corrado Pantalone, Marco Miecchi, Jasna Miljak  
ARPA Marche

Nel periodo 2013-2014 ARPA Marche ha condotto un'indagine preliminare di controllo presso i principali impianti di depurazione urbana della provincia di Ancona, per la ricerca dei radionuclidi nei fanghi di depurazione e nelle acque di scarico. L'indagine è stata svolta in allineamento al documento "Linee guida per il monitoraggio della radioattività" elaborato da un apposito Gruppo di Lavoro del Sistema Agenziale ISPRA-ARPA-APPA e pubblicato nel dicembre 2012.

Lo scopo di questa prima indagine era quello di poter mettere a punto le modalità di campionamento e di analisi, in modo da estendere negli anni successivi tali controlli anche agli altri impianti di depurazione presenti nel territorio della regione Marche.

Il controllo di queste matrici fornisce informazioni sull'eventuale carico radioattivo introdotto in ambiente, che può avvenire sia a seguito dell'immissione nel corpo idrico recettore di acque provenienti da impianti di depurazione civile, sia dall'utilizzo in agricoltura dei fanghi depurati.

Controlli di questo tipo effettuati in passato in altre regioni hanno mostrato che, nel caso di rilevamento di livelli significativi di isotopi radioattivi in tali matrici, la causa principale è riconducibile ai trattamenti diagnostico/terapeutici con radioisotopi condotti su pazienti non degenti presso le strutture ospedaliere. Tali pazienti, dopo la cura, fanno ritorno al proprio domicilio immettendo i reflui organici direttamente nella rete fognaria.

In questo primo screening sono stati presi in considerazione i 7 maggiori impianti di depurazione civile della provincia di Ancona e precisamente:

- 1) Ancona, con capacità di 100.000 abitanti equivalente (a.e.) serviti;
- 2) Camerano, con capacità di 33.000 a.e.;
- 3) Castelfidardo, con capacità di 65.000 a.e.;
- 4) Fabriano, con capacità di 35.000 a.e.;
- 5) Falconara M.ma, con capacità di 81.000 a.e.;
- 6) Jesi, con capacità di 60.000 a.e.;
- 7) Senigallia, con capacità di 100.000 a.e.

I campionamenti sono stati effettuati con una frequenza mensile e per ogni impianto è stato prelevato un campione del volume di 1.000 cm<sup>3</sup> di fanghi, al termine dei processi di trattamento e prima del loro allontanamento dall'impianto, e un campione del volume di 1 litro di acque reflue depurate. Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi di spettrometria gamma ad alta risoluzione presso il Centro Regionale Radioattività Ambientale del Dipartimento di Ancona di ARPA Marche.

I risultati delle analisi effettuate sui 125 campioni di fanghi prelevati nel periodo preso in esame hanno evidenziato che: nel 91% dei casi era presente Cesio-137 (Cs-137), nel 80% era presente Iodio-131 (I-131), nel 2% era presente Indio-111 (In-111) e infine nel 1% dei casi era presente Lutezio-177 (Lu-177).

Nella Figura 1 vengono riportati i livelli massimi di concentrazione di attività, espressi in Becquerel per chilogrammo (Bq/kg) dei radionuclidi rilevati nei fanghi di depurazione prelevati dai 7 maggiori impianti della provincia di Ancona negli anni 2013-2014.

I livelli maggiori di concentrazione di attività sono dovuti al radionuclide I-131, che viene utilizzato nella diagno-

stica e nella terapia dei tumori tiroidei. Per tutti gli impianti presi in considerazione i valori massimi sono risultati compresi tra 11 e 208 Bq/kg, mentre il valore medio è risultato pari a 16 Bq/kg con un errore standard pari a 3 Bq/kg.

L'altro radionuclide che è stato rilevato in tutti gli impianti con livelli però estremamente bassi è il Cs-137, radionuclide presente nell'ambiente a causa della contaminazione radioattiva dovuta al *fall-out* prodotto dall'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl nel 1986. Tali livelli al massimo pari a qualche Bq/kg sono confrontabili con i livelli di concentrazione di attività di Cs-137 riscontrabili nel suolo del territorio della provincia di Ancona.

