

ecoscienza

Rivista di Arpaie
Agenzia regionale
prevenzione, ambiente ed energia
dell'Emilia-Romagna
N° 3 Ottobre 2025, Anno XVI

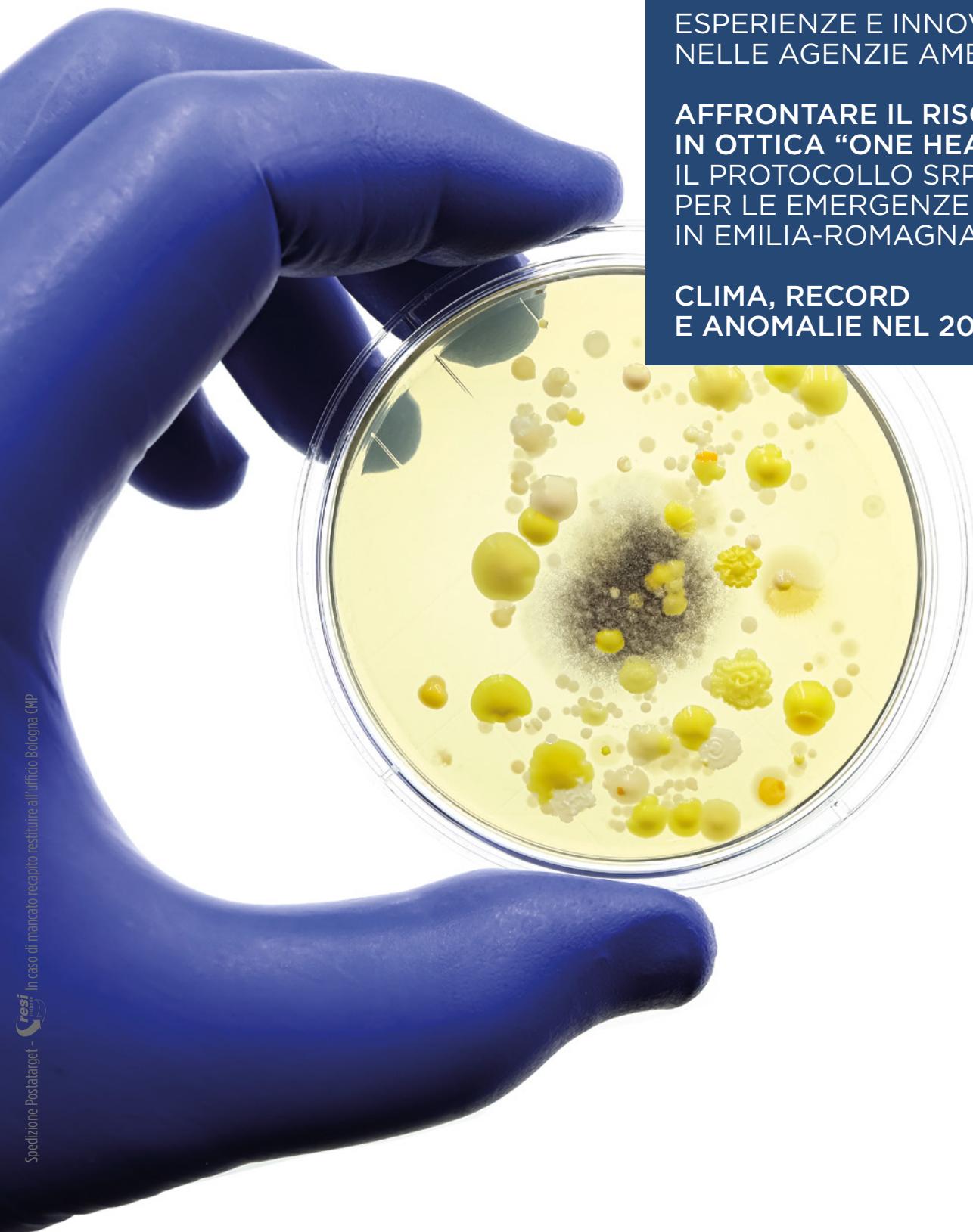
SOSTENIBILITÀ E CONTROLLO AMBIENTALE

I LABORATORI PER L'AMBIENTE

ESPERIENZE E INNOVAZIONE
NELLE AGENZIE AMBIENTALI

**AFFRONTARE IL RISCHIO
IN OTTICA “ONE HEALTH”
IL PROTOCOLLO SRPS
PER LE EMERGENZE INCENDI
IN EMILIA-ROMAGNA**

**CLIMA, RECORD
E ANOMALIE NEL 2024**





Raccontare l'ambiente attraverso le parole più significative, spesso ritenute poco comprensibili e chiare. Termini scientifici che, invece di suscitare resistenze, prendono vita e costituiscono il punto di partenza per la narrazione di storie ambientali quotidiane e di attualità.

I podcast sono disponibili **gratuitamente sulle principali piattaforme audio** (Spotify, Speaker, Apple Podcasts, Google Podcasts) e sul **canale YouTube di Arpae**.

Ogni puntata affronta un tema ambientale, nella convinzione che anche argomenti complessi possano essere spiegati in maniera semplice ma rigorosa.

Episodi già disponibili:



AMBIENTE E SOCIETÀ PER UN FUTURO SOSTENIBILE

Paolo Ferrecchi • Direttore generale Arpae Emilia-Romagna



Nel presentare il recente rapporto sullo stato dell'ambiente in Europa, l'Agenzia europea per l'ambiente (Eea) ha evidenziato con forza che gli obiettivi di sostenibilità devono essere orientati a garantire sicurezza, competitività economica, salute e qualità della vita. L'accelerazione dei cambiamenti climatici e lo sfruttamento eccessivo delle risorse sono tra le minacce principali indicate dall'Eea per un futuro in linea con gli obiettivi, per raggiungere i quali è necessario un impegno sempre più pressante.

È indubbio che si tratta di sfide che travalcano l'ambito locale (e anche quello europeo), ma le considerazioni sull'integrazione dei diversi aspetti in gioco vanno necessariamente declinate a tutti i livelli. L'Europa si è posta obiettivi sfidanti e si pone come avanguardia anche a livello globale per l'attenzione integrata alla dimensione socio-economica insieme a quella ambientale. Gli Stati devono fare propria questa prospettiva e i territori (nel caso italiano in particolare le Regioni) sono chiamati ad attuare nel dettaglio questa visione di ampio respiro, nella consapevolezza

che l'ambito regionale è quello in cui si esplicano più direttamente gli effetti delle misure adottate.

Una buona programmazione a livello locale e regionale passa dalla conoscenza approfondita dei problemi e delle caratteristiche del territorio, nonché dalla valutazione scientifica specialistica che gli enti tecnici di supporto possono offrire ai decisori politici.

Arpae Emilia-Romagna, al pari delle altre agenzie ambientali italiane, ha in questo ambito compiti importanti di monitoraggio dello stato dell'ambiente (la conoscenza è un prerequisito necessario a qualsiasi azione di risanamento e di programmazione per il futuro), di valutazione tecnica e di controllo del rispetto della normativa ambientale, in collaborazione con tanti altri soggetti istituzionali. Quello che contraddistingue l'Agenzia dell'Emilia-Romagna è il ruolo di amministrazione attiva nel rilascio delle autorizzazioni ambientali e nella gestione delle concessioni.

Tra gli obiettivi strategici di Arpae c'è proprio l'ottimizzazione di questo ruolo, in stretto raccordo con la Regione, per contribuire sempre più a creare un

sistema (economico e sociale) che abbia come cardini dell'azione amministrativa la sostenibilità, la concorrenza leale e la semplificazione finalizzata a una corretta competitività.

L'azione amministrativa vuole superare la valutazione caso per caso, anche quando si tratta di problematiche che non hanno una codificazione normativa consolidata (come per le emissioni odorigene), collegando l'approccio tecnico ambientale a quello strategico e di indirizzo.

Un elemento centrale dell'attività di Arpae è anche quello dei laboratori, a cui sono dedicati diversi articoli in questo numero di *Ecoscienza*.

Dal miglioramento della logistica all'innovazione per integrare le più recenti acquisizioni scientifiche e rispondere alle crescenti richieste della normativa ambientale, sono tanti gli aspetti che vedono un'evoluzione continua delle strutture laboratoristiche.

La qualità ambientale è un prerequisito essenziale per una società che guarda al futuro con l'obiettivo della sostenibilità e dell'equità. Arpae continuerà a svolgere con convinzione e competenza il proprio ruolo di supporto a questa visione.



SOMMARIO



Rivista di Arpae
Agenzia regionale
prevenzione, ambiente ed
energia dell'Emilia-Romagna



DIRETTORE RESPONSABILE Stefano Folli
Segreteria Ecoscienza, redazione
via Po, 5 40139 - Bologna
tel 051 6223811
ecoscienza@arpae.it
Progetto grafico Miguel Sal & C.
Impaginazione, grafica e copertina Edimill srl
Stampa Grafiche Baroncini srl
Imola (BO)
Registrazione Trib. di Bologna
n. 7988 del 27-08-2009



Tutti gli articoli, se non altrimenti specificato,
sono rilasciati con licenza Creative Commons
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Chiuso in redazione: 24/10/2025

Stampa su carta
Lenza Top Recycling Pure



ISSN 2039-0424

3 Editorial Ambiente e società per un futuro sostenibile

Laboratori

- 6 **L'evoluzione del Laboratorio multisito Arpae**
Stefano Forti, Mario Polidoro, Michele De Gioia
- 10 **La struttura del Laboratorio multisito Arpae**
Stefano Forti
- 12 **I laboratori a supporto delle strutture sanitarie**
Marco Prete, Marco Ballabeni, Manuela Di Giovanni
- 14 **L'accreditamento dei laboratori Arpae**
Marta Ranieri, Caterina Guidetti, Alessandro Tieghi
- 16 **Un laboratorio sul mare Adriatico per Arpae**
Cristina Mazzotti
- 19 **Epidemiologia basata sulle acque reflue a Bolzano**
Matteo Dossena
- 22 **Arpa Veneto in prima linea su Pfas e altri contaminanti**
a cura del Laboratorio di Arpa Veneto
- 24 **Lo studio dell'antimicrobico-resistenza in Valle d'Aosta**
a cura di Arpa Valle d'Aosta
- 26 **Il laboratorio di biologia molecolare di Arpa Liguria**
Elena Nicosia, Elisabetta Delponte
- 28 **Studi Innovativi di Arpa Fvg sulle acque reflue urbane**
Alessandro Marotta, Sara Briguglio, Vito Gelao, Michele Bazzichetto, Sebastiano Muscia, Antonella Felice, Marco Minocci
- 31 **Tecniche innovative di biologia molecolare**
Carlotta Olivero, Camilla Crasà, Cristina Fedele, Giada Scorzà, Maddalena Derosa, Massimo Di Martino, Davide Gallo, Francesca Donnarumma, Claudia Strumia, Enrico Verzotti, Federica Marabese
- 34 **Nuova organizzazione e specializzazione in Arpas**
Massimo Secci, Emanuela Venturini, Roberto Lonis, Giovanni Antonio Mocci

Emergenze ambientali

- 38 **La collaborazione su ambiente e salute**
Paola Angelini, Marco Monti, Elisa Mariani
- 40 **La gestione delle emergenze ambientali in caso di incendio**
Eriberto de' Munari, Luisa Guerra, Giorgio Fedrizzi, Marco Monti
- 42 **Snpa a supporto della gestione delle emergenze**
Elisa Nardi, Stefano Steri, Claudio Numa
- 44 **Una visione integrata a tutela della salute pubblica**
Sonia Russo

Attualità

- 46 **2024, nuovo record di caldo in Italia come in Europa**
Emanuela Piervitali, Stefano Mariani
- 52 **Un 2024 di anomalie climatiche in Emilia-Romagna**
Valentina Pavan, Gabriele Antolini, Caterina Nucciotti, Alice Vecchi
- 56 **Che cosa vuol dire parlare di cambiamenti climatici**
Alice Vecchi, Gabriele Antolini
- 58 **Doppia materialità: obbligo o strumento strategico?**
Giulia Devani, Stefano Martello
- 60 **Il rapporto Eea 2025 "Europe's environment and climate"**

Rubriche

- 62 **Eco-logos**
Alexander Langer, un'eredità viva
Christine Stufferin
- 64 **Legislazione news**
- 65 **Osservatorio ecoreati**
- 66 **Mediateca**



I LABORATORI PER L'AMBIENTE

Esperienze e innovazione nelle Agenzie ambientali

Laboratori delle Agenzie ambientali negli ultimi anni, hanno attraversato un profondo cambiamento che ne ha trasformato l'organizzazione e le metodologie di indagine. Questa evoluzione non è solo un'ordinaria conseguenza del progresso tecnologico o dell'impulso normativo, ma è soprattutto una risposta urgente e mirata alle nuove, complesse sfide che minacciano la salute pubblica e i nostri ecosistemi. Ne consegue che anche la professionalità degli operatori impegnati nelle attività ha avuto un impulso alla crescita. Oggi, i laboratori sono in prima linea su fronti critici come la sorveglianza dei virus e dei batteri antibiotico-resistenti, la mappatura delle molecole di antibiotici nelle acque superficiali e reflue, e l'analisi della crescente minaccia delle

microplastiche, l'analisi di nuove sostanze che la normativa inserisce tra quelle da monitorare. Questo slancio innovativo è stato potenziato e accelerato grazie anche a progetti specifici finanziati dai fondi europei, in particolare quelli del Pnrr.

Nelle prossime pagine illustriamo alcune di queste trasformazioni in corso.

Si parte con un focus dettagliato sul Laboratorio multisito di Arpae, per comprendere come l'Agenzia dell'Emilia-Romagna abbia declinato il processo evolutivo. Successivamente, riportiamo alcune esperienze significative attuate in altre regioni d'Italia, con i contributi delle Arpa Piemonte, Valle d'Aosta, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Sardegna e di Appa Bolzano.

L'EVOLUZIONE DEL LABORATORIO MULTISITO ARPAE

I FREQUENTI AGGIORNAMENTI NORMATIVI RICHIEDONO UNA REVISIONE CONTINUA DELLE PROCEDURE ANALITICHE E UN RINNOVAMENTO COSTANTE DELLA STRUMENTAZIONE. NEGLI ULTIMI ANNI IL TURN-OVER DI STRUMENTI AVANZATI È STATO GARANTITO SOPRATTUTTO GRAZIE AI FINANZIAMENTI DEL PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA.



Il Laboratorio multisito di Arpaе, supportando con le proprie analisi chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche tutte le attività di monitoraggio e di vigilanza effettuate dagli organi di controllo sia in campo ambientale (la stessa Arpaе, oltre che Carabinieri forestali e Noe ecc.) sia in ambito di sanità pubblica e prevenzione collettiva (Ausl), è di fatto tenuto a mettere a punto le procedure analitiche richieste per le determinazioni degli inquinanti e contaminanti indicati dalle varie normative sanitarie e ambientali. Inoltre, per il laboratorio multisito, è fatto obbligo conseguire (in particolare per alcune matrici quali alimenti di origine vegetale e acque potabili) l'accreditamento secondo la norma Iso/Iec 17025:2018 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura", che garantisce la produzione di risultati analitici tecnicamente validi e affidabili.

I frequenti aggiornamenti delle normative in campo ambientale e sanitario, non sempre coordinate e omogenee tra loro e che modificano il quadro delle possibili richieste analitiche in materia di controlli, sia come tipologia

di inquinanti sia di limiti di rilevabilità degli stessi (è il caso, ad esempio, della recente introduzione della ricerca di Pfas in acque potabili), impongono al laboratorio un'attenta valutazione e revisione delle proprie procedure analitiche per valutarne l'adeguatezza rispetto alle mutate richieste legislative. Particolare attenzione deve essere pertanto dedicata, oltre che alla formazione specifica degli operatori di laboratorio, anche all'aggiornamento continuativo del parco strumentale in dotazione.

Per garantire costantemente la qualità del servizio analitico fornito, il Laboratorio multisito di Arpaе, in accordo con la Direzione tecnica, pianifica e presidia regolarmente gli investimenti e i noleggi operativi relativi alle apparecchiature scientifiche di analisi ambientale, aggiornando la dotazione tecnica presente all'interno dei laboratori, compatibilmente con le risorse economiche messe a disposizione. La dotazione tecnica del laboratorio multisito di Arpaе consiste in apparecchiature specifiche per analisi biologiche e microbiologiche e in apparecchiature di complessità diversificata (bassa, media, alta e altissima

complessità) per le analisi chimiche ambientali e sanitarie di competenza tra cui, ad esempio: cromatografi ionici, Icp-Oes e Icp-Ms, microscopi ottici e microscopi elettronici a scansione (Sem), diffrattometri Rx, cromatografi liquidi (Hplc e Hplc/Ms) e gascromatografi (Gc/Ms e Gc/Ms/Ms) accoppiati a spettrometri di massa anche ad alta risoluzione, sistemi robotizzati di preparazione campioni e analisi.

Raramente le risorse economiche a disposizione consentono una completa pianificazione degli investimenti a lungo termine e per questo motivo, negli ultimi anni, il turn-over di alcune strumentazioni particolarmente costose è stato garantito attraverso la definizione di contratti di noleggio a lungo termine comprensivi di manutenzione *full-risk*. È il caso, ad esempio, degli Icp-Ms per la determinazione di metalli (installati nelle sedi di Bologna, Reggio Emilia e Ravenna ed è in previsione un'analogia procedura per acquisire Icp-ottici per le sedi di Bologna e Ravenna), di cromatografi ionici (sedi di Bologna e Ravenna), estrattore Spe (sede di Ravenna) e Lc-Ms/Ms (sedi di Ferrara, Bologna e Ravenna).

Fonte finanziamento	Strumentazioni acquisite
Pnrr 2022	1 Gc-Ms/Ms triplo con autocampionatore multifunzione (RE) 1 Gc-Ms con autocampionatore per liquidi e pirolizzatore (RE) 1 microscopio confocale con spettrometro Raman (RE) 1 titolatore automatico per determinazione ossidabilità (RE) 1 Hplc/Uv (RE) 3 cappe biohazard (RE, BO)
Pnrr 2023	6 chromatografi ionici di cui 3 per CrVI (RA-BO-RE) 8 Gc-Ms con autocampionatori (BO-RE-RA) 3 Gc-Ms-Ms con zutocampionatori (BO-FE-RA) 6 bilance tecniche/analitiche (a 2, 4 e 5 cifre decimali) (RA-FE-RE) 30 frigo/freezer per sportelli e laboratori (tutte le sedi) 1 congelatore -80° (BO) 4 lavaveteria (RE-BO-RA-FE) 13 cappe chimica/microbiologia (BO-RE-RA-PC) 8 sonde termometriche primarie 1 sistema unico di rilevazione in continuo t° frigo /freezer (tutte le sedi) 2 analizzatori per cianuri (BO-RE) 2 titolatori automatici: (BO-RA) 1 pressa per la preparazione di provini da analisi (RE) 3 mulini macinazione campioni solidi (BO-RE-RA) 1 microscopio elettronico a scansione Sem (RE) 1 diffratometro Rx (RE) 1 analizzatore da banco Xrf (RA) 4 generatori gas (aria, azoto, idrogeno) (BO-RE-RA) 4 adeguamenti linee gas tecnici (RE-BO-RA-PC) 3 sistemi produzione acqua pura (RE-RA-FE) 5 microscopi ottici o stereomicroscopi (BO-RE-FE-RA) 1 sistema analitico completo Cov con Canister (RA) 3 robot per analisi acque con kit Hach Lange (RA-RE-BO) 1 analizzatore Ec/0c (RA) 1 sistema automatico di estrazione Spe Dex (RA) 1 implementazione strumenti per analisi isotopica (PC) 13 conduttimetri e/o pHmetri (RE-BO-PC-RA-FE) 1 autoclave (RA) 1 sistema agitazione quechers (FE) 1 sistema macinazione prodotti vegetali (FE) 2 campionatori aria microbiologia (RA-FE) 1 cabina climatizzata per pesatura filtri (RE) 2 analizzatori Toc/Tn (RA-RE) 1 lettore Lonza (FE) 1 analizzatore microtox (RA) 3 spettrofotometri Uv e Ir (RA) 6 evaporatori manuali e automatici (BO-RE-RA-FE) 12 incubatori microbiologia (BO-RA-RE-FE) - refrigeratori, vasche e accessori fauna ittica (ecotossicologia FE) - r\ampe filtranti, pompe, imbuti (PC-RE-BO-RA-FE) - termostati, bagni ultrasuoni, centrifughe, agitatori, micropipette, mineralizzatori, turbidimetri, digestori, stufe (PC-RE-BO-RA-FE)
Altri progetti regionali e finanziamenti Arpae	1 spettrofotometro Uv-Vis a doppio raggio da banco (RA) 1 granulometro per suoli, fanghi, sedimenti e rifiuti (RA) 2 evaporatori manuali e automatici (RA) 1 liofilizzatore (RA) 1 estrattore Ase (RA); 1 Gc-Ms singolo quadrupolo (RA) 1 adeguamento Sw e Hw di linea analisi cationica (RA)

TAB. 1 STRUMENTI ACQUISITI E INSTALLATI DAL LABORATORIO MULTISITO DI ARPAE

Nell'ultimo quinquennio, a seguito dell'emergenza Covid-19 e la conseguente adozione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr) e del Piano nazionale complementare (Pnc), la Regione Emilia-Romagna ha messo a disposizione di Arpae consistenti finanziamenti per implementare e potenziare il sistema dei controlli ambientali, con particolare

riferimento al supporto analitico in tema di prevenzione ambientale e sanitaria, prevedendo una prima quota di finanziamenti di circa 640.000 euro nel 2022 e di circa 5,3 milioni di euro nel 2023. Tali finanziamenti sono serviti ad attivare circa 60 tra gare europee, procedure d'appalto e affidamenti diretti, da concludere in tempi contingenti

(pena il decadimento dei finanziamenti) e tutti portati a termine positivamente: essi hanno consentito di rinnovare buona parte del parco strumentale del Laboratorio multisito, generalmente datato e, in alcuni casi, non adeguato alle prestazioni richieste dalle nuove normative. La *tabella 1* riassume gli strumenti acquisiti e installati nelle diverse sedi del Laboratorio multisito.

L'evoluzione del Laboratorio multisito ha poi visto il completo trasferimento del laboratorio di Ravenna in una nuova sede più moderna e funzionale (trasloco concluso definitivamente a gennaio 2025, con la reinstallazione di tutta la strumentazione funzionante), caratterizzata da spazi adeguati e con impiantistica tecnica nuova, tra cui 48 nuove cappe, oltre a 11 cappe recuperate dalla vecchia sede.

Inoltre, nella sede di Reggio Emilia, sono stati fatti adeguamenti impiantistici che hanno consentito la creazione di un laboratorio da dedicare all'analisi di microplastiche.

Il consistente rinnovamento tecnologico determinato dai molteplici investimenti nel Laboratorio multisito ha consentito il generale consolidamento e l'implementazione delle attività analitiche realizzate nelle sedi laboristiche, sia quelle effettuate su più sedi (ad esempio: acque reflue e acque di monitoraggio, analizzate a Ravenna, Bologna e Reggio Emilia), sia quelle più specialistiche, concentrate su un numero limitato di sedi o su singoli laboratori: è il caso, ad esempio, delle analisi su matrici acqueose sanitarie (Bologna e Reggio Emilia) o per la ricerca di amianto (Reggio Emilia), microinquinanti organici (Ravenna), ecotossicologia (Ravenna e Ferrara), residui di fitofarmaci (Ferrara) e analisi isotopiche (Piacenza).

Di seguito si descrivono le attività specialistiche di maggiore rilevanza realizzate nel Laboratorio multisito.

Acque potabili, minerali, termali, piscine (Bologna e Reggio Emilia)

I laboratori di Bologna e Reggio Emilia sono stati individuati per dare risposta alle strutture sanitarie relativamente alle richieste analitiche di tipo chimico e microbiologico su acque potabili, minerali, termali e piscine di tutto il territorio regionale. Tra le attività analitiche a supporto del controllo igienico sanitario delle acque, effettuato dalle Ausl della Regione, si inseriscono

anche (oltre alle analisi chimiche e microbiologiche consolidate e richieste dalle norme): il conteggio di fibre di amianto totali, la determinazione di microinquinanti organici persistenti (ad esempio diossine, Pcb, Ipa ecc.), la determinazione di residui di fitofarmaci e Pfas. I laboratori di Reggio Emilia e Bologna sono stati individuati dalla Regione (Dgr n. 828 del 2017) come laboratori di riferimento per la ricerca di legionella. Grazie al personale e alle strutture altamente qualificate vengono analizzati campioni sanitari e ambientali, operando in stretta collaborazione con il Laboratorio nazionale di riferimento al quale vengono inviati, quando richiesto, i ceppi di legionella isolati in caso di cluster o focolaio epidemico. Il laboratorio esegue inoltre le analisi su acque minerali e termali ai sensi del Dm 10/02/2015 e ai fini della verifica delle caratteristiche proprie dell'acqua minerale naturale.

Residui di fitofarmaci (Ferrara)

Il laboratorio di Ferrara è specializzato nella determinazione di residui di fitofarmaci in tutte le matrici ambientali solide (principalmente suoli e sedimenti), nelle acque di origine sanitaria e ambientale (superficiali, sotterranee, transizione, potabili, minerali, termali ecc.) e negli alimenti freschi e trasformati di origine vegetale. Inoltre svolge attività di controllo sui prodotti fitosanitari e biocidi destinati alla commercializzazione per la verifica del titolo della sostanza attiva in essi contenuta.

Analisi di ecotossicologia (Ravenna e Ferrara)

Nei laboratori di Ravenna e Ferrara, e in parte presso quello di Reggio Emilia, vengono eseguiti test ecotossicologici con differenti organismi test. La disponibilità di questi organismi, in forma di kit o di allevamento, consente di poter valutare l'ecotossicità di matrici sia solide sia liquide (ambienti di acqua dolce, di transizione e marini). Ai sensi della normativa vigente, vengono eseguiti i saggi ecotossicologici necessari alla classificazione HP14 dei rifiuti e quelli richiesti dalla normativa Reach e Clp per le sostanze e le miscele.

Presso il laboratorio di Ferrara è presente un impianto di stabulazione per i pesci, autorizzato dal Ministero della Salute, necessario all'esecuzione dei test



ecotossicologici con forme giovanili ed embrionali; allo stato attuale è uno dei pochi impianti di questo tipo che si trovano all'interno del Snpa.

Organizzazione di circuiti interlaboratorio (Ravenna e Ferrara)

Il laboratorio di Ferrara è accreditato secondo la norma Iso 17043 come organizzatore di circuiti interlaboratorio sulla matrice ortofrutta per la determinazione di residui di fitofarmaci. I circuiti interlaboratorio, noti anche come *proficiency test* (Pt), sono dei programmi in cui diversi laboratori partecipano in modo volontario analizzando gli stessi campioni e confrontando i risultati ottenuti al fine di verificare la loro affidabilità nel fornire risultati analitici e dimostrare la competenza tecnica in vista di richieste

da parte dell'ente accreditante o dei loro clienti.

Anche il laboratorio di Ravenna, dal 2007, organizza un Pt sui test ecotossicologici riguardante i principali saggi utilizzati in Italia. Inizialmente limitata alle sole Agenzie, la partecipazione è stata estesa anche a università, istituti di ricerca e laboratori privati, italiani ed esteri. Annualmente sono effettuate 1 o 2 sessioni, inserendo periodicamente nuovi saggi; è l'unico interconfronto in Italia che propone il test di immobilizzazione con *Daphnia magna* previsto dal Dlgs 152/2006. La partecipazione media annuale è di 60/70 laboratori. Nel 2024 è iniziata la fase preparatoria all'accreditamento Iso 17043 del Pt: questo percorso, che ha interessato differenti servizi dell'Agenzia, è proseguito con la visita ispettiva di ottobre 2025 da parte dell'ente certificatore.

Analisi microinquinanti (Ravenna)

L'Unità Microinquinanti organici del laboratorio di Ravenna rappresenta il riferimento regionale per la determinazione di una serie di composti chimici riconducibili a inquinanti organici persistenti (diossine, Pcb, Ipa), ritardanti di fiamma e altre sostanze che a causa della loro particolare tossicità rappresentano un pericolo per la salute anche a livelli di concentrazione estremamente bassi. Per la loro determinazione, in conformità ai limiti richiesti dalle normative, è necessaria una fase di preparazione e purificazione del campione particolarmente laboriosa seguita dall'analisi che richiede strumentazione complessa dedicata, come ad esempio la gascromatografia abbinata a spettrometria di massa ad alta risoluzione, e standard analitici particolarmente costosi, ad alta purezza o isotopicamente arricchiti.

Analisi amianto (Reggio Emilia)

Il laboratorio di Reggio Emilia accoglie il laboratorio di riferimento regionale per la determinazione dell'amianto, processando tutti i campioni su scala regionale per questa specifica analisi. Vengono analizzate matrici ambientali quali aria, suolo, rifiuti, materiali di varia tipologia (di natura cementizia, isolanti, guaine, colle, pavimentazioni, etc.) e acque di vario tipo (potabili,

sotterranee ecc.). Il laboratorio dispone di strumentazione all'avanguardia e di ultima generazione per l'applicazione di tutte le tecniche analitiche previste dalle norme in vigore in materia di amianto (microscopio elettronico a scansione Sem Feg + Edx, microscopio elettronico a scansione Sem + Edx, diffrattometro a raggi X, stereomicroscopi con telecamera, microscopio ottico con contrasto di fase e luce polarizzata).

Vengono inoltre effettuate analisi su fibre artificiali vetrose ai fini della caratterizzazione e della relativa pericolosità, e su polveri per la determinazione della silice libera cristallina. Oltre all'attività analitica, il laboratorio collabora con il Ministero della Salute per la qualificazione dei laboratori privati dell'Emilia Romagna che effettuano analisi sull'amianto e dei soggetti che si occupano del campionamento di fibre aerodisperse.

Analisi microplastiche (Reggio Emilia)

Il laboratorio di Reggio Emilia sta attivando una linea di ricerca analitica dedicata alla determinazione delle microplastiche nelle acque, dato il loro inserimento nell'elenco di controllo delle acque destinate al consumo umano. Considerate "inquinanti emergenti", questa categoria di molecole ha un notevole impatto sull'ambiente, anche se attualmente non sono incluse nei programmi di monitoraggio delle acque. La recente strumentazione acquisita dal

laboratorio è in linea con le più sensibili tecniche fino a ora studiate e indicate per la caratterizzazione delle microplastiche nelle acque (microscopio confocale Raman e Gc-Ms con pirolizzatore). Il laboratorio è inserito nel gruppo di lavoro di esperti che sta ultimando i lavori sulla metodica ufficiale relativa alle acque potabili, che sarà pubblicata dall'ente di normazione internazionale (Iso).

Analisi Pfas (Ravenna e Ferrara)

I laboratori di Ravenna e Ferrara eseguono analisi di Pfas (composti perfluoroalchilici, sostanze soprannominate *forever chemicals* a causa delle caratteristiche di notevole stabilità chimica e che rende praticamente impossibile la loro degradazione nell'ambiente) in matrici acquose e nel biota. Il controllo di tali sostanze viene svolto tramite l'analisi in spettrometria di massa abbinata alla cromatografia liquida. Questo tipo di strumentazione è largamente utilizzata presso il laboratorio di Ferrara che ha introdotto l'analisi dei Pfas specializzandosi sulle matrici liquide (acque ambientali e potabili), mentre il laboratorio di Ravenna, attraverso l'impiego della medesima tecnologia, è riferimento per le matrici solide, in particolare per il biota che a causa del bioaccumulo nei tessuti, rappresenta un indicatore della contaminazione nell'ambiente e il cui monitoraggio è previsto dal Testo unico ambientale.

Analisi isotopiche (Piacenza)

Presso la sede laboratoristica di Piacenza si eseguono analisi isotopiche per la determinazione del rapporto isotopico O^{18}/O^{16} e H^2/H^1 nelle acque sotterranee, allo scopo di ricostruirne l'origine (naturale, fertilizzanti inorganici o organici ecc.) e le variazioni nei siti di ricarica delle falde acquifere. Come ulteriore elemento di indagine, sempre nella matrice acquosa, è in corso lo sviluppo della metodologia per la determinazione del rapporto isotopico di azoto e di ossigeno nei nitrati.

**Stefano Forti, Mario Polidoro,
Michele De Gioia**

Laboratorio multisito, Arpaee Emilia-Romagna

1. Responsabile
2. Responsabile area laboratoristica Reggio Emilia-Bologna
3. Responsabile area laboratoristica Ravenna-Ferrara



LA STRUTTURA DEL LABORATORIO MULTISITO ARPAE

PRESENTA FIN DALL'AVVIO DELL'AGENZIA, IL LABORATORIO DI ARPAE È UN ELEMENTO ESSENZIALE PER LE ATTIVITÀ DI VIGILANZA E MONITORAGGIO AMBIENTALE. LA STRUTTURA SI È EVOLUTA NEL TEMPO PER ADEGUARSI AI CAMBIAMENTI TECNOLOGICI E ORGANIZZATIVI, POTENZIARE LE SEDI E CONSOLIDARE LE SPECIALIZZAZIONI.

Le analisi chimiche e microbiologiche di laboratorio da sempre costituiscono un supporto fondamentale per le attività di vigilanza e controllo sia in ambito ambientale sia sanitario. Fin dalla sua nascita con la Lr 44/1995, Arpa Emilia-Romagna (nel 1995 era Arpa Emilia-Romagna) è stata caratterizzata da una struttura laboratoristica solida e ben integrata sia con i servizi di vigilanza e di monitoraggio ambientale della stessa agenzia (Servizio territoriale - St e Servizio sistemi ambientali - Ssa), sia con i servizi delle Ausl dedicati alla salute pubblica, prevenzione collettiva e medicina del lavoro, sia con altri corpi di vigilanza che operano in campo ambientale (Carabinieri Forestali, Noe ecc.). La struttura del laboratorio Arpa ha subito nel tempo, a partire dalla sua nascita nel 1995, una serie di modifiche organizzative rese necessarie dal mutato contesto istituzionale e normativo, oltre che dalla ricerca continua di efficientamento delle attività e di sostenibilità economica. La struttura laboratoristica disegnata dalla L 44/95 prevedeva, infatti, una sede in ogni provincia, in linea con il passaggio automatico di tutte le strutture e il personale dei Presidi multizonali di prevenzione delle Ausl provinciali.

I successivi accordi regionali sulla suddivisione delle attività analitiche per campioni ambientali, sanitari e alimentari tra Arpa e Istituto zooprofilattico sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna hanno portato a individuare un'ottimale organizzazione per Arpa che prevedeva un numero ridotto di sedi laboratoristiche e l'accentramento di attività analitiche specialistiche su alcune di esse. A seguito di tali accordi, le attività analitiche sui campioni per alimentazione umana e animale sono stati trasferiti ai laboratori dell'Istituto zooprofilattico sperimentale, mentre ad Arpa sono rimaste le



competenze analitiche relative agli altri campioni riferiti a controlli sulla prevenzione collettiva (acque, aria), medicina del lavoro (ambienti di lavoro), controlli in ambito Reach (regolamento europeo sulla registrazione e valutazione delle sostanze chimiche) e residui di fitofarmaci negli alimenti di origine vegetale freschi e trasformati. Il processo evolutivo ha avuto una durata di alcuni anni, nei quali si è operato per potenziare le sedi laboratoristiche da mantenere e consolidare le attività specialistiche, sia in termini di risorse umane sia strumentali. Nel maggio 2017, infine, è divenuta operativa l'attuale organizzazione del Laboratorio multisito di Arpa, in cui tutte le sedi operative fanno capo a una direzione unica, diversamente da prima in cui ogni sede aveva un proprio direttore.

Il Laboratorio multisito propriamente detto comprende:

- le sedi di laboratorio principali di Reggio Emilia, Bologna, Ferrara e Ravenna e la sede decentrata di Piacenza, raggruppate in due aree laboratoristiche (la prima con i laboratori di Ravenna e Ferrara e la seconda con i laboratori di Bologna, Reggio Emilia e Piacenza) ognuna delle quali fa capo a un unico dirigente responsabile
 - 9 sportelli di accettazione e refertazione campioni, confluiti sotto la direzione del Laboratorio multisito, localizzati presso le sedi di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena, Bologna, Ferrara, Ravenna, Forlì, Rimini, ognuno con un proprio referente.
- La rete laboratoristica di Arpa, in realtà, comprende anche altre strutture dotate di laboratori dedicati, che sono però

alle dipendenze di servizi diversi dal Laboratorio multisito:

- il Centro tematico regionale agenti fisici, localizzato presso la sede di Piacenza
- il laboratorio olfattometrico del Presidio tematico regionale (Ptr) delle emissioni industriali localizzato presso la sede di Modena
- la Struttura oceanografica Daphne localizzata a Cesenatico, dotata di un proprio sportello accettazione
- la Struttura tematica ambiente prevenzione e salute, localizzata presso la sede del Laboratorio multisito di Bologna.

Ogni sede di Laboratorio multisito si articola, di norma, in più unità analitiche definite in base alle matrici/analisi di competenza e presidia su scala regionale o pluriprovinciale le diverse fasi del processo analitico, dall'accettazione del campione fino all'emissione del rapporto di prova, operando nel rispetto delle norme tecniche di settore e in conformità alla norma Uni Cei En Iso 17025:2018 oltre che ai sensi della norma Uni Cei En Iso 17043:2023 (laboratorio di Ferrara e di Ravenna).

Ogni sede, inoltre, presidia il buon funzionamento delle apparecchiature in dotazione e gestisce le chiamate relative alle manutenzioni necessarie.

La gestione complessiva del Laboratorio multisito è attuata mediante una struttura dirigenziale che prevede, alle dipendenze del direttore del laboratorio, i dirigenti responsabili delle due aree laboratoristiche e quattro dirigenti tecnici (chimici e biologi) per il presidio delle attività analitiche delle sedi. I dirigenti tecnici sono poi supportati da 15 collaboratori con incarico di funzione, ognuno dei quali presidia l'attività di una specifica unità operativa.

Dal punto di vista operativo, il numero di campioni conferito annualmente dagli organi di controllo e monitoraggio di Arpae, Ausl e altri organi di vigilanza, alla rete laboratoristica di Arpae, si è attestata da qualche anno, successivamente alla emergenza Covid-19 del 2020, su circa 50.000-55.000 campioni. Poiché, come vedremo di seguito, alcune determinazioni analitiche specifiche vengono eseguite solo in determinati laboratori, è relativamente frequente il caso in cui un campione generi attività analitica per più laboratori, il che si traduce in un numero di aliquote che arrivano ai laboratori superiore al numero di campioni e generalmente comprese tra 60.000 e 65.000.

Per razionalizzare le risorse e concentrare competenze tecniche e dotazioni

strumentali sulle sedi più coinvolte nelle specifiche analisi chimiche e microbiologiche, alcune delle attività analitiche vengono effettuate su più sedi mentre altre (più specialistiche) solo su un numero limitato di sedi o su singoli laboratori: è il caso, ad esempio, delle analisi su matrici acquose sanitarie (Bologna e Reggio Emilia) o per la ricerca di amianto (Reggio Emilia), microinquinanti organici (Ravenna), ecotossicologia (Ravenna e Ferrara), residui di fitofarmaci (Ferrara) e analisi isotopiche (Piacenza).

Nell'organizzazione di una ragionevole suddivisione dei campioni tra le sedi laboratoristiche, si è considerata la

numerosità e la provenienza territoriale dei campioni su cui svolgere le attività analitiche, la presenza o meno di consulenti di parte ad assistere alle analisi (che implica un maggiore impegno di risorse umane), la logistica ottimale dei trasporti e la necessità di garantire i tempi di analisi previsti per legge oltre alla corretta conservazione dei campioni fino all'inizio dei procedimenti analitici.

Stefano Forti

Responsabile Laboratorio multisito,
Arpae Emilia-Romagna

Campioni di	Prelevati da	Sede di Laboratorio che esegue l'attività analitica
Acque potabili, minerali, termali, piscine, acque sanitarie, dialisi	Ausl e altri servizi sanitari regionali	Bologna: campioni da Mo - Bo - Fc - Ra - Fe - Rn Reggio Emilia: campioni da Pc- Pr - Re - Mo
Alimenti di origine vegetale per analisi fitofarmaci	Ausl e altri enti di vigilanza	Ferrara: campioni da tutta la regione
Matrici ambientali e sanitarie per analisi fitofarmaci	Arpae, Ausl e altri enti di vigilanza	Ferrara: campioni da tutta la regione
Ambienti di vita e di lavoro, Immissioni (composti organici volatili)	Ausl e altri servizi sanitari regionali	Ravenna: campioni da Fc - Ra - Rn Reggio Emilia: campioni da altre province
Materiali e prodotti per verifiche di conformità al Regolamento Reach	Ausl, Ministero, uffici doganali	Ravenna: ricerca di ftalati e punto di infiammabilità Reggio Emilia: ricerca di amianto, Cov, nicotina, benzene, alcololi in prodotti biocidi
Ambienti di vita e di lavoro, acque e altre matrici ambientali per ricerca amianto	Arpae, Ausl e altri enti di vigilanza	Reggio Emilia: campioni da tutta la regione
Materiali e rifiuti per analisi di ecotossicologia	Arpae, Ausl e altri enti di vigilanza	Ravenna e Ferrara: campioni da tutta la regione
Matrici ambientali e sanitarie per analisi microinquinanti organici	Arpae, Ausl e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da tutta la regione
Acque e biota per analisi Pfas	Arpae, Ausl e altri enti di vigilanza	Ravenna (biota) e Ferrara (acque): campioni da tutta la regione
Acque di scarico e depuratori	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da Fc - Ra - Rn Reggio Emilia: campioni da Pc - Pr - Re - Mo Bologna: campioni da Bo - Fe
Acque di monitoraggio: sotterranee e superficiali	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da Fc- Ra - Rn Reggio Emilia: campioni da Pc - Pr - Re - Mo Bologna: campioni da Bo - Fe
Acque di transizione	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da tutta la regione
Acque di controllo discariche	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da Fe - Fc - Ra - Rn Reggio Emilia: campioni da altre province
Acque da siti contaminati	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da Fe - Fc - Ra - Rn Bologna: campioni da altre province
Suoli, siti contaminati (terreni), fanghi, sedimenti, rifiuti	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da tutta la regione
Emissioni in atmosfera	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da inceneritori e grandi impianti combiustione da tutta la regione Reggio Emilia: altri impianti, campioni da tutte le province
Qualità dell'aria per ricerca metalli e Ipa	Arpae e altri enti di vigilanza	Ravenna: campioni da tutta la regione

TAB.1 LABORATORIO MULTISITO ARPAE

Principali attività analitiche svolte dalle diverse sedi del Laboratorio multisito di Arpae Emilia-Romagna.

I LABORATORI A SUPPORTO DELLE STRUTTURE SANITARIE

IL LABORATORIO MULTISITO ARPAE È UNA STRUTTURA FONDAMENTALE PER COMPLETARE LE ATTIVITÀ DI CONTROLLO E VIGILANZA IN TEMA DI PREVENZIONE COLLETTIVA E MEDICINA DEL LAVORO DEL SERVIZIO SANITARIO. LE ANALISI SONO EFFETTUATE IN DIVERSE SEDI, CHE GARANTISCONO LA MIGLIORE INTEGRAZIONE OPERATIVA IN CAMPO AMBIENTALE E SANITARIO.

La legge regionale 44/1995 “Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell’Agenzia regionale prevenzione e ambiente (Arpa) dell’Emilia-Romagna”, nonché i successivi accordi di programma (ai sensi dell’art. 3 della L 44/95), definiscono nel dettaglio funzioni, le attività e i compiti assegnati all’Agenzia (oggi Arpa Emilia-Romagna). In particolare, l’art. 5 comma 1 lettera d) impone ad Arpa di garantire, attraverso le proprie strutture, l’esecuzione delle attività analitiche e l’erogazione di ogni altra prestazione in materia di prevenzione e di controllo ambientale richieste dai Comuni, dalle Province, dalle Aziende Usl e da altre amministrazioni pubbliche per lo svolgimento dei rispettivi compiti di istituto. Inoltre, l’art. 17 comma 1 esplicita che l’Agenzia e i Dipartimenti di prevenzione delle Aziende Usl esercitano in modo integrato e coordinato le funzioni e le attività di controllo ambientale e di prevenzione collettiva che rivestono valenza sia ambientale sia sanitaria, assegnando all’Agenzia la gestione della rete laboratoristica per la tutela dell’ambiente e per l’esercizio delle funzioni di sanità pubblica (Allegato 1 L 44/1995).

Di fatto, quindi, il Laboratorio multisito Arpa è una struttura fondamentale per completare le attività di controllo e vigilanza in tema di prevenzione collettiva e medicina del lavoro delle Ausl del Servizio sanitario regionale. L’attività analitica di supporto alle strutture sanitarie è effettuata in diverse sedi di laboratorio, scelte considerando la migliore integrazione operativa possibile tra richieste analitiche in campo ambientale e in campo sanitario.

Rispetto al numero totale di campioni analizzati annualmente dal Laboratorio multisito (circa 50.000 - 55.000 all’anno), i campioni conferiti dalle strutture sanitarie rappresentano circa il 65%-70% del totale. Tra di essi troviamo acque



potabili, minerali, termali, piscine, dialisi, alimenti di origine vegetale (freschi e trasformati), sostanze e miscele (regolamenti Reach e Clp) e campioni inerenti ambienti di vita e di lavoro (amianto, sostanze organiche aerodisperse ecc.).

Ai campioni istituzionali si aggiungono poi anche le analisi di campioni a pagamento in convenzione con le strutture sanitarie di Ausl e aziende ospedaliere per i controlli di acque di dialisi, ricerca legionelle, controlli acque di lavaggio endoscopi e monitoraggi ambienti indoor.

Il supporto analitico specialistico del Laboratorio multisito, a supporto della vigilanza attuata dagli organi del servizio sanitario regionale in tema di salute pubblica e medicina del lavoro, si esplica nei seguenti ambiti.

Acque potabili, di piscina, di dialisi, minerali e termali

I campioni istituzionali conferiti dalle Ausl e altre strutture sanitarie

dell’intera Emilia-Romagna, in accordo con i piani regionali e in attuazione dei protocolli analitici previsti dalle normative e concordati con la Regione, sono processati nei laboratori di Reggio Emilia e Bologna. Il numero di campioni conferiti ogni anno è di circa 16.500 campioni (dato 2024), di cui il 50% è costituito da acque destinate al consumo umano (potabili).

In particolare, per le acque potabili, a seguito dell’emanazione del Dlgs 18/23 e del recente aggiornamento, ad Arpa è stata richiesta la messa a punto di metodi analitici chimici per la determinazione di nuovi inquinanti e interferenti endocrini previsti dalla normativa. La sede di Bologna ha già sviluppato metodi in Lc/Ms-Ms per la rilevazione di microcistine (tossine prodotte da cianobatteri che possono danneggiare fegato e sistema nervoso) e acrilammide (sostanza potenzialmente cancerogena presente in alcune acque a seguito di processi industriali o di trattamento). Con tecniche in Gc/Ms, invece, è stato

completato lo sviluppo del metodo per il nonilfenolo, interferente endocrino che può alterare il normale funzionamento ormonale.

Sono attualmente in corso le attività di messa a punto in Gc/Ms per epicloridrina e in Lc/Ms–Ms per il bisfenolo A e il 17-beta estradiolo, noti interferenti endocrini che possono influenzare lo sviluppo, il metabolismo e il sistema riproduttivo, e per gli acidi aloacetici, sottoprodotto della disinfezione dell'acqua potenzialmente tossici e sospettati cancerogeni.

Per le analisi microbiologiche delle acque potabili, le richieste principali riguardano *Escherichia coli* ed enterococchi intestinali: i parametri indicatori includono i batteri coliformi, il conteggio delle colonie a 22 °C e il *Clostridium perfringens*. Il decreto indica metodiche di riferimento per la ricerca di queste parametri e impone che i laboratori siano accreditati secondo la norma Uni En Iso/Iec 17025. A differenza della normativa precedente, il nuovo decreto richiede la ricerca degli enterococchi intestinali in tutti i profili analitici, il che ha portato a un aumento del numero di analisi per questo parametro già dal 2024. Vengono inoltre introdotti nuovi parametri per la valutazione e la gestione del rischio nei sistemi di distribuzione idrica interna e in particolare, per il parametro legionella, si definisce un limite di legge di <1000 Ufc/l prevedendo però azioni per la gestione del rischio anche per valori inferiori a questo limite in caso di infezioni o focolai. I laboratori di Reggio Emilia e Bologna, così come richiesto dal decreto, hanno conseguito da tempo l'accreditamento previsto per tali parametri.

Tra le attività analitiche a supporto del monitoraggio delle acque potabili effettuato dalle Ausl della regione si inseriscono anche:

- il conteggio di fibre di amianto totali; sebbene non esista un limite di legge di riferimento, tale parametro è inserito nel piano di monitoraggio delle acque di rete per tenere sotto controllo lo stato di usura degli impianti idrici (l'analisi è svolta presso la sede di Reggio Emilia)
- la determinazione di microinquinanti organici persistenti (ad esempio diossine, Pcb, Ipa ecc.) effettuata nel laboratorio di Ravenna
- la determinazione di residui di fitofarmaci e Pfas nelle acque potabili, effettuato nel laboratorio di Ferrara.

In particolare, per la ricerca dei composti perfluoroalchilici, meglio noti con l'acronimo inglese di Pfas, le recenti modifiche al Dlgs 18/2023 ne

hanno previsto la ricerca ai livelli di concentrazione estremamente bassi.

Ambienti bonificati da amianto ed esposizione dei lavoratori

Il laboratorio Arpac di Reggio Emilia svolge un'attività di supporto alle strutture sanitarie per l'esecuzione delle analisi di amianto aerodisperso. Effettua, infatti, analisi di filtri di policarbonato prelevati dalle Ausl della regione, in ambienti indoor, in seguito alla rimozione di amianto.

Il conteggio delle fibre di amianto aerodisperse rappresenta un parametro chiave sia per attestare l'efficacia della bonifica da amianto, operata dalle ditte specializzate, sia per la protezione dei lavoratori contro i rischi connessi all'esposizione a fibre di amianto durante il lavoro.

Anche rispetto all'ultimo aggiornamento normativo su questa tematica che ha visto una diminuzione del valore limite di esposizione e quindi una conseguente modifica della metodica di riferimento, il laboratorio di Reggio Emilia, disponendo di strumentazione basata su microscopia elettronica a scansione, si conferma laboratorio competente di riferimento per le Ausl della regione, servizio di medicina del lavoro.

Piano regionale delle attività di controllo sui prodotti chimici

Nell'ambito del piano regionale dei controlli sui prodotti chimici, Arpac – come parte della rete nazionale dei laboratori – è l'autorità incaricata dei controlli analitici sui prodotti immessi sul mercato in applicazione delle principali normative europee:

- Reg. 1907/2006 (Reach) sulla registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche
- Reg. 1272/2008 (Clp) sulla classificazione, etichettatura e imballaggio di sostanze e miscele
- Reg. 528/2012 sulla messa a disposizione sul mercato e uso dei biocidi
- Reg. 648/2004 sull'immissione sul mercato di detergenti e tensioattivi
- Reg. 1107/2009 sull'immissione sul mercato di prodotti fitosanitari.

Le attività riguardano sia la verifica della corretta etichettatura e delle schede di sicurezza sia il rispetto delle restrizioni previste per sostanze pericolose. Tra i controlli più rilevanti: solventi organici volatili (Sov) in colle, vernici, detergenti, deodoranti, liquidi lavaggio parabrezza, prodotti per wc, profumi e liquidi per sigarette elettroniche; fibre di amianto nei cosmetici (talco) e in materiali vari (assi da stiro); cromo VI nel cemento;

formaldeide nei prodotti fitosanitari; nicotina nei liquidi di ricarica e-cig. Questi controlli garantiscono la tutela della salute dei consumatori e la sicurezza ambientale, assicurando che i prodotti chimici sul mercato rispettino le normative europee e regionali. Le attività analitiche vengono eseguite presso le sedi di Ravenna e Reggio Emilia.

Residui di fitofarmaci in alimenti vegetali e su prodotti fitosanitari

Il laboratorio di Ferrara è da anni il polo specialistico regionale per il controllo e la ricerca dei residui dei prodotti fitosanitari in campo ambientale e alimentare, su matrici di origine vegetale. In questa sede vengono analizzati i campioni prelevati dalle aziende sanitarie relativamente ai prodotti ortofrutticoli, inclusi i prodotti per l'infanzia e i trasformati, e all'acqua potabile. Inoltre, nell'ambito delle attività di sicurezza chimica a garanzia degli utilizzatori, sono svolti anche i controlli sui prodotti fitosanitari in commercio e sui biocidi.

Tali attività richiedono personale qualificato, strumentazioni dedicate e un flusso analitico costantemente monitorato per rispondere ai piani di controllo regionali e ministeriali, come previsto peraltro dalle normative nazionali e comunitarie in rapida e continua evoluzione. Nel corso degli anni, non sono mancati gli sforzi analitici per affrontare sfide particolarmente impegnative come, ad esempio, la ricerca di glifosate, un erbicida largamente utilizzato ma difficilmente determinabile a causa delle caratteristiche di elevata mobilità e solubilità in acqua (il cui controllo ha richiesto un forte investimento su strumentazione complessa e altamente efficiente) oppure la ricerca dei Pfas nelle acque potabili.

Se da un lato le norme si orientano verso una tutela sempre maggiore del cittadino, la sfida analitica che ne consegue comporta un notevole investimento di risorse strumentali, umane ed economiche.

La maggior parte delle determinazioni svolte dal laboratorio di Ferrara, come richiesto anche a livello normativo, sono svolte con metodiche analitiche accreditate secondo la norma Iso 17025 al fine di fornire un dato estremamente affidabile a supporto delle aziende sanitarie incaricate dei controlli.

**Marco Prete, Marco Ballabeni,
Manuela Di Giovanni**

Laboratorio multisito, Arpac Emilia-Romagna

L'ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI ARPAE

ARPAE È ACCREDITATA DA ACCREDIA (ISO 17025 CON ACCREDITAMENTO FISSO E FLESSIBILE E ISO 17043), GARANZIA DI AFFIDABILITÀ E COMPETENZA. OFFRE 63 METODI ACCREDITATI (AMBIENTALI E SANITARI) COME LABORATORIO MULTISITO E DUE SCHEMI DI PROFICIENCY TESTING SU FITOFARMACI E NITRATI COME ORGANIZZATORE PT.

L'accreditamento è il riconoscimento da parte di un ente esterno super partes (Accredia, ente unico di accreditamento designato a livello nazionale dal regolamento europeo CE 765/2008) delle competenze tecniche dei laboratori nello svolgere le attività analitiche in conformità ai requisiti della norma 17025 e, della capacità dell'organizzatore di *proficiency testing* (Pt) di progettare e gestire i circuiti di confronto interlaboratorio secondo i requisiti della norma 17043.

Citando una frase di Accredia, l'accreditamento è "una garanzia che dà fiducia". Conferisce, infatti, senso di sicurezza e tranquillità nei confronti degli stakeholder, che vedono soddisfatte le aspettative per le proprie richieste, e in particolare assicura che il laboratorio fornisca dati tecnicamente validi e affidabili. Pur essendo a carattere volontario, l'accreditamento è pertanto utile a garantire l'imparzialità, la riservatezza, l'affidabilità e la competenza dei laboratori di prova e degli organizzatori di prove interlaboratorio. Questa descrizione può sembrare in una prima lettura un po' riduttiva, ma in realtà contempla diversi aspetti: personale qualificato, strumentazione

adeguata e tarata, dati analitici accurati. Ma non solo, entrando più nel dettaglio della norma 17025, anche validazione e verifica delle metodiche e del controllo qualità del dato, mentre per la 17043 anche verifica di omogeneità e stabilità del materiale, analisi statistica dei dati e definizione del report. L'attestazione di competenza e imparzialità, rilasciata attraverso il processo di valutazione di Accredia, rafforza pertanto l'immagine di Arpae sia come laboratorio accreditato sia come organizzatore di Pt, dando una maggiore garanzia di qualità e sicurezza dei servizi offerti.

Il percorso di accreditamento di Arpa Emilia-Romagna (divenuta Arpae nel 2016) iniziò nel 1998, quando l'Agenzia era costituita da 9 laboratori "gemelli" delle Sezioni provinciali (ereditati dai Presidi multizionali di prevenzione delle Ausl), operanti trasversalmente su tutte le matrici di competenza provinciale, prima in conformità a quanto previsto dalla norma Uni Cei En 45001 (fino al 2001) e successivamente sostituita dalla norma Uni Cei En Iso/Iec 17025. I 9 laboratori dell'Agenzia vennero accreditati nel 1999 come laboratori singoli e a sé stanti fino al 2004. Da quel momento in poi, una progressiva

ridefinizione e riorganizzazione dell'attività per poli geografici (ovest, centro, est) ha portato allo sviluppo di laboratori che processavano più matrici per diverse sedi provinciali, di laboratori tematici e di aree di riferimento analitico (attività specialistica per tutta la regione). Contestualmente, a partire dal 2015, è stata istituita l'area laboratoristica della Direzione tecnica con funzioni di sede primaria e di coordinamento delle attività di metrologia. Questa nuova organizzazione ha spostato l'accreditamento da 9 realtà singole a un sistema di Laboratorio multisito regionale (secondo il modello previsto da Accredia) con una sede centrale rappresentata dalla Direzione generale/ Direzione tecnica e da 5 sedi secondarie di laboratorio (Piacenza, Reggio Emilia, Bologna, Ravenna e Ferrara) a cui vennero aggiunte successivamente (nel 2019) anche 4 sedi di sportelli senza laboratorio (Parma, Modena, Forlì-Cesena e Rimini), e infine, nel 2022, la sede di laboratorio della Struttura oceanografica Daphne (Sod). Dal 2005 Arpae ha inoltre un sistema di gestione certificato Iso 9001 a cui il Laboratorio multisito fa riferimento.

“L'effettuazione di attività analitica di laboratorio per la prevenzione collettiva e la tutela ambientale” è una delle *mission* della rete laboratoristica regionale che si esplicita nei seguenti ambiti: chimico, microbiologico, ecotossicologico, biologico e fisico, verificando il rispetto delle normative cogenti. Il laboratorio effettua analisi su acque (potabili e sanitarie, superficiali e sotterranee, di balneazione, di scarico), alimenti, aria, suoli/terreni/fanghi, spaziando in generale dalla ricerca di contaminanti ambientali fino ad amianto, fitofarmaci e radioattività; a questi si aggiungono test di tossicità e di microrganismi, e prove sullo stato ecologico degli habitat. A oggi il numero totale di metodi accreditati è 63 di cui 34 in ambito ambientale e 29 in ambito sanitario.



Il contesto di riferimento in continua evoluzione ha spinto il laboratorio ad adeguare la propria offerta in termini di prove accreditate alle richieste dei clienti istituzionali interni ed esterni (Ausl, punti di ingresso frontalieri - Pif, Regione Emilia-Romagna, Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente - Snpa). A fronte di ciò Arpae ha intrapreso il percorso di accreditamento flessibile per rispondere in maniera adeguata alle esigenze del cliente, in particolare nell'ambito delle attività di controllo di competenza dell'agenzia, per le quali l'accreditamento delle prove è cogente o comunque raccomandato. L'accreditamento in campo flessibile riconosce al laboratorio maggiore responsabilità e autonomia nel dimostrare di operare in maniera valida, adatta allo scopo e con competenza, coerenza e imparzialità.

Il controllo dei fitofarmaci nelle acque di monitoraggio (superficiali e sotterranee) e il controllo ufficiale dei fitofarmaci negli alimenti di origine vegetale, alimenti di prima infanzia e nelle acque potabili e minerali, è l'ambito per il quale si ha maggiore esigenza di tempestività sul mercato. Dal 2021 Arpae ha ottenuto l'accreditamento con scopo flessibile per la sede di Ferrara, permettendo in questo modo al laboratorio di gestire sia i tempi di modifica delle prove correlate al campo flessibile, sia di inserire nuovi principi attivi da analizzare, riducendo la tempistica connessa alla valutazione e alla formalizzazione delle prove da parte di Accredia. Tale accreditamento è stato possibile in quanto la tecnica di prova era già accreditata, da oltre 2 anni, con scopo fisso, che è il percorso da effettuare per ottenere l'accreditamento Iso 17025.

Parallelamente al percorso per l'accreditamento 17025, nel 2019 Arpae ha intrapreso, con la sede del laboratorio di Ferrara, l'accreditamento secondo la norma Iso 17043 come organizzatore di Pt per la ricerca di residui di fitofarmaci su matrici alimentari vegetali e la determinazione del tenore di nitrati su matrici alimentari vegetali a foglia. I motivi trainanti che hanno spinto l'Agenzia a investire su questo ambito, ritenuto molto importante, sono stati soprattutto l'esperienza pluriennale in questo campo (dal 1997) e la necessità di sopperire alla mancanza di Pt sul mercato nazionale. In Italia sono 19 le organizzazioni che hanno conseguito l'accreditamento alla norma Iso 17043, 7 sono strutture pubbliche, e fra queste figurano Ispra e Arpae. Arpae è stata la prima Agenzia del Snpa a ottenere tale riconoscimento.



Cosa significa e a cosa serve un *proficiency test*? È una prova che permette ai laboratori di valutare la propria competenza e la qualità dei risultati attraverso un confronto con altri laboratori che analizzano campioni identici organizzati e gestiti preferibilmente da un ente accreditato. Queste prove servono al laboratorio, inoltre, a valutare e monitorare le proprie prestazioni, a identificare i problemi e ad attuare azioni di miglioramento.

Gli oggetti dei Pt sono campioni che rispecchiano, il più possibile, le matrici che vengono processate abitualmente dai partecipanti. Per garantire che i laboratori analizzino oggetti statisticamente equivalenti, il *proficiency testing provider* (Ptp) di Arpae valuta la stabilità e l'omogeneità dei campioni distribuiti, così come richiesto dalla norma. Lo scorso anno Arpae, con il Ptp di Ferrara, è entrato a far parte del database dell'Eptis (*European proficiency testing information system*, sistema europeo di informazione sui Pt), che raccoglie a livello internazionale tutti gli schemi accreditati di prove interlaboratorio presenti sul mercato.

Per le medesime motivazioni che hanno portato all'accreditamento del Ptp di Ferrara, Arpae sta inoltre perseguitando l'obiettivo di estendere il proprio accreditamento 17043 anche per il Ptp di Ravenna, che da anni organizza Pt sui saggi ecotossicologici, utilizzando differenti organismi test, quali ad esempio *Daphnia magna*, batteri luminescenti, alga verde ed embrioni di *Danio rerio*.



I partecipanti che aderiscono ai circuiti dei Ptp di Arpae sono di livello nazionale, europeo ed extra-europeo. La trasparenza e la condivisione di regole hanno portato Arpae a credere in questo obiettivo di accreditamento e per continuare a conferire fiducia e garanzia ai clienti e alle autorità, persegue tale scopo estendendo ogni anno l'accreditamento a nuove matrici e parametri (per la 17025) e a nuovi schemi di Pt (per la 17043) mantenendo sempre il focus di razionalizzare e uniformare le attività nelle diverse sedi laboratoristiche.

Marta Ranieri¹, Caterina Guidetti², Alessandro Tieghi²

Arpae Emilia-Romagna

1. Servizio Pianificazione, progetti europei, qualità, ecomanagement, formazione

2. Laboratorio multisito

UN LABORATORIO SUL MARE ADRIATICO PER ARPAE

LA DAPHNE II È UN BATTELLO OCEANOGRAFICO ATTREZZATO PER COMPIERE CONTROLLI E STUDI SULL'ECOSISTEMA MARINO E SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE, COLLEGATO CON UN SISTEMA DI LABORATORI A TERRA CHE ACCOGLIE I CAMPIONI PROVENIENTI DALLA MOTONAVE PER LE ANALISI CHIMICHE E BIOLOGICHE SU MATRICI DI ACQUA, SEDIMENTO E BIOTA.

A una signora non si chiede l'età". Così di solito recita un modo di dire comune che invita a mostrare rispetto e cortesia su domande personali e potenzialmente imbarazzanti a una donna che ha superato un certo tempo, come l'età. Ma mettiamo da parte il principio di galateo e, chiedendo alla motonave Daphne II di Arpaem Emilia-Romagna la sua età, scopriamo che nel 1988 ha visto la luce nel cantiere Tecnomatic di Ancona. A onor del vero il primo battello oceanografico Daphne della regione Emilia-Romagna fu varato nell'agosto del 1977. Le caratteristiche della costa emiliano-romagnola suggerirono allora ai progettisti di costruire un'imbarcazione di medie dimensioni: il progetto venne eseguito dalla società Dagh Watson di

Milano e la costruzione venne affidata alla Nord Cantieri di Avigliana (TO). L'installazione della strumentazione scientifica fu fatta dalla Philips della sede di Monza (MI).

Ma torniamo alla motonave Daphne II, un battello oceanografico attrezzato per compiere controlli e studi sull'ecosistema marino e sulla qualità delle acque. La struttura dello scafo, dotato di una carena adatta ai bassi fondali, è in vetroresina e kevlar rinforzata con elementi longitudinali e trasversali. Sul ponte è installato un verricello idraulico con 200 metri di cavo di acciaio e a poppavia un arco, adeguatamente strutturato per il recupero e la posa di strumenti oceanografici. Tale struttura è inoltre dotata di due bracci laterali e

Daphne II - Dati tecnici	
Lunghezza fuori tutto	17,25 m
Lunghezza al galleggiamento	13,50 m
Larghezza fuori tutto	4,70 m
Altezza di costruzione	2,35 m
Immersione a pieno carico	1,30 m
Dislocamento	26,42 t
Potenza apparato motore	2x243 cv
Velocità di crociera	20 nodi
Capacità serbatoi nafta	4.000 litri
Capacità serbatoio acqua	700 litri
Equipaggio	n. 2
Imbarco tecnici	n. 6





2

uno centrale. La sovrastruttura, costruita in vetroresina, con pavimentazione in gomma, comprende la timoniera e il locale laboratorio.

Nel locale timoniera è collocata la plancia di comando con i relativi comandi e le utenze con la ruota timone (foto 2). L'unità è equipaggiata di 2 radar (foto 3): gli apparati sono stati rinnovati nel 2024 con i fondi Pnc, linea di investimento P3. Si tratta di 2 radar marini: il primo a scala 72 NM con display di 12.1 inch (risoluzione 1024x768 pixel), il secondo a scala 32 NM con display di 8.4 inch (risoluzione 480x640 pixel). Entrambi adottano la tecnologia *solid state* per abbassare le emissioni elettromagnetiche dei radar tradizionali.

Sempre nel locale plancia sono installati un pilota automatico, un ecoscandaglio, un *chartplotter* e una stazione Gmdss. La stazione Gmdss (foto 4) è composta da Vhf per chiamate in fonìa e Dsc,



3



4

- 1 Il battello oceanografico Daphne II.
- 2 Plancia di comando.
- 3 Antenne radar e relativi monitor.
- 4 Sistema di sicurezza Gmdss.

Navtex, Gps interfacciato con apparato *chartplotter*, trasmettitori di localizzazione d'emergenza Sart e Epirb. La timoniera è munita di due uscite laterali e una posteriore che la mette in collegamento con il laboratorio.

La sala laboratorio (*foto 6*) è costituita da una tuga finestrata collegata con la sala comando e con il ponte coperto a poppa. In essa sono sistemati in senso longitudinale appositi tavoli da laboratorio e scaffalature portanti la strumentazione scientifica. Il laboratorio è anche dotato di congelatore e di lavello. Nel laboratorio sono installati la strumentazione scientifica e i mezzi adibiti al pretrattamento (filtrazione e fissazione) e alla refrigerazione dei campioni raccolti.

La strumentazione scientifica è composta da una sonda multiparametrica Idronaut modello Ocean Seven 316 Plus per analisi lungo la verticale (dalla superficie al fondo) dotata di elettrodi per la determinazione dei valori di temperatura, salinità, pH, ossigeno dissolto, clorofilla "a", torbidità e Par. La sonda trasmette via cavo le informazioni acquisite a una centralina comprendente il sistema di visualizzazione dei profili verticali, di registrazione e di tabulazione dati. Gli stessi possono essere immediatamente visualizzati come elaborati grafici dal computer di bordo.

Nel laboratorio è presente anche un fluorimetro Turner 10 Au predisposto per la misura della clorofilla "a" per misure dirette sull'acqua di mare senza trattamento preventivo. Sono inoltre disponibili delle rampe di filtrazione per la preparativa campioni in particolare per le analisi chimiche dei nutrienti di azoto, fosforo e silicati.

Oltre ai sistemi di base elencati, che hanno una collocazione fissa nella sala laboratorio, il battello è dotato di altri mezzi che possono essere utilizzati in funzione di particolari programmi di ricerca e di controllo:

- correntometri a registrazione per misure a medio e lungo periodo
- carotiere per campionamenti di sedimento
- bottiglie Niskin per prelievi di acqua alle diverse profondità
- rete, sorbona e draga per il campionamento di organismi bentonici
- campionatore boxcorer a gravità
- Adcp

- telecamera e macchine fotografiche predisposte alla fotodocumentazione in ambienti subacquei.

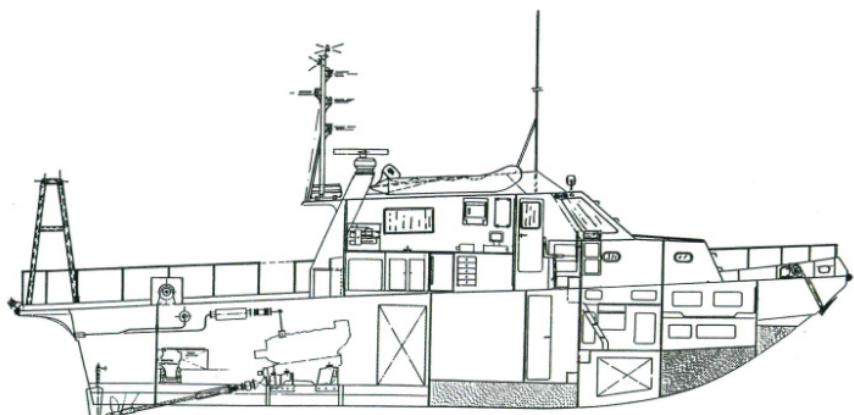
Sempre con finanziamento Pnc fase 3, è in programma entro dicembre 2025 la sostituzione dell'apparato motore della motonave, dei suoi principali componenti e del gruppo elettrogeno.

Un sistema attrezzato di laboratori a terra accoglie poi i campioni provenienti

dalla motonave Daphne II per le analisi chimiche e biologiche su matrici di acqua, sedimento e biota.

Cristina Mazzotti

Responsabile Struttura tematica oceanografica Daphne,
Arpae Emilia-Romagna



5



6

5 Schemi tecnici della nave Daphne II.

6 Locale laboratorio.

EPIDEMIOLOGIA BASATA SULLE ACQUE REFLUE A BOLZANO

IL LABORATORIO BIOLOGICO DI APPA BOLZANO, LE VARIE FASI ANALITICHE BASATE SU TECNICHE DI BIOLOGIA MOLECOLARE, DALLA PRODUZIONE ALL'INTERPRETAZIONE DEI DATI E UNA BREVE PANORAMICA SULLE PROSPETTIVE FUTURE DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE DI PATOGENI IN RELAZIONE AL CONCETTO DI WASTEWATER BASED EPIDEMIOLOGY.

Il laboratorio biologico di Appa Bolzano partecipa dal 2021 al progetto Sari (Sorveglianza ambientale dei reflui in Italia). Settimanalmente analizza le acque reflue in ingresso ai maggiori depuratori altoatesini alla ricerca del virus Sars-cov-2. In seguito alla pandemia da coronavirus si è nuovamente affermato il metodo innovativo per il monitoraggio della circolazione di patogeni e altre sostanze nelle acque reflue: la cosiddetta epidemiologia basata sulle acque reflue (*wastewater based epidemiology*, Wbe) (Singer et al., 2023).

La Wbe si basa sul concetto, già consolidato nel mondo scientifico, che ciò che viene espulso dal corpo umano attraverso le deiezioni (feci e urine) può essere rilevato nelle acque reflue.

Analizzando quindi le acque reflue all'ingresso di un depuratore è possibile ottenere dati utili rispetto all'andamento e alla diffusione di patogeni (per esempio il Sars-cov-2 e i virus influenzali) indipendentemente dal ricorso a test clinici (La Rosa et al., 2020). Lo strumento della Wbe è quindi un monitoraggio di tipo ambientale, a costo relativamente ridotto, non invasivo della privacy e implementabile su larga scala, utile come supporto decisionale per programmare futuri interventi di salute pubblica. Il contributo della Wbe alla tutela della salute umana è evidenziato nell'articolo 17 (sorveglianza delle acque reflue urbane) della direttiva europea Ue 3019/2024 sul trattamento delle acque reflue urbane.

L'Italia ha applicato la Wbe allo scopo di sorvegliare la circolazione di virus nelle acque reflue avviando già nel 2021 la rete di sorveglianza Sari con l'obiettivo di monitorare la concentrazione e la variabilità genetica del virus Sars-cov-2 (La Rosa et al., 2022). Dall'avvio dell'iniziativa, il laboratorio biologico di Appa Bolzano partecipa alla rete Sari. Il valore predittivo della Wbe, nei confronti della diffusione di patogeni

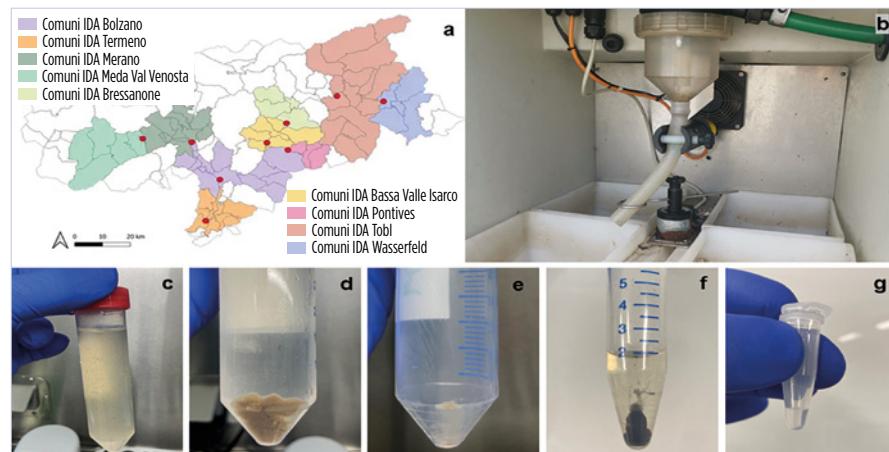


FIG. 1 PUNTI CHIAVE DI MONITORAGGIO WBE

I punti chiave di monitoraggio Wbe, operato da Appa Bolzano, dalla fase di campionamento a quella di estrazione e purificazione dell'Rna di Sars-cov-2. a) Disposizione territoriale dei depuratori inclusi nel monitoraggio. b) Campionatore automatico per la raccolta del refluo nell'arco delle 24 ore. c) Campione di refluo al momento della ricezione in laboratorio. d) Pellet di solidi sospesi ottenuto dopo la prima centrifugazione. e) Pellet concentrato contenente le particelle virali, il materiale genetico e le impurità. f) Silice magnetica utilizzata per l'estrazione del materiale genetico aggiunta nel buffer di lisi al fine di recuperare l'Rna virale. g) Prodotto di estrazione finale contenente l'Rna virale ottenuto in seguito all'eluizione delle particelle di silice.

Foto 1a, 1c, 1d, 1e, 1f e 1g: Appa Bolzano - Foto 1b: Eco center Spa

nella popolazione, è sempre più considerato, tanto da essere utilizzato anche in grandi eventi, come ad esempio durante i giochi olimpici di Parigi nel 2024. In quell'occasione sono stati monitorati 6 patogeni nelle acque reflue: poliovirus, influenza A e B virus, mpox virus, Sars-cov-2 e virus del morbillo (Toro et al., 2024).

La tecnica della reazione a catena della polimerasi (qPcr)

La determinazione quantitativa della presenza di Sars-cov-2 (espressa in copie genomiche) nelle acque reflue operata dai laboratori aderenti alla rete Sari segue un protocollo sviluppato dall'Istituto superiore di sanità (Iss), armonizzato e condiviso a livello nazionale (La Rosa et al., 2021). L'adesione a una metodologia unificata e condivisa tra i laboratori regionali e provinciali incaricati alle analisi è fondamentale in quanto permette di produrre dati tra loro confrontabili.

Il protocollo si suddivide in quattro fasi: campionamento; concentrazione; estrazione e purificazione; quantificazione della concentrazione mediante Rt-qPcr¹.

Fase 1 - campionamento

La fase di prelievo deve soddisfare il criterio di rappresentatività del campione e rientrare in una logica di costi benefici. Nel caso di Appa Bolzano, il campionamento viene svolto in collaborazione con i gestori degli impianti di depurazione prelevando un campione di refluo due volte alla settimana all'ingresso di 9 depuratori altoatesini (Bolzano, Merano e Termeno – afferenti alla rete Sari – e Pontives, Media Val Venosta, Bressanone, Tobl, Wasserfeld e Bassa Valle Isarco – scelti per avere una maggiore rappresentatività dell'intero territorio provinciale) (figura 1a). I campioni (in totale 18 a settimana) sono prelevati utilizzando dei campionatori automatici che ne integrano la raccolta nell'arco delle 24 ore (figura 1b), ciò permette di esprimere i dati come valore composito giornaliero e

ridurre la variabilità temporale intrinseca del contenuto delle acque reflue.

Fase 2 - concentrazione del campione

La fase di concentrazione del campione di acqua reflua è necessaria in quanto le particelle virali e il materiale genetico virale libero in soluzione (Rna nel caso di Sars-cov-2) sono molto diluiti (figura 1c-e). I campioni vengono quindi sottoposti a una prima centrifugazione allo scopo di eliminare i solidi sospesi che interferirebbero con il resto dell'analisi (figura 1d) e successivamente vengono concentrati mediante precipitazione in glicole polietilenico attraverso una seconda centrifugazione (figura 1e).

Durante l'intero processo è inevitabile che una parte di particelle virali e Rna virale vengano perdute. Per questo, all'inizio dalla fase di concentrazione viene aggiunto un Rna sintetico di controllo di un virus non presente nelle acque reflue (mengovirus). Ciò permette di calcolare la percentuale di Rna di controllo inizialmente aggiunto nel campione che è stato possibile recuperare. Solo i campioni che mostrano una percentuale di recupero sopra una certa soglia vengono considerati validi.

Fase 3 - estrazione e purificazione del materiale genetico

Dal processo di concentrazione si ottiene un pellet (figura 1e), il quale viene risospeso in un buffer di lisi al fine di liberare l'Rna dalle particelle virali (i capsidi, ovvero le strutture proteiche che contengono il materiale genetico virale), e permetterne quindi l'estrazione.

Tuttavia, per poter misurare correttamente la quantità di virus nell'acqua reflua attraverso Pcr, è necessario purificare l'Rna virale da proteine, acidi umici e altre sostanze che andrebbero a inibire l'efficienza di reazione di Pcr². La fase di estrazione racchiude tre processi: dapprima la rottura dei capsidi e l'adesione dell'Rna su particelle di silice; successivamente la purificazione, attraverso una serie di "lavaggi" e il recupero delle particelle di silice; e infine il recupero dell'Rna dalle particelle di silice attraverso un processo di eluizione.

Alla fine della fase di concentrazione ed estrazione il volume del campione viene ridotto di 500 volte (da 50ml, circa un quarto di un bicchiere d'acqua, a 0,1 ml, circa una goccia) (figura 1g). Il campione di estratto così ottenuto è quindi pronto per la determinazione della concentrazione di Rna virale mediante real time Rt-qPcr (figura 2a-b).