Infine solo in 2 impianti sono state rilevate tracce di In-111, radionuclide utilizzato nella diagnosi dei tumori neuroendocrini e per lo studio delle infezioni, mentre solo in un impianto è stato rilevato anche il Lu-177, radionuclide utilizzato sia in diagnostica che in terapia medica per tumori neuroendocrini, con una concentrazione di attività pari a 8,9 Bq/kg.

Come è possibile osservare in Figura 1, i livelli di concentrazione di attività di tutti i radionuclidi presenti nei fanghi di depurazione risultano inferiori al livello di riferimento di 1.000 Bq/kg previsto dal Decreto Legislativo n. 230/1995 e s.m.i. (art. 154, comma 2) per lo smaltimento in esenzione dei rifiuti radioattivi contenenti radionuclidi con tempi di dimezzamento fisico inferiori a 75 giorni, come nel caso dei radionuclidi più frequentemente utilizzati nei reparti di Medicina Nucleare.

Negli impianti presi in esame si è potuto verificare che tutti i fanghi trattati sono stati inviati in discarica e in nessun caso sono stati destinati ad impianti di compostaggio o sono stati utilizzati in agricoltura.

Per quanto riguarda i campioni di acqua depurata, le analisi di spettrometria gamma hanno evidenziato la presenza del solo radionuclide I-131 in 7 campioni su un totale di 126 campioni analizzati. Il valore massimo riscontrato è risultato pari a  $1,4 \pm 0,3$  Bq/kg.

I dati ottenuti mostrano che la radioattività presente nelle acque reflue in ingresso agli impianti di depurazione si concentra nei fanghi di depurazione. Come riportato in letteratura [Arrigoni *et al.*, 2016] i 2 principali scenari di esposizione relativi ai fanghi di depurazione sono:

- 1) per i lavoratori degli impianti di depurazione, l'esposizione per irraggiamento dovuto alla presenza di fanghi nei silos di stoccaggio, tralasciando l'esposizione per ingestione o inalazione di materiale risospeso, perché ritenuta trascurabile;
- 2) per la popolazione, l'esposizione dovuta all'uso di fanghi in agricoltura.

Nel caso dei depuratori presi in esame, poiché i fanghi prodotti vengono inviati in discarica e non sono utilizzati in agricoltura, si è ritenuto utile, pur avendo ottenuto un basso valor medio di concentrazione di attività di I-131, effettuare una valutazione dosimetrica per esposizione da irraggiamento dei lavoratori degli impianti di depurazione, utilizzando i dati acquisiti con il presente monitoraggio e il modello generico, ampiamente cautelativo, presente nel *Safety Report* n. 19 dell'International Atomic Energy Agency [IAEA, 2001] nel paragrafo relativo alla valutazione di dose da radionuclidi presenti nei fanghi di depurazione.

Il livello di dose efficace calcolato è risultato pari a 2,2 microSievert/anno ( $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ ), ipotizzando una esposizione lavorativa di 2.000 ore/anno.

Tale valore risulta sicuramente sovrastimato se confrontato con altre valutazioni dosimetriche che hanno utilizzato parametri sito-specifici [Rusconi *et al.*, 2014; Arrigoni *et al.*, 2016], ma permette di evidenziare che non vi sono assolutamente rischi sanitari per i lavoratori degli impianti di depurazione dovuti ad irraggiamento da fanghi di depurazione, poiché il suddetto valore risulta inferiore alla soglia di non rilevanza radiologica pari a  $10 \mu\text{Sv}/\text{anno}$ , riportata nell'Allegato I del D.Lgs. n. 230/1995 e s.m.i.

**BIBLIOGRAFIA**

Arrigoni S., Caldognetto E., Forte M., Gerosa G., Rusconi R., Trotti F., Ugolini R., 2016. *Impatto radiologico dei reflui di origine medica nei sistemi di depurazione urbana: esperienza di ARPA Lombardia e ARPA Veneto*. Atti del VI Convegno Nazionale Agenti Fisici di ARPA Piemonte.

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2001. *Safety Reports Series No. 19 - Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment*. IAEA 2001.

Rusconi R., Forte M., Arrigoni S., 2014. *Uso di strumenti modellistici nel monitoraggio radiometrico degli impianti di depurazione delle acque*. Atti del XXXVII Convegno Nazionale AIRP di Radioprotezione.





SNPA  
01 2017