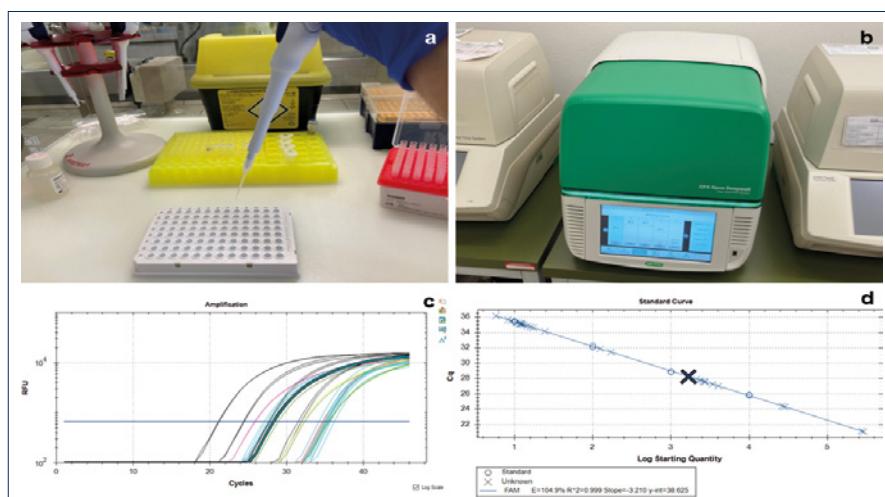


FIG. 2 QUANTIFICAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI SARS-COV-2 NEI CAMPIONI MEDIANTE REAL TIME RT-QPCR

a) Preparazione della piastra da Pcr, in ciascun pozzetto vengono aggiunti l'enzima Dna-polimerasi, i primers le sonde e il target.
 b) Termociclatore, strumento che ripete ciclicamente il profilo termico necessario per l'avanzamento della reazione di Pcr.
 c) Curve di amplificazione, l'aumento del segnale luminoso (espresso in Rfus, relative fluorescence units) segue un andamento di tipo sigmoidale, il confronto tra le curve di amplificazione avviene nella fase esponenziale di accrescimento (ovvero quando le curve sono tra loro parallele), l'intersezione delle curve con la soglia (threshold, rappresentata nel grafico dalla linea orizzontale) individua il ciclo (cq - ciclo di quantificazione) al quale corrisponde la concentrazione iniziale espressa in numero di copie genomiche per microlitro di estratto.
 d) Curva standard, il confronto dei ct ottenuti attraverso una serie di diluizioni a partire da un materiale di riferimento a concentrazione nota (rappresentati nel grafico dai cerchi), permette la quantifica dei campioni a concentrazione ignota (rappresentati invece dalle crocette). La relazione cq vs. concentrazione è di tipo inverso, ovvero, a ct bassi corrispondono concentrazioni elevate. L'efficienza di Pcr, ovvero il rapporto di conversione cicli-concentrazione, è rappresentato dalla pendenza della curva standard e affinché un saggio di Pcr sia validabile, il valore della pendenza deve rientrare entro un certo range (-3,1 -3,6). Foto e grafici: Appa Bolzano

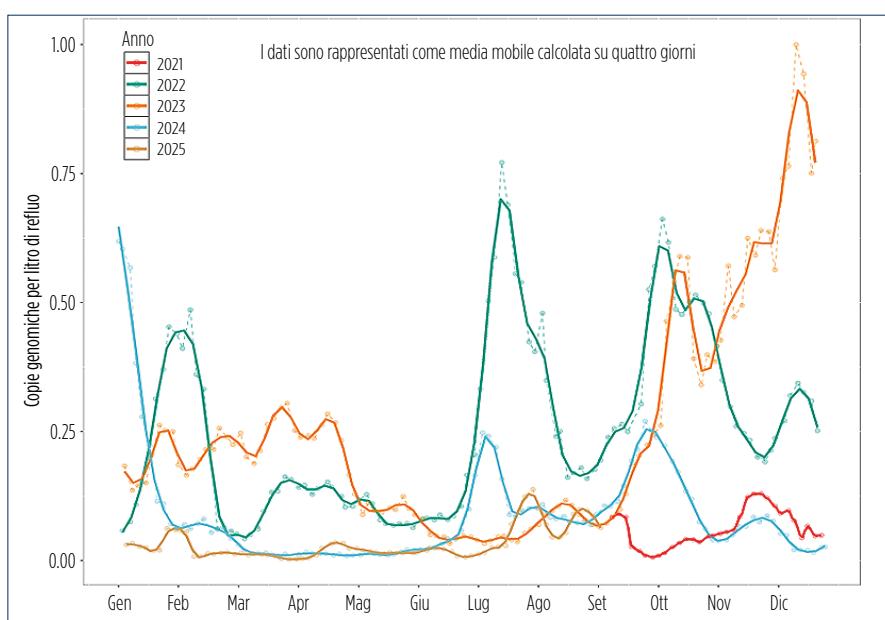


FIG. 3 CONCENTRAZIONE DI SARS-COV-2 NELLE ACQUE REFLUE ALL'INGRESSO DEL DEPURATORE

Serie temporale della concentrazione di Sars-cov-2 nelle acque reflue all'ingresso del depuratore di Bolzano. I dati sono rappresentati come media mobile, ciò permette di ridurre la variabilità intrinseca dei dati e poter meglio individuare le tendenze, in salita o in discesa, della concentrazione. Ciascuna delle linee rappresenta i dati relativi a un singolo anno, rappresentando i dati in questo modo appaiono più evidenti le periodicità stagionali. Infine, i singoli valori di concentrazione sono stati standardizzati rispetto al valore massimo (in questo caso ottenuto la terza settimana di dicembre 2023), ciò permette di meglio confrontare i dati ottenuti di anno in anno.

Grafico: Appa Bolzano

Fase 4 - quantificazione della concentrazione di Sars-cov-2 nei campioni mediante real time Rt-qPcr

I punti di forza della Pcr, e che la rendono la tecnologia per eccellenza per questo tipo di analisi, sono due: dapprima, è altamente specifica, ovvero permette di quantificare esclusivamente una sequenza di un gene, chiamato

target, di uno specifico organismo (in questo caso del gene Orf1ab - nsp14 - del virus Sars-cov-2); e secondariamente, è estremamente sensibile, ovvero permette di quantificare anche piccolissime quantità di materiale genetico (nell'ordine di alcune molecole di Rna per microlitro di estratto). La specificità della Pcr è dovuta al fatto che la reazione inizia

solo se degli specifici iniziatori (detti *primers*) riconoscono la presenza del target. Mentre la sua sensibilità è dovuta al fatto che è una reazione a catena operata dall'enzima Dna-polimerasi, il quale replica in vitro il processo cellulare di duplicazione del Dna. La ripetizione nel tempo di questa reazione porta all'accumulo (o amplificazione) dei prodotti di reazione e rende rilevabili anche piccolissime quantità di target. Nello specifico, durante la fase di estrazione e purificazione, insieme all'Rna del Sars-cov-2, viene estratto materiale genetico di altri virus, batteri e di provenienza umana. Pertanto, grazie alla selettività e alla sensibilità della Pcr è possibile quantificare esclusivamente l'Rna appartenente al virus SarsS-Cov-2, e il processo di amplificazione lo rende rilevabile anche quando è presente a bassissime concentrazioni.

Tuttavia, in quanto il materiale genetico del Sars-cov-2 è un filamento di Rna, prima di procedere alla sua quantificazione, è necessario un ulteriore passaggio chiamato retrotrascrizione (da qui l'acronimo R-qPcr, ovvero Pcr quantitativa a transcriptasi inversa). Durante la retrotrascrizione l'Rna viene convertito in Dna a doppio filamento, e solo successivamente il Dna può essere amplificato dalla Dna-polimerasi. La quantificazione è resa possibile dal fatto che durante il proseguo della reazione di Pcr, ovvero in tempo reale (da qui il termine inglese *real-time*) è possibile rilevare un segnale di fluorescenza emesso dal Dna, in presenza di specifiche sonde, e prodotto durante ciascun ciclo di reazione. L'accumulo nel tempo dell'intensità del segnale luminoso, ovvero la sua amplificazione, è proporzionale al contenuto di Rna target presente all'inizio della reazione (*figura 2d*). In questo modo è possibile risalire alla quantità di Rna del virus Sars-cov-2 nell'estratto (*figura 2e*) attraverso il confronto con degli standard a concentrazione nota (filamenti di Rna virale sintetico forniti dall'Iss). E infine, attraverso dei semplici calcoli matematici, a quello originariamente contenuto nel campione di acqua reflua prelevato da ciascuno dei depuratori.

I dati prodotti dal monitoraggio

In questo tipo di monitoraggio ambientale si produce un'enorme mole di dati. Basti pensare che solo Appa Bolzano dalla fine del 2021 ha prodotto più di 3.000 singole misure di concentrazione. Questi dati vengono sia raccolti a livello nazionale sia utilizzati internamente all'Agenzia

per l'ambiente per informare l'Azienda sanitaria dell'Alto Adige in caso di aumento della concentrazione rispetto alla *baseline*³. Attualmente Appa Bolzano comunica sistematicamente all'Istituto superiore di sanità i risultati relativi ai tre depuratori afferenti alla rete Sari attraverso un'apposita web app e, in aggiunta, li pubblica sul proprio sito web⁴. In *figura 3* si riporta un esempio dei dati relativi al depuratore di Bolzano. Da questi è possibile vedere la tipologia di andamento, per esempio la stagionalità, ovvero il ripetersi, di anno in anno, e in determinati periodi dell'anno, di un aumento della concentrazione rispetto alla *baseline*. La Wbe mira a quantificare la presenza di patogeni, in questo caso di Sars-cov-2, nei reflui. Ciò costituisce la base di dati sulla quale sviluppare modelli che integrano questi dati di tipo ambientale con quelli di tipo clinico (si veda come esempio Fondriest et al., 2024). Solo attraverso questo approccio combinato è possibile sviluppare modelli che permettano di capire meglio come questo e altri agenti patogeni sono distribuiti nella popolazione ed eventualmente poter attivare sistemi di allerta per fronteggiare possibili ondate epidemiche. Si vuole infine aggiungere, che i dati raccolti attraverso l'approccio Wbe non sono destinati allo studio della trasmissione di malattie infettive attraverso la rete fognaria.

Prospettive per il futuro

L'applicazione della Wbe come strumento di monitoraggio ha dato vita a diverse iniziative sia a livello

nazionale (come la rete Sari) sia a livello internazionale (come, per esempio, l'*Eu wastewater observatory for public health*). Nell'immediato futuro gli Stati membri della Ue dovranno dare applicazione a quanto prescritto dalla direttiva Ue 2024/3019 sul trattamento delle acque reflue adottando sistemi di monitoraggio per rilevare patogeni come Sars-cov-2, virus influenzali e virus respiratorio sinciziale (Rsv), nonché di sistemi di monitoraggio della resistenza antimicrobica. Il Laboratorio biologico di Appa Bolzano, così come altri laboratori delle agenzie regionali e provinciali per l'ambiente, si sta attrezzando per rendere operativi questi nuovi piani di monitoraggio.

Matteo Dossena

Laboratorio biologico, Appa Bolzano

Ha collaborato alla stesura Nadia Franzoi (referente comunicazione Appa Bolzano)

NOTE

¹ Il prefisso q si riferisce a una versione quantitativa della Pcr tradizionale.

² Similmente a quanto viene fatto per calcolare il recupero, anche l'inibizione della Pcr viene controllata per evitare di ottenere una sottostima del valore di concentrazione.

³ In questo contesto con il termine *baseline* si intende la concentrazione di fondo, senza fare riferimento specifico a una sua individuazione di tipo statistico o numerico.

⁴ <https://ambiente.provincia.bz.it/it/ambiente-salute/sars-cov-2-acque-reflue-urbane>

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Eu Wastewater observatory for public health, European Commission's Joint research centre, <https://wastewater-observatory.jrc.ec.europa.eu>

Fondriest M. et al., 2024, "Wastewater-based epidemiology for Sars-cov-2 in Northern Italy: A spatiotemporal model", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 21, 741. <https://doi.org/10.3390/>.

La Rosa G. et al., 2020, "Reflui e monitoraggio epidemiologico", *Ecoscienza*, n. 3/2020.

La Rosa G., Bonadonna L., Suffredini E., 2021, "Protocollo della sorveglianza di Sars-cov-2 in reflui urbani (Sari)", rev. 3, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5758725>.

La Rosa et al., 2022, "Il sistema di sorveglianza di Sars-cov-2 nei reflui", *Ecoscienza*, n. 2/2022.

Singer A.C. et al., 2023, "A world of wastewater-based epidemiology", *Nature*, 1, 408-4015. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00083-8>

Toro L. et al., 2024, "Pathogen prioritisation for wastewater surveillance ahead of the Paris 2024 Olympic and Paralympic Games, France", *Euro Surveill.*, 29(28), 2400231. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.28.2400231>.

Ue 3019/2024, 2024, Direttiva (Ue) 2024/3019 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 novembre 2024 concernente il trattamento delle acque reflue urbane.

ARPA VENETO IN PRIMA LINEA SU PFAS E ALTRI CONTAMINANTI

I LABORATORI ARPAV SONO UN PUNTO DI RIFERIMENTO NAZIONALE NEL MONITORAGGIO DEI PFAS IN DIVERSE MATRICI. L'IMPEGNO COSTANTE A SUPPORTO DELLA SALUTE PUBBLICA SI ESTENDE ANCHE AD ALTRE ATTIVITÀ, COME L'IDENTIFICAZIONE DI VIRUS NELLE ACQUE E IL CONTROLLO DI SOSTANZE CHIMICHE IN PRODOTTI DI USO QUOTIDIANO.

Laboratori di Arpa Veneto sono in prima linea nel monitoraggio e nella protezione dell'ambiente e della salute pubblica, concentrandosi sull'analisi di sostanze inquinanti emergenti e patogeni. Le attività spaziano dalla ricerca di Pfas (sostanze perfluoroalchiliche) nelle diverse matrici, all'identificazione di virus nelle acque, fino al controllo di sostanze chimiche in prodotti di uso quotidiano.

Polo di riferimento per l'analisi di Pfas e inquinanti emergenti

Arpav ha sviluppato un'esperienza e una capacità analitica sui Pfas che la vedono come punto di riferimento nazionale. L'eccezionalità non deriva solo dalla semplice dotazione strumentale (Uhpcl-Ms/Ms), ma da una combinazione di fattori che ne definiscono il ruolo di centro di ricerca e controllo avanzato sul territorio:

- ampiezza analitica: sviluppo e validazione di metodi per un numero estremamente elevato di composti, includendo non solo le molecole storiche ma anche quelle emergenti e di nuova generazione (ad esempio GenX, C6O4)
- diversità delle matrici: applicazione delle metodiche a un ventaglio di matrici ambientali e biologiche estremamente diversificato, che spazia dalle acque (potabili, superficiali, sotterranee) ai fanghi, alla qualità dell'aria e alle emissioni in atmosfera, fino ai tessuti biologici e al siero umano
- sensibilità: capacità di raggiungere limiti di quantificazione (Loq) eccezionalmente bassi, indispensabili per il monitoraggio sanitario e ambientale, unita a una continua attività di ricerca



1

per individuare composti non ancora normati.

L'alta specializzazione trasforma il laboratorio da un semplice esecutore di analisi di routine a un ente attivo nella gestione di complesse situazioni ambientali e sanitarie.

Ad esempio, dal 2016 Arpav ha ricevuto l'incarico dalla Regione Veneto di fornire supporto tecnico e scientifico per misurare la concentrazione di Pfas nel siero della popolazione. I laboratori dell'Agenzia hanno automatizzato l'analisi e gestiscono circa 15.000 campioni all'anno.

Recentemente, è stato introdotto un nuovo spettrometro di massa ad alta risoluzione (Lc-Qtof) che permette di cercare e identificare sostanze non abitualmente monitorate nelle matrici acquose. Questo approccio, noto come *untarget*, apre nuove possibilità per la protezione dall'inquinamento.



2

1 Estrattore semiautomatico di acidi nucleici mediante magnetic beads.

2 Liquid handler (dettaglio).

Arpav ha anche sviluppato un metodo analitico interno per monitorare i Pfas nelle emissioni in atmosfera, per sopperire alla mancanza di metodi standardizzati riconosciuti. Questo metodo semplifica il campionamento e l'analisi rispetto ai protocolli proposti da Us-Epa. La tecnica si basa sulla diluizione isotopica e permette di quantificare 26 diversi composti con un limite di rilevabilità di circa 0,5 ng/m³. L'Agenzia sta anche contribuendo ai lavori di un gruppo Uni che si affianca al Cen (Comitato europeo di normazione) per lo sviluppo di standard analitici.

La protezione dai contaminanti nel biota

Oltre ai Pfas, i laboratori Arpav si dedicano all'analisi di altri inquinanti, come i composti organici persistenti (Pops), tra cui i Pbde (polibromodifenileteri). Questi composti, pur avendo una bassa idrofilità, si accumulano nei sedimenti e risalgono la catena alimentare, concentrandosi nel biota, ovvero pesci e molluschi, rendendoli utili indicatori di contaminazione. Il monitoraggio ha

rivelato una diffusa contaminazione da Pbde in tutti i corsi d'acqua della pianura veneta. Arpav ricerca anche altri composti bromurati, definiti ritardanti antifiamma emergenti (eBfr) dall'Efsa, come il decabromodifeniletano (Dbdpe), le cui concentrazioni sono risultate le più elevate tra gli eBfr analizzati. Un'altra classe di sostanze analizzate sono i policlorotifenili (Pct), che sono stati esaminati nel biota e hanno un destino simile ai più noti policlorobifenili (Pcb). L'analisi di queste sostanze richiede tecniche sofisticate, come la cromatografia gassosa ad alta risoluzione (Hrgc-Hrms), che consente di trattare matrici complesse come il biota.

Controlli sui prodotti e ricerca del norovirus

I laboratori Arpav sono anche attivi nel controllo di prodotti di consumo nell'ambito dei regolamenti europei Reach e Clp. Annualmente vengono analizzati circa 80 campioni per verificare la presenza di sostanze Svhc (*substances of very high concern*) in articoli come l'abbigliamento sportivo. Vengono anche condotti controlli sui composti silossanici (D4, D5, D6) nei cosmetici e in altri

prodotti chimici, con restrizioni che si estenderanno ulteriormente nel 2026. Per il controllo sul campo, il personale di Arpav utilizza la spettroscopia di fluorescenza a raggi X (Xrf) portatile, una tecnica non distruttiva che permette di identificare rapidamente specie metalliche come piombo, cadmio e arsenico in oggetti come gioielli e giocattoli. Questa strumentazione consente di eseguire numerosi test in poco tempo, decidendo in tempo reale quali campioni prelevare per analisi più approfondite in laboratorio. Parallelamente, Arpav svolge un ruolo cruciale a supporto della sanità pubblica, in particolare nella ricerca del norovirus nelle acque destinate al consumo umano. La presenza di questi virus, che sono tra gli agenti più comuni di gastroenteriti, è ora obbligatoria da valutare secondo le normative europee. Poiché il norovirus non si coltiva facilmente in laboratorio, l'analisi si basa su metodi molecolari per la rilevazione dell'Rna virale. L'intero processo analitico è complesso, costoso e richiede personale specializzato, per questo viene utilizzato principalmente per indagini mirate durante focolai epidemiologici.

A cura del **Laboratorio di Arpa Veneto**

LA RETE NAZIONALE DEI LABORATORI ACCREDITATI SNPA

UNA RETE AL SERVIZIO DELLA TUTELA DELL'AMBIENTE

La rete nazionale dei laboratori accreditati del Sistema nazionale per la protezione ambientale (Snpa), come previsto dalla legge 132/2016, costituisce un pilastro fondamentale dell'architettura della protezione ambientale in Italia.

Mediante l'armonizzazione dei sistemi di conoscenza, delle modalità di monitoraggio e controllo nonché attraverso l'accreditamento delle prove dei laboratori, la rete contribuisce a rendere i dati ambientali affidabili, comparabili e tecnicamente validi.

Il Snpa, per le proprie attività ordinarie e straordinarie, ricorre in via prioritaria alla rete nazionale dei laboratori interni anche al fine di assicurare economie per attività che presentino natura di elevata complessità e specializzazione.

I laboratori accreditati del Snpa sono tenuti ad applicare i metodi elaborati e approvati dal Sistema nazionale come metodi ufficiali di riferimento.

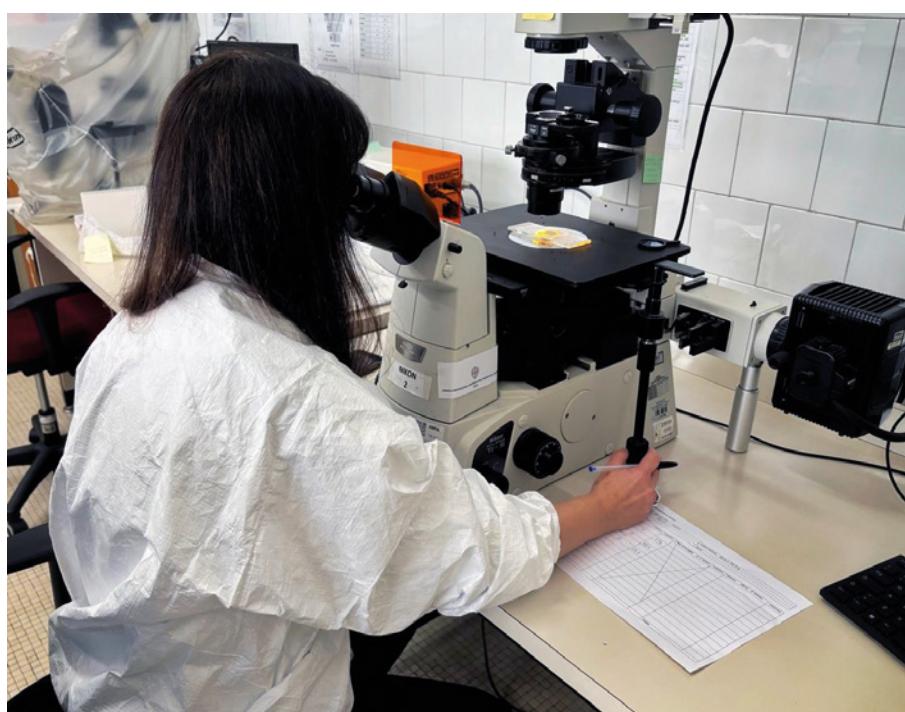


FOTO: ARPA SARDEGNA

LO STUDIO DELL'ANTIMICROBICO RESISTENZA IN VALLE D'AOSTA

IL LABORATORIO DI ARPA VALLE D'AOSTA HA MESSO A PUNTO LE METODICHE ED EFFETTUATO I PRIMI SCREENING PER LA RICERCA IN ACQUE SUPERFICIALI E REFLUE DI RESIDUI DI ANTIBIOTICI E DI BATTERI RESISTENTI AGLI ANTIBIOTICI, NELL'AMBITO DI STRATEGIE DI PREVENZIONE, MONITORAGGIO E CONTENIMENTO IN OTTICA ONE HEALTH.

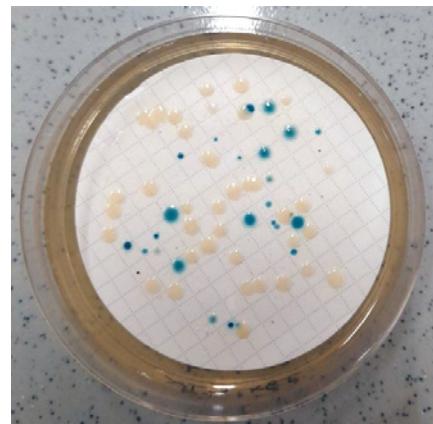
L'antimicrobico-resistenza (Amr) è definita come la capacità di un microrganismo di sopravvivere e moltiplicarsi nonostante la presenza di uno o più farmaci antimicrobici che normalmente sarebbero in grado di eliminarlo o di inibirne la crescita. L'Amr può essere intrinseca (naturalmente legata alla struttura o fisiologia del microrganismo) oppure acquisita, tramite mutazione spontanea o in seguito a eventi di trasferimento genico orizzontale e infine adattativa, ovvero transitoria e indotta da condizioni ambientali sfavorevoli. L'Amr è oggi riconosciuta dall'Organizzazione mondiale della sanità (Oms) come una delle maggiori minacce per la salute pubblica globale, poiché compromette l'efficacia delle terapie e aumenta la mortalità e i costi sanitari. Le strategie di prevenzione, monitoraggio e contenimento dell'Amr devono essere basate su una prospettiva *One health*, riconoscendo che la salute umana, quella animale e l'ambiente nel suo complesso sono intrinsecamente connessi e interdipendenti.

L'ambiente e la trasmissione dell'Amr

L'attenzione si sta concentrando sempre di più sul ruolo dell'ambiente nello sviluppo, nella trasmissione e nella diffusione dell'Amr. L'utilizzo massivo di antibiotici causa da un lato lo sviluppo e la persistenza in ambiente di batteri resistenti e di geni di resistenza e dall'altro il rilascio di notevoli quantità dei diversi antibiotici e dei relativi metaboliti. Le molecole raggiungono poi le acque reflue urbane e gli impianti di depurazione senza essere di solito completamente rimosse. Gli antibiotici e i metaboliti vengono quindi immessi nei corsi d'acqua superficiali, nei laghi o nei mari tramite le acque trattate oppure nei suoli, tramite l'utilizzo dei fanghi di



1



2

depurazione in agricoltura. L'esposizione dei batteri a concentrazioni sub-inibitorie di antibiotici negli ambienti acquatici rappresenta uno dei principali stimoli per la selezione di batteri resistenti. In tale contesto, *Escherichia coli* produttore di β -lattamasi a spettro esteso (*extended spectrum β -lactamase*, Esbl) è stato individuato dall'Oms come indicatore chiave per il monitoraggio dell'Amr in ambiente.

Lo screening

Nel 2024, il laboratorio di microbiologia di Arpa Valle d'Aosta ha deciso di effettuare un primo screening per la ricerca di *E. coli* produttore di Esbl in acque superficiali e in acque reflue in uscita dagli impianti di depurazione. Il protocollo analitico applicato è stato quello pubblicato nel 2021 dall'Oms noto come protocollo Tricycle (*Who integrated global surveillance on Esbl-producing E. coli using a "One Health" approach: implementation and opportunities*). Il principio su cui si basa il metodo è quello di considerare come *E. coli* produttori di Esbl quei batteri capaci di crescere su terreno di coltura selettivo contenente l'antibiotico Cefotaxime (cefalosporina di terza generazione) che vengono

poi confermati e identificati come appartenenti alla specie *E. coli* tramite identificazione biochimica. L'obiettivo di questa prima fase sperimentale è stato quello di indagare l'eventuale presenza di *E. coli* produttore di Esbl calcolandone anche la percentuale rispetto agli *E. coli* totali (resistenti e non) e di mettere a punto le tecniche analitiche per filtrazione e per spolamento. I campioni analizzati sono stati in tutto 34 e in tutti è stato rilevato *E. coli* produttore di Esbl. A novembre 2024, l'Istituto superiore di sanità (Iss) ha diffuso il protocollo "Conta di microrganismi resistenti agli antibiotici in acque reflue urbane mediante esame culturale". Nel corso del 2025, il laboratorio ha quindi proseguito le indagini applicando tale protocollo per la ricerca e la quantificazione di *E. coli* Esbl produttori, *E. coli* resistenti ai carbapenemi e enterococchi resistenti alla vancomicina scegliendo di monitorare

1 Colonne di enterococchi resistenti alla vancomicina (rosso mattone) su terreno Slanetz-Bartley agar con aggiunta di vancomicina.

2 Colonne di *Escherichia coli* produttore di Esbl (blu-verdi) su terreno Tryptone Bile X-Glucuronide agar con aggiunta di cefotaxime.

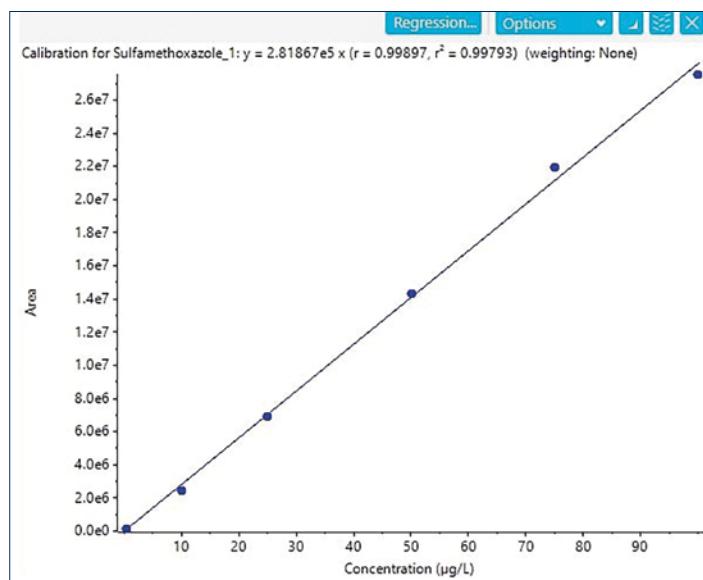
3 Stumento Uplc-Hrms-Ms in dotazione presso il laboratorio di chimica organica e inorganica di Arpa Valle d'Aosta.

con cadenza settimanale le acque reflue in ingresso e in uscita di due impianti di depurazione valdostani. Gli impianti oggetto di studio sono stati scelti perché i più significativi sulla base del consumo territoriale di antibiotici dei comuni da essi serviti. Per quanto riguarda le metodiche analitiche, è stata utilizzata la tecnica per spolamento per i reflui in ingresso e la tecnica per filtrazione per i reflui in uscita. In tutti i campioni (40 in totale) è stata riscontrata la presenza di *E. coli* Esbl produttori e enterococchi resistenti alla vancomicina mentre in nessun campione è stato rilevato *E. coli* resistente ai carbapenemi. Grazie alla tecnologia Maldi-Tof applicata nell'ultima parte del progetto, è stato infine possibile identificare accidentalmente alcune colonie di *Klebsiella pneumoniae* resistente ai carbapenemi.

Il lavoro svolto dal laboratorio di chimica organica e inorganica di Arpa Valle d'Aosta a partire dal 2024 ha avuto come finalità la messa a punto di un metodo per la ricerca di alcuni antibiotici scelti applicando uno schema di prioritizzazione partendo dai dati di prescrizione e consumo forniti dall'Azienda unità sanitaria locale Valle d'Aosta, sulla base della frequenza di rilevamento e della stabilità e persistenza delle molecole a livello regionale e nazionale. È stato individuato un primo pool di antibiotici: azitromicina, claritromicina, amoxicillina, ciprofloxacina, sulfametossazolo, trimetoprim, ofloxacina e cefazolina.

FIG. 1
SULFAMETOSSAZOLO

Curva di taratura del sulfametossazolo (strumento Sciex 6500+ software Sciex Analyst data e Sciex OS).



Il laboratorio ha proseguito sviluppando e ottimizzando un metodo multiresiduo, sensibile e selettivo per l'ottenimento dei dati utili per la valutazione della tossicità per gli organismi acquatici e per la salute umana. La tecnica prevede l'impiego di una cromatografia liquida a ultra prestazione, accoppiata a una spettrometria di massa a triplo quadrupolo. Il metodo di riferimento normato (Uni En Iso 21676:2021) per la determinazione degli antibiotici sulle matrici acquose con la tecnica UpLC-HRMS/MS è stato validato per le molecole sopra citate. Il metodo sviluppato è stato inizialmente applicato a campioni provenienti dal depuratore dell'ospedale, al fine di valutare la presenza e di valutare l'eventuale quantificazione delle molecole

in una matrice particolarmente rilevante dal punto di vista sanitario. Tuttavia l'elevata complessità della matrice ospedaliera ha evidenziato una forte variabilità tra i risultati analitici, che non rispettavano i criteri di ripetibilità e di recupero stabiliti in fase di progettazione del metodo.

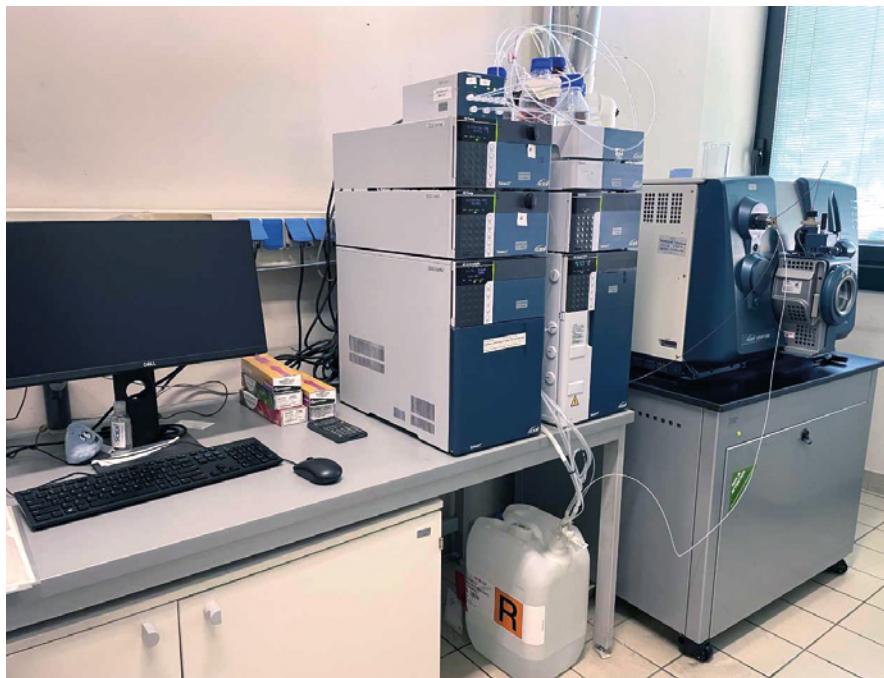
Per questo motivo si è ritenuto necessario indirizzare il monitoraggio verso matrici più stabili e omogenee quali gli ingressi e le uscite degli impianti di depurazione regionali a uso civile e industriale. Questi rappresentano un punto strategico per la valutazione della presenza degli antibiotici in quanto ricevono e trattano acque reflue contenenti residui farmaceutici, provenienti da diverse fonti, incluso ospedali, comunità urbane e attività industriali.

Esaminare il contenuto degli affluenti delle acque reflue fornisce un'indicazione del peso comunitario della resistenza antimicrobica, nonché cosa potrebbe essere scaricato nell'ambiente.

Nel corso del primo semestre del 2025, dopo le prove di pretrattamento del campione (stabilizzazione del pH e filtrazione su filtri in fibra di vetro) e una preliminare estrazione in fase solida per la preconcentrazione degli analiti, le analisi sui campioni hanno evidenziato la presenza di alcune molecole confermando l'efficacia del metodo sviluppato.

I dati ottenuti sono risultati robusti e con ripetibilità e recupero entro i limiti di accettabilità definiti.

A cura del **laboratorio di Chimica organica e inorganica** e del **laboratorio di Biologia, microbiologia e virologia** di Arpa Valle d'Aosta



IL LABORATORIO DI BIOLOGIA MOLECOLARE DI ARPA LIGURIA

LA STRUTTURA SI OCCUPA DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE E ANTIMICROBICORESISTENZA E FA PARTE PARTE DELLA RETE DI SORVEGLIANZA DELL'OMS PER IL POLIOVIRUS. L'ESPERIENZA ACCUMULATA RAPPRESENTA UN PUNTO DI FORZA PER CONSOLIDARE UN APPROCCIO INTEGRATO CHE UNISCE RICERCA, SANITÀ PUBBLICA E PROTEZIONE AMBIENTALE.

L'antimicrobico-resistenza (Amr) è una minaccia crescente e trova nei reflui urbani un importante serbatoio di diffusione. Il laboratorio di biologia molecolare di Arpal, attivo dal 2020, consente di integrare la sorveglianza ambientale con quella sanitaria. Il monitoraggio sistematico dei depuratori liguri rappresenta un tassello chiave per ricerca, prevenzione e tutela della salute collettiva, come sottolineato dalla nuova direttiva Acque reflue UE/2024/3019, che dispone per tutti i Paesi dell'Unione europea l'obbligo di monitoraggio dei nuovi agenti patogeni nelle acque reflue urbane e dell'Amr.

Un problema globale che passa dall'ambiente

Gli antibiotici hanno rivoluzionato la medicina, ma l'uso eccessivo e non controllato ha favorito la comparsa di batteri resistenti. L'antimicrobico-resistenza (*antimicrobial resistance*) è oggi

una delle principali minacce per la salute pubblica a livello mondiale.

La resistenza non resta confinata agli ospedali. Residui di antibiotici, batteri resistenti e geni di resistenza finiscono nelle acque reflue urbane e arrivano agli impianti di depurazione. Da qui possono diffondersi nell'ambiente, contribuendo a creare veri e propri serbatoi di resistenza antimicrobica. L'uso in campo veterinario e negli allevamenti intensivi è stato segnalato come una delle pratiche che maggiormente contribuiscono alla diffusione del fenomeno. L'impatto antropico si somma alle origini naturali dell'Amr, amplificando il rischio di diffusione di microrganismi difficili da contrastare.

Il valore della water-based epidemiology
La *wastewater-based epidemiology* (Wbe) si basa sul monitoraggio delle acque reflue come indicatore della circolazione di agenti patogeni in una popolazione. È

una disciplina giovane, ma ha dimostrato la sua efficacia durante la pandemia da Sars-cov-2, quando l'Ue ha richiesto agli Stati membri di attivare sistemi di sorveglianza attraverso le acque (reflue in primis, ma anche acque superficiali). L'approccio consente di individuare precocemente l'andamento nella popolazione della presenza di patogeni (virus e batteri), anche prima che vengano diagnosticati nei contesti clinici. Oggi la Wbe è riconosciuta come strumento predittivo e di prevenzione, utile per orientare strategie di sanità pubblica e per valutare l'impatto ambientale della diffusione dei geni di resistenza.

Il Piano nazionale e la strategia regionale
L'Italia ha inserito la sorveglianza ambientale dell'Amr tra le priorità del Piano nazionale di contrasto all'antibiotico-resistenza 2023–2028. Il piano prevede il monitoraggio delle acque reflue e superficiali per individuare



1) Imperia = 116.000 AE
2) Sanremo = 75.000 AE
3) Savona = 280.000 AE
4) Borghetto Santo Spirito = 121.000 AE
5) Genova-Darsena = 220.000 AE
6) Genova-Pegli = 40.000 AE
7) Genova-Prà/Voltri = 62.000 AE
8) Genova-Punta Vagno = 250.000 AE
9) Genova-Quinto = 60.000 AE
10) Genova-Sestri Ponente = 130.000 AE
11) Genova-Sturla = 60.000 AE
12) Genova-Valpolcevera = 160.000 AE
13) Rapallo = 90.000 AE
14) S. Margherita Ligure = 36.000 AE
15) Recco = 35.000 AE
16) Lavagna = 34.500 AE
17) Chiavari = 33.000 AE
18) Sestri Levante = 27.800 AE
19) Riva Trigoso = 19.600 AE
20) Arenzano = 15.000 AE
21) Cogoleto Lerone = 15.000 AE
22) Rossiglione = 15.000 AE
23) Moneglia = 12.000 AE
24) Ronco Scrivia = 12.000 AE
25) Cicagna = 2.500 AE
26) Carasco AE nd
27) S. Stefano d'Aveto AE nd
28) Crocefieschi AE nd
29) La Spezia (Stagnoni) = 82.000 AE
30) Lerici (Camisano) = 40.000 AE
31) Sarzana (Silea) = 17.500 AE

In **grassetto** i depuratori testati settimanalmente, sottolineati i depuratori testati bisettimanalmente.

FIG. 1 DEPURATORI TESTATI IN LIGURIA

antibiotici, microrganismi resistenti e geni di resistenza.

La Regione Liguria ha recepito queste indicazioni a dicembre 2023, individuando in Arpal il soggetto incaricato del monitoraggio ambientale. Il compito è duplice: aumentare le conoscenze disponibili e fornire dati a supporto delle strategie di prevenzione, in stretto coordinamento con il Ministero della Salute, l'Istituto superiore di sanità (Iss) e il Sistema sanitario regionale (Ssr).

Il laboratorio di biologia molecolare di Arpal

Per rispondere a queste sfide, nel 2020 Arpal ha avviato un nuovo laboratorio di biologia molecolare, nato in piena pandemia da Covid-19. Il monitoraggio del Sars-cov-2 attraverso i reflui è diventato obbligatorio per tutti i Paesi Ue nel 2021 a seguito dell'entrata in vigore della raccomandazione (Ue) 2021/472 relativa alla sorveglianza sistematica del Sars-cov-2 e delle sue varianti nelle acque reflue.

La struttura di Arpal è dotata di strumentazione avanzata per l'analisi dei geni e delle sequenze microbiche, compresi i sequenziatori di nuova generazione, che permettono di caratterizzare rapidamente microrganismi resistenti.

Il laboratorio non si limita all'analisi di routine: sviluppa e sperimenta metodiche innovative, in linea con gli indirizzi dell'Istituto superiore di sanità. In collaborazione con l'Università di Genova sono stati attivati dottorati di ricerca finalizzati a perfezionare metodi analitici e protocolli da estendere a livello nazionale.

Dal progetto pilota alla sorveglianza sistematica

Nel periodo 2020–2024 le attività si sono concentrate sulla messa a punto di protocolli sperimentali. La capacità tecnica acquisita da Arpal è stata fondamentale, ad esempio, per l'adozione a livello nazionale del protocollo di sorveglianza ambientale del Sars-cov-2.

Arpal ha avuto un ruolo di primo piano anche nella definizione del protocollo nazionale di rilevazione dei geni di Amr e nella messa a punto del nuovo metodo per rilevare la presenza di poliovirus nelle acque reflue, nell'ambito della rete di sorveglianza internazionale di questo patogeno, innovando – in collaborazione con Iss – il metodo proposto dall'OmS. Dal 2024 il laboratorio ha avviato la sorveglianza sistematica dei principali depuratori liguri, per valutare la prevalenza dell'antibioticoresistenza

nell'ambiente e collegare questi dati alla sorveglianza ospedaliera e sanitaria regionale. L'integrazione tra fonti diverse è considerata strategica per avere una visione più completa della circolazione dei patogeni e dei geni di resistenza.

Sfide e prospettive

Il monitoraggio ambientale dell'Amr presenta diverse sfide: la complessità della matrice reflua, la necessità di distinguere tra microrganismi vitali e Dna libero, la standardizzazione dei metodi tra laboratori, l'individuazione dei geni di resistenza che maggiormente rappresentano criticità a livello sanitario. Tuttavia, le opportunità sono significative. Arpal fa già parte della rete di sorveglianza ambientale mondiale dell'OmS per il poliovirus, con controlli

quindicinali sui principali depuratori regionali. L'esperienza accumulata rappresenta un punto di forza per consolidare un approccio integrato che unisce ricerca, sanità pubblica e protezione ambientale.

L'antibioticoresistenza è una sfida globale che richiede risposte multilivello. La Liguria, attraverso Arpal, contribuisce a costruire un modello che mette insieme innovazione tecnologica, collaborazione scientifica e attenzione alla salute collettiva.

Elena Nicosia¹, Elisabetta Delponte²

Arpa Liguria

1. Ruo Biologia e Tossicologia

2. Elisabetta Delponte, Uo Staff Dg

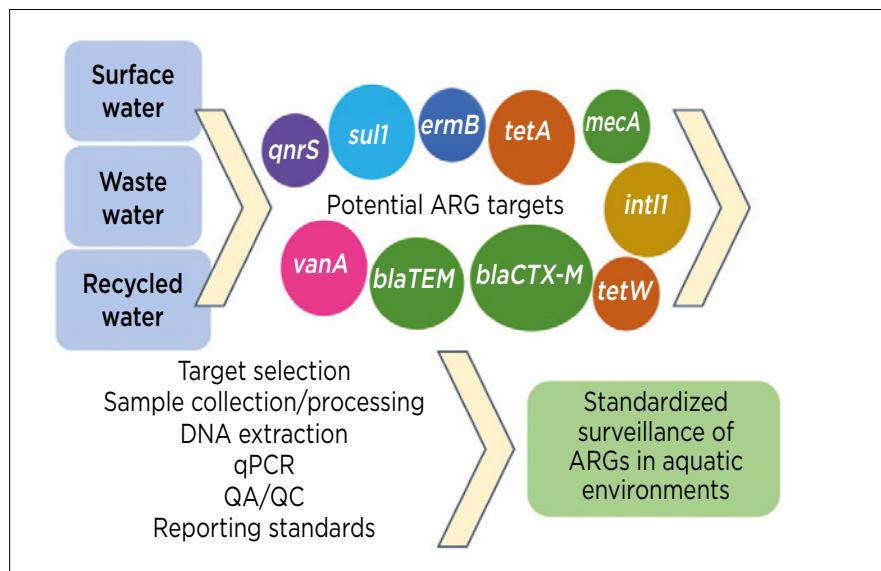


FIG. 2 SCHEMA DI WASTEWATER-BASED EPIDEMIOLOGY

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Who, 2023, *Global antimicrobial resistance and use surveillance system (Glass) report*.

Rizzo L. et al., 2013, "Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review", *Science of the Total Environment*, 447:345–360.

Who, 2017, *Stop using antibiotics in healthy animals to prevent the spread of antibiotic resistance*.

European Commission, 2021, *Commission recommendation on a common approach to establish a systematic surveillance of Sars-cov-2 and its variants in wastewaters in the Eu*.

Ecdc, 2022, *Wastewater surveillance in the Eu - Lessons from Sars-cov-2*.

Ministero della Salute, 2023, *Piano nazionale di contrasto all'antimicrobico-resistenza (Pncar) 2023–2028*.

Regione Liguria, 2023, *Piano regionale di contrasto all'antibioticoresistenza*.

Arpal e Università di Genova, 2022, *Progetti di ricerca e dottorati sul monitoraggio ambientale dell'antibioticoresistenza* [documentazione interna].

Iss, 2021, *Sorveglianza ambientale Sars-cov-2 attraverso reflui urbani*.

Who, 2024, *Global polio environmental surveillance network - annual report*.

STUDI INNOVATIVI DI ARPA FVG SULLE ACQUE REFLUE URBANE

I LABORATORI DI ARPA FVG, CON STRUMENTAZIONE ALL'AVANGUARDIA, MISURANO L'EFFICACIA DEI DEPURATORI NELL'ABBATTERE OLTRE 40 FARMACI IN TRACCE, ANCHE CON ANALISI UNTARGET. L'AGENZIA MONITORA PURE L'ANTIBIOTICO RESISTENZA (MICRORGANISMI E GENI), USANDO METODI CULTURALI, MALDI-TOF, RT-PCR E SEQUENZIAMENTO DEL DNA.

L1 Laboratorio di Arpa Friuli Venezia Giulia esegue analisi chimiche, chimico-fisiche, ecotossicologiche e microbiologiche su molteplici matrici: acqua, aria, rifiuti, suoli e alimenti. Un lavoro complesso, che richiede prestazioni analitiche di rilievo, indispensabili per produrre dati scientifici affidabili come risultato del lavoro di monitoraggio, di vigilanza e controllo ambientale e sanitario, nonché di supporto tecnico-scientifico effettuate dall'Agenzia. A tale scopo il laboratorio utilizza strumentazione analitica all'avanguardia, dispone di personale formato e motivato, ed è accreditato ai sensi della norma Uni Cei En Iso/Iec 17025 per la quasi totalità delle prove che esegue. Nel corso degli anni, la struttura ha sviluppato un approccio proattivo, necessario per adeguarsi alla continua evoluzione normativa e tecnologica, indispensabile per affrontare le sempre più sfidanti problematiche ambientali.

Depuratori, un'interfaccia critica tra attività antropica ed ecosistemi

Gli scarichi degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane costituiscono uno dei punti di ingresso nell'ambiente delle molecole prodotte e utilizzate dall'uomo, tra cui quelle dei farmaci e degli antibiotici. L'efficienza di questi impianti nell'abbattimento degli inquinanti è quindi un fattore importante per minimizzare l'impatto dell'attività umana sugli ecosistemi.

La legislazione ambientale ha posto una sempre maggiore attenzione su questa problematica. Il primo gennaio del 2025 è entrata in vigore la direttiva (Ue) 2024/3019 del Parlamento europeo e del Consiglio, riguardante il trattamento delle acque reflue urbane, che concede 31 mesi ai Paesi membri per recepirla nelle rispettive legislazioni nazionali.



1

Essa costituisce un passo avanti verso gli obiettivi di neutralità energetica e climatica, allineandosi ai dettami del *green deal* europeo. La direttiva pone maggiore attenzione sull'inquinamento proveniente dagli agglomerati urbani più piccoli, sottolineando inoltre l'importanza dell'efficienza dei trattamenti quaternari degli impianti di depurazione. Quest'ultimi permettono la drastica riduzione di inquinanti che, fino a ora, non sono stati presi in considerazione per

la loro difficoltà di depurazione, ma che possono comportare anche un notevole disequilibrio nell'ecosistema legato alla matrice acqua. Viene a tal fine stabilito un cronoprogramma per l'applicazione del requisito di abbattimento di almeno l'80% di uno spettro di molecole, prevalentemente farmaci in tracce. L'immissione nell'ambiente di molecole di antibiotici è poi una delle cause della diffusione di microrganismi

a loro resistenti, capaci cioè di sopravvivere o svilupparsi in presenza di una concentrazione di antibiotici che normalmente sarebbe in grado di uccidere o inibire germi della stessa specie.

L'antibiotico-resistenza è uno dei problemi principali per la salute pubblica, e l'importanza del suo monitoraggio ambientale viene sempre più sottolineata dalla letteratura scientifica, trovando un crescente riscontro nella normativa. La direttiva (Ue) 2024/3019 del Consiglio sottolinea l'opportunità di introdurre un monitoraggio obbligatorio dell'antibiotico-resistenza, oltre che la ricerca di virus, nelle acque reflue urbane, mentre in ambito nazionale il Pncar (Piano nazionale di controllo dell'antibiotico resistenza) sottolinea anche l'importanza di disporre di metodi standardizzati e di protocolli condivisi per controllare questo fenomeno, anche nel campo ambientale.

innovativa, concepita per eseguire uno screening delle molecole eventualmente presenti nel campione, senza scegliere a priori quali cercare, come avviene con il tradizionale approccio *target*.

Per il monitoraggio dei farmaci nelle acque è stata utilizzata lo stato dell'arte della strumentazione analitica di ultima generazione, la cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa-Orbitrap, e software dedicati per l'analisi *untarget*, gestita da personale con una formazione specifica in questo settore.

Con logica proattiva rispetto all'introduzione della direttiva specifica sopra citata, nel 2023 è stato implementato un primo studio su tre impianti di depurazione di acque reflue urbane, opportunamente scelti in quanto riceventi anche scarichi ospedalieri, per valutare l'abbattimento di oltre quaranta farmaci di vario tipo.

Lo studio ha evidenziato una generale difficoltà nel raggiungere l'obiettivo



2

La progettualità di Arpa Fvg sulle acque reflue urbane

Già nel 2015 Arpa Fvg aveva avviato un primo studio sulla presenza di sostanze difficilmente degradabili negli impianti di depurazione, coinvolgendo l'Università degli Studi di Udine, quella di Parma e l'Ircs Istituto di ricerche farmacologiche "Mario Negri".

Nel 2016 il laboratorio di Arpa Fvg era stato individuato da Ispra, assieme a quello di Arpa Lombardia, come riferimento nazionale per la ricerca degli inquinati emergenti previsti dalla *watch list*, introdotta dalla normativa comunitaria l'anno precedente.

Il laboratorio di Arpa Fvg ha quindi acquisito negli anni una notevole esperienza nel settore della ricerca dei farmaci, sia nelle acque superficiali sia in quelle di scarico, con analisi sia qualitative, mirate cioè alla rilevazione della presenza delle molecole nei campioni analizzati, sia quantitative, progettate cioè per determinarne la concentrazione, con approcci analitici sia *target* sia *untarget*.

L'analisi *untarget* è stata introdotta nel laboratorio nel 2020 e utilizza una tecnica

COSA PREVEDE LA DIRETTIVA 2024/3019 (DAL 2027)

Obiettivo

La direttiva (UE) 2024/3019 rivede le norme dell'Unione europea sul trattamento delle acque reflue urbane nell'ambito del piano d'azione sull'inquinamento zero e degli obiettivi del *green deal* europeo.

Le nuove norme rafforzano i requisiti per la raccolta, il trattamento e lo scarico di acque reflue urbane, al fine di proteggere l'ambiente e la salute umana, in linea con l'approccio *One health*. La direttiva estende l'ambito di applicazione dei requisiti sul riutilizzo dell'acqua e sulla neutralità energetica per il trattamento delle acque reflue, stabilendo norme per il monitoraggio delle acque reflue per quanto riguarda i parametri sanitari e per l'accesso ai servizi igienico-sanitari per tutti, e rafforzando il principio "chi inquina paga".

La nuova direttiva sostituirà la precedente 91/271/CEE a decorrere dal 1° agosto 2027.

Punti chiave

Gli agglomerati con oltre 1.000 abitanti equivalenti (a.e.) devono raccogliere e trattare le acque reflue, corrispondente a una riduzione della soglia di 2.000 rispetto alle norme precedenti.

Tutti gli agglomerati sopra i 2.000 a.e. devono avere reti fognarie collegate a tutte le fonti di acque reflue domestiche.

Gli agglomerati tra 1.000 e 2.000 a.e. dovranno adeguarsi entro il 31 dicembre 2035.

Gli agglomerati sopra i 100.000 a.e. dovranno avere un piano integrato di gestione entro il 2033, quelli a rischio, ovvero tra 10.000 e 100.000 a.e., entro il 2039.

Tipi di trattamento

- Trattamento secondario: rimozione della materia organica biodegradabile. Obbligatorio entro il 2035 per agglomerati oltre i 1.000 a.e..

- Trattamento terziario: rimozione di azoto e fosforo.

Introdotti livelli di rimozione più severi.

Applicazione per impianti di agglomerati ≥ 150.000 a.e. (30% degli impianti entro il 2033; 70% entro il 2036; 100% entro il 2039).

Estensione a tutti gli impianti di agglomerati ≥ 10.000 a.e. entro il 2045, con tappe intermedie.

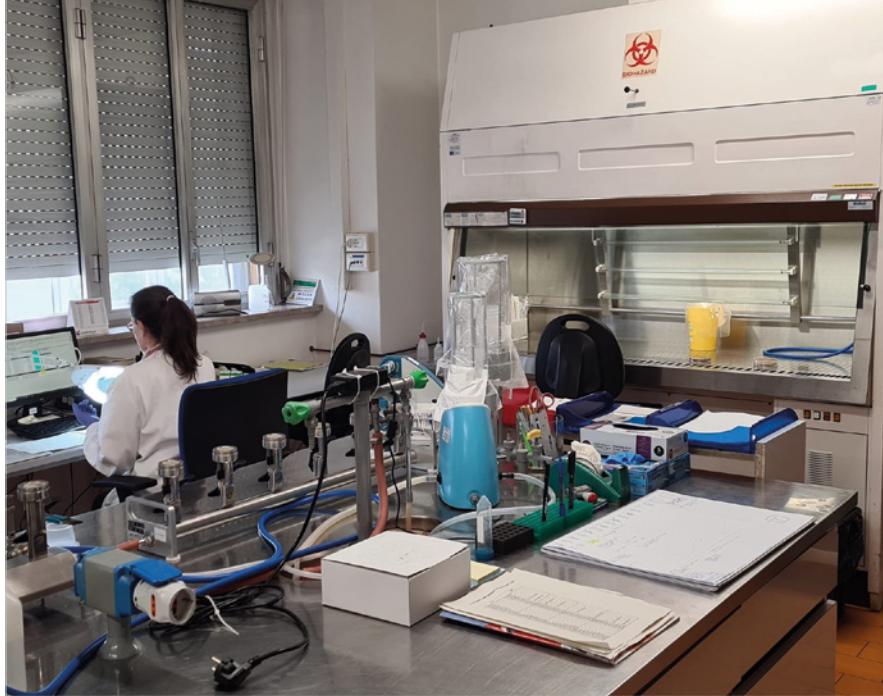
- Trattamento quaternario: rimozione di microinquinanti.

Per impianti ≥ 150.000 a.e. (20% entro il 2033; 60% entro il 2039; 100% entro il 2045).

Il trattamento primario (rimozione fisica dei solidi) non viene citato nella direttiva perché ritenuto non sufficiente per la protezione dell'ambiente; la direttiva, infatti, eleva il trattamento secondario (biologico) a standard minimo per agglomerati > 1.000 a.e.

1 Laboratorio microinquinanti organici, sistemi Hplc e lc accoppiati a spettrometro di massa a trappola orbitale.

2 Laboratorio microinquinanti organici, sistema Hplc accoppiato a spettrometro di massa a tempo di volo.



3

di abbattimento dell'80% della concentrazione di inquinanti previsto dalla normativa, per quanto riguarda le acque reflue derivanti da impianti di trattamento privi della depurazione quaternaria (processo avanzato di depurazione progettato per la rimozione dei microinquinanti).

Nel 2024 lo studio è stato esteso a ulteriori cinque impianti di depurazione di acque reflue urbane, che ha confermato la difficoltà nel raggiungere gli stringenti requisiti previsti dalla nuova normativa, in assenza di un trattamento quaternario. Parallelamente a questi studi innovativi, Arpa Fvg ha implementato un progetto pilota, concepito per monitorare il fenomeno dell'antibiotico-resistenza nelle acque reflue del Friuli Venezia Giulia, cercando non solo le molecole di antibiotici, ma anche i microrganismi resistenti e il materiale genetico capace di veicolare l'antibiotico-resistenza.

Nel 2024 sono state analizzate le acque in ingresso e in uscita di cinque depuratori, scelti tra quelli riceventi anche scarichi ospedalieri, le acque superficiali a valle degli stessi e un ulteriore centinaio di acque di scarico in uscita da altri impianti di depurazione.

Per l'esecuzione di questo progetto pilota il laboratorio di Arpa Fvg ha messo a punto diversi metodi analitici,

comprendenti i metodi culturali classici, la tecnologia Maldi-Tof (*Matrix assisted laser desorption/ionization time of flight*), la Rt-Pcr Multiplex e il sequenziamento del Dna.

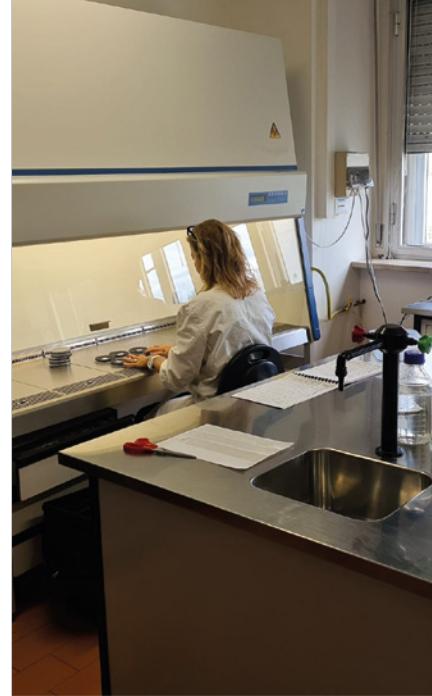
Il metodo culturale classico viene utilizzato per monitorare la presenza di *Escherichia coli* resistenti alle cefalosporine di terza generazione (cefotaxime), utilizzando il *Tricycle protocol*, un protocollo tecnico sviluppato dall'Organizzazione mondiale della sanità nel 2021, riconosciuto internazionalmente.

È stata rilevata una generale tendenza all'abbattimento della carica di *Escherichia coli* resistenti nei depuratori, con una riduzione anche di diversi ordini di grandezza della loro concentrazione nelle acque in uscita agli impianti, rispetto a quelle in ingresso.

Il Maldi-Tof è una tecnica di spettrometria di massa che permette l'identificazione diretta delle specie batteriche resistenti, e la conferma della resistenza batterica alle cefalosporine, tramite conferma fenotipica.

La tecnologia Maldi-Tof e i metodi culturali classici vengono applicati all'analisi di colonie batteriche pure, mentre i metodi molecolari permettono l'identificazione dei geni coinvolti nei meccanismi dell'antibiotico-resistenza provenienti da diversi microrganismi, presenti nel campione di acqua da analizzare.

Nell'ambito dello studio è stata utilizzata la metodica Rt-Pcr multiplex per la rilevazione di otto classi di geni coinvolti



4

nella resistenza nei confronti di tre classi di antibiotici (carbapenemi, vancomicina e cefalosporine), nella totalità della flora batterica presente. La maggior parte dei campioni analizzati è risultata essere positiva per i geni Kpc, Ctx-M e Oxa-48, tutti portatori di resistenza.

Sempre per quanto riguarda i metodi molecolari, il sequenziamento del Dna con la tecnologia di nuova generazione Ngs (*Next generation sequencing*) ha consentito l'ampliamento del pannello analitico dei geni responsabili dell'antibiotico-resistenza, confermando comunque i risultati ottenuti con le altre metodiche. Sono stati identificati 137 geni e due loro varianti.

I dati finora raccolti da Arpa Fvg in questo progetto pilota sono in linea con quanto suggerito dalla letteratura scientifica, e nel 2025 le analisi sono state estese a ulteriori cinque impianti di depurazione, mentre le analisi molecolari vengono orientate anche verso la dimensione quantitativa.

L'implementazione di questi studi innovativi dimostra la volontà di Arpa Fvg di mantenere un ruolo propositivo nell'ambito del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente, per continuare a garantire ai cittadini servizi di qualità sempre al passo coi tempi.

Alessandro Marotta, Sara Briguglio, Vito Gelao, Michele Bazzichetto, Sebastiano Muscia, Antonella Felice, Marco Minocci

Laboratorio Arpa Friuli Venezia Giulia

3 Laboratorio di microbiologia, analisi acque potabili.

4 Laboratorio di microbiologia, ricerca legionella.

TECNICHE INNOVATIVE DI BIOLOGIA MOLECOLARE

IL CENTRO REGIONALE DI BIOLOGIA, AMBIENTE E SALUTE DI ARPA PIEMONTE SVOLGE, OLTRE ALLE ATTIVITÀ ISTITUZIONALI, ANCHE INDAGINI SPERIMENTALI IN CAMPO AMBIENTALE, UTILIZZANDO TECNOLOGIE E STRUMENTAZIONI INNOVATIVE E TECNICHE DI AMPLIFICAZIONE DI ACIDI NUCLEICI E SEQUENZIAMENTO NGS.

Il Centro regionale di biologia, ambiente e salute (Crbas) di Arpa Piemonte svolge, oltre alle attività istituzionali di controllo e monitoraggio, come ad esempio le analisi microbiologiche delle acque potabili e il monitoraggio dei pollini e delle spore aerodispersi, anche indagini sperimentali in campo ambientale utilizzando tecnologie e strumentazioni innovative, che impiegano tecniche analitiche molecolari, ovvero tecniche di indagine basate sulla ricerca di Rna/Dna di organismi "target". In particolare, tali indagini sono state condotte utilizzando tecniche di amplificazione di acidi nucleici e di sequenziamento Ngs.

Amplificazione acidi nucleici in campioni ambientali

Una delle tecniche molecolari più interessanti applicate alle indagini in campo ambientale è rappresentata dalla *polymerase chain reaction* (Pcr) che permette, partendo anche da un numero esiguo di copie di filamenti di acido nucleico (Dna o Rna), di creare milioni di copie (amplificazione) del tratto di materiale genetico di interesse consentendo di verificare la presenza degli organismi ricercati nei campioni

esaminati e, in alcune condizioni, consentirne la quantificazione. Questa tecnica trova applicazioni pratiche in svariati ambiti ambientali e il Crbas ha potuto sviluppare alcune esperienze in particolare nel monitoraggio delle acque reflue.

Sorveglianza della presenza di virus respiratori nei reflui urbani tramite Real time-Pcr

Il monitoraggio di Sars-cov-2 nei reflui urbani è stato oggetto, nell'anno 2021, della raccomandazione 2021/472 dalla Commissione europea [1] e nell'anno 2024 è stato incluso nella direttiva 2024/3019 concernente il trattamento delle acque reflue urbane [2] come approccio complementare e indipendente alle altre strategie utilizzate fino a quel momento per la sorveglianza di Sars-cov-2.

Attraverso la sorveglianza nei reflui urbani si ha una fotografia obiettiva e a basso costo della presenza e quantità virale in un preciso arco temporale, in modo imparziale, senza distorsioni dei dati influenzate dal numero di soggetti sintomatici o asintomatici. Questo approccio è comunemente chiamato *wastewater based epidemiology* (Wbe) [3, 4].

A partire da aprile 2021 Arpa Piemonte ha avviato un programma di sorveglianza

della presenza di Sars-cov-2 nelle acque reflue. Il Crbas ha analizzato settimanalmente le acque reflue in ingresso ai principali depuratori del Piemonte, utilizzando un approccio analitico implementato dal laboratorio (figura 1).

L'approccio analitico adottato prevede la ricerca di Rna virale attraverso le fasi di concentrazione, estrazione e purificazione degli acidi nucleici totali (Tna) e in seguito di amplificazione di geni virali target mediante analisi multiplex Rt-real time Pcr.

Il metodo è in grado di rilevare oltre ai geni virali target del Sars-cov-2 (gene E/ gene N1) anche l'Rna del *Pepper mild mottle virus* (Pmmov) utilizzato sia come controllo di processo sia come parametro per la normalizzazione dei dati. L'analisi fornisce un valore numerico (Ct) associato alla presenza dei geni ricercati e può essere utilizzato per definire un andamento della presenza di Sars-cov-2 nelle acque per ogni depuratore (figura 2). Alcuni risultati di queste analisi sono confluiti in una pubblicazione, nella quale si evidenzia che l'Rna virale può essere riscontrato nelle acque reflue prima di quanto si evidensi a livello di popolazione con la diagnosi laboratoristica su tamponi, avvalorando il vantaggio nell'utilizzo di questo metodo nella sorveglianza ad ampio spettro [6].

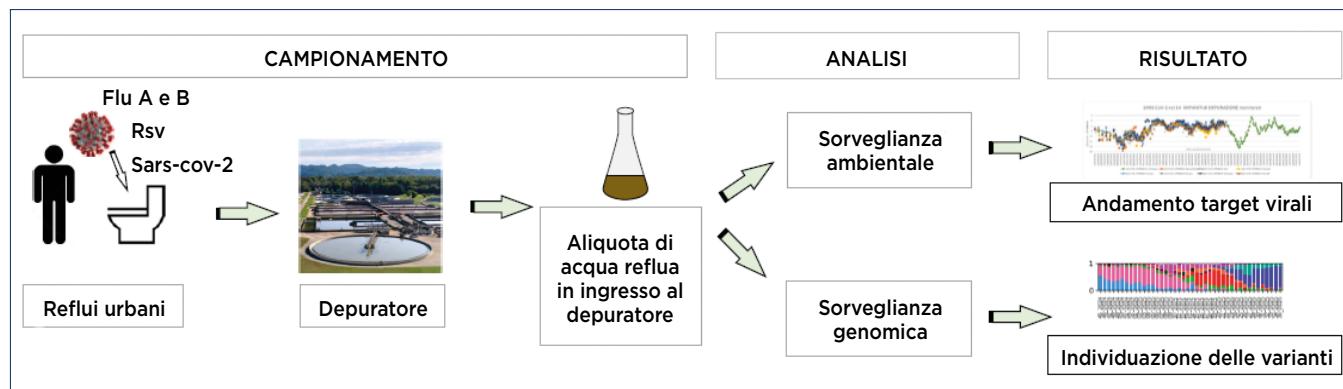


FIG. 1 SORVEGLIANZA AMBIENTALE E GENOMICA
Approccio analitico utilizzato dal laboratorio di biologia molecolare di Arpa Piemonte per la sorveglianza ambientale e genomica di alcuni virus respiratori

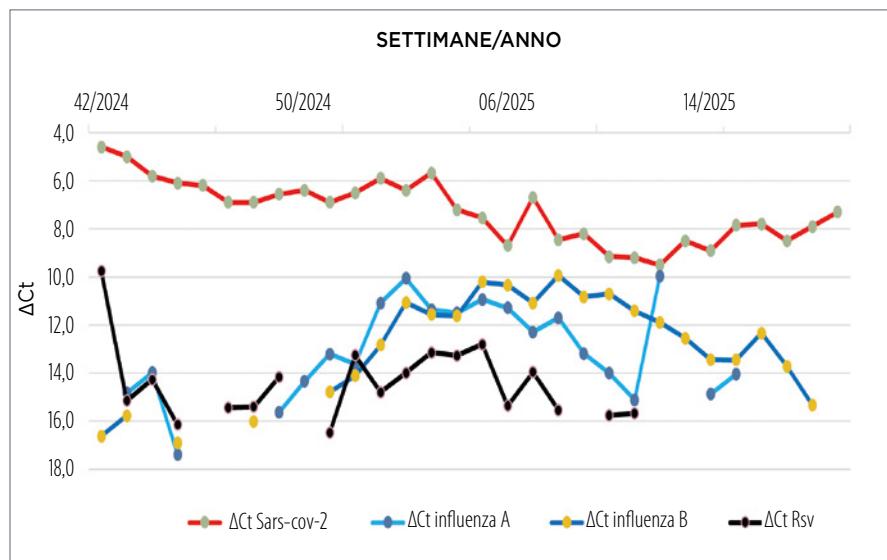


FIG. 2 WASTEWATER-BASED EPIDEMIOLOGY

Andamento della presenza di Sars-cov-2, influenza A, influenza B e Rsv nelle acque reflue nel depuratore di Castiglione Torinese dalla 42esima settimana del 2024 alla 19esima settimana del 2025.

Dal 2022, oltre a Sars-cov-2, sono stati monitorati nelle acque reflue in ingresso al principale depuratore della Città metropolitana di Torino (Castiglione Torinese), con il medesimo approccio analitico, i virus dell'influenza A, B e Rsv (*respiratory syncytial virus*) (figura 2). I risultati del monitoraggio sono stati utilizzati dall'Azienda sanitaria locale della Città di Torino per popolare l'ambito ambientale del sistema di sorveglianza integrata degli agenti patogeni virali respiratori (Siprev). Il Siprev - Cdt è strutturato su diversi ambiti che si integrano (figura 3):

- sorveglianza integrata, microbiologica ed epidemiologica, per Covid-19, Asl Città di Torino
- sorveglianza RespiVirNet, Asl Città di Torino
- monitoraggio delle sindromi respiratorie virali gravi e complicate nei pazienti ricoverati nei reparti di terapia intensiva dell'Asl Città di Torino
- sorveglianza delle sindromi respiratorie

e influenzali nei Pronto soccorso dell'Asl Città di Torino

- sorveglianza ambientale di virus respiratori basata sull'analisi dei reflui urbani campionati dal depuratore di Castiglione Torinese da Arpa Piemonte
- sorveglianza basata sugli eventi (Ebs).

I dati di Arpa Piemonte in questo caso hanno contribuito a caratterizzare la diffusione e la rilevanza dei principali virus patogeni respiratori circolanti nella popolazione dell'area metropolitana di Torino nel periodo di sorveglianza sanitaria.

Sequenziamento Ngs

La disponibilità di tecniche di sequenziamento del Dna di seconda generazione ha consentito di decifrare con relativa facilità le sequenze dei target che vengono individuati nei campioni ambientali.

Applicando questa tecnica è possibile individuare, ad esempio, le varianti circolanti di un singolo target virale molto variabile come Sars-cov-2, oppure di avere una panoramica completa di tutte le specie che convivono in un particolare ecosistema.

Identificazione delle varianti di Sars-cov-2 nelle acque reflue

La raccomandazione 2021/472 indicava di monitorare le varianti di Sars-cov-2 eventualmente presenti nei reflui urbani tramite il sequenziamento del genoma del virus.

Presso il Crbas, dal dicembre 2021 sono stati sequenziati i campioni di acidi nucleici estratti dalle acque reflue provenienti dagli impianti di depurazione di Castiglione Torinese, Alessandria, Cuneo e Novara.

Per eseguire il sequenziamento genomico è stato seguito l'approccio di tipo *targeted whole viral genome* che consiste nel sequenziamento di tutto il genoma virale. Il passo successivo al sequenziamento consiste in un insieme di analisi computazionali che prende il nome di analisi bioinformatica con la quale le sequenze generate attraverso il sequenziamento vengono confrontate con la sequenza del genoma di riferimento di Sars-cov-2, universalmente riconosciuto come "Sars-cov-2-Wuhan". Questo confronto permette di individuare variazioni nelle sequenze nucleotidiche generate e, mediante l'uso di banche dati riconosciute e condivise a livello internazionale (ad es. Gisaid (<https://gisaid.org/>), Pangolin (<https://pangolin.cog-uk.io/>), Nextclade (<https://clades.nextstrain.org/>), di identificare le varianti presenti. Il lavoro svolto ha portato a una pubblicazione scientifica sul metodo utilizzato per il sequenziamento [7].

Le informazioni ottenute da queste due tipologie di monitoraggio (andamenti



FIG. 3 WASTEWATER-BASED EPIDEMIOLOGY

Ambiti del Siprev (Sistema di sorveglianza integrata degli agenti patogeni virali respiratori) dell'Asl Città di Torino.

tramite rt-Rt-Pcr e le varianti tramite sequenziamento) hanno consentito di avere una visione più completa in merito all'andamento della pandemia, utile alle autorità per attuare interventi ad hoc.

Sorveglianza dei geni che conferiscono resistenza antimicrobica nei reflui urbani e nell'acqua di lago

L'ambiente svolge un importante ruolo nella diffusione dei geni Amr (*antimicrobial resistant gene*, Arg). I microrganismi resistenti sono spesso osservati a concentrazioni più elevate presso alcuni siti, come gli impianti di trattamento dei reflui, considerati una delle principali fonti di agenti antimicrobici e dei relativi metaboliti. L'Unione europea riconosce l'importanza di affrontare il problema della resistenza agli antimicrobici, in particolare attraverso la comunicazione della Commissione del 29 giugno 2017 dal titolo *Piano d'azione europeo One Health contro la resistenza antimicrobica* [8]. Quest'ultima privilegia un approccio integrato e unificante che mira a bilanciare e ottimizzare in modo sostenibile la salute di persone, animali ed ecosistemi. Ulteriormente, la direttiva Acque reflue 2024/3019 ha introdotto un obbligo di monitoraggio della resistenza agli antimicrobici nelle acque reflue urbane al fine di approfondire le nozioni scientifiche e potenzialmente attuare interventi adeguati in futuro [2]. Nel contesto italiano, queste indicazioni sono state recepite nel *Piano nazionale di Contrasto all'antimicrobico-resistenza* (Pncar) [9], con l'obiettivo di fornire le linee strategiche e le indicazioni operative per affrontare l'emergenza dell'Amr seguendo un approccio multidisciplinare e in una visione *One health*.

Durante il 2025, il Crbas utilizzando l'analisi di sequenziamento dei geni "per cattura" (*hybrid-capture*) ha eseguito alcune prove preliminari su campioni di acqua reflua in ingresso al depuratore e di acqua di lago, con sonde che si ibridizzano (cioè si legano in modo complementare) agli Arg. Questo approccio è stato ritenuto idoneo per valutare la presenza e l'abbondanza degli Arg in campioni ambientali. L'analisi bioinformatica, in questo caso, consiste nel confrontare le sequenze ottenute con un database di riferimento di geni che conferiscono una resistenza agli antimicrobici. A seguito dell'analisi possono essere elencati gli Arg presenti e, in base a quante sequenze sono state prodotte con il sequenziamento, è possibile calcolare anche l'abbondanza relativa di quel gene rispetto al totale.

Prospettive future

Sempre più frequentemente viene richiesta la possibilità di conoscere e analizzare le comunità microbiche, sia batteriche che fungine, nonché le comunità vegetali e animali in specifici ambienti, come possono essere i suoli o l'acqua di fiumi o laghi. L'analisi del Dna ambientale permette di identificare le specie presenti in un ecosistema, analizzando i frammenti di Dna rilasciati dagli organismi nell'ambiente, senza richiedere la cattura o la manipolazione fisica degli organismi e può essere complementare agli approcci più tradizionali di indagine.

Molti progetti di ricerca prevedono l'analisi della biodiversità negli ambienti oggetto di indagine utilizzando come approccio innovativo l'analisi del metabarcoding applicato all'analisi tassonomica. È il caso ad esempio del progetto Ledna promosso dall'Istituto Eth di Zurigo, al quale ha partecipato il Crbas e i cui risultati sono in fase di elaborazione.

Anche il monitoraggio di specie esotiche aliene e invasive o di specie rare o minacciate può essere realizzato attraverso un approccio molecolare, che permette di rilevare organismi difficili da osservare con metodi tradizionali, come pesci rari, insetti o anfibi notturni.

Inoltre, come menzionato nella direttiva Acque reflue, la composizione delle

comunità viventi, la diffusione di antimicrobico resistenze possono essere legate ad altri fattori di inquinamento, quali ad esempio la presenza di microplastiche. Anche per questo motivo le microplastiche sono uno dei parametri per i quali la direttiva richiede il monitoraggio. Il laboratorio Crbas sta svolgendo ricerche per l'analisi e la determinazione del contenuto di microplastiche nelle acque con la prospettiva di poter collegare i risultati di queste analisi e fornire informazioni utili per la prevenzione e il contrasto dell'inquinamento e della diffusione di geni per la resistenza agli antimicrobici. Infine, i dati prodotti ad esempio sulla circolazione di un determinato microrganismo patogeno e delle sue varianti possono essere utilizzati come base dati per modelli di diffusione predittivi basati sulla scienza dei sistemi complessi, sulla scienza delle reti, sull'intelligenza artificiale e sulle scienze sociali computazionali.

Carlotta Olivero, Camilla Crasà, Cristina Fedele, Giada Scorzà, Maddalena Derosa, Massimo Di Martino, Davide Gallo, Francesca Donnarumma, Claudia Strumia, Enrico Verzotti, Federica Marabese

Arpa Piemonte

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Commissione europea, 2021, *Raccomandazione n. 2021/472 della Commissione del 17 marzo 2021 relativa a un approccio comune per istituire una sorveglianza sistematica del Sars-cov-2 e delle sue varianti nelle acque reflue nell'Ue*, https://ec.europa.eu/environment/pdf/water/recommendation_covid19_monitoring_wastewaters.pdf.
- [2] *Direttiva UE 2024/3019 del Parlamento e del Consiglio Europeo concernente il trattamento delle acque reflue urbane*, <https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/urban-waste-water-treatment.html>.
- [3] La Rosa G. et al., 2021, "Sorveglianza delle acque reflue. Le prospettive", *Ecoscienza*, 2021, 1:34-35.
- [4] La Rosa G. et al., 2022, "Il sistema di sorveglianza di Sars-cov-2 nei reflui", *Ecoscienza*, 2022, 2:54-59.
- [5] Bortone G., 2022, "Il monitoraggio a supporto delle strategie One health", *Ecoscienza*, 2022, 1:20-22.
- [6] Robotto et al., 2022, "Wastewater-based Sars-cov-2 environmental monitoring for Piedmont, Italy", *Environ Res.*, 203:111901.
- [7] Robotto A. et al., 2024, "Efficient wastewater sample filtration improves the detection of Sars-cov-2 variants: An extensive analysis based on sequencing parameters", *PLoS One*, 2024 19(5):e0304158.
- [8] Commissione Europea, 2017, *Piano d'azione europeo "One health" contro l'antimicrobico resistenza*, https://health.ec.europa.eu/document/download/353f40d1-f114-4c41-9755-c7e3f1da5378_it?filename=amr_2017_action-plan.pdf.
- [9] Ministero della Salute, *Piano nazionale di contrasto all'antibiotico-resistenza (Pncar) 2022-2025*, www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3294_allegato.pdf.

NUOVA ORGANIZZAZIONE E SPECIALIZZAZIONE IN ARPAS

LA RIORGANIZZAZIONE DEI LABORATORI DI ARPA SARDEGNA SEGUE PRINCIPI DI MASSIMA EFFICIENZA, CREA POLI POLISPECIALISTICI E SPECIALIZZATI. I PRINCIPI CHIAVE SONO LA STANDARDIZZAZIONE DEI DATI SU BASE REGIONALE E L'AUTONOMIA GESTIONALE GARANTITA DALLA NUOVA AREA DI DIREZIONE DEI LABORATORI.

L'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (Arpas), istituita nel 2006 e pienamente operativa dal 2008, sta vivendo una fase di profonda trasformazione della propria rete laboratoristica.

Avviato nel 2015 con la chiusura dei laboratori di Nuoro e Oristano e la centralizzazione delle attività di Sassari, Portoscuso e Cagliari sotto un unico coordinamento tecnico-scientifico, questo percorso evolutivo giunge oggi a una nuova fase: un progetto di riorganizzazione che rafforza il ruolo dell'Agenzia come punto di riferimento pubblico di eccellenza per il controllo ambientale. Il progetto di riorganizzazione, avviato operativamente a gennaio 2025, risponde all'esigenza di massimizzare l'efficienza delle risorse disponibili, eliminando ridondanze e disconomie.



1

La nuova configurazione prevede la creazione di due laboratori polispecialistici a Cagliari e Sassari – che gestiscono le analisi chimiche, biologiche e microbiologiche – e un terzo laboratorio specializzato a Portoscuso, dedicato principalmente alle matrici solide e ai microinquinanti inorganici, in considerazione delle pressioni ambientali derivanti dal polo industriale e dalle aree minerarie del territorio.

Questa riorganizzazione, accelerata dall'adeguamento al decreto legislativo 18/2023 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano, garantisce uniformità e standardizzazione dei dati su tutto il territorio regionale.

Dal 1° marzo 2025, quindi, le analisi delle acque potabili e dei reflui urbani sono processate esclusivamente nei laboratori accreditati Iso/Iec 17025 per diverse prove chimiche e microbiologiche di Cagliari e Sassari. Inoltre, dal 1° aprile



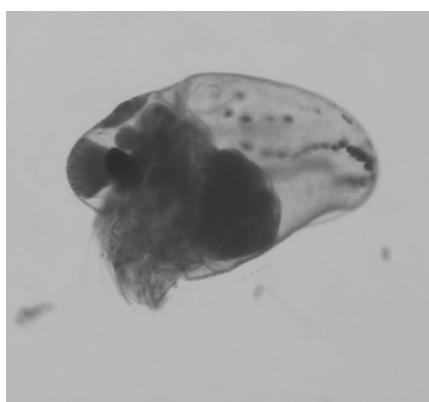
2

2025, con l'avvio della campagna di monitoraggio, anche i campioni delle acque di balneazione seguono la stessa logica distributiva.

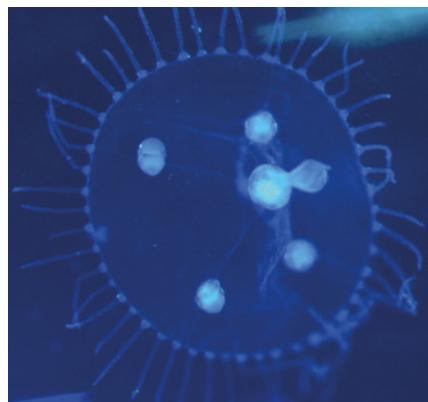
Il laboratorio di Portoscuso, anch'esso accreditato, ma solo per prove chimiche, dal 1° marzo 2025 ha assunto le competenze esclusive a valenza regionale per il monitoraggio delle acque di transizione e marino-costiere, delle acque sotterranee, delle zone vulnerabili ai nitrati e delle deposizioni atmosferiche. In questo quadro riorganizzativo si collocano poi alcune eccellenze che caratterizzano l'Agenzia.

Monitoraggio marino: zooplancton e microplastiche

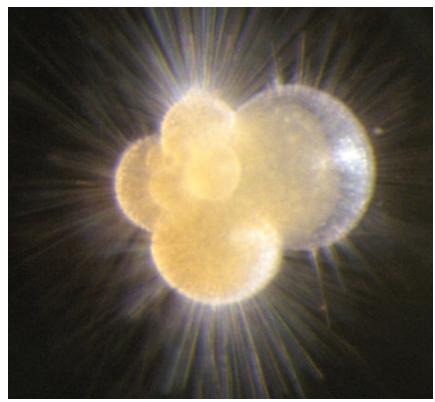
Con oltre 1.800 chilometri di costa, la Sardegna rappresenta un osservatorio privilegiato per lo studio degli ecosistemi marini. In questo contesto, il laboratorio di Sassari ha sviluppato competenze uniche nell'analisi dello zooplancton per l'intero territorio regionale, un'attività fondamentale per la valutazione dello stato ecologico delle acque marine nell'ambito della direttiva quadro sulla Strategia per l'ambiente marino (2008/56/CE), recepita in Italia con il Dl n. 190 del 2010. Lo zooplancton è incluso in 4 degli 11 descrittori previsti



3



4



5

al fine di raggiungere il buono stato ecologico ambientale *“good environmental status”* (Ges) delle acque marino costiere. Il mesozooplancton, la componente compresa fra 200 µm e 20 mm, svolge un ruolo fondamentale essendo un importante anello di congiunzione nella catena alimentare. Gli organismi zooplanktonici si nutrono principalmente di fitoplankton, trasferendo l'energia dai produttori primari ai consumatori secondari. Al suo interno vi sono organismi che trascorrono l'intero ciclo vitale (olopancton), mentre per altri la fase planonica riguarda soltanto una parte della vita (meroplancton).

In Sardegna, il monitoraggio del mesozooplancton, iniziato nel 2015, viene effettuato stagionalmente lungo sette transetti disposti intorno all'isola. Su ciascun transetto sono presenti tre punti di prelievo, situati a 3, 6 e 12 miglia dalla costa. I campioni vengono raccolti utilizzando un retino standard tipo Wp2, con vuoto di maglia da 200 µm. Quelli destinati all'analisi quali-quantitativa vengono fissati con una soluzione di etanolo al 70% e glicerina al 5%, e analizzati entro due settimane.

I campioni utilizzati per la determinazione della biomassa (peso fresco e peso secco) vengono invece analizzati entro 24 ore dalla raccolta. La determinazione dei vari taxa viene effettuata, ove possibile fino al livello di specie, mediante osservazione allo stereomicroscopio e al microscopio ottico. Tutti i dati prodotti dalle diverse Arpa regionali vengono trasmessi all'Ispra, che ne cura l'elaborazione.

Le indagini svolte hanno permesso di raccogliere un'ampia quantità di dati, utili allo studio delle variazioni spaziali e temporali. Considerando i prelievi effettuati tra il 2022 e il 2024, l'analisi delle abbondanze relative dei tre principali gruppi – *Copepoda*, *Cladocera* e “altro zooplankton” (che comprende meroplancton e altri taxa dell'olopancton) – evidenzia come i copepodi rappresentino la classe sistematica più rilevante del mesozooplancton.

Questi ultimi costituiscono, quasi sempre, almeno il 70% della densità totale e risultano anche il gruppo con il maggior numero di taxa. Tale ricchezza specifica rende i copepodi particolarmente adatti per effettuare valutazioni ambientali¹. Non si osservano variazioni significative

1-2 Copepodi.

3 Cladoceri.

4-5 Altro zooplankton.

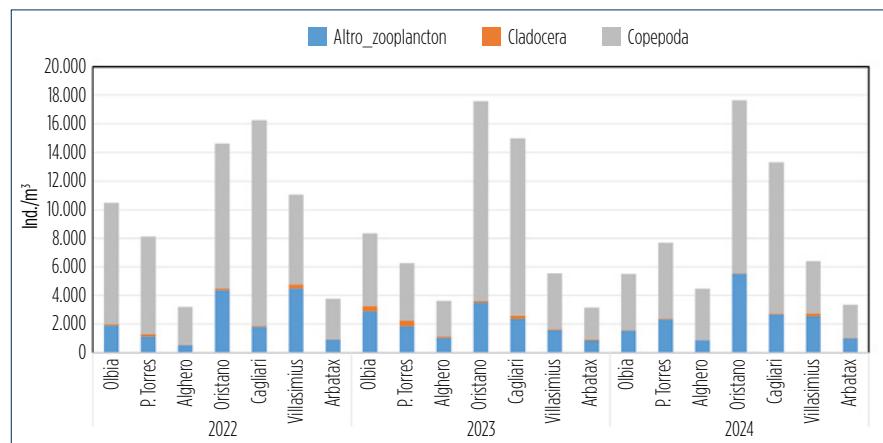


FIG. 1 MONITORAGGIO ZOOPLANCTON
Abbondanze assolute/anno per transetto (2022-2023-2024).

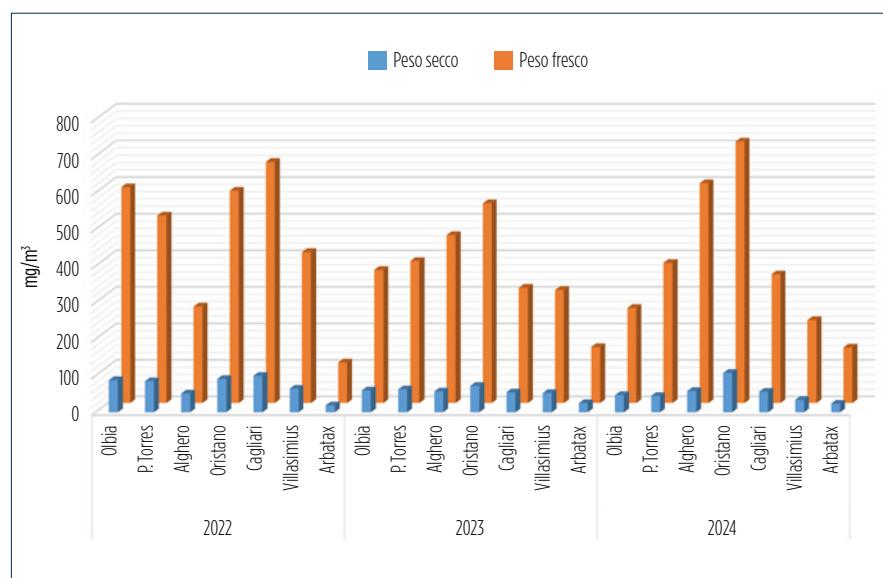


FIG. 2 MONITORAGGIO ZOOPLANCTON
Valori di biomassa/anno per transetto (2022-2023-2024).

nei valori assoluti registrati nei tre anni considerati. È tuttavia evidente dalla figura 1 che i valori più elevati si riscontrano nei transetti di Oristano e Cagliari, mentre i minimi sono associati al transetto di Arbatax. Considerazioni analoghe valgono anche per i valori di biomassa (figura 2), espressi sia in peso fresco che in peso secco, analizzati per anno e per transetto.

Le informazioni ottenute rappresentano un contributo rilevante al monitoraggio continuo del mesozooplancton nella valutazione della biodiversità planonica. I risultati sottolineano l'importanza di proseguire tali attività per comprendere più a fondo le dinamiche ecologiche e i potenziali effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marini.

Sempre nell'ambito del progetto Strategia marina i laboratori Arpas effettuano anche il monitoraggio delle microplastiche in mare tramite analisi

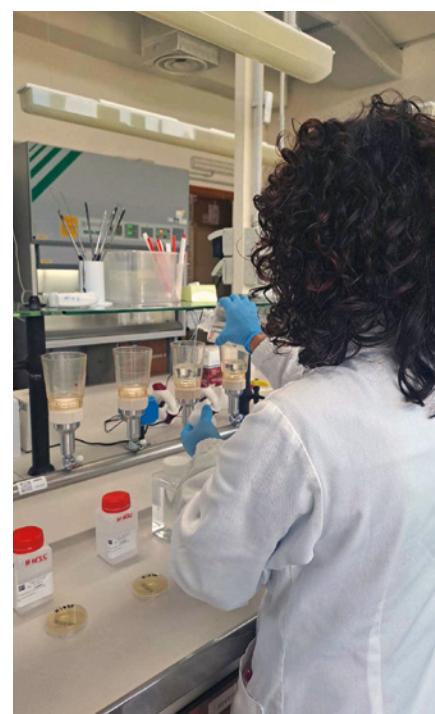


FOTO: ARPA SARDEGNA

quantitative e di identificazione delle particelle in base alla loro forma. A ciò si aggiunge la partecipazione del Centro regionale amianto (Cra) e del laboratorio geologico-petrografico del Dipartimento geologico dell'Arpas al progetto "Ricerca di microplastiche in pesci allevati in Sardegna e contributo alla valutazione del rischio sanitario per il consumatore", insieme a Izs della Sardegna, Università di Sassari e Laboratorio nazionale di riferimento per le biotossine marine. Arpas ha collaborato con Izs per lo sviluppo dei protocolli per la digestione dei tessuti e ha effettuato l'analisi in spettroscopia infrarosso in trasformata di Fourier accoppiata a microscopio (micro-Fir) del digestato per l'identificazione delle diverse tipologie di microplastiche presenti nei pesci di allevamento. Lo studio ha riguardato 4 allevamenti di maricoltura della Sardegna e i risultati sono pubblicati sul sito web dell'Agenzia².

Innovazione tecnologica: microscopia correlativa

A fine gennaio 2025 il laboratorio geologico petrografico e Centro regionale amianto sono stati integrati; ciò ha portato alla creazione di un polo di eccellenza unico nel panorama nazionale, capace di fornire risposte analitiche integrate per problematiche ambientali complesse che si esprime anche tramite la recente acquisizione di un innovativo sistema di "Microscopia correlativa ottica-elettronica automatica e semi-automatica". Il sistema è costituito da una piattaforma hardware e software che consente di combinare, in un unico metodo di analisi, le informazioni ottenute da un microscopio ottico in luce polarizzata trasmessa e riflessa, con quelle compostionali e morfologiche ottenute con un microscopio elettronico a scansione (Sem) con spettrofotometro a dispersione di energia (Eds), in maniera automatica tramite un apposito porta-campioni, utilizzabile in entrambi gli strumenti e semi-automatica con immagini acquisite senza porta-campioni e tramite un unico software. Il software è in grado di gestire immagini di grandi dimensioni sfruttando le caratteristiche diagnostiche e analitiche di entrambe le tecniche, oltre a poter consentire la sovrapposizione di immagini provenienti da strumenti diversi (*multi-layer*) combinando le differenti risultanze analitiche. Un esempio di utilizzo della piattaforma di microscopia correlativa ottico-



FOTO: ARPA SARDEGNA

elettronica è la ricerca degli elementi critici (es terre rare, cobalto, titanio ecc.) importanti nella transizione energetica; infatti le potenzialità del microscopio ottico, che permette il riconoscimento di minerali caratteristici il cui contenuto di elementi critici è noto, è fortemente integrato con le potenzialità analitiche puntuali del Sem anche con l'utilizzo di immagini geo-riferite, acquisite con i due strumenti, con possibilità di eseguire mappature analitiche utili all'individuazione su tutta la superficie del preparato di detti elementi critici. L'attività descritta rientra negli obiettivi del Progetto Carg geotematico Foglio Guspinì che il Dipartimento geologico in collaborazione con il laboratorio Geo-Cra sta eseguendo per conto dell'Ispra. Arpas, infatti, riveste il ruolo di Servizio geologico della Regione Sardegna.

Organizzazione e governance

Con il passaggio al contratto collettivo regionale, avvenuto nel 2025, si evidenzia un ulteriore elemento di innovazione organizzativa. Arpas è la prima Agenzia del sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa) ad aver istituito una Direzione area dei laboratori come struttura autonoma, disgiunta dalla Direzione tecnico-scientifica. Questa configurazione organizzativa, unica nel panorama nazionale, garantisce

maggiore autonomia gestionale e operativa, pur mantenendo il necessario coordinamento tecnico-funzionale. La Direzione area dei laboratori assicura così l'indirizzo strategico e il coordinamento delle tre sedi laboratoristiche, ottimizzando l'utilizzo delle risorse e garantendo standard qualitativi uniformi su tutto il territorio regionale. La nuova configurazione laboratoristica di Arpas rappresenta dunque un modello di riferimento per il Sistema nazionale, coniugando specializzazione territoriale, innovazione tecnologica e rigore metodologico al servizio della tutela ambientale e della salute pubblica in Sardegna.

**Massimo Secci¹, Emanuela Venturini²,
Roberto Lonis³, Giovanni Antonio Mocci⁴**

Arpa Sardegna

1. Area dei Laboratori

2. Servizio qualità dei laboratori e procedure operative

3. Laboratorio geologico-petrografico e Centro di riferimento regionale amianto

4. Laboratorio di Sassari

NOTE

¹ *Msf Summary Report, 2024*

² www.sardegnaambiente.it/documents/21_393_20240110151038.pdf

AFFRONTARE IL RISCHIO IN OTTICA “ONE HEALTH”

Il protocollo in ambito Srps in Emilia-Romagna

Come affrontare al meglio le emergenze ambientali tenendo in considerazione l'integrazione tra salute umana, animale e ambientale, secondo quanto previsto dall'approccio *One health*? Partendo da questa domanda in Emilia-Romagna è partito il percorso di collaborazione tra enti che recentemente è confluito nel Sistema regionale prevenzione salute dai rischi ambientali e climatici (Srps, articolazione regionale del Sistema nazionale Snps).

In questo ambito è stato elaborato un primo protocollo per delineare le modalità di intervento e le rispettive competenze degli enti interessati in caso di emergenze ambientali determinate da eventi incidentali (in particolar modo gli incendi). Arpae, Dipartimenti di sanità pubblica e Istituto zooprofilattico sperimentale hanno così concordato le modalità di intervento, anche

con l'obiettivo di uniformare le procedure sull'intero territorio regionale, con indicazioni pratiche dal punto di vista operativo e comunicativo, in situazioni che determinano condizioni di pericolo per la salute pubblica e l'ambiente e che richiedono interventi urgenti per il ripristino delle condizioni di normalità.

Una risposta tempestiva e una corretta valutazione dei potenziali rischi per la salute e per l'ambiente sono infatti essenziali per la corretta gestione della situazione emergenziale.

Il protocollo si configura quindi come una prima esperienza di sistematizzazione e integrazione che può essere presa come esempio di buona pratica in altre realtà territoriali e che andrà estesa ad altri ambiti di lavoro concernenti il rapporto ambiente-salute.
(SF)

LA COLLABORAZIONE SU AMBIENTE E SALUTE

LA REGIONE EMILIA-ROMAGNA È ALL'AVANGUARDIA NELL'APPLICAZIONE DELL'APPROCCIO ONE HEALTH, CHE INTEGRA SALUTE UMANA, ANIMALE E AMBIENTALE. IL SISTEMA REGIONALE PREVENZIONE SALUTE (SRPS) COORDINA ENTI E STRATEGIE INTERSETTORIALI PER UNA RISPOSTA EFFICACE AI RISCHI CLIMATICI E AMBIENTALI E ALLE EMERGENZE.



Le politiche europee in tema di ambiente e salute e l'impegno internazionale per un mondo più sicuro e salubre hanno segnato in anni recenti un cambio di visione, ponendo l'accento sul fatto che la prevenzione dei rischi per la salute non può prescindere dalla protezione dell'ambiente.

A oggi il concetto di salute, quindi, va necessariamente ampliato all'interno del contesto ambientale: riconoscere l'interconnessione tra la salute umana, animale e dell'ambiente è l'unico modo per riuscire ad affrontare le nuove sfide sanitarie.

One health rappresenta il cambio di paradigma che consente di avere tale visione: è un approccio integrato che permette di affrontare la questione trasversale della biodiversità e della salute umana, il contrasto efficace all'antimicrobico-resistenza, all'emergenza di epidemie e pandemie e ai cambiamenti climatici.

Per la realizzazione di tale nuovo assetto, sono necessari cambiamenti di carattere culturale, strutturale e tecnico-scientifico, nonché l'applicazione di una visione multidisciplinare e coordinata tra diversi settori. È in questo senso che si sono sviluppate le politiche europee in tema di ambiente e salute con l'obiettivo

di proporre strategie intersettoriali e integrate, finalizzate a realizzare sinergie tra i servizi sanitari (medicina umana e veterinaria) e quelli preposti alla tutela ambientale.

In Italia questo obiettivo è collegato a una delle azioni di riforma del Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr), la missione 6 Salute denominata “Definizione di un nuovo assetto istituzionale sistematico per la prevenzione in ambito sanitario, ambientale e climatico, in linea con un approccio integrato (*One health*)”. Tale riforma è supportata dal Piano nazionale per gli investimenti complementari (Pnc), finalizzato a integrare gli interventi del Pnrr attraverso uno specifico investimento relativo al sistema “salute, ambiente, biodiversità e clima”.

La riforma si attua attraverso l'istituzione del Sistema nazionale prevenzione salute dai rischi ambientali e climatici (Snps) che mira all'identificazione e valutazione delle problematiche sanitarie associate a rischi ambientali e climatici per tutelare la salute e il benessere delle persone e degli animali e per preservare gli ecosistemi. A livello operativo si è proceduto potenziando l'integrazione funzionale delle strutture del territorio che operano a tutela della salute collettiva rispetto a specifici determinanti

di rischio, definendo un Sistema regionale prevenzione salute (Srps) in grado di assicurare il coordinamento e l'integrazione degli enti che ne fanno parte e ripensare gli strumenti di pianificazione e programmazione che hanno effetti sui determinanti di salute ambientali e climatici, in un'ottica *One health*.

Il percorso di integrazione in Emilia-Romagna

In Emilia-Romagna il percorso di integrazione tra settore ambientale e sanitario è stato intrapreso anni fa e si è consolidato nel corso del tempo. La collaborazione tra le due direzioni regionali competenti (Cura della persona, salute e welfare e Cura del territorio e dell'ambiente), i Dipartimenti di sanità pubblica e Arpaer si è concretizzata in diversi e importanti progetti di livello regionale (Moniter e Supersito), di ambito locale quali la sorveglianza dell'inquinamento atmosferico nella città di Ravenna (Sinatra) e lo studio sugli effetti sanitari in relazione all'esposizione al termovalorizzatore di Parma (Paip). La collaborazione intersettoriale si è esplicata anche nella partecipazione

a numerosi progetti finanziati dal Ccm - Ministero della Salute (Sespir, Epiambnet, Rias) e, più recentemente, ai progetti finanziati dal Pnc Salute, ambiente, biodiversità e clima (Atlante arie e salute, Sintesi).

L'approccio integrato adottato in Emilia-Romagna ha permesso di far fronte e rispondere in modo più organico ed efficace all'impatto dei fattori di rischio ambientali più rilevanti come l'inquinamento atmosferico, anche accompagnando la predisposizione dei Piani per la qualità dell'aria con la messa a punto di stime di impatto utili a confrontare scenari diversificati.

Questo contesto favorevole è stato rafforzato sia su impulso del Piano regionale della prevenzione che della Lr 19/2018, che pongono una particolare attenzione al tema dell'intersettoralità quale elemento decisivo per l'attuazione di salute in tutte le politiche. L'istituzione di Srps, già presentata in un precedente articolo su *Ecoscienza* (n. 3/2024), vede la collaborazione sinergica di più direzioni generali della Regione Emilia-Romagna, di tutti i Dipartimenti di sanità pubblica, di Arpae, di Izsler, di laboratori ad alta specializzazione e della Fondazione centro ricerche marine (Crm).

Il sistema si è arricchito, grazie a finanziamenti del Piano nazionale complementare del Pnrr, di strumentazioni e dotazioni tecnologiche volte a migliorare l'approccio alle problematiche di tipo ambientale.

In Emilia-Romagna il sistema Srps si avvale di un comitato strategico con la funzione di integrare le aree Srps, quella strategico-programmatoria e quella a prevalente vocazione tecnico-scientifica, in un quadro organico che coniughi specializzazione, uso razionale delle risorse ed efficienza. Il comitato strategico è anche la sede in cui si può favorire l'armonizzazione delle politiche e delle azioni di prevenzione primaria e di risposta in riferimento agli impatti sulla salute associati a rischi ambientali e climatici.

L'avvio delle attività di Srps è avvenuto in assenza di indicazioni nazionali di riferimento, per cui la scelta iniziale del comitato strategico Srps è stata quella di darsi un proprio autonomo programma di lavoro prevedendo lo sviluppo di strumenti operativi che possano aiutare i componenti del sistema a gestire in modo più efficace ed efficiente la risposta a sollecitazioni esterne e/o situazioni emergenziali. Si è pertanto condiviso un elenco di diverse tematiche attraverso la strutturazione di vari gruppi di lavoro dedicati a:



Foto: F. GRAZIOLI - REGIONE ER

- valutazione di impatto sanitario (Vis) in procedimenti di autorizzazione ambientale
- analisi sulle acque reflue come sviluppo del sistema Sari (individuazione precoce della circolazione di microrganismi patogeni) e per il monitoraggio ambientale degli antibiotici e dell'antibiotico-resistenza
- monitoraggio delle acque di balneazione compresa la conoscenza delle caratteristiche ai fini della loro classificazione per rilevare potenziali situazioni di rischio per la salute
- emergenze incendi e di natura chimica.

Nuovi orizzonti

Le emergenze ambientali legate agli incendi, che spesso vedono il rilascio di sostanze pericolose che possono determinare condizioni critiche per la salute pubblica e l'ambiente, richiedono interventi urgenti per il ripristino delle condizioni di normalità.

I dipartimenti di sanità pubblica e Arpae devono operare in una stretta integrazione per svolgere in modo efficace ed efficiente

la loro funzione e collaborare con gli altri enti e strutture coinvolte. Su impulso quindi del comitato strategico Srps si è condiviso uno strumento operativo che avesse come obiettivo ultimo quello di uniformare a livello regionale le modalità di intervento e collaborazione, fornendo al contempo delle indicazioni pratiche e standardizzate che potessero essere di supporto nell'attività di risposta a eventi emergenziali determinati da incendi. Il protocollo elaborato, presentato in un successivo contributo su questo stesso numero della rivista, è stato oggetto di un evento formativo rivolto agli operatori dei dipartimenti di sanità pubblica e di Arpae e potrà essere la base per lo sviluppo di ulteriori protocolli dedicati a emergenze di diversa natura.

**Paola Angelini¹, Marco Monti²,
Elisa Mariani³**

1. Settore prevenzione collettiva e Sanità pubblica, Regione Emilia-Romagna

2. Dipartimento di sanità pubblica, Ausl della Romagna

3. Dipartimento di sanità pubblica, Ausl di Parma

LA GESTIONE DELLE EMERGENZE AMBIENTALI IN CASO DI INCENDIO

IL PROTOCOLLO PER LA COLLABORAZIONE TRA ARPAE E DIPARTIMENTI DI SANITÀ PUBBLICA IN EMILIA-ROMAGNA RAFFORZA LA GESTIONE DELLE EMERGENZE AMBIENTALI E CHIMICHE, INCLUSI GLI INCENDI. RUOLI, TEMPI E COMUNICAZIONE, PER TUTELARE SALUTE E AMBIENTE ATTRAVERSO UN APPROCCIO INTEGRATO ONE HEALTH.

La collaborazione tra Arpae, i colleghi dei Dipartimenti di sanità pubblica (Dsp) e il Servizio prevenzione collettiva e sanità pubblica della Regione Emilia-Romagna ha radici lontane, soprattutto nei casi di emergenza che si sono verificati nel corso degli anni sul territorio; anche se non sempre in modo omogeneo e coordinato, si è sempre cercato di lavorare insieme per tutelare persone e ambiente al massimo delle possibilità.

La decisione, quindi, del Servizio prevenzione collettiva e sanità pubblica della Regione Emilia-Romagna che, sin dal Piano regionale per la prevenzione 2015-2018, aveva puntato su modelli operativi volti alla gestione delle emergenze (malattie infettive, sicurezza alimentare, ambientali, chimiche, calamità naturali ed epidemie degli animali) e alla definizione dei requisiti organizzativi a livello regionale e locale, non ha colto di sorpresa. Già nel 2021, infatti, con la Dgr 30 era stata predisposta una prima indicazione operativa congiunta Arpae/Dsp che definiva le procedure di intervento di competenza dei Dipartimenti di sanità pubblica aziendali e della Regione stessa, relativamente alle emergenze ambientali e tossicologiche, intese quali eventi

eccezionali per gravità e durata, che esulano dalle ordinarie attività dei Servizi competenti.

Modello operativo di intervento e strategia One health

Nel 2023 si è quindi proceduto a un ulteriore affinamento delle modalità di lavoro comuni nel caso di emergenze dopo incidenti presso impianti produttivi, mediante il “Modello operativo di intervento per rischi ambientali e chimici” (allegato 3 della Dgr 1370/2023).

In particolare, il modello operativo predisposto evidenzia l'utilità di procedere in stretta collaborazione tra Dipartimenti di sanità pubblica e Arpae che, per competenza primaria in materia di tutela ambientale, analitica e articolazione territoriale, è strettamente interconnessa con le attività delle Aziende Usl della regione. Modello operativo che è stato poi inviato a firma congiunta del direttore tecnico di Arpae e del responsabile Settore prevenzione collettiva e sanità pubblica della Regione Emilia-Romagna ai colleghi di Arpae e Ausl.

Nello stesso anno, inoltre, all'interno della strategia *One health*, identificata come

obiettivo prioritario dalle Nazioni unite nel 2008, si è avviato il Sistema regionale prevenzione salute dai rischi ambientali e climatici (Srps), istituito formalmente dalla Giunta regionale dell'Emilia-Romagna per la gestione integrata di temi afferenti ad ambiti che fino a quel momento avevano trovato difficoltà ad avere relazioni strutturate: ambiente, clima, salute umana e animale.

Dal modello operativo al protocollo in Emilia-Romagna

È da qui che parte un ulteriore lavoro di approfondimento sul tema delle emergenze che vede i colleghi di Arpae e Dsp lavorare insieme al Servizio prevenzione collettiva e sanità pubblica della Regione Emilia-Romagna e all'Istituto zooprofilattico, per definire in modo dettagliato un ulteriore step di approfondimento, rispetto a quanto previsto nella Dgr 1370/2023, cioè un “Modello operativo in fase di emergenze ambientali in seguito a incendi”, strutturato come una vera e propria istruzione operativa in cui sono assegnati compiti e responsabilità alle varie figure coinvolte.



Il documento è strutturato in modo tale da essere un utile e semplice strumento di lavoro da utilizzare in emergenza, situazione in cui tutto deve essere predisposto e verificato in precedenza, in modo tale da ridurre al minimo incertezze e difficoltà difficilmente risolvibili nelle situazioni concitate in cui di solito si viene a operare.

All'interno del medesimo vengono chiariti gli ambiti di intervento, ma soprattutto sono dettagliati i rapporti e le tempistiche di attivazione di Arpae e Dsp, in caso di una segnalazione di emergenza, indipendentemente da chi venga inizialmente contattato, affinché sin da subito si possa valutare l'entità dell'intervento e le necessità di misure strumentali e di risorse umane da impiegare sul campo.

Significativa è l'evidenza di come Arpae e Dsp si attivano comunque reciprocamente qualora l'evento comporti la necessità di una operatività congiunta e l'esigenza di coordinarsi fin dall'inizio dell'intervento chiarendo nel contempo che l'intervento in emergenza si svolge esclusivamente nell'ambito della cosiddetta "zona sicura", a supporto dei Vigili del fuoco e degli altri enti coinvolti; sono esclusi interventi operativi diretti. Viene quindi sancita una collaborazione sin dai primi momenti di emergenza che, sebbene sempre in essere, non è più lasciata all'iniziativa dei singoli, ma diviene prassi operativa consolidata, indispensabile per definire le misure da effettuare oltre che le modalità e i riferimenti utili per interpretare i risultati ottenuti, sia dal punto di vista ambientale sia sanitario, supportando così gli operatori nel caso di dubbi interpretativi che possano emergere nella valutazione degli esiti analitici, in particolare quando si riferiscono a inquinanti su cui non vi sono riferimenti normativi.

Questo per quanto riguarda la gestione nell'immediato dell'emergenza, ma il modello operativo fornisce anche indicazioni su come gestire la fase di post emergenza, in particolare nel caso siano necessarie indagini integrative sulle matrici agro-zootecniche e vegetali.

Questa attività viene effettuata dall'Istituto zooprofilattico sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna (Izsler) in coordinamento con Arpae e Dsp su alimenti di origine vegetale e



2

materie prime vegetali per alimentazione animale prelevate sul territorio interessato dall'evento inteso come area di possibile ricaduta.

Le responsabilità vengono infine riassunte in una tabella che assegna a ogni ente e servizio la responsabilità nella gestione di una fase dell'attività o la sua eventuale collaborazione.

Vi è poi una serie di allegati che consentono di avere informazioni aggiuntive quali, le modalità da seguire per il campionamento delle matrici agro-zootecniche, le tipologie di inquinanti che possono svilupparsi in caso di incendio, con tutta una serie di indicazioni in merito agli inquinanti non normati e relativi riferimenti bibliografici, senza trascurare i contenuti minimi della relazione finale da redigere.

L'importanza della tempestività della comunicazione

Particolare rilevanza è poi stata data alla comunicazione che risulta fondamentale sin dalle prime fasi dell'emergenza.

Questa deve basarsi su:

- rapidità nella veicolazione delle informazioni
- coerenza delle informazioni e indicazioni fornite
- modalità di fornitura delle notizie.

Vengono quindi definite modalità e tempistiche comuni per la definizione dei comunicati stampa, nonché i contenuti minimi volti a informare nel modo migliore sia la popolazione che gli altri enti coinvolti, quali Comuni e Prefetture, usando nel contempo la massima chiarezza e semplicità espositiva, indispensabile per gli organi di informazione che veicoleranno le informazioni ricevute. Arpae inoltre aggiornerà costantemente le notizie presenti sul suo sito, integrando le attività svolte da entrambi gli enti.

Conclusioni

Complessivamente il lavoro effettuato è e sarà una base applicabile anche ad altre situazioni emergenziali, in quanto porta a regime e rafforza l'indispensabile interazione, già in essere, tra ambiente e salute, rendendo sempre più efficace e fattiva la collaborazione tra enti che, seppure con competenze differenti, hanno sempre e comunque come unico obiettivo la tutela dell'ambiente e delle persone.

Eriberto de' Munari¹, Luisa Guerra¹, Giorgio Fedrizzi², Marco Monti³

1. Arpae Emilia-Romagna

2. Ausl Romagna

3. Izsler

1. Incendio in un'azienda agricola.

2. Campionatore ad alto volume installato da Arpae in occasione di un incendio a uno stabilimento produttivo.

SNPA A SUPPORTO DELLA GESTIONE DELLE EMERGENZE

IL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE FORNISCE UN SUPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO ESSENZIALE NELLA RISPOSTA ALLE EMERGENZE. È FONDAMENTALE CONDIVIDERE BUONE PRATICHE, MODELLI DI INTERVENTO EFFICACI E PROCEDURE STANDARD PER INDIVIDUARE CORRETTAMENTE LA COMPONENTE AMBIENTALE DEL RISCHIO.

La gestione delle emergenze ambientali rappresenta una sfida complessa, che richiede un sistema di risposta tempestivo, competente e integrato. In questo quadro, il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa) riveste un ruolo fondamentale, come definito dalla legge n. 132/2016 [1], che ne attribuisce le funzioni anche in ambito emergenziale.

Il Snpa svolge un ruolo cruciale di supporto, affiancando gli enti preposti alla gestione delle emergenze in scenari dove l'ambiente è, al contempo, bersaglio e nuova fonte di pericolo per l'ambiente stesso e per l'uomo.

Questo articolo si propone di illustrare l'operatività del Snpa nel supporto alla gestione delle emergenze per gli aspetti ambientali, evidenziando l'importanza della definizione di ruoli, competenze e protocolli condivisi.

Il quadro normativo di riferimento

Il ruolo del Snpa nella gestione delle emergenze ambientali è definito, in primo luogo, dalla stessa norma istitutrice del Sistema nazionale, la legge n. 132/2016. In particolare: l'articolo 3, comma 1, lettera b) assegna al Snpa il controllo delle fonti di inquinamento e delle pressioni ambientali derivanti da fenomeni naturali o antropici, anche di carattere emergenziale, attraverso attività di campionamento, analisi, misura, sopralluogo e ispezione; inoltre, alla lettera h), riconosce la partecipazione del Sistema nazionale ai sistemi di protezione civile nazionali e regionali, anche mediante l'integrazione dei sistemi conoscitivi e l'erogazione di servizi tecnici. Queste attività sono ulteriormente definite dal codice della protezione civile (Dlgs n. 1/2018[2]), che identifica il Snpa come struttura operativa del Servizio nazionale e annovera Ispra, Arpa Piemonte e Arpae Emilia-Romagna tra i centri di



competenza, con il compito di fornire dati, elaborazioni e supporto tecnico-scientifico.

Il ruolo del Snpa nelle emergenze ambientali

I componenti del Sistema intervengono su tutto il territorio nazionale in risposta a emergenze causate da eventi naturali o antropici che possono compromettere le matrici ambientali. Le modalità operative possono variare da Regione a Regione, in funzione delle caratteristiche territoriali, organizzative e delle risorse disponibili. Tuttavia, ogni qualvolta si verifica un evento rilevante, le competenze tecnico-scientifiche delle Agenzie ambientali vengono messe a disposizione delle autorità preposte alla gestione dell'emergenza e del soccorso, con l'obiettivo di fornire un quadro

informativo completo e di contenere le ricadute ambientali.

A livello centrale, Ispra svolge un ruolo di coordinamento e indirizzo tecnico, promuovendo la condivisione di buone pratiche e il raccordo operativo con le altre istituzioni nazionali competenti. In aggiunta, Ispra interviene su richiesta del Dipartimento della protezione civile (Dpc) o del Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica (Mase), oltre che delle agenzie del Sistema, secondo le modalità previste dal regolamento contenente disposizioni sulle modalità di attivazione dell'istituto in materia di crisi ed emergenze ambientali.

Sul territorio, le Agenzie ambientali, durante un'emergenza, forniscono supporto attraverso:

- analisi e approfondimenti informativi, mediante sopralluoghi, campionamenti, misurazioni, accesso alle reti di monitoraggio e raccolta dati in tempo reale
- consulenza tecnico-scientifica e

normativa, a supporto delle decisioni delle autorità competenti, anche attraverso valutazioni previsionali - indagini ambientali e individuazione delle cause, al fine di accertare le origini dell'evento.

È importante chiarire che, per natura e mandato istituzionale, le Agenzie ambientali non sono enti di soccorso né svolgono interventi diretti a favore delle persone in pericolo. Le Agenzie svolgono un ruolo di supporto alle strutture preposte alla gestione dell'emergenza, contribuendo con valutazioni tecniche a impedire o limitare il coinvolgimento dell'ambiente.

In attuazione di quanto indicato nella norma istitutiva del Sistema nazionale, con lo scopo di uniformare i servizi e le prestazioni e, dunque, le modalità di risposta su tutto il territorio nazionale, è stata istituita all'interno del Snpa la Rete tematica sulle emergenze ambientali.

Le attività della Rete hanno condotto alla redazione di un primo documento, (curato dal GdL II/01 Tic II - Controlli e monitoraggi) dal titolo "Operatività, ambiti di intervento e mappatura delle competenze specialistiche nella gestione delle emergenze ambientali del Snpa" [3]. Elemento centrale del documento è la "carta d'identità dell'Agenzia", una scheda informativa che riassume, per ogni Agenzia: gli scenari di rischio presidiati; le modalità di attivazione del sistema di risposta; la disponibilità di servizi di pronta disponibilità; le competenze specifiche in funzione delle caratteristiche del territorio.

Questo strumento ricognitivo ha posto le basi per il "Manuale operativo per la gestione delle emergenze ambientali del Snpa" [4], che standardizza i modelli di intervento, in particolare per i rischi di origine antropica. Il modello operativo segue la sequenza temporale dell'emergenza, descrivendo le azioni da svolgere: prima dell'intervento in campo; sul luogo dell'evento; nel coordinamento tra operatori in campo e gli altri soggetti coinvolti nell'emergenza, di norma il personale che fornisce supporto specialistico, chi presiede al tavolo dell'unità di crisi (qualora attivata) e i soggetti incaricati della comunicazione esterna; nella fase post-emergenza.

Sfide, criticità e prospettive future

L'esperienza maturata dimostra che le diversità organizzative presenti tra le Agenzie possono essere considerate una risorsa, poiché consentono di



valorizzare le peculiarità territoriali e garantire interventi mirati. Tuttavia, risulta fondamentale condividere buone pratiche, modelli di intervento efficaci e procedure minime standard, così da assicurare un livello di risposta uniforme su scala nazionale.

Una criticità, in alcuni casi, è rappresentata dalla mancanza di conoscenza del ruolo e delle competenze delle Agenzie da parte degli altri enti che intervengono a vario titolo nella gestione delle emergenze. A tal fine, alcune Agenzie hanno predisposto delle procedure di intervento, condivise tra i vari enti, elaborate per i vari scenari di rischio, laddove gli aspetti ambientali rappresentano un elemento imprescindibile per una corretta gestione dell'emergenza.

In tal senso, per meglio definire il perimetro di intervento del Snpa, occorre considerare due concetti fondamentali: - il *rischio per l'ambiente*, secondo il quale l'ambiente, inteso come bersaglio degli effetti di eventi naturali o antropici, è da tutelare al pari delle persone e dei beni, secondo quanto sancito anche dall'art. 9 della Costituzione

- il *rischio ambientale*, che indica la probabilità che un ambiente già compromesso generi una nuova sorgente di pericolo, con potenziali danni futuri per l'uomo, i beni e l'ambiente stesso. In alcuni casi, le conseguenze del degrado ambientale possono superare l'impatto dell'evento che lo ha originato.

La comprensione e la definizione dei due distinti ambiti ci permette di individuare la componente ambientale del rischio, intesa come il rischio per l'ambiente, insito in tutte le tipologie di evento emergenziale e, dunque, trasversale a tutti i rischi di protezione civile, definiti dal Dlgs 1/2018, da cui può discendere un nuovo rischio di cui tener conto in occasione dell'individuazione delle azioni di prevenzione e delle pianificazioni di settore.

**Elisa Nardi¹, Stefano Steri²,
Claudio Numa³**

Ispra, Centro nazionale per le crisi e le emergenze ambientali e il danno

1. Responsabile Area Emergenze ambientali sulla terraferma

2. Responsabile Settore coordinamento procedure

3. Dirigente responsabile

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI

[1] 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".

[2] Decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1, "Codice della protezione civile".

[3] Snpa, 2021, *Operatività, ambiti di intervento e mappatura delle competenze specialistiche nella gestione delle emergenze ambientali*, Delibera del Consiglio Snpa, seduta del 18/05/2021, Doc. n. 108/21, Report Snpa n. 23/2021, ISBN 978-88-448-1061-0.

[4] Snpa, 2021, *Manuale operativo per la gestione delle emergenze ambientali del Snpa*, delibera del Consiglio Snpa, seduta del 12/07/2021, Doc. n.131/21, Linee guida Snpa n. 36/2021, ISBN 978-88-448-1088-7.

UNA VISIONE INTEGRATA A TUTELA DELLA SALUTE PUBBLICA

GLI EVENTI CHE MINACCIANO LA SALUTE UMANA E GLI ECOSISTEMI RICHIEDONO UN APPROCCIO METODOLOGICO CHE UNISCA VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI RISCHI E CAPACITÀ DI RISPOSTA. SONO NECESSARI UNA GESTIONE PRONTA, EFFICACE E COORDINATA, UNA PREPARAZIONE PREVENTIVA E PROTOCOLLI BASATI SU LINEE GUIDA INTERNAZIONALI.

Gli eventi che rappresentano una minaccia grave e improvvisa per la salute delle popolazioni richiedono un'attenta valutazione e un'immediata capacità di risposta. Tra questi rientrano le epidemie e le pandemie, come nel caso del Covid-19 o dell'influenza aviaria, le emergenze ambientali dovute a contaminazioni o incidenti chimici, gli eventi naturali quali terremoti e alluvioni, gli incidenti radiologici e nucleari, i rischi biologici legati al bioterrorismo, fino ad arrivare ad altre emergenze di natura antropica, come incendi e versamenti di sostanze pericolose.

Un incendio, in particolare, rappresenta un evento complesso da gestire, soprattutto quando coinvolge aziende chimiche, di produzione di batterie, materie plastiche o solventi. In questi casi, la domanda fondamentale diventa: cosa brucia, quanto brucia e dove avviene l'evento? I gas sviluppati durante un incendio

hanno un impatto ambientale rilevante, sia dal punto di vista qualitativo sia da quello quantitativo. Essi determinano il rilascio di una vasta gamma di inquinanti atmosferici e la possibile contaminazione di aria, suolo, acqua e alimenti. Le conseguenze negative riguardano non solo la salute umana, ma anche gli ecosistemi, il paesaggio, il patrimonio culturale e il clima. La quantificazione e qualificazione di tali impatti è quindi essenziale per una gestione ambientale e sanitaria efficace.

Rilascio di sostanze: natura e pericolosità

La natura e la pericolosità degli inquinanti dipendono dai materiali coinvolti e dalle condizioni di combustione. Alcuni esempi di sostanze pericolose rilasciate sono il monossido di carbonio, il biossido di carbonio, l'acido

cianidrico, l'acido cloridrico, il fosgene e l'anidride solforosa. Per ciascuno di essi esistono limiti di esposizione stabiliti a livello internazionale, come i valori medi ponderati sulle otto ore (Tlv-Twa) o i limiti per esposizioni brevi di 15 minuti (Tlv-Stel).

L'eventuale superamento di questi valori comporta rischi immediati per la salute, che spaziano dall'ipossia all'edema polmonare, fino alla morte per asfissia nei casi più gravi.

Le autorità sanitarie e ambientali, di fronte a un incendio, concentrano la loro attenzione sulla valutazione della qualità dell'aria nelle aree circostanti e sull'adozione di misure di protezione per la popolazione, che possono includere l'evacuazione o la raccomandazione di rimanere al chiuso con porte e finestre chiuse.

In questo contesto, le linee guida dell'Organizzazione mondiale della sanità sulla qualità dell'aria rappresentano un riferimento fondamentale. Esse



definiscono concentrazioni di diversi inquinanti atmosferici che non dovrebbero essere superate al fine di proteggere la salute. Le linee guida aggiornate al 2021 forniscono valori soglia per biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, particolato (PM2.5 e PM10) e ozono.

Valutare il rischio dell'esposizione

La valutazione del rischio richiede un approccio metodologico che prenda in considerazione pericoli di tipo chimico, fisico e microbiologico, l'impatto sulle diverse matrici ambientali (aria, acqua, suolo e alimenti) e le conseguenze per la salute della popolazione. Tale processo include azioni di prevenzione, mitigazione, correzione e monitoraggio continuo, oltre a studi epidemiologici in caso di manifestazione di malattie conseguenti. Fondamentale è anche l'analisi del territorio, con particolare attenzione all'estensione geografica dell'area di influenza, alla localizzazione, ai target sensibili come scuole e ospedali e alla presenza di aree con criticità ambientali. Allo stesso tempo vanno considerati i fattori di rischio legati al processo produttivo e alle materie prime impiegate nelle aziende coinvolte.

Nell'elaborazione dei piani e protocolli di intervento, è necessario costruire un profilo di salute generale della popolazione esposta, valutandone numerosità, distribuzione sul territorio, fasce d'età e tipologia di fruizione

delle aree. Dopo l'emergenza si passa alla definizione di un profilo di salute specifico, individuando indicatori sanitari, inquinanti di riferimento, scenari di esposizione e aree a diverso grado di rischio.

Un concetto chiave in questo ambito è quello della *preparedness*, intesa come stato di preparazione preventiva ad affrontare eventi avversi. Essa mira a ridurre i danni umani, sociali ed economici, attraverso l'aggiornamento dei piani di emergenza, la formazione degli operatori, la sorveglianza e l'allerta precoce, il coordinamento intersettoriale e la comunicazione efficace con la popolazione. Una buona *preparedness* salva vite e limita in modo significativo l'impatto di un evento incidentale. La costruzione di protocolli operativi efficaci deve basarsi sulla prioritarizzazione delle azioni, sulla condivisione delle informazioni, sulla chiarezza operativa e sulla semplicità del monitoraggio. Ogni evento deve essere seguito da una revisione strutturata (*after action review*) che permetta di individuare criticità e integrare le azioni correttive nei protocolli futuri.

Infine, l'analisi Swot (*strengths, weaknesses, opportunities, threats*) permette di mettere in evidenza i punti di forza, come l'esperienza acquisita, l'uso di checklist, il coordinamento interregionale e le simulazioni; le opportunità, tra cui il supporto istituzionale, l'innovazione tecnologica e nuovi investimenti; le debolezze, come la difficoltà di garantire continuità nel tempo; e le minacce, rappresentate dalla carenza



di programmazione, dal difficile coordinamento tra settori e dalla scarsità di personale specializzato.

In conclusione

La gestione di un'emergenza incendi richiede una visione integrata, che unisca la valutazione preventiva dei rischi alla capacità di risposta rapida, coordinata ed efficace, con l'obiettivo primario di tutelare la salute pubblica e ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente e sulla collettività.

Sonia Russo

Regione Veneto, Direzione Prevenzione-Ulss7 Pedemontana



2024, NUOVO RECORD DI CALDO IN ITALIA COME IN EUROPA

IL RAPPORTO SNPA "IL CLIMA IN ITALIA NEL 2024": L'ANNO APPENA PASSATO È STATO IL PIÙ CALDO DELLA SERIE STORICA (TEMPERATURA MEDIA +1,33 °C). ANCHE LA TEMPERATURA SUPERFICIALE DEI MARI SI COLLOCA AL PRIMO POSTO. SURPLUS DI PIOGGIA AL NORD (+38%), SICCITÀ IN QUASI IL 50% DEL TERRITORIO, SOPRATTUTTO AL SUD E NELLE ISOLE.

Come in Europa, anche in Italia il 2024 è stato l'anno più caldo mai registrato. Precipitazioni sopra le medie di riferimento sono state, inoltre, registrate nel Nord Italia, mentre vasti territori del Sud e delle Isole maggiori hanno continuato a essere condizionati da siccità estrema e da ridotte disponibilità di risorsa idrica.

In Italia sono stati raggiunti due nuovi record: +1,33 °C per la temperatura media e +1,40 °C per la temperatura minima, entrambe calcolate rispetto alla media di riferimento 1991-2020 (il trentennio climatico più recente, assunto come riferimento a livello internazionale). Particolaramente alte le temperature nel mese di febbraio 2024 con un'anomalia positiva di +3,15 °C. Su scala annuale, le precipitazioni sono state abbondanti al Nord rispetto alla media climatologica (+38%), ma inferiori al Sud e sulle Isole maggiori (-18%), dove, per effetto della persistente siccità, si è determinato un peggioramento progressivo dello stato di severità idrica nel corso dell'anno. Sono risultate, invece, prossime alla media al Centro Italia. Numerosi eventi idro-meteo-climatici e meteo-marini estremi, in alcuni casi eccezionali, hanno interessato diverse aree del nostro Paese, causando danni alle persone e al territorio.

Questo è il quadro che emerge dal Rapporto "Il clima in Italia nel 2024" del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa), composto dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra) e dalle Agenzie per l'ambiente regionali e delle Province autonome (Arpa/Appa). Il documento fornisce una descrizione dello stato del clima e della sua evoluzione nel Paese, con analisi e valutazioni a scala nazionale, regionale e locale. Il rapporto contiene, inoltre, alcuni approfondimenti sugli eventi più critici che si sono verificati nel corso dell'anno.

Temperatura dell'aria

A scala globale (terraferma e oceani) il 2024 è stato l'anno più caldo mai registrato ed è stato il primo anno in cui la temperatura media globale ha superato la media climatica del periodo preindustriale di +1,5 °C¹, soglia fissata dall'Accordo di Parigi per ridurre in modo significativo i rischi e gli impatti dei cambiamenti climatici. Sebbene per confermare il superamento della soglia di +1,5°C sia necessario valutare la temperatura media globale di alcune decine di anni, quanto avvenuto rappresenta un precedente molto significativo.

Prendendo come riferimento il trentennio climatico più recente, 1991-2020, il 2024 ha fatto registrare

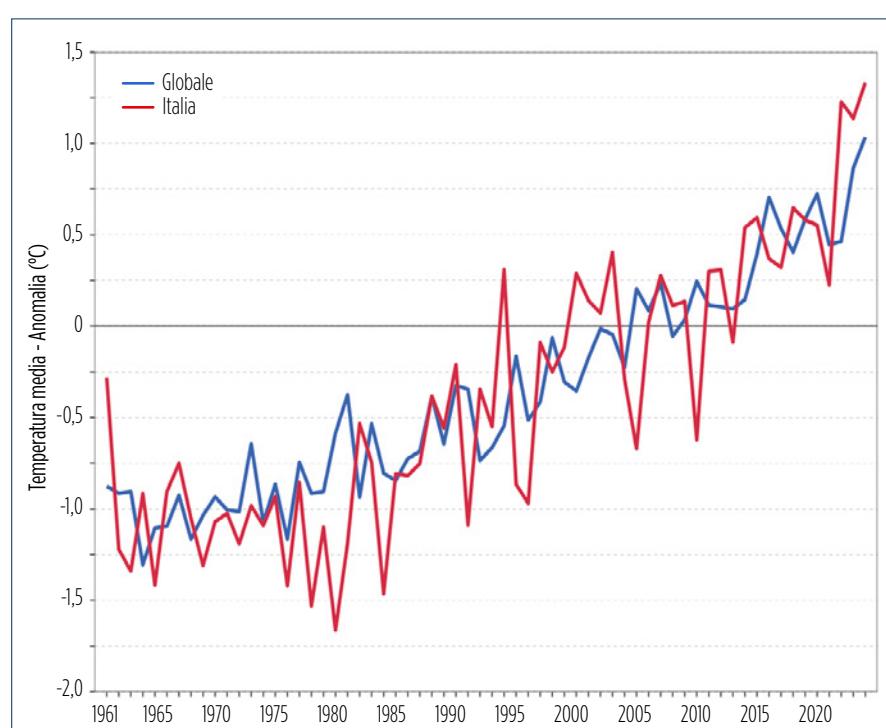


FIG. 1 ANOMALIA TEMPERATURA ARIA

Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatici normali 1991-2020.

Fonte: dati del Ncdc-national climatic data center del Noaa e di Scia-Sistema nazionale di elaborazione e diffusione di dati climatici (<https://scia.isprambiente.it>) dell'Ispra. Elaborazione: Ispra.

un'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma di $+1,03^{\circ}\text{C}$, la più alta della serie. Anche in Italia il 2024 è stato l'anno più caldo, con un'anomalia media di $+1,33^{\circ}\text{C}$, rispetto allo stesso periodo di riferimento, confermando la tendenza al riscaldamento osservata a scala globale (figura 1). Guardando all'intera serie dal 1961, anno di inizio delle elaborazioni del rapporto Snpa, in Italia a partire dal 2000 le anomalie rispetto alla base climatologica 1991-2020 sono state quasi sempre positive: fanno eccezione solo quattro anni (2004, 2005, 2010 e 2013); il 2024 è stato l'undicesimo anno consecutivo con anomalia positiva rispetto alla norma. Il 2024, in particolare, si colloca al primo posto fra i più caldi della serie anche per l'anomalia della temperatura minima ($+1,40^{\circ}\text{C}$), superando di $0,20^{\circ}\text{C}$ il record del 2023, mentre si colloca al secondo posto della serie per l'anomalia della temperatura massima ($+1,26^{\circ}\text{C}$).

Temperature medie superiori ai valori climatologici 1991-2020 hanno interessato tutti i mesi dell'anno (figura 2). Le anomalie più marcate si sono registrate a febbraio ($+3,15^{\circ}\text{C}$), che si colloca al primo posto della propria serie mensile, ad agosto ($+2,54^{\circ}\text{C}$) e a luglio ($+2,15^{\circ}\text{C}$).

La temperatura media annuale è stata superiore al valore climatologico 1991-2020 in tutte e tre le macroaree italiane: al Nord ($+1,21^{\circ}\text{C}$), al Centro ($+1,45^{\circ}\text{C}$) e al Sud e Isole ($+1,39^{\circ}\text{C}$).

Su base stagionale l'anomalia positiva più elevata è stata registrata in inverno che, con il valore di $+2,18^{\circ}\text{C}$ sopra la media 1991-2020, si colloca al primo posto fra i più caldi della serie dal 1961, seguito dall'estate ($+1,84^{\circ}\text{C}$) e dalla primavera ($+0,97^{\circ}\text{C}$), entrambe al terzo posto delle rispettive serie dal 1961, e dall'autunno ($+0,84^{\circ}\text{C}$).

La stima del tasso di variazione della temperatura media annuale dal 1981, calcolata con un modello di regressione lineare, è di $(+0,42 \pm 0,04)^{\circ}\text{C}/10\text{ anni}$. Il trend, statisticamente significativo, è calcolato sul periodo 1981-2024, poiché si fa risalire all'inizio degli anni '80 un cambiamento del trend di temperatura, con l'inizio di un periodo caratterizzato da un riscaldamento più marcato nel corso dell'ultimo secolo.

Gli indici rappresentativi degli estremi della temperatura² mettono in evidenza un quadro coerente con l'aumento dei valori medi, mostrando nel lungo periodo la tendenza all'aumento degli estremi di caldo e alla riduzione degli estremi di freddo.

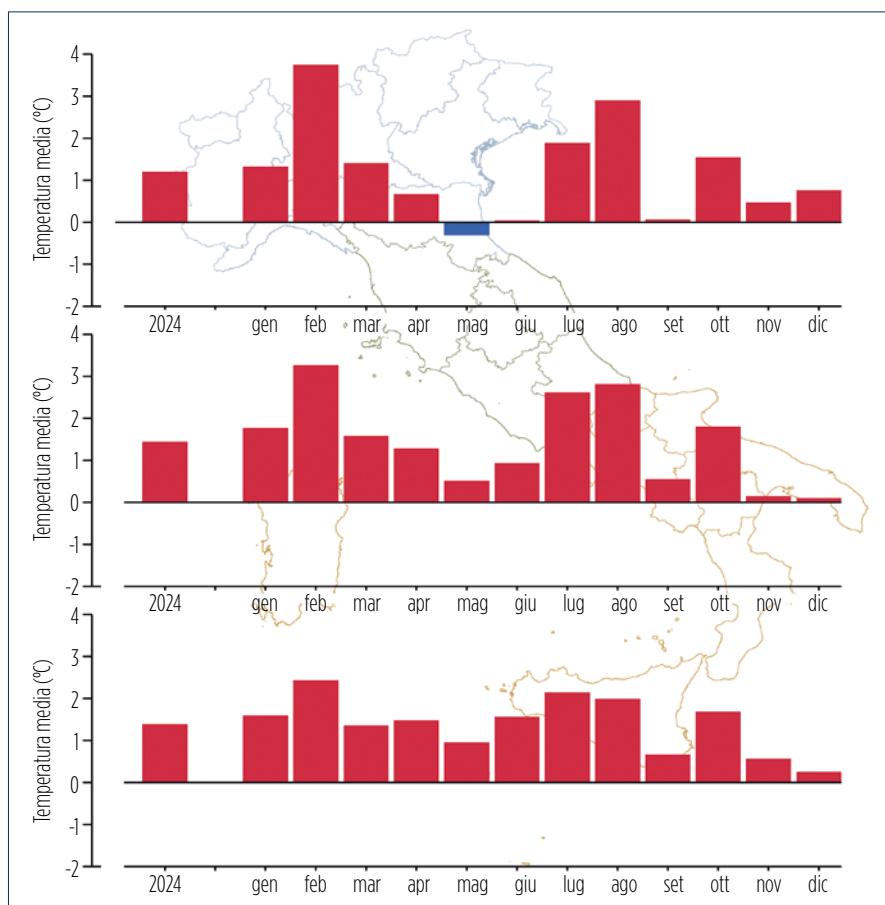


FIG. 2 ANOMALIE TEMPERATURE MEDIE

Anomalia media 2024 (annuale e mensile) della temperatura media rispetto al valore normale 1991-2020 – Nord, Centro, Sud e Isole.

Fonte: elaborazione Ispira su dati Scia.

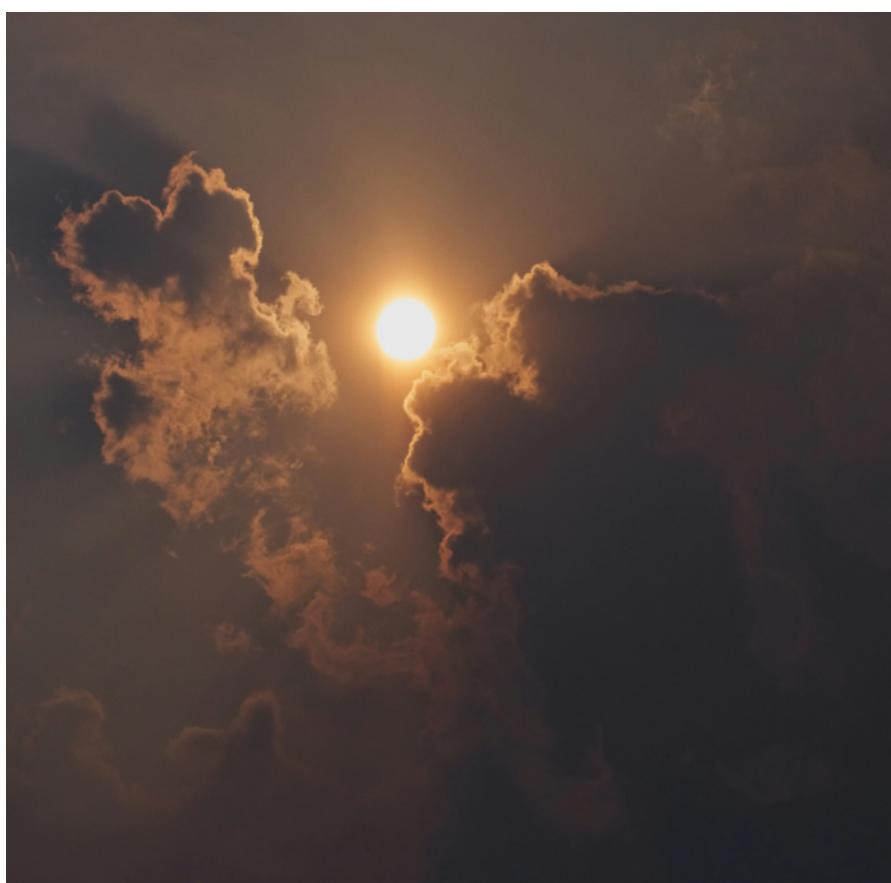


FOTO: UAZAM SU UNSPLASH

Il 2024 si colloca al primo posto fra i più alti della serie per il numero di notti tropicali (+25,2 giorni, *figura 3*) e per il numero di giorni torridi (+7,3 giorni) e al secondo posto fra i valori più bassi per il numero di giorni con gelo (+13,7 giorni), mentre per l'indice Wsdi (*warm spell duration index*), rappresentativo dei "periodi di caldo prolungato e intenso nel corso dell'anno", si colloca al quarto posto fra i più caldi (+29,3 giorni).

Temperatura superficiale del mare

Gli indicatori della temperatura superficiale dei mari italiani (*Sst, sea surface temperature*) sono stati elaborati a partire dai dati forniti dalla piattaforma del *Copernicus marine service* (Cms)³. Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dei mari italiani nel 2024 si colloca al primo posto della serie dal 1982, con un'anomalia di +1,24 °C rispetto alla media climatologica 1991-2020, quasi 0,3 °C superiore al precedente record del 2022. Importanti differenze sono presenti nella distribuzione spaziale delle anomalie, con i valori più elevati, oltre +1,5 °C, su tutto l'Adriatico e nel Golfo di Taranto e marcate anomalie positive, seppure di minore entità, sul Tirreno e sul Canale di Sicilia. Le anomalie medie sono state positive in tutti i mesi dell'anno, con gli scostamenti positivi dai valori normali massimi agosto (+2,16 °C), seguito da luglio (+1,74 °C).

Guardando all'intera serie, a partire dal 2007 le anomalie sono state sempre positive, con l'eccezione del 2010. Escludendo il 2003, gli ultimi quattordici anni hanno registrato le anomalie positive più elevate di tutta la serie (*figura 4*). La tendenza al riscaldamento risulta molto marcata nelle aree del mar Ligure, del mare Adriatico e del golfo di Taranto, con valori del trend prossimi a +0,5 °C/10 anni. I valori più bassi, ma comunque positivi, si registrano nel canale di Sicilia, nel basso Ionio e nel canale di Sardegna.

Precipitazione e siccità

Le precipitazioni cumulate annuali in Italia nel 2024 sono state complessivamente superiori alla media climatologica di circa l'8%. L'anomalia di precipitazione è stata positiva al Nord (+38%), dove il 2024 ha rappresentato il secondo anno più piovoso della serie storica, prossima alla media al Centro e negativa al Sud e Isole (-18%). I mesi relativamente più secchi sono stati novembre (-71%),

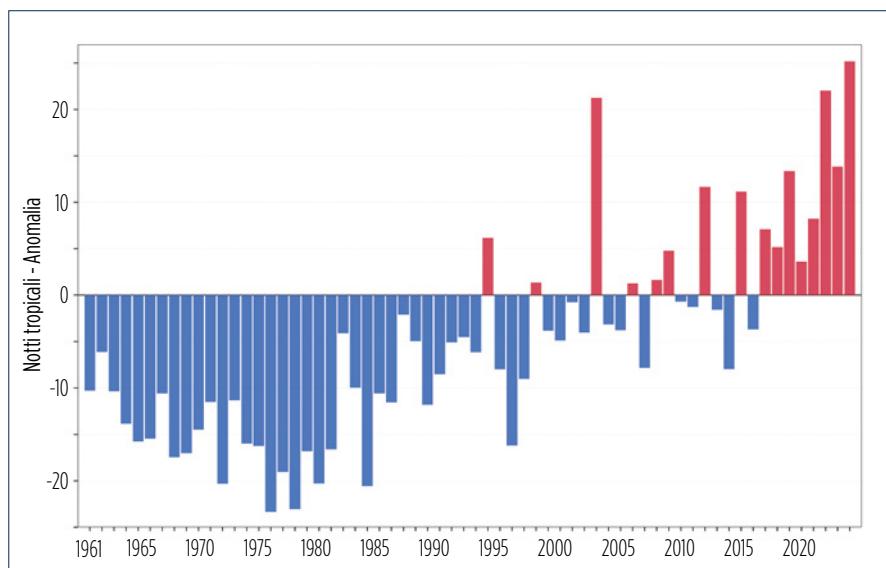


FIG. 3 NOTTI TROPICALI

Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali (con temperatura minima < 0°C) in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.
Fonte: Elaborazione Ispra su dati Scia.



FOTO: PROV. AUT. TRENTO

normalmente tra quelli più piovosi, e luglio (-35%), mentre i mesi con l'anomalia di pioggia più elevata sono stati febbraio (+85%) e marzo (+72%). Le anomalie più marcate si sono avute tutte al Nord: quelle positive a febbraio (+190%) e a marzo (+172%), quella negativa a novembre (-88%). Al Centro si sono registrate anomalie comprese tra -70% (novembre) e +60% (settembre), mentre al Sud e Isole si sono registrate anomalie comprese tra -73% (giugno) e +57% (agosto), con una prevalenza di anomalie negative (figura 5).

L'analisi su base stagionale indica che l'estate è stata meno piovosa della norma (-12%), collocandosi al 24° posto della serie fra le meno piovose, mentre le altre stagioni sono state più piovose della media. La stagione relativamente più piovosa è stata la primavera (+24%), che si colloca all'ottavo posto tra le più piovose, seguita dall'inverno e dall'autunno, che hanno fatto registrare precipitazioni poco sopra la norma. Il deficit di precipitazione osservato nel Sud Italia e nelle isole maggiori ha prolungato le condizioni di siccità e i relativi problemi di severità idrica già manifestati in questi territori a fine 2023 (Snpa, 2024). La Sicilia è stata la più colpita dalla siccità, con poco più di 500 mm di precipitazione totale nel 2024, corrispondenti a circa 13 miliardi di metri cubi, rispetto a una media annua sul lungo periodo 1951-2024 di circa 665 mm, corrispondenti a 17,2 miliardi di metri cubi. Dalle analisi del bilancio idrologico, emergono condizioni di siccità anche in Puglia con un deficit di precipitazione, in termini di volumi totali, del -23% rispetto alla media di lungo periodo, in Molise e Basilicata con un deficit del -20%, in Abruzzo con un deficit del -18% e in Sardegna con un deficit del -15%.

La valutazione dell'intensità, dell'estensione spaziale e della persistenza dei fenomeni di siccità occorsi nel 2024 è stata effettuata sulla base degli indici Spi (*standardized precipitation index*) e Spei (*standardized precipitation-evapotranspiration index*), calcolati a diverse scale di aggregazione temporale. In particolare, alla scala temporale a tre mesi, appare chiara la distinzione tra un Sud Italia e le Isole maggiori afflitte da siccità e un Nord Italia interessato da un surplus di precipitazione. Ciò è ancora più evidente considerando la scala di aggregazione temporale a 12 mesi: i mesi di giugno, luglio e agosto sono quelli in cui si è osservato in termini di Spei, una estensione maggiore, del 32-33%, delle aree in siccità estrema (Spei ≤ -2). Negli

stessi mesi, sempre basandosi sull'indice Spei, la percentuale di territorio nazionale colpito da siccità da severa a moderata ($-2 < \text{Spei} \leq -1$) è stata dell'ordine del 22-24%. Mediamente, su scala annuale, quasi il 50% dell'Italia (prevalentemente

Sud e Isole maggiori) è stato colpito da siccità (figura 6), da estrema a moderata, per l'effetto combinato della riduzione di precipitazione e dell'aumento della quota di evapotraspirazione causato dalle alte temperature.

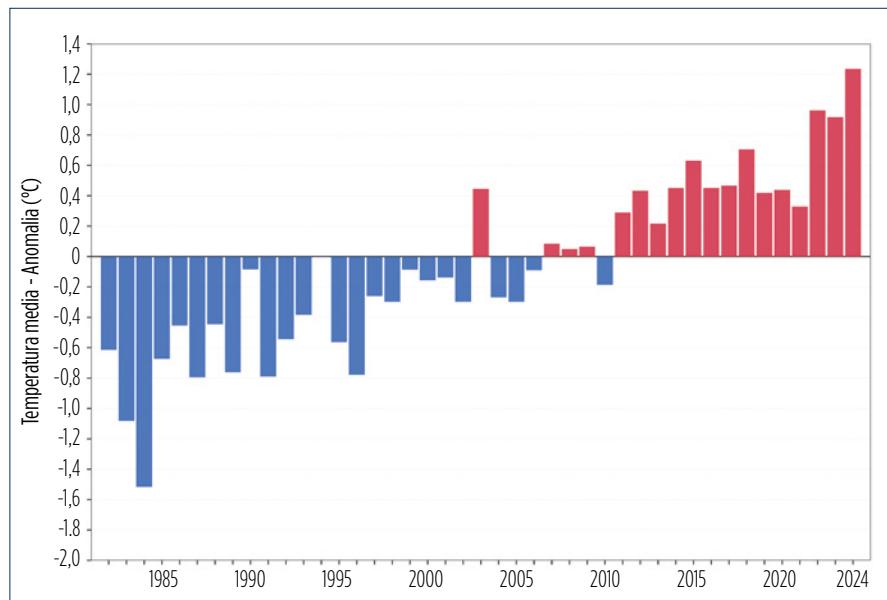


FIG. 4 TEMPERATURA DEL MARE

Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari italiani, nell'intervallo 1982-2024, rispetto al valore normale 1991-2020.

Fonte: Elaborazione Ispra su dati di Sst (sea surface temperature) dal portale Cms-Copernicus marine service.

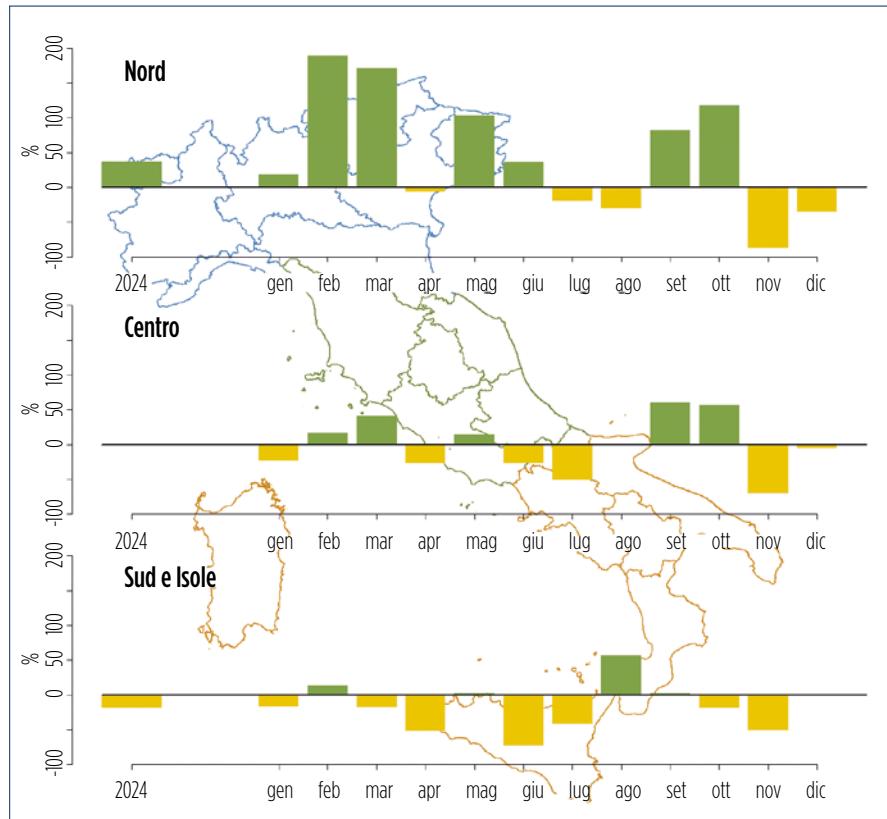


FIG. 5 PRECIPITAZIONI E SICCITÀ

Anomalia media mensile e annuale 2024, espressa in valori percentuali, della precipitazione cumulata Nord, Centro, Sud e Isole, rispetto al valore normale 1991-2020.

Fonte: elaborazione Ispra su valutazioni del Bigbang-bilancio idrologico Gis-based a scala nazionale su griglia regolare (https://groupware.sinanet.isprambiente.it/bigbang-data/library/bigbang_90) dell'Ispra.

L'indice Cdd (*consecutive dry days*), che rappresenta il numero massimo di giorni asciutti consecutivi nell'anno, ha fatto registrare valori abbastanza contenuti su gran parte del territorio nazionale, ma valori elevati su gran parte della Sardegna e della Sicilia, dove si sono avuti fino a 146 giorni secchi consecutivi.

Risorsa idrica

Nel 2024, sulla base delle elaborazioni del modello nazionale Bigbang di bilancio idrologico, la disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile, stimata in 522,8 mm (corrispondenti a 157,9 miliardi di metri cubi), è risultata essere circa il 49% della precipitazione totale annua, a fronte di una quota annuale di evapotraspirazione effettiva di circa il 51%. A livello nazionale, rispetto alla media annua 1991-2020, la disponibilità di risorsa idrica ha fatto registrare nel 2024 un'anomalia positiva del +18%. Ciononostante, la risorsa idrica continua a mostrare, dal 1951 a oggi, un trend negativo, statisticamente significativo (figura 7).

L'aumento complessivo della disponibilità idrica registrato nel 2024 rispetto al 2023, ancora più evidente se confrontato con il 2022, è da attribuire soprattutto alle abbondanti precipitazioni che hanno interessato il Nord del Paese. A fronte di ciò, si è registrato un aumento significativo della disponibilità di risorsa idrica, rispetto alle relative medie storiche, in Veneto (+78%), Piemonte (+73%), Lombardia (+60%), Liguria (+58%) e nelle Province autonome di Trento e Bolzano (+76%).

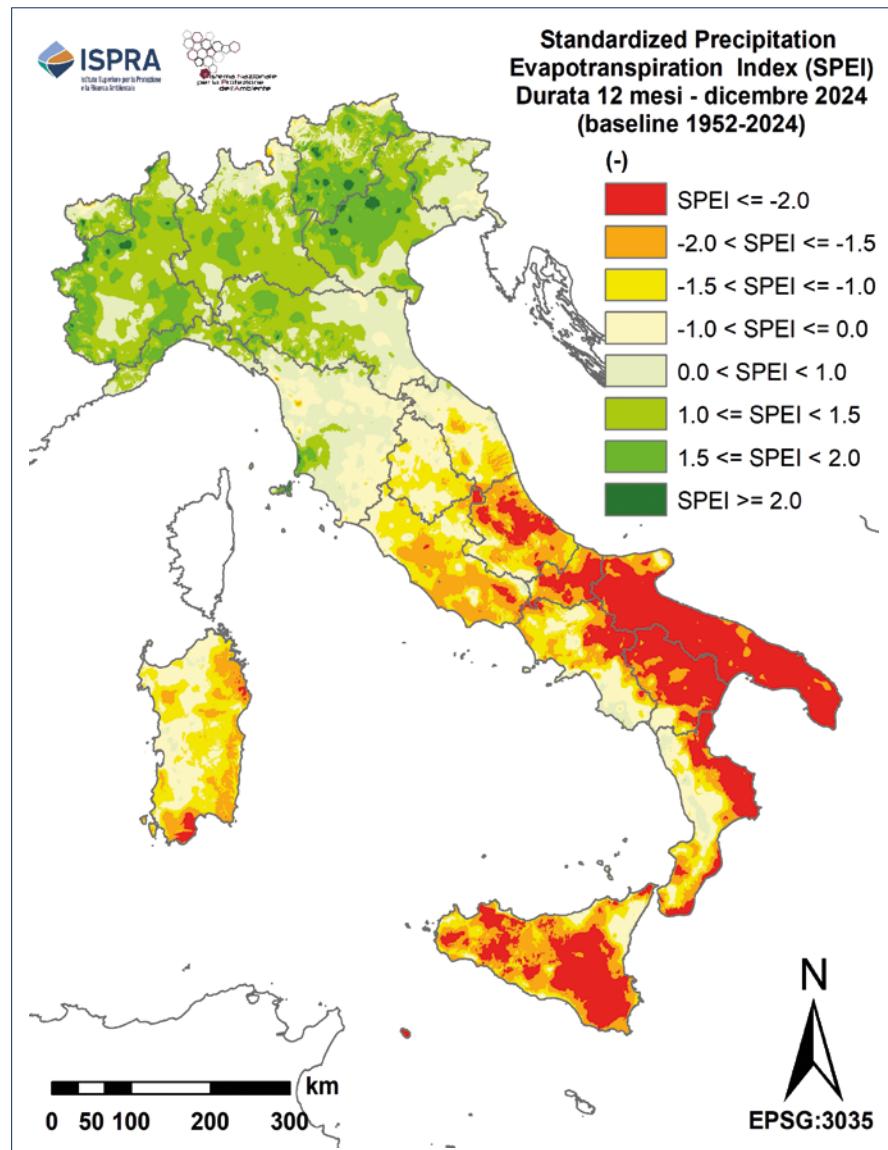


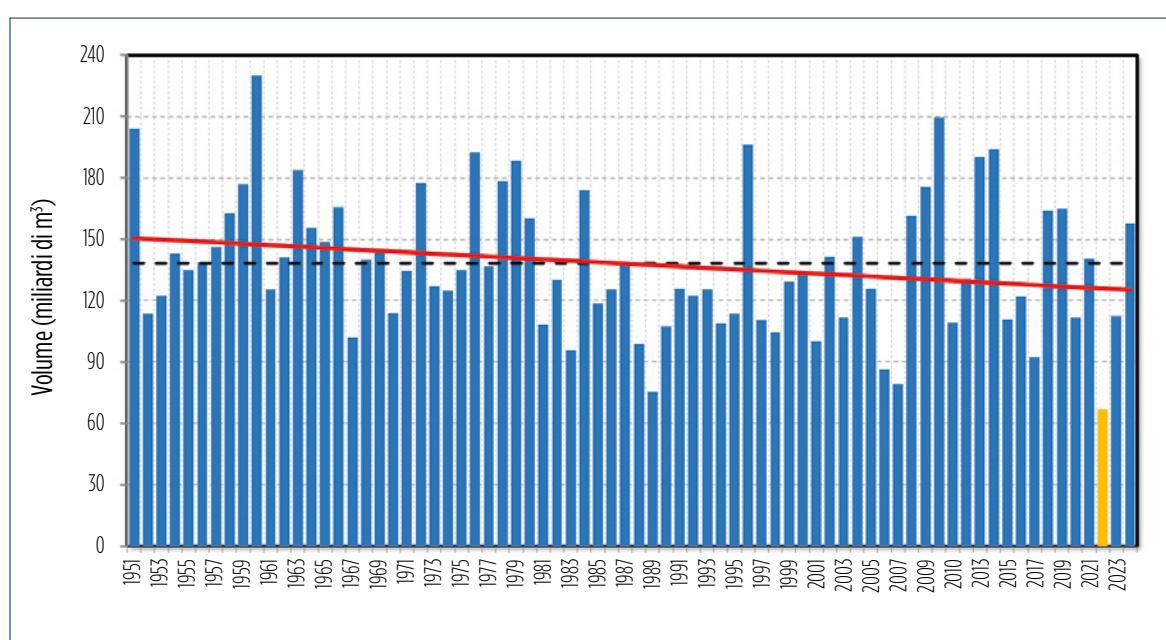
FIG. 6 SPEI-STANDARDIZED PRECIPITATION-EVAPOTRANSPIRATION INDEX
Mappa dello Spei a 12 mesi di dicembre 2024 per l'Italia.
Fonte: Elaborazione Ispra su valutazioni del Bigbang.

FIG. 7
BILANCIO
IDROLOGICO

Disponibilità naturale di risorsa idrica rinnovabile (Internal Flow) nel periodo 1951-2024, con indicazione della media di lungo periodo e della linea di tendenza (trend). Il dato del 2022 evidenziato in giallo rappresenta il minimo storico della serie.

— Internal Flow
- - - Media Internal Flow
— Linea di tendenza Internal Flow

Fonte: elaborazione Ispra su valutazioni del Bigbang.



Per contro, il deficit di precipitazione osservato in Sicilia ha avuto un impatto diretto sulla disponibilità naturale di risorsa idrica, che si è attestata intorno ai 3,3 miliardi di metri cubi, quasi la metà rispetto alla media di lungo termine (circa 6,5 miliardi di metri cubi). Secondo le analisi condotte, anche altre regioni hanno registrato nel 2024 importanti deficit nelle disponibilità di risorsa idrica. Rispetto ai corrispondenti valori medi di lungo periodo, la risorsa idrica è risultata inferiore del 63% in Molise, del 55% in Sardegna, del 57% in Puglia, del 52% in Abruzzo, del 46% in Basilicata, del 39% nel Lazio e del 36% in Calabria. La criticità della situazione in Sicilia è stata riscontrata dal proprio Osservatorio permanente distrettuale sugli utilizzi idrici che ha assegnato, a partire da febbraio 2024, lo stato di severità idrica alta sia per il comparto idropotabile sia per il comparto agricolo. Tale severità è attualmente ancora presente sull'intero territorio della Sicilia. Il 6 maggio 2024 è stato dichiarato per la Sicilia lo stato di emergenza da parte del Consiglio dei ministri, prorogato il 9 maggio 2025 di altri 12 mesi.

Eventi estremi

Numerosi sono stati gli eventi idro-meteo-climatici e meteo-marini significativi che hanno caratterizzato il 2024, causando impatti sulle persone, sulle attività sociali ed economiche e sull'ambiente. Oltre agli eventi di siccità,

alle onde di calore e alle anomalie stagionali e record del livello medio del mare osservati a Venezia, fra i più rilevanti riportati nel rapporto Snpa è da menzionare l'alluvione del 29-30 giugno che ha interessato la Valle d'Aosta e il Piemonte settentrionale, causata da precipitazioni che hanno raggiunto localmente e in poco tempo valori molto alti ed eccezionali. Molteplici sono stati gli effetti al suolo: fenomeni di esondazione, colate detritiche, erosioni dei torrenti e alluvioni.

Nel corso dei primi mesi dell'autunno, l'Emilia-Romagna è stata nuovamente colpita da importanti fenomeni alluvionali a seguito del passaggio di diversi sistemi depressionari, alcuni dei quali hanno riversato localmente quantitativi di precipitazioni eccezionali che, in un contesto di suoli generalmente già saturi, hanno causato ingenti danni al territorio.

Tra la tarda serata del 26 e la mattina del 27 ottobre la Sardegna è stata interessata da precipitazioni temporalesche intense e localmente persistenti. L'area più colpita è stata quella sud-occidentale, dove le stime radar hanno riportato massimi localmente superiori a 400 mm in 6 ore tra Vallermosa e Siliqua. L'evento ha provocato numerose criticità sul territorio, quali allagamenti di centri abitati, frane ed esondazioni di piccoli corsi d'acqua.

Emanuela Piervitali, Stefano Mariani

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra)

NOTE

¹ C3S-Copernicus climate change service (servizio tematico del *Copernicus earth observation programme* dell'Unione europea), European state of the climate 2024 (<https://climate.copernicus.eu/esotc/2024>) e Global climate highlights 2024 (<https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>).

² Etccli, *Expert team on climate change detection and indices* (https://etccli.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml).

³ Il Cms (*Copernicus marine service*) è uno dei 6 servizi tematici operativi del *Copernicus earth observation programme* dell'Unione europea (<https://marine.copernicus.eu>).

⁴ Lo stato di severità idrica a scala nazionale ([www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/SeverIdrica.html](https://isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/SeverIdrica.html)) è definito sulla base delle risultanze degli osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici, organi delle autorità di bacino distrettuale.

BIBLIOGRAFIA

Snpa, *Il clima in Italia nel 2024*, Report ambientali Snpa, n. 44/2025.

Snpa, *Il clima in Italia nel 2023*, Report ambientali Snpa, n. 42/2024.



UN 2024 DI ANOMALIE CLIMATICHE IN EMILIA-ROMAGNA

IL RAPPORTO IDROMETEOCLIMA DI ARPAE DESCRIVE NEL DETTAGLIO GLI EVENTI OSSERVATI NELL'ANNO, VALUTANDONE L'INTENSITÀ NEL CONTESTO DELLA VARIABILITÀ DI LUNGO PERIODO. IL 2024 È STATO L'ANNO PIÙ CALDO E PIÙ PIOVOSO DAL 1961. IL RAPPORTO È ACCOMPAGNATO DA UN VIDEO CON I CONTENUTI PIÙ SIGNIFICATIVI.

Nel 2024, per il terzo anno di fila, l'Emilia-Romagna è stata interessata da intense anomalie climatiche, in parte eccezionali. Infatti, il 2022 è stato segnato sia da un'intensa siccità, che ha interessato buona parte delle regioni italiane e in particolare il bacino del fiume Po, sia da un record nell'indice della temperatura media annua regionale. Nei successivi due anni le temperature hanno subito un ulteriore seppur contenuto rialzo, accompagnate da precipitazioni abbondanti e a tratti eccezionali.

Quadro complessivo

Dalla *figura 1*, che riporta la temperatura media annua regionale, si può notare che negli ultimi tre anni si è assistito a una nuova accelerazione nell'aumento delle temperature a livello locale: il trend di lungo periodo dell'indice presenta infatti un valore particolarmente intenso tra il 1980 e il 2000, per poi mantenersi su livelli più contenuti nei primi vent'anni del nuovo secolo e tornare a intensificarsi a partire dal 2022. Nel 2024, queste condizioni generali si sono tradotte in un elevato numero di notti con temperatura minima superiore a 20 °C (notti tropicali, in *figura 2*): l'indice ha assunto il secondo valore più alto della serie dopo il 2003, raggiungendo le 75 notti tropicali nell'area metropolitana di Bologna. Parallelamente, il numero di giorni con gelo, in cui la temperatura minima è stata inferiore a 0 °C, è stato il terzo più basso dal 1961, mentre il numero di giorni caldi, in cui la temperatura massima ha superato i 30 °C, è stato il quarto più alto della rispettiva serie. Questi risultati suggeriscono come le anomalie termiche abbiano accompagnato tutte le stagioni dell'anno 2024, con brevi intervalli nei mesi di maggio e di novembre, lievemente più freddi della norma. Anche la temperatura del mare, misurata a circa 10 km dalla costa adriatica, nel

2024, ha assunto valori medi mensili nettamente superiori al clima 2008-2023, con anomalie mensili maggiori di 3 °C nel mese di marzo e da luglio a settembre. A queste condizioni si lega anche il valore particolarmente elevato dello zero termico, la quota più alta della troposfera alla quale la temperatura dell'aria assume un valore di 0 °C, che in inverno coincide con la quota neve. In pianura, il valore medio annuo di questo indice è stato il più alto mai registrato dal 1986; le anomalie termiche osservate in superficie nel corso dell'anno sono quindi strettamente correlate a quelle di un consistente strato di atmosfera sovrastante.

D'altro canto, come si può notare dalla *figura 3*, le precipitazioni totali medie regionali del 2024 hanno raggiunto un valore di 1.208,2 mm, il più alto dal 1961, di poco superiore a quello del 2010. Un valore così elevato è in parte dovuto a precipitazioni continuativamente abbondanti nel corso di gran parte

dell'anno, ma anche a numerosi eventi meteorologici associati a precipitazioni giornaliere e orarie molto intense: le piogge intense giornaliere, quelle

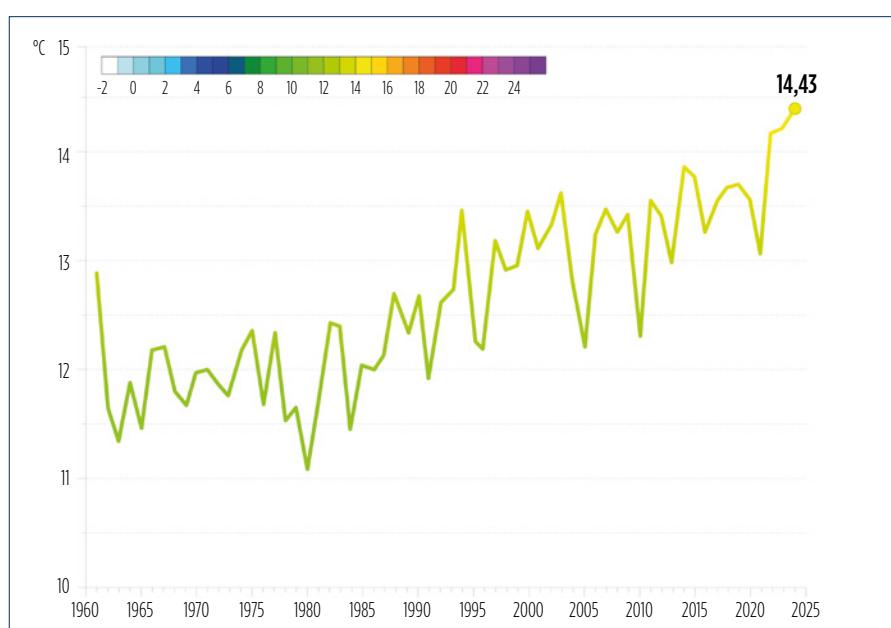


FIG. 1 TEMPERATURA MEDIA
Andamento temporale della temperatura media annua regionale dal 1961 al 2024.

Fonte dati: griglia Erg5-Eraclito4, Osservatorio clima Arpa

FIG. 2
NOTTI TROPICALI

Mappa del numero di notti tropicali (con temperatura minima superiore a 20°C) per il 2024.

Fonte dati: griglia Erg5-Eraclito4, Osservatorio clima Arpae

superiori al 95° percentile dei dati dal 1990, hanno segnato un nuovo record sia a livello regionale sia per la pianura piacentina. La frequenza di piogge orarie intense, cioè il numero di volte in cui sono state osservate precipitazioni superiori a 30 mm/h, è stata la quarta più alta dal 2004.

Andamento stagionale

Complessivamente l'inverno meteorologico (dicembre 2023, gennaio e febbraio 2024) è stato il più caldo dal 1961, con una temperatura media di 6,62 °C, superiore alla norma climatica (1991-2020) di 2,76 °C. Nonostante le precipitazioni siano state abbondanti, il manto nevoso in questi mesi è risultato scarso, a causa di una netta riduzione nel numero di nevicate, osservate solo nei primi giorni dell'anno e a cavallo tra febbraio e marzo. La neve è tornata a imbiancare i rilievi fino a bassa quota nell'ultima decade di marzo, in corrispondenza di un intenso calo termico, piuttosto insolito per la stagione. La primavera è stata caratterizzata da un'intensa variabilità termica. Marzo è stato il quarto più caldo dal 1961. Ad aprile le temperature sono oscillate tra massimi e minimi storici e a maggio le anomalie termiche mensili sono risultate negative. In questi mesi le precipitazioni sono risultate abbondanti, ma non eccezionali, spesso anche a carattere convettivo; in particolare, tra il 14 e il 16 maggio sono stati registrati forti temporali anche a carattere di supercella, associati a intense grandinate e vento forte, che hanno causato gravi danni alle

colture agricole, e un tornado a Gualtieri (RE), che ha fortemente danneggiato il cimitero.

L'estate nel complesso è stata molto calda, la quarta dal 1961, con un valore medio di 24,03 °C, superiore al clima 1991-2020 di +1,54 °C. I mesi più caldi sono stati luglio e agosto, il terzo e il quarto più caldo delle rispettive serie. In particolare, tra l'8 luglio e il 17 agosto le temperature si sono mantenute sempre particolarmente alte e si sono verificate ondate di calore. In questo periodo l'indice di Thom, una grandezza che tiene conto della combinazione di temperature elevate e alti tassi di umidità e del loro effetto sul corpo umano, ha spesso raggiunto o superato la soglia di

disagio bioclimatico. Nel 2024, il numero di giorni in cui l'indice ha superato tale soglia ha segnato a livello regionale un nuovo record dal 2001, con valori che nei principali centri urbani sono oscillati tra i 28 giorni di Forlì-Cesena e i 54 giorni di Ferrara, passando per i 39 giorni di disagio osservati nel capoluogo regionale.

Le precipitazioni estive sono risultate in generale inferiori alla media a eccezione del mese di giugno, quando tra il 23 e il 27 giugno la regione è stata interessata da precipitazioni intense e persistenti, con cumulate complessive superiori a 150 mm su un'ampia area dell'Appennino centrale emiliano e valori massimi di 247,8 mm a Neviano degli Arduini (PR, 513 m s.l.m.).

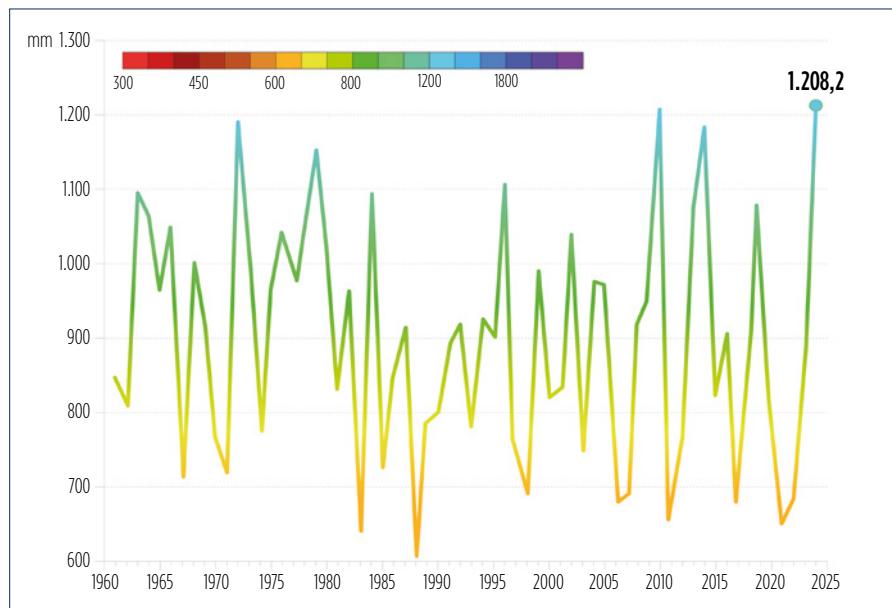
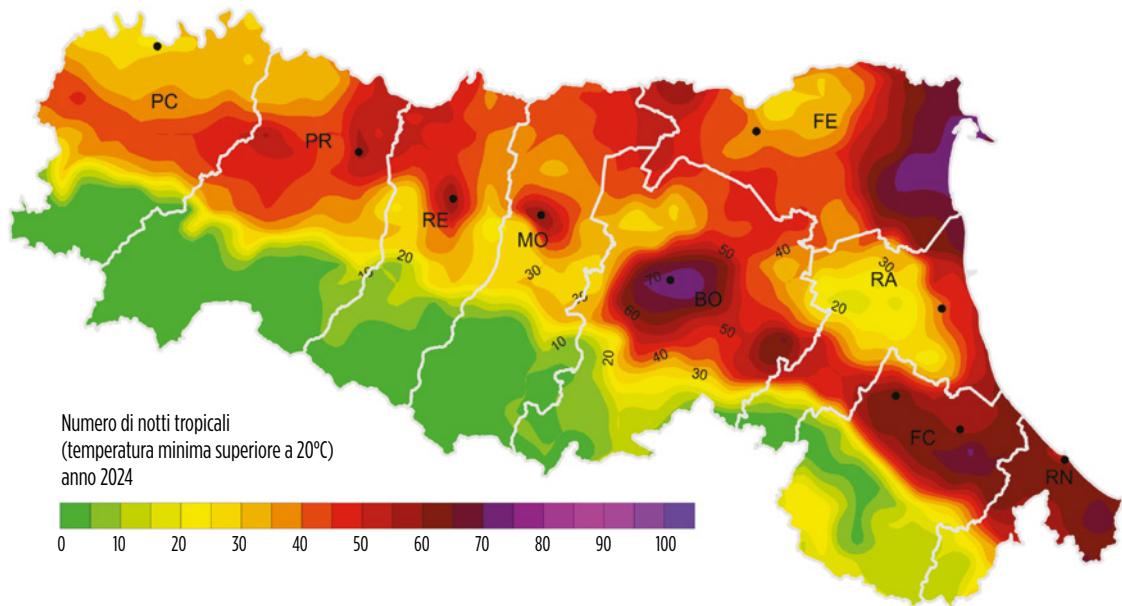


FIG. 3 PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA

Andamento temporale della precipitazione totale annua media regionale dal 1961 al 2024.

Fonte dati: griglia Erg5-Eraclito4, Osservatorio Clima Arpae.

Nel corso dell'evento è stata più volte superata la soglia di intensità oraria di 30 mm/h in diverse stazioni della rete di monitoraggio e sono stati stimati tempi di ritorno superiori a 100 anni per le cumulate massime su 6 ore rilevate presso le stazioni di Ponte Cavola (RE, 367 m slm) e Ponte Samone (MO, 226 m slm) e per quelle su 12 e 24 ore rilevate presso 18 stazioni. Il 24 giugno, la precipitazione giornaliera media areale per la macroarea montana di Parma, Reggio Emilia e Modena (Macroarea E) ha segnato un nuovo record dal 1961 con un massimo di 176,2 mm a Ponte Samone (MO, 226 m slm). Le precipitazioni hanno causato allagamenti locali, diffuse erosioni spondali, trasporto solido, frane e colate di fango con la conseguente chiusura di strade e disagi al traffico.

L'autunno, pur con una certa variabilità intra-stagionale, ha avuto temperature superiori alla norma; le precipitazioni invece sono state eccezionali, superando nei mesi di settembre e ottobre i rispettivi valori mensili climatici 1991-2020 di oltre il 100%. Settembre 2024 è stato il secondo più piovoso dopo il 1973, mentre ottobre il terzo più piovoso, dopo il 1964 e il 1992. Nonostante le scarse precipitazioni di novembre, il terzo meno piovoso dal 1961, l'autunno è risultato complessivamente il secondo più piovoso dopo quello del 1966. Le intense precipitazioni di settembre e ottobre hanno saturato i suoli in ampie aree della pianura, provocando l'innalzamento del livello della falda ipodermica.

Particolare attenzione meritano gli eventi eccezionali del 17-19 settembre e del 17-20 ottobre 2024.

FIG. 5
ALLUVIONE
SETTEMBRE 2024

Sintesi delle criticità idrauliche sui corsi d'acqua, sovrapposte all'immagine satellitare dei territori allagati dalle piene dal 17 al 19 settembre 2024

Fonte dati: Protezione civile Regione Emilia-Romagna

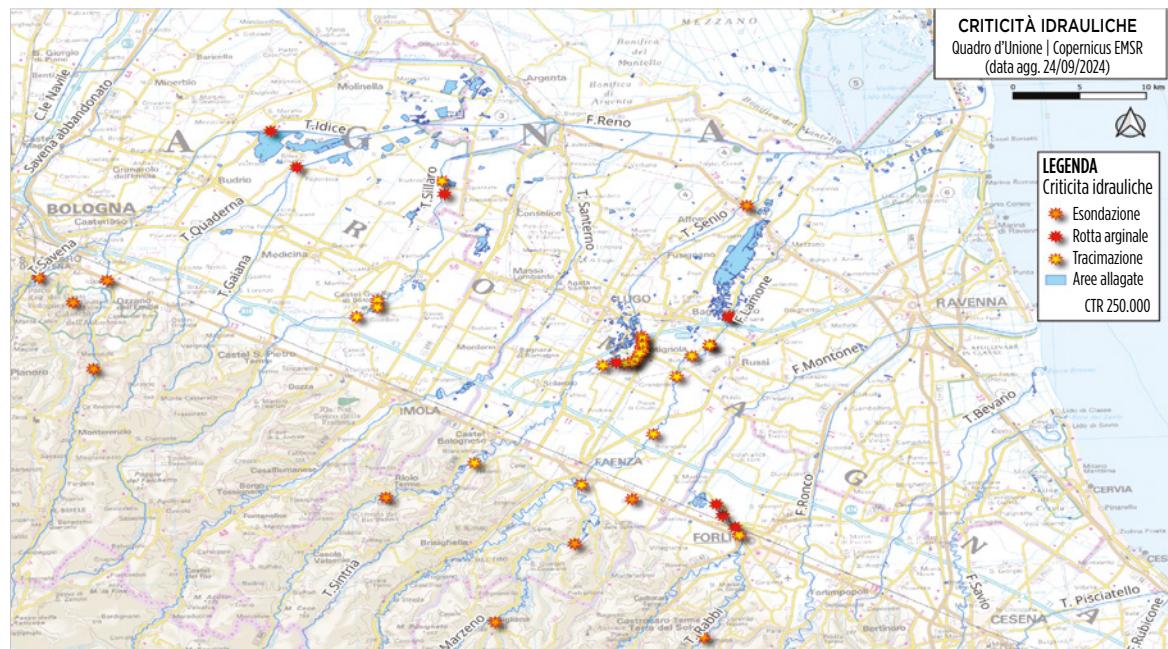


Tra il 17 e il 19 settembre, in corrispondenza del passaggio della tempesta Boris, l'Emilia orientale e la Romagna sono state colpite da precipitazioni intense e persistenti che hanno raggiunto un massimo di cumulata di evento pari a 360 mm presso la stazione di S. Cassiano sul Lamone (RA, 226 m s.l.m.). Come riportato nella *figura 4* per alcune stazioni della Romagna, per i massimi valori di precipitazione cumulata su 6, 12 e 24 ore sono stati stimati tempi di ritorno anche superiori a 200 anni. Le precipitazioni hanno causato esondazioni, tracimazioni, roture arginali e frane e sono state accompagnate da una mareggia che ha prodotto limitati impatti sulla costa ravennate e cesenate, ma ingenti accumuli di materiale trasportato dalle piene dei fiumi (*figura 5*).

Tra il 17 e il 20 ottobre si sono verificati forti temporali sulla costa romagnola, con conseguenti allagamenti nella zona di Cesenatico, e successive precipitazioni intense e persistenti che hanno interessato l'entroterra fino alla zona collinare centrale, come si può vedere dalla mappa in *figura 6*. In questo

caso, come riportato in *figura 7*, l'area più colpita è stata quella del bolognese, con un massimo di 180 mm in 24 ore rilevato a Pianoro (BO, 174 m slm). In quest'area sono stati osservati gli impatti più significativi, tra cui tracimazioni, allagamenti, rotture arginali e una vittima. Nonostante sui crinali l'umidità del suolo sia successivamente diminuita, in pianura le condizioni di saturazione sono rimaste in gran parte al di sopra della norma climatica per la rimanente parte dell'anno. L'anno si è concluso con un dicembre caratterizzato da precipitazioni e temperature nella norma, fatta eccezione per gli ultimi giorni dell'anno quando le temperature si sono alzate a seguito di un'intensa avvezione caldo-umida da sud e sud-ovest.

È proprio dicembre il mese in cui sono state osservate le nevicate più estese, in corrispondenza dell'evento tra i giorni 7 e 10 del mese. Questo episodio è descritto in *figura 8* attraverso i dati di estensione del manto ottenuti dai dati satellitari Copernicus, e i dati di altezza totale del manto osservati dai Carabinieri Forestali, dai nivometri automatici di Arpae e dagli osservatori volontari di Arpae-Simc.



Idrologia superficiale e sotterranea e mare

Per le portate del fiume Po, il 2024 è stato un anno molto al di sopra della norma: la portata media annua a Pontelagoscuro è risultata pari a $2.150 \text{ m}^3/\text{s}$, la terza più elevata dal 1970, dopo quelle del 1977 e del 2014 e confrontabile con quella del 2002. In particolare, nella stazione di Pontelagoscuro, il fiume Po ha raggiunto a marzo 2024 una portata di $3.150 \text{ m}^3/\text{s}$, il terzo valore più alto degli ultimi 100 anni, dopo quelli del 1972 e del 1978.

Le portate dei fiumi regionali sono risultate nel complesso decisamente superiori alla norma, con andamento dei deflussi variabile nel corso dell'anno e disomogeneo sul territorio, che ha visto locali fenomeni di scarsità idrica nei mesi estivi in Romagna ed estesi fenomeni alluvionali a giugno nel territorio emiliano e a settembre e ottobre in tutta la regione.

Le abbondanti precipitazioni, soprattutto quelle autunnali, hanno provocato nel 2024 un deciso innalzamento del livello delle acque sotterranee a scala regionale rispetto ai livelli del 2023, raggiungendo in diversi corpi idrici i massimi assoluti dal 2002. In particolare, in tutto il territorio pedecollinare e di pianura, i livelli di falda nelle stazioni di monitoraggio nel 2024 sono risultati per il 46% stazionari, per il 45% in aumento (meno profondi) e per il restante 9% in diminuzione (più profondi) rispetto ai valori medi del periodo 2002-2023.

Infine, dal punto di vista marino, il 2024 ha presentato una distribuzione delle onde che conferma l'andamento del clima del periodo 2008-2023, con direzione dominante di provenienza da est. Dal punto di vista delle mareggiate, l'anno è stato non molto energetico, con un numero di eventi pari a 19, di cui nessuno di classe severa e 3 di classe significativa, e valori di durata ed energia simili a quelli tipici della serie storica.

Recentemente il Rapporto è stato affiancato da un breve video che ne sintetizza i contenuti, disponibile sul canale YouTube di Arpae al link www.youtube.com/watch?v=lZS3bU4cIIQo

Valentina Pavan, Gabriele Antolini, Caterina Nucciotti, Alice Vecchi

Osservatorio clima, Arpae Emilia-Romagna

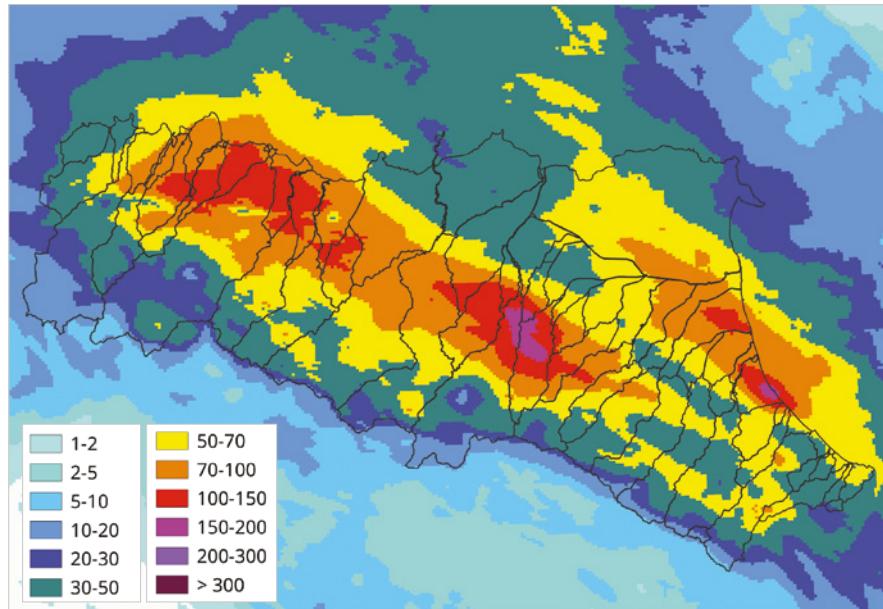


FIG. 6 PRECIPITAZIONI 19-20 OTTOBRE 2024

Precipitazioni cumulate (mm) su 24 ore dalle 06:00 del 19/10/2024 alle 06:00 del 20/10/2024. Dati radar calibrati con i dati pluviometrici. Le linee nere indicano i confini dei bacini e sottobacini idrologici.



FIG. 7
EVENTI ESTREMI

Sintesi dell'evento del 17-20 ottobre 2024.

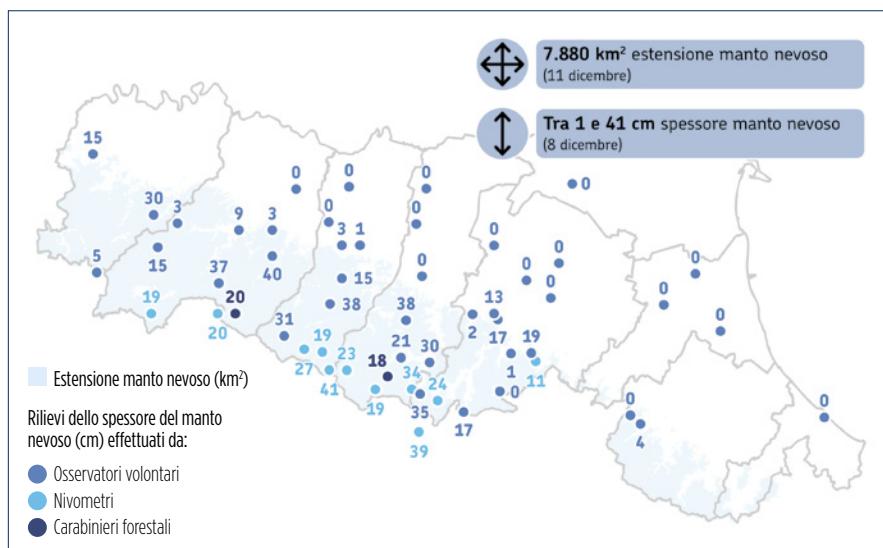


FIG. 8 MANTO NEVOSO

Estensione e altezza del manto nevoso l'11 dicembre a seguito di alcune nevicate, di cui l'ultima il giorno 10, e valori osservati di altezza del manto il giorno 8 (nivometri, Osservatori Simc e stazioni dei Carabinieri forestali).

Fonte dati: elaborazioni a partire da dati Copernicus Sentinel, Carabinieri forestali, Arpae e Osservatori volontari Arpae-Simc.

CHE COSA VUOL DIRE PARLARE DI CAMBIAMENTI CLIMATICI

IL CLIMA STA CAMBIANDO, A CAUSA NOSTRA, OCCORRE FARE QUALCOSA. QUESTE SONO LE TRE PARTI DI UN MESSAGGIO COMPLESSO E ARTICOLATO CHE TOCCA E INFLUENZA PARTI DIVERSE DI NOI, RENDENDO DIFFICILE E FRAMMENTATA LA NOSTRA CONSAPEVOLEZZA E CAPACITÀ DI ACCETTAZIONE.

La comunicazione dei cambiamenti climatici ha per oggetto ciò che il filosofo britannico Timothy Morton definisce un “iper-oggetto”, ovvero qualcosa in cui siamo immersi, ma di cui non siamo in grado di vedere i confini. Come comunicare questa complessità è uno dei temi più centrali del dibattito sui cambiamenti climatici. Per indagare questo aspetto, però, non basta concentrarsi unicamente sulle reazioni delle persone a questo messaggio, ma è necessario soffermarsi anche sul contenuto del messaggio stesso. Come visto nel contributo precedente¹, le nostre reazioni sono dettate da esperienze, modelli mentali e culturali, valori e visioni del mondo molto personali e differenziate, pressoché impossibili da contemplare nella loro varietà da parte di chi comunica, per quanto oculato possa essere il modo di comunicare. Interrogarsi anche sul contenuto effettivo del messaggio significa chiedersi quali distinte informazioni specifiche vengono veicolate quando si parla di cambiamenti climatici e quale effetto queste diverse informazioni hanno su chi le ascolta. “Spacchettare” il contenuto del messaggio non serve tanto a carpirne la complessità, che altrimenti non sarebbe tale, è utile piuttosto per fare un passo in più: se è vero che la consapevolezza dei cambiamenti climatici cambia da persona a persona, può essere che essa possa cambiare anche all’interno di uno stesso individuo in base a quale porzione di messaggio sta ascoltando? E se così fosse, cosa rende frammentata la nostra percezione?

Il contenuto del messaggio

Quando parliamo di cambiamenti climatici diciamo principalmente tre cose: che il clima sta cambiando o è già cambiato, che sta succedendo a causa nostra, che dobbiamo fare qualcosa.

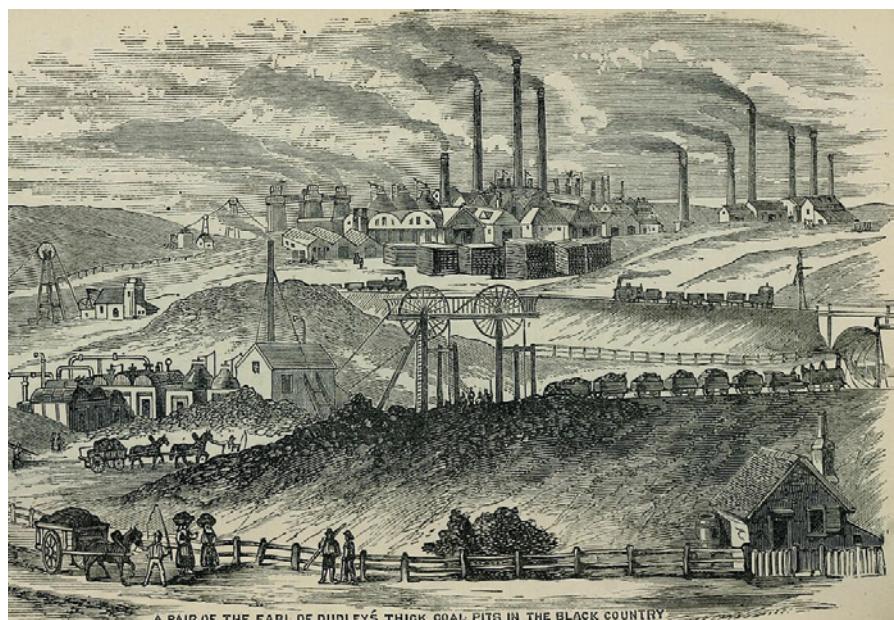


IMMAGINE TRATTA DA SAMUEL GRIFFITH, "GUIDE TO THE IRON TRADE OF GREAT BRITAIN"

Semplificando, le informazioni essenziali sono quindi almeno tre e distinte. Ed è logico pensare che anche il loro risvolto percettivo e psicologico non sia univoco, che le persone non accolgano in blocco queste informazioni e che le tre distinte parti possano suscitare effetti diversi tra loro e toccare parti diverse di noi. Capire esattamente che cosa muovano in noi queste porzioni del messaggio non è possibile, ma si può tentare di vedere come cambia la nostra consapevolezza prima, la capacità di accettarle poi e infine di agire.

Diverse cosapevolezze

La nostra consapevolezza è influenzata, tra le altre cose, dalla capacità di comprendere il messaggio dal punto di vista scientifico e dalla percezione; la prima dipende da aspetti più logico-razionali, la seconda da aspetti più istintivi, emozionali e valoriali; entrambi questi aspetti sembrano essere stimolati in modo diverso dalle tre porzioni del messaggio in questione.

La prima informazione – il clima è cambiato e sta cambiando – da un punto di vista scientifico non è difficile da comprendere, perché frutto di una serie di misure operate da strumenti che, anche se sofisticati, sono abbastanza conosciuti e familiari (i termometri, per intenderci), che dimostrano che le temperature sono in aumento da diversi anni. Sappiamo che i dati scientifici spesso non bastano a convincere, ma in questo caso anche la percezione comune sta andando nella stessa direzione, corroborando la consapevolezza: da qualche anno, infatti, l’aumento delle temperature e l’alterazione del clima sono chiaramente percepibili e i loro effetti visibili. Anche la seconda porzione del messaggio – la causa è nostra – ha basi scientifiche, ma il fatto che l’aumento delle temperature sia dovuto all’esponeziale aumento delle emissioni antropiche di gas serra è più difficile da dimostrare. Per farlo si utilizzano dei modelli matematici che simulano, attraverso una serie di equazioni fisiche, il funzionamento del sistema climatico²; questo metodo, oltre a essere in sé molto

complesso e inevitabilmente basato su approssimazioni, quindi soggetto a maggiore incertezza rispetto alle misure dirette, è poco conosciuto ai più e di difficile comprensione. Inoltre, a livello percettivo, è difficile avere certezza del fatto che con le nostre attività produciamo delle sostanze (i gas serra), oltretutto invisibili, in grado di modificare il sistema climatico.

L'ultima parte del messaggio - dobbiamo fare qualcosa - è la più problematica: per dimostrare l'impatto positivo sul clima della riduzione delle emissioni si usano metodologie simili alla precedente, ma in questo caso, essendo applicate al futuro, l'incertezza a loro intrinseca è maggiore, e la nostra capacità di comprenderle probabilmente minore. A livello percettivo, se è difficile credere a qualcosa che è già avvenuto, ovvero che le nostre azioni hanno avuto conseguenze così estreme, è ancora più difficile immaginare di avere un ruolo e una responsabilità determinanti (come individui e come parte della collettività) nel contrastare le conseguenze future dei cambiamenti climatici.

Diverse capacità di accettare

Al di là delle argomentazioni precedenti, che certamente influenzano la nostra capacità di interiorizzare il messaggio nel suo insieme, c'è un altro piano che distingue le tre informazioni, ed è la sfera dell'accettazione. La nostra capacità di accettare un messaggio deriva da numerosi aspetti più o meno intimi, che vanno da semplici questioni di convenienza ai più profondi codici interiori. Analizzando le tre porzioni del messaggio ci accorgiamo che esse hanno un peso diverso sulla vita, le scelte e le abitudini personali. In sostanza, dalla prima all'ultima informazione, questi aspetti vengono messi sempre più in discussione; che il clima stia cambiando non comporta necessariamente un'azione personale, la necessità di cambiamenti concreti si insinua, ma ancora sotto forma di ipotesi, a partire dalla seconda informazione, mentre è esplicitamente espressa nella terza porzione del messaggio, "bisogna fare qualcosa". È difficile stabilire fino a che punto il gradimento di un'informazione influenzi la nostra capacità di interiorizzarla, ma certo è che un messaggio che ci mette profondamente in discussione può facilmente incorrere in forme di rifiuto e destabilizzazione.

La capacità umana di accettare, come accennato sopra, non dipende solo da

questo, ma anche da aspetti più profondi. Per parlarne bisognerebbe attingere alla filosofia, all'etica, alla spiritualità, alla psicologia e non solo. In questo spazio, invece, ci possiamo limitare a un'ultima riflessione: forse la nostra capacità di accettare quelle tre porzioni del messaggio diminuisce perché aumenta, man mano, il dolore che ne deriva? Perché sapere che ne siamo la causa ci fa soffrire di più di sapere soltanto che il clima sta cambiando? E forse perché sentire il peso del futuro del mondo sulle nostre spalle non è tollerabile? C'è un verso di Thomas S. Eliot che lo dice con grande semplicità: "*Humankind cannot bear very much reality*"³.

Ampliare il messaggio

Ecco, forse, come mai agire è così difficile. E come mai anche la persona che si ritiene più consapevole e informata può ritrovarsi a vivere non tanto diversamente da chi nega i cambiamenti climatici in maniera più esplicita. Insomma, raggiungere una consapevolezza autentica non è facile per nessuno. E anche con le migliori intenzioni, tutta questa realtà rimane difficile da sopportare, e interiorizzare completamente.

Negli ultimi anni la scienza e la comunicazione dei cambiamenti climatici hanno ampliato il proprio raggio di indagine, aprendosi alle discipline sociali e a nuovi approcci. Tuttavia, il cambiamento culturale che la crisi climatica ci impone, e che forse si comincia a intravedere, appare complessivamente ancora lontano. Nella speranza che l'obiettivo della comunicazione climatica sia proprio questo, ci chiediamo: cosa potremmo aggiungere a un messaggio che si concentra prevalentemente sulle tre porzioni finora analizzate? Forse la comunicazione dei cambiamenti climatici deve ampliare la propria sfera

di esplorazione e spingersi, almeno, a due livelli ulteriori.

Il primo livello, che va verso l'esterno, consisterebbe nel mostrare i cambiamenti climatici come parte di una stortura più grande, che riguarda il nostro sistema economico-sociale, e della quale è sempre fondamentale (fare) vedere e mettere in relazione tutte le manifestazioni. Il secondo livello dovrebbe invece andare verso l'interno e scavare nel profondo di noi, per indagare i limiti che ci riguardano direttamente, che è forse il primo fondamentale passaggio per innescare il cambiamento culturale auspicato.

Date queste premesse, il compito di chi si occupa di comunicazione appare troppo gravoso e quasi scoraggiante, soprattutto se pensiamo che anche i mittenti di questo messaggio sono, come tutti, immersi nella sua complessità e frammentati nel farne esperienza. A questi e altri limiti è dedicato l'ultimo episodio di questa raccolta.

Alice Vecchi, Gabriele Antolini

Arpae Emilia-Romagna

NOTE

¹ Questo articolo è il terzo di quattro contributi sulla comunicazione dei cambiamenti climatici. I primi due articoli sono pubblicati in *Ecoscienza* n.1/2025 ed *Ecoscienza* n.2/2025.

² Le simulazioni permettono di rappresentare scenari climatici teorici, con o senza il contributo antropico (emissioni), e di verificare quale dei due scenari approssimi meglio la realtà delle osservazioni.

³ Eliot T.S., "Burnt Norton", *Four Quartets*, 1938.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Morton T., 2018, *Iperoggetti. Filosofia ed ecologia dopo la fine del mondo*, Nero, Roma.
- Climate psychology alliance, 2022, *Handbook of climate psychology*.
- Fantini A., 2023, *Un autunno caldo. Crisi ecologica, emergenza climatica e altre catastrofi innaturali*, Codice edizioni.
- Cappi V., 2023, *Immaginare l'altrove nell'epoca dell'Antropocene. Media, confini e cambiamenti climatici*, FrancoAngeli, Milano.
- Jamieson D., 2021, *Il tramonto della ragione. L'uomo e la sfida del clima*, Treccani.
- Beck U., 2017, *La metamorfosi del mondo*, Laterza, Bari-Roma.
- Van Aken M., 2020, *Campati per aria*, Eléuthera editrice, Milano.

DOPPIA MATERIALITÀ: OBBLIGO O STRUMENTO STRATEGICO?

IL PRINCIPIO DELLA DOPPIA MATERIALITÀ, SE BEN METABOLIZZATO E GOVERNATO DAGLI ATTORI INTERESSATI, RAPPRESENTA UN'IMPORTANTE OPPORTUNITÀ PER RENDERE L'ATTIVITÀ DI REPORTING ANCORA PIÙ AUTOREVOLE E STRATEGICA NEI PROCESSI DECISIONALI E PREPARARE LE AZIENDE AD AFFRONTARE I RISCHI ESG CON MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA.

Con l'entrata in vigore della direttiva (EU) 2022/2464 sulla rendicontazione societaria di sostenibilità (direttiva *Corporate sustainability reporting directive*, Csr), il modo in cui le imprese sono chiamate a rendicontare la propria sostenibilità è cambiato in maniera radicale¹.

Tra le novità più significative introdotte dalla direttiva – attualmente in fase di revisione nella cornice del pacchetto Omnibus² – c'è l'obbligo dell'analisi di doppia materialità, un principio che rappresenta uno snodo cruciale per rendere il reporting utile, strategico e coerentemente allineato ai reali impatti e rischi delle organizzazioni. Le ultime indicazioni di Efrag (*European financial reporting advisory group*)³, emerse nel contesto del processo di revisione degli Esrs (*European sustainability reporting standards*), lo confermano: la doppia materialità resterà. E sarà, nel contempo, più chiara, meno gravosa e sempre più vicina ai processi decisionali.

Un concetto, due prospettive

La doppia materialità origina e si sviluppa dall'intreccio di due prospettive complementari. Da una parte, la materialità d'impatto (*impact materiality*), che valuta gli effetti – positivi o negativi – che le attività di un'organizzazione realizzano su persone e ambiente. Gli impatti negativi vengono così giudicati per gravità (entità, portata, irreversibilità) e probabilità (se potenziali); quelli positivi per entità, portata e, se potenziali, per probabilità.

Dall'altra, la materialità finanziaria (*financial materiality*), che considera gli effetti che i fattori esogeni legati alle dimensioni Esg (*environmental, social, governance*) possono generare sul valore economico-finanziario dell'impresa. In questo caso, l'obiettivo è identificare possibili impatti su performance, flussi di cassa, accesso al capitale, costo del credito,



con una valutazione degli effetti su tre diversi orizzonti temporali: breve, medio e lungo termine, oltre i 5 anni.

Proprio questa combinazione, definita anche approccio *inside-out/outside-in*, aiuta a specificare e stabilire quali temi devono essere inclusi nella rendicontazione di sostenibilità per mettere sostanzialmente a fuoco ciò che davvero conta per il business.

Come funziona: dal contesto al bilancio

Secondo le indicazioni di Efrag, l'analisi di doppia materialità si articola in un processo strutturato, articolato in quattro fasi principali.

Comprendere il contesto (fase A)
L'impresa indaga, mappandolo, il proprio modello di business; i rapporti commerciali lungo tutta la catena del valore e i rischi e le dipendenze strategiche. Inoltre, individua i principali stakeholder e svolge un'analisi di benchmark sia del proprio settore sia di quello che viene richiesto dai propri

principali stakeholder (clienti, banche, consumatori finali).

Identificare impatti, rischi e opportunità (fase B)

Partendo da una cosiddetta *long-list* di impatti, rischi e opportunità, l'azienda analizza, attraverso il profilo delegato alla rendicontazione, i fattori Esg rilevanti, a partire dalle attività proprie e da quelle della filiera. Se si segue la normativa Csr, il compito è facilitato partendo dalla struttura fornita dall'Esrs 1, requisito applicativo 16.

Valutare la rilevanza (fase C)

Una volta definita la *long-list* si procede a una valutazione il più possibile precisa, attraverso l'applicazione di criteri oggettivi, quantitativi e qualitativi, per stabilire quali temi sono davvero materiali, combinando impatto e rilevanza finanziaria. In questa fase appare fondamentale il coinvolgimento degli stakeholder interni più direttamente coinvolti nei processi decisionali e, a valle della prima selezione svolta dall'azienda, il coinvolgimento degli stakeholder esterni che si deve focalizzare sui cosiddetti esperti che possono dare un contributo effettivo all'analisi condotta dall'azienda.

Rendicontare (fase D)

L'output del processo di doppia rilevanza è alla base del bilancio di sostenibilità, e aiuta a determinare in maniera chiara i processi, le strategie, le metriche e i risultati. Il processo può essere eseguito con un approccio *top-down* o *bottom-up*, a seconda della maturità dell'azienda e del contesto in cui opera. E richiede una solida attività di *stakeholder engagement* e l'integrazione con le logiche di gestione del rischio.

Coinvolgere gli stakeholder per dare senso al processo

Un elemento cruciale nel processo di doppia materialità è la qualità e la "profondità" del coinvolgimento degli stakeholder. Per essere davvero utile, l'analisi deve basarsi su input significativi, provenienti da soggetti competenti che conoscono la materia e possono offrire una visione concreta delle priorità ambientali, sociali e di governance. Strumenti come questionari, survey, interviste e focus group si rivelano certamente essenziali per raccogliere dati rilevanti, ma da soli non bastano: occorre che siano parte integrante di un vero e proprio percorso relazionale. Non si tratta solo di raccogliere opinioni una tantum, ma di costruire canali di comunicazione continuativi, trasparenti e partecipati. Mitigando il rischio di una materialità intesa come mero esercizio sterile a

vantaggio di una occasione strategica per attivare un dialogo solido tra impresa e contesto, che rafforza la legittimità delle scelte strategiche.

Una leva per migliorare governance, resilienza e reporting

Un approccio ben strutturato alla doppia materialità ha un impatto concreto su diversi ambiti della gestione aziendale. Innanzitutto, migliora la governance, perché consente di incardinare la sostenibilità nei gangli dei processi decisionali e di pianificazione.

Al tempo stesso, disinnesca il pericolo di "rumore informativo", orientando le risorse verso ciò che è davvero rilevante, piuttosto che disperderle in rendicontazioni eccessivamente generiche.

Questo approccio, a sua volta, rende il reporting più autorevole e credibile: i dati e le narrazioni proposte diventano strumenti per guidare il cambiamento, coinvolgere stakeholder e dialogare in modo informato anche con i revisori. Infine, se correttamente gestito, un sistema di doppia materialità contribuisce alla resilienza dell'impresa, preparandola ad affrontare i rischi Esg con maggiore consapevolezza e capacità reattiva di risposta, anche sul piano patrimoniale e finanziario.

Per le Pmi, che spesso vivono la rendicontazione come un adempimento faticoso, adottare modelli semplificati ma coerenti di doppia materialità significa invece guadagnare visibilità e affidabilità nel contesto Esg. Non è necessario arrivare a una *compliance* perfetta, quanto piuttosto costruire un approccio proporzionato, radicato nel proprio modello di business e capace di evolvere nel tempo, seguendone i cambiamenti. La differenza, tra ieri e oggi, forse, sta tutta qui: la materialità non più utilizzata come filtro, bensì come leva.

Giulia Devani¹, Stefano Martello²

¹ Responsabile Area Reporting di Amapola società benefit

² Componente tavolo "Ambiente e Sostenibilità", Pa Social

NOTE

¹ Giulia Devani, Stefano Martello, "Imprese Ue e sostenibilità: andare oltre la compliance", *Ecoscienza*, 1/2025.

² Pubblicato il 26 febbraio 2025 dalla Commissione europea, con lo scopo di semplificare gli obblighi di reporting e di eliminare sovrapposizioni tra le varie normative.

³ Ente di natura tecnica, non politica, che si occupa di principi contabili a livello internazionale, www.efrag.org.



IL RAPPORTO EEA 2025 "EUROPE'S ENVIRONMENT AND CLIMATE"

MINACCIE ALLA NATURA E CLIMA SONO LE PRINCIPALI SFIDE PER L'AMBIENTE IN EUROPA



Sono stati compiuti progressi significativi nella riduzione delle emissioni di gas serra e dell'inquinamento atmosferico, ma lo stato generale dell'ambiente in Europa non è buono, soprattutto per quanto riguarda la natura, che continua a subire degrado, sfruttamento eccessivo e perdita di biodiversità. Anche gli effetti dell'accelerazione dei cambiamenti climatici sono una problematica urgente, secondo il più completo rapporto sullo stato dell'ambiente, pubblicato a fine settembre 2025

dall'Agenzia europea dell'ambiente (Eea). Le prospettive per la maggior parte delle tendenze ambientali sono preoccupanti e comportano gravi rischi per la prosperità economica, la sicurezza e la qualità della vita in Europa.

Il rapporto sottolinea che cambiamenti climatici e degrado ambientale rappresentano una minaccia diretta per la competitività dell'Europa, dipendente dalle risorse naturali. Il documento evidenzia inoltre che il conseguimento della neutralità climatica entro il 2050 dipende anche da una migliore e più responsabile gestione del suolo, dell'acqua e di altre risorse. Protezione delle risorse naturali, mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, insieme alla riduzione dell'inquinamento rafforzeranno la resilienza delle funzioni sociali vitali che dipendono dalla natura, quali la sicurezza alimentare, l'acqua potabile e le difese contro le inondazioni. Il rapporto esorta ad accelerare l'attuazione di politiche e azioni per una sostenibilità a lungo termine, già concordate nell'ambito del *green deal* europeo, in linea con le priorità della bussola per la competitività della Commissione europea in materia di innovazione, decarbonizzazione e sicurezza.

Il Rapporto sull'ambiente in Europa 2025

Il "Rapporto sull'ambiente in Europa 2025" ("Europe's environment and climate: knowledge for resilience, prosperity and sustainability") è l'analisi più completa sullo stato attuale e le prospettive per l'ambiente, il clima e la sostenibilità del continente basata su dati provenienti da 38 Paesi. Il documento sottolinea che l'Unione europea è leader mondiale nell'impegno per il clima, in quanto riduce le emissioni di gas serra e l'uso di combustibili fossili mentre raddoppia la quota di energie rinnovabili dal 2005. Negli ultimi 10-15 anni sono stati compiuti significativi progressi anche nel miglioramento della qualità dell'aria, nell'aumento del riciclo dei rifiuti e dell'efficienza delle risorse. Ulteriori progressi raggiunti su una serie di fattori che consentono la transizione verso la sostenibilità - innovazione, lavoro verde e finanza sostenibile - sono motivo di ottimismo.

Teresa Ribera, vicepresidente esecutiva per una Transizione pulita, giusta e competitiva, ha dichiarato: "Il rapporto ci ricorda ancora una volta che l'Europa deve mantenere la rotta e persino accelerare le proprie ambizioni in materia di clima e ambiente. I recenti eventi meteorologici estremi dimostrano quanto diventino fragili la nostra prosperità e la nostra sicurezza quando la natura si degrada e gli impatti climatici si intensificano. Ritardare o rinviare i nostri obiettivi climatici non farebbe altro che aumentare i costi, aumentare le diseguaglianze e indebolire la nostra resilienza. Proteggere la natura non è un costo ma un investimento, nella competitività, nella resilienza e nel benessere dei nostri cittadini.

Intensificando l'azione ora possiamo costruire un'Europa più pulita, più equa e più resiliente per le generazioni future". La commissaria per l'Ambiente, la resilienza idrica e un'economia circolare competitiva, Jessika Roswall, ha sottolineato: "Sebbene siano stati compiuti progressi, lo stato del nostro ambiente è un chiaro invito ad agire per continuare a ridurre l'inquinamento, ripristinare la natura e proteggere la biodiversità. Dobbiamo ripensare il legame tra ambiente ed economia e considerare la protezione della natura come un investimento e non come un costo. Una natura sana è la base per una società sana, un'economia competitiva e un mondo resiliente, ed è per questo che l'Ue è determinata a mantenere fede ai propri impegni in materia ambientale".

Wopke Hoekstra, commissario per il Clima, l'azzeramento delle emissioni nette e la crescita pulita, ha commentato: "Questo rapporto ribadisce l'urgente necessità che l'Ue mantenga le sue forti ambizioni in materia di clima. Essendo il continente che si riscalda più rapidamente, l'Europa è stata, recentemente, testimone diretta dell'impatto devastante dei cambiamenti climatici, con i gravi incendi boschivi che hanno interessato la stagione estiva. I costi dell'inazione sono enormi e i cambiamenti climatici rappresentano una minaccia diretta alla nostra competitività. Mantenere la rotta è essenziale per salvaguardare la nostra economia".

Infine, Leena Ylä-Mononen, direttore esecutivo dell'Eea, ha dichiarato: "Non possiamo permetterci di ridimensionare le nostre ambizioni in materia di clima, ambiente e sostenibilità. Il nostro rapporto sullo stato dell'ambiente, realizzato in collaborazione con 38 Paesi, illustra chiaramente le conoscenze scientifiche e dimostra perché dobbiamo agire. Nell'Unione europea disponiamo di politiche, strumenti, conoscenze e decenni di esperienza di collaborazione per conseguire i nostri obiettivi di sostenibilità. Quello che facciamo oggi plasmerà il nostro futuro".

Sfide complesse da affrontare

In Europa, la biodiversità sta diminuendo in tutti gli ecosistemi terrestri, di acqua dolce e marini a causa delle persistenti pressioni esercitate da modelli di produzione e consumo non sostenibili, come dimostra, in particolare, il sistema alimentare. Si prevede che il deterioramento dello stato della biodiversità e degli ecosistemi europei continui e, secondo il rapporto, è improbabile che gli obiettivi politici concordati vengano raggiunti entro il 2030.

Analogamente, le risorse idriche europee sono sotto forte pressione e lo stress idrico colpisce un terzo della popolazione e del territorio europeo. Nel rapporto si legge che mantenere ecosistemi acquatici sani, proteggere i bacini idrografici e garantire che le risorse idriche sotterranee siano reintegrate è fondamentale per assicurare la futura resilienza idrica dell'Europa.

Per quanto riguarda i cambiamenti climatici, l'Europa è il continente che si riscalda più rapidamente nell'intero pianeta. Il clima sta cambiando a un ritmo allarmante, minacciando la sicurezza, la salute pubblica, gli ecosistemi, le infrastrutture e l'economia. L'aumento della frequenza e dell'entità delle catastrofi legate al clima, nonché la consapevolezza che il clima continuerà a cambiare nonostante gli ambiziosi sforzi di mitigazione dell'Ue, sottolineano l'urgente necessità di adattare la società e l'economia europee, garantendo che nessuno sia lasciato indietro. Secondo il rapporto, queste sfide prioritarie richiedono di ripensare i legami tra l'economia e l'ambiente naturale, il suolo, l'acqua e le risorse naturali. Solo ripristinando l'ambiente naturale in Europa sarà possibile mantenere un'economia competitiva e una qualità di vita alta per i cittadini europei.

Il rapporto afferma che vi è una necessità urgente di un cambiamento radicale dei sistemi di produzione e di consumo: decarbonizzazione dell'economia, transizione verso la

circolarità, riduzione dell'inquinamento e gestione responsabile delle risorse naturali. Le politiche dell'Ue, compreso il *green deal*, tracciano un percorso chiaro verso la sostenibilità. Il documento si sofferma, in particolare, sull'impegno volto a ripristinare gli habitat attraverso soluzioni basate sulla natura, che rafforzeranno la resilienza e contribuiranno anche agli sforzi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Sottolinea inoltre la necessità di decarbonizzare i principali settori economici, in particolare i trasporti, e di affrontare la questione delle emissioni dell'agricoltura. L'aumento della circolarità ha il potenziale di ridurre la dipendenza dell'Europa dalle importazioni di energia e di materie prime critiche. Inoltre, investendo nella transizione digitale e verde dell'industria europea, l'Europa può migliorare la produttività e diventare un leader mondiale nell'innovazione verde, sviluppando tecnologie per la decarbonizzazione di industrie difficili da abbattere, quali quella dell'acciaio e del cemento.

Il quadro italiano

L'Italia sta compiendo passi significativi verso la sostenibilità, ma deve affrontare numerose sfide (figura 7). Tra i punti di forza nel rapporto emergono lo sviluppo dell'agricoltura biologica, la crescita delle fonti rinnovabili, che supera il traguardo 2020 e punta al 38,7% entro il 2030, e la riduzione delle emissioni di gas serra. Ampia è anche l'estensione delle aree protette, ma per contribuire al raggiungimento degli obiettivi europei sarà necessario compiere ulteriori passi avanti. Sul fronte dell'economia circolare, l'Italia registra un tasso elevato di utilizzo dei materiali. Tuttavia, occorre ridurre la dipendenza dalle importazioni di materie prime critiche, rafforzando il riciclo e il riutilizzo delle risorse già presenti sul territorio nazionale.

Restano aperte questioni importanti: dalle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, alla gestione dei rifiuti, fino alle sfide socio-economiche legate al divario generazionale, alla scarsa mobilità sociale e alla diffusa povertà energetica. Le sfide ambientali si intrecciano, infatti, con quelle sociali ed economiche, richiedendo un approccio integrato capace di coniugare tutela ambientale, innovazione e benessere collettivo. Il Piano nazionale di ripresa e resilienza rappresenta uno strumento decisivo per la sostenibilità, innovazione e competitività, mentre la Strategia nazionale per lo sviluppo sostenibile, in coerenza con l'Agenda 2030, è il quadro di riferimento per politiche coerenti e di lungo periodo.

Il contesto

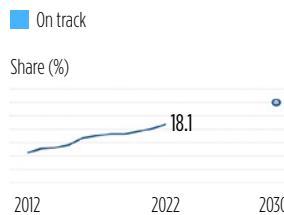
L'Eea pubblica una relazione sullo stato dell'ambiente ogni cinque anni, come previsto dal suo regolamento. Il "Rapporto sull'ambiente in Europa 2025" è il 7° della serie pubblicata dall'Agenzia dal 1995. Contiene informazioni documentabili di solida evidenza scientifica, basate su dati oggettivi, su come dobbiamo rispondere alle enormi e complesse sfide che abbiamo di fronte: cambiamenti climatici, perdita di biodiversità e inquinamento di aria e acqua.

Redatto in collaborazione con la Rete europea di informazione e di osservazione in materia ambientale (Eionet) dell'Eea, il rapporto si avvale della esperienza di esperti e scienziati di Eionet nel settore ambientale, in 32 Paesi membri dell'Eea e nei 6 Paesi cooperanti.

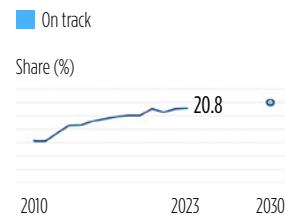
Si tratta di strumenti essenziali per mettere a disposizione della comunità scientifica, delle istituzioni e dei cittadini informazioni affidabili e comparabili, per guidare le decisioni future verso la sostenibilità. Non solo una fotografia dello stato dell'ambiente, ma una riflessione e una solida base di confronto sulle sfide prioritarie da affrontare.

Il rapporto completo è disponibile online all'indirizzo:
www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025/main-report

Area under organic farming



Circular material use rate



Climate-related economic losses



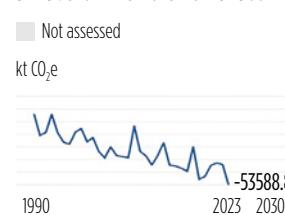
Designated terrestrial protected areas



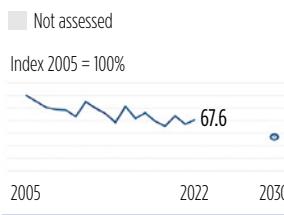
Final energy consumption



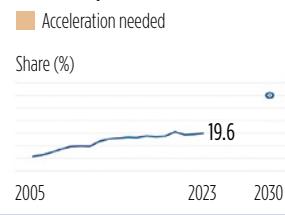
Greenhouse gas emissions and removals in land and forest



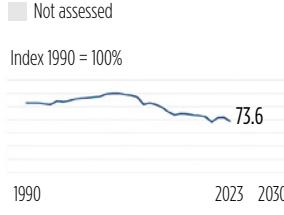
Health impacts of air pollution



Share of renewable energy in final energy consumption



Total greenhouse gas emissions (without LULUCF)



Total waste generation



Country benchmark towards 2030 targets/objectives

- Achieved: current levels have already reached the 2030 target/objective
- On track: target/objective will be reached following the historic trend
- Acceleration needed: target/objective will not be reached following the istorical trend
- Wrong direction: the historical trend is not in the direction of the target/objective
- Not assessed: benchmark not applicable

FIG. 1 AMBIENTE E CLIMA IN ITALIA

L'analisi delle tendenze evidenzia i progressi significativi in alcuni ambiti e le sfide che devono essere affrontate per raggiungere gli obiettivi del 2030 (www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025/countries/italy).

ECO-LOGOS

Pensiero ecologico, ruolo della scienza, riflessioni sugli esseri umani e il loro rapporto con il pianeta

ALEXANDER LANGER, UN'EREDITÀ VIVA

Christine Stufferin • Presidente Fondazione Alexander Langer Stiftung



“Vedo tre aspetti decisivi per radicare una efficace tutela dell’ambiente: 1) identificare nella svolta ecologica una primaria urgenza del nostro tempo e volerla effettivamente compiere (un problema di consapevolezza pubblica e di volontà civica); 2) identificare le possibili opzioni pratiche per farvi fronte e scegliere tra esse (un problema di competenza e di coerenza ambientalista); 3) tradurre in decisioni pubbliche – legislative, amministrative, economiche, fiscali ecc. – e comportamenti collettivi efficaci questa scelta e verificarne l’attuazione, battendo le resistenze ed incoraggiando scelte ed azioni conseguenziali (un problema di volontà e di capacità politica).”

Così scriveva Alexander Langer nel novembre 1993 rispondendo a Luca Carpen, che gli chiedeva se “la tutela dell’ambiente in Italia è assicurata più dai movimenti o dai partiti politici” (testo contenuto in *Il viaggiatore leggero*, a cura di Edi Rabini, Ed. Sellerio).

Qualche anno prima, nella sua lettera a san Cristoforo, Langer ammoniva: *“Non basteranno la paura della catastrofe ecologica o i primi infarti e collassi della nostra civiltà (da Chernobyl alle alghe dell’Adriatico, dal clima impazzito agli sbandamenti di petrolio sui mari) a convincerci a cambiare strada. Ci vorrà una spinta positiva, più simile a quella che ti fece cercare una vita e un senso diverso e più alto da quello della tua precedente esistenza di forza e di gloria. La tua rinuncia alla forza e la decisione di metterti al servizio del bambino ci offrono una bella parabola della conversione ecologica oggi necessaria”*. Un cambiamento di rotta convinto e condiviso – quindi “socialmente desiderabile” – non è solo auspicabile, ma assolutamente necessario. Lo sviluppo sostenibile non basta, soprattutto se inteso in senso economico. Nel contempo è forte il richiamo alla responsabilità individuale.

Questi sono solo due esempi in mezzo alla marea o alla montagna di scritti di Langer. La vedova di Langer, Valeria

Malcontenti, ha di recente detto che “scriveva di continuo e in modo furioso”. Nella sua esistenza senza requie né riposo la scrittura, e quindi il parlare agli altri in varie forme, ha sempre avuto un ruolo fondamentale, di diffusione, di scambio e di condivisione. Anche se non ha mai scritto un libro (a parte la raccolta *Vie di Pace. Frieden schließen*) e aveva un progetto per un libro sull’Altro Sudtirolo, Langer è vissuto scrivendo. *Er hat schreibend gelebt*. Ci ha anche lasciato un suo racconto autobiografico dal titolo *Minima personalia*, che però è del 1986 e quindi non comprende capitoli importanti come la nascita del movimento verde in Italia e la guerra nei Balcani.

Il lascito Langer, nel frattempo diventato Fondo Langer dell’Archivio provinciale di Bolzano e che la Fondazione Alexander Langer Stiftung ha sinora custodito, è un vero e proprio patrimonio che deve diventare sempre più fucina ed essere accessibile a chi vuole fare ricerca o semplicemente approfondire. Gli scritti di Alexander Langer, dall’articolo per una rivista o un quotidiano al commento scritto su richiesta, all’intervento in una sede istituzionale, erano un costante invito alla presa di coscienza e soprattutto alla responsabilità individuale. E qui risulta evidente la sua attualità. Nel nostro tempo urge, letteralmente, una conversione (il termine è di Langer, per sottolineare il cambiamento profondo e consapevole e il ravvedimento) a un nuovo stile di vita e a nuove dinamiche a livello mondiale. Gli eventi climatici sempre più estremi sono uno dei tanti campanelli d’allarme che ormai suonano all’impazzata. Rischiamo di raggiungere punti di non ritorno. E sta anche a noi agire e fare. Langer ha sempre pensato globalmente e agito localmente, e in modo molto concreto.

Mi viene per esempio in mente la “Fiera delle Utopie concrete” da lui creata a Città di Castello per riunire le buone pratiche,

in cui ha tra l'altro per la prima volta chiamato in Italia figure importanti come Vandana Shiva.

Al centro del suo impegno, politico e civile, ci sono sempre state la giustizia sociale e ambientale. Esiste una sola salute. Una persona sana non può vivere in un ambiente che non lo è. Pensiamo alla "Campagna Nord-Sud, Biosfera, Sopravvivenza dei popoli, Debito" attiva dal 1988 al 1993, nel cui ambito si è creato un nuovo spazio di riflessione sui temi della giustizia ambientale, della critica alle teorie di sviluppo economico e dei rapporti Nord-Sud del mondo.

Langer ha scelto di lasciare questo mondo trent'anni fa. Adesso tocca a noi attuare ciò che abbiamo imparato. Per portare avanti il suo lavoro, il 4 luglio 1999, grazie al prezioso contributo di alcuni familiari assieme ad amici e amiche e collaboratori e collaboratrici è stata ufficialmente istituita la Fondazione Alexander Langer Stiftung. L'impegno è quello di mantenere viva e feconda la sua eredità, di favorire una maggiore conoscenza della sua figura, soprattutto tra le giovani generazioni, e di proseguire il suo impegno nella politica, ma anche nella società civile, per migliorare la convivenza tra le persone e con la natura.

Colui che viene spesso comunemente definito pacifista era piuttosto un facitore di pace e paci. Viviamo un tempo di polimeri in cui una cosa non è possibile senza l'altra, quindi serve un approccio globale, sinergico e interdipendente.

Il suo luogo d'origine, Vipiteno-Sterzing, e ancor prima la sua famiglia, gli hanno sin da subito insegnato la complessità. Padre di religione ebraica e madre cattolica, cresce in una provincia in cui la popolazione parla italiano o/ed tedesco e in cui la politica imperante ha suddiviso tutto ("Più ci dividiamo e meglio ci conosciamo", dichiarava in Consiglio provinciale l'assessore alla cultura tedesca Zelger), va all'asilo italiano e poi frequenta le scuole dell'obbligo in lingua tedesca. In tutta la sua vita partirà sempre dall'esperienza profondamente vissuta nella sua terra. "Attrezziamoci alla convivenza" era un suo appello. Collabora e fonda ben presto riviste in entrambe le lingue, come *Offenes Wort* (Parola aperta), *BZ 58* o *Die Brücke* (Il ponte) che hanno anche la particolarità di ospitare contributi nella "lingua dell'altro". Dopo l'università, che frequenta a Firenze, dove tra gli altri conosce La Pira e Balducci, sceglie l'insegnamento seguendo l'esortazione di Don Milani. Negli anni '70 è esponente di Lotta continua e per un periodo è direttore responsabile dell'omonimo giornale. Per rotazione lascia un primo incarico come consigliere provinciale/regionale eletto nella lista Neue Linke/Nuova sinistra. La morte del poeta sudtirolese dissidente N. C. Kaser gli dà la spinta definitiva per tornare in provincia e fondare una lista "Per l'altro Sudtirolo" per la quale viene eletto. Dopo un'esperienza in Germania, fa da ponte e introduce il pensiero ambientalista in politica contribuendo alla creazione di numerose liste comunali verdi. Nel 1989 e nel 1994 viene eletto al Parlamento europeo.

Convinto europeista, era anche persuaso della necessità di uno spazio euromediterraneo quindi allargato ai Paesi attorno al *mare nostrum*. Ipotizza anche la creazione di corpi civili di pace. Nel 1992 partecipa al Summit della Terra che si tiene a Rio de Janeiro.

Sono anche gli anni del conflitto in ex Jugoslavia. Assieme ad altri Langer crea il Verona Forum per la pace e la riconciliazione in cui riunisce tutte le varie comunità dei Balcani. Il 25 giugno 1995 si reca a Cannes con altri parlamentari per sottoporre ai capi di Stato e di Governo l'accorato appello "L'Europa rinasce o muore a Sarajevo". Langer sceglie di abbandonare questo mondo pochi giorni prima che si compia il genocidio di Srebrenica.

PIÙ LENTO,
PIÙ PROFONDO,
PIÙ DOLCE.

IL PONTE,
IL LASCITO DI
ALEX LANGER



La mente corre veloce all'attuale drammatica situazione nella striscia di Gaza. Cosa avrebbe fatto oggi Langer? Impossibile e ingiusto dirlo. Possiamo però dire che avrebbe fatto qualcosa, che come sempre si sarebbe mosso, per conoscere, fare incontrare e favorire il dialogo.

Langer ha sempre agito a più livelli, nelle istituzioni ma anche nella società civile, chiedendosi costantemente se avesse fatto abbastanza. Apparentemente instancabile, era sempre pronto a partire per un incontro in una qualche parte dell'Italia, dell'Europa, del Sudamerica, del mondo.

Per la Fondazione Alexander Langer Stiftung il modo forse più evidente per sostenere singole persone o gruppi che si impegnano con spirito consono a quello di Langer, persegua il suo impegno civile, culturale, politico ed ecologista, è l'assegnazione del Premio internazionale Alexander Langer. Per dirla con Anna Bravo, le assegnatarie e gli assegnatari del Premio avrebbero tutti potuto essere compagni di strada di Alexander Langer. In questo mondo di multicroci abbiamo tanto bisogno di validi esempi coraggiosi.

Ma non dimentichiamo le annuali *Lectiones Langer*, un ciclo di lezioni magistrali con riflessioni che partono da uno dei "Dieci punti per la convivenza", precedentemente chiamati "(Tentativo di) Decalogo". La prima, nel 2022, l'ha tenuta Fabio Levi, nel 2023 è seguito Francesco Palermo e nel 2024 è stata la volta di Franco La Cecla. Quest'anno è previsto un videomessaggio di Narges Mohammadi, premio Langer 2009 e premio Nobel per la Pace 2023. I Dieci punti sono uno dei testi fondamentali del pensiero di Langer, un riassunto efficacissimo o persino una sorta di testamento spirituale.

Non si tratta di erigere statue o di fare della sua storia una storia esemplare. Troppo facile creare il santino Langer a cui demandare miracoli. Il suo modo di agire è un invito a capire, ad accettare e non allontanare o, peggio, negare le contraddizioni, è uno stimolo a pensare, ma poi anche probabilmente a fare o a fare per quanto possibile. Più che un profeta (verde) è stato uno che ci ha indicato una via da percorrere, che inizia dalla conoscenza, passa per il dialogo, per arrivare all'azione per la collettività.

LEGISLAZIONE NEWS

A cura di Area Affari istituzionali, legali e diritto ambientale • Arpae Emilia-Romagna

CON LA LEGGE DI CONVERSIONE DEL DECRETO "TERRA DEI FUOCHI" SI INASPRISCONO LE SANZIONI SUI RIFIUTI

Legge 3 ottobre 2025 n. 147 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 8 agosto 2025, n. 116, recante disposizioni urgenti per il contrasto alle attività illecite in materia di rifiuti, per la bonifica dell'area denominata "Terra dei fuochi", nonché in materia di assistenza alla popolazione colpita da eventi calamitosi (Gu Serie generale n.233 del 07-10-2025).

Con la legge di conversione del decreto legge "Terra dei fuochi" viene riscritto il quadro sanzionatorio in materia di abbandono e gestione non a norma di rifiuti. Il provvedimento normativo è motivato dalla necessità di fornire riscontro alla sentenza della Corte europea dei diritti dell'uomo che il 30 gennaio 2025 ha condannato l'Italia per non aver tutelato la salute dei cittadini nei Comuni campani, ma ovviamente la nuova legge troverà applicazione su tutto il territorio nazionale.

La nuova legge introduce modifiche al testo unico ambientale, al codice penale, a quello della strada e alla disciplina sulla responsabilità amministrativa degli enti.

Vengono rafforzate le pene (anche detentive) previste dal Dlgs 152/2006 per l'abbandono e la discarica di rifiuti, la combustione illecita, le spedizioni transfrontaliere e, più in generale, ogni forma di gestione non autorizzata.

Maggiorate anche le sanzioni per violazioni che comportano rischi per le persone o l'ecosistema, o che vengono commesse in siti da bonificare. È prevista poi l'introduzione dell'arresto in flagranza differita per i reati ambientali di maggiore gravità, come il disastro ambientale e il traffico illecito di rifiuti. Inasprite anche le pene accessorie (dalla sospensione della patente per gli autisti coinvolti al fermo amministrativo dei veicoli e all'esclusione dall'Albo dei gestori ambientali per le imprese che operano fuori legge).

Per contrastare l'abbandono dei rifiuti da fumo, dei rifiuti di piccolissime dimensioni (come scontrini o gomme da masticare) e il deposito illegale dei rifiuti su strada, la contestazione delle violazioni può avvenire in modo differente utilizzando le immagini riprese dalla videosorveglianza. Viene infine introdotta una nuova "aggravante dell'attività di impresa", in virtù della quale le pene per abbandono e gestione non a norma di rifiuti vengono aumentate di un terzo se i fatti sono commessi nell'ambito dell'attività di un'impresa o comunque di un'attività organizzata. Il titolare dell'impresa o il responsabile dell'attività comunque organizzata è responsabile anche sotto l'autonomo profilo dell'omessa vigilanza

sull'operato degli autori materiali del delitto comunque riconducibili all'impresa o all'attività stessa. Ai predetti titolari d'impresa o responsabili dell'attività si applicano altresì le sanzioni previste dall'art. 9, comma 2, del Dlgs 231/2001.

In via generale si deve evidenziare come le nuove disposizioni impattino anche sulle attività di vigilanza e ispezione delle agenzie ambientali e di Ispra, in quanto alcuni reati contravvenzionali in materia di rifiuti che, sin dall'entrata in vigore della L 68/2015, sono stati gestiti nell'ambito del procedimento estintivo ex art. 318 bis del Dlgs 152/2006, ora sono stati trasformati in delitti e, quindi, come tali sfuggono all'applicazione della procedura agevolata. Per altri reati, pur restando fatti specie contravvenzionali, è ora prevista una pena congiunta con ammenda e arresto e quindi anche per questi ultimi non sarà più possibile l'estinzione tramite la procedura sopra richiamata.

Sulla base di questo nuovo scenario il Consiglio nazionale Snpa ha già dato mandato a un apposito gruppo di lavoro di procedere a una revisione delle "Linee guida per l'applicazione della procedura di estinzione delle contravvenzioni ambientali, ex parte VI-bis Dlgs 152/2006" che erano state approvate con delibera del Consiglio Snpa 252/2024.

LA RESPONSABILITÀ DEL GESTORE DEL DEPURATORE PER IL SUPERAMENTO DEI LIMITI NEGLI SCARICHI

Sentenza Corte di appello di Bologna, II Sezione civile, n. 1560 del 2 ottobre 2025

Interessante questa recente sentenza della Corte d'appello di Bologna, che rigetta il ricorso presentato dalla multiutility che gestisce il servizio idrico integrato in provincia di Reggio Emilia contro l'ordinanza ingiunzione emessa dal Servizio autorizzazioni e concessioni di Arpae, sulla base del verbale di accertamento redatto dal Servizio territoriale della stessa Agenzia, che ha comminato una sanzione amministrativa per il superamento dei valori limite di emissione di una determinata sostanza (nel caso specifico l'alluminio) nello scarico di un depuratore gestito dalla medesima società.

La multiutility aveva intentato l'azione giudiziaria contro il provvedimento emesso da Arpae per la violazione dell'articolo 105 del Dlgs 152/06, sostenendo in particolare che il superamento contestato non era dipeso da una cattiva gestione dell'impianto, ma da picchi di carico inquinante riconducibili a scarichi illeciti di terzi, non prevedibili, né

contrastabili dalla stessa anteriormente al loro verificarsi.

La Corte d'appello ha invece rigettato l'appello, confermando così la sentenza di primo grado del Tribunale di Reggio Emilia, ritenendo che il gestore non avesse dimostrato di aver agito senza colpa. A tal riguardo i magistrati bolognesi ricordano anche il principio stabilito dall'art. 3 della L 689/81 per il quale la condotta integrante un illecito amministrativo postula una presunzione di colpa in ordine al fatto vietato a carico di colui che lo abbia commesso, non essendo necessaria la concreta dimostrazione del dolo o della colpa in capo all'agente, sul quale grava, pertanto, l'onere della dimostrazione di aver agito senza colpa.

Secondo i giudici il ragionamento di parte appellante, per il quale non le sarebbe possibile il controllo ininterrotto di tutti gli scarichi, eventualmente anche abusivi, che si immettono nell'impianto, prova troppo poiché, a seguirlo, il gestore non sarebbe mai responsabile ai sensi dell'art. 105 Tua, norma che andrebbe però allora riscritta con un contenuto diverso, volto a sanzionare una condotta non commissiva, ma omissiva (per esempio l'omessa esecuzione di un numero predeterminato di controlli).

Conclude la Corte come sia auspicabile che tutti gli scarichi in entrata siano autorizzati e rispettino il relativo limite di inquinanti in ingresso, ma la circostanza che alcuni di essi non lo rispettino, e siano dunque illeciti, non esime certo da responsabilità il gestore, tenuto appunto per legge a garantire che, in esito al processo di depurazione, siano rispettati i limiti previsti per gli scarichi in uscita.

LA GIUSTIZIA AMMINISTRATIVA RITORNA SUL DIRITTO DI ACCESSO ALLE INFORMAZIONI AMBIENTALI

Sentenza Tar Campania, Sede di Napoli - Sezione VI, n. 4924 del 01/07/2025

Con questa recente sentenza il Tar Napoli conferma che la presentazione di un'istanza di accesso ai sensi del Dlgs 195/2005 non esime il richiedente dal dimostrare che l'interesse che intende far valere ha natura oggettivamente ambientale, non potendo ammettersi che dell'istituto si possa fare un utilizzo per finalità a esso estranee; di qui la necessità che la richiesta di accesso sia formulata con specifico riferimento alle matrici ambientali potenzialmente compromesse e che fornisca una ragionevole prospettazione di tali effetti negativi (in senso conforme Consiglio di Stato, V, 13 marzo 2019, n. 1670 e 17 luglio 2018, n. 4339).

OSSERVATORIO ECOREATI

A cura di Giuseppe Battarino (magistrato) e Silvia Massimi (avvocata)

Con l'osservatorio sulla casistica applicativa della legge 22 maggio 2015 n. 68, *Ecoscienza* mette a disposizione dei lettori provvedimenti giudiziari sia di legittimità sia di merito, con sintetici commenti orientati alle applicazioni concrete della legge. Per arricchire l'osservatorio giurisprudenziale chiediamo ai lettori (operatori del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente e non solo) di trasmettere alla redazione tutti i provvedimenti che ritengono significativi (dovutamente anonimizzati): decreti e ordinanze, prescrizioni, sentenze ecc.

I contributi possono essere inviati a ecoscienza@arpae.it

RIFIUTI: GESTIONE ABUSIVA E TRAFFICO ILLECITO, NON C'È TENUITÀ DEL FATTO PER CONDOTTE PERSISTENTI

Cassazione penale, Sezione III, sentenza n. 30395 del 12 giugno - 8 settembre 2025

La Terza Sezione penale della Corte di cassazione ha rigettato il ricorso di un imprenditore marchigiano, condannato per una pluralità di reati ambientali, tra cui il delitto di attività organizzata per il traffico illecito di rifiuti (art. 452-quaterdecies del codice penale), a conferma della linea rigorosa con cui la giurisprudenza di legittimità valuta la gestione abusiva e reiterata di materiali pericolosi; ma la sentenza affronta anche una serie di questioni giuridiche che si traducono in altrettante indicazioni per le attività di controllo e di polizia giudiziaria.

La vicenda riguarda una società operante nell'ambito dei servizi ambientali, che già aveva subito un procedimento penale e un sequestro nel 2016 per gestione illecita di rifiuti. Nonostante i provvedimenti interdittivi, nel 2017 e negli anni successivi l'imprenditore aveva proseguito l'attività, accumulando nel sito batterie, oli esausti, lastre di alluminio, ponteggi, pneumatici fuori uso, scarti ferrosi e altri materiali di natura diversa rispetto a quelli originariamente sequestrati.

Le indagini della Guardia di finanza, coordinate con Arpa Marche e Polizia locale, avevano accertato anche le modalità di impiego di automezzi dedicati alle bonifiche per movimentare ulteriori rifiuti illeciti.

La difesa aveva sostenuto che non si trattasse di "nuovi" rifiuti, ma degli stessi già presenti in passato nel sito, e che comunque le quantità fossero modeste, tali da escludere il requisito dell'"ingente quantitativo" richiesto dall'art. 452-quaterdecies del codice penale. La Suprema Corte ha invece ritenuto immune da vizi la valutazione dei giudici di merito, che avevano evidenziato la diversità dei materiali rinvenuti e la loro consistenza numerica, confermando la sussistenza della fatti-specie contestata e confermando la condanna dell'imputato a pena detentiva.

Emerge qui la questione della "nuovità" dei materiali presenti rispetto a quelli oggetto di precedenti accertamenti. Il principio del *ne bis in idem* – il divieto di un secondo processo per i medesimi fatti – impone, in caso di pluralità di procedimenti penali a carico di un'unica persona e per attività poste in essere nel medesimo sito o con le stesse modalità, che la polizia giudiziaria che esegue gli accertamenti e il pubblico ministero che esercita l'accusa, abbiano ben chiara la necessità di individuare la "nuovità" dei materiali presenti in un sito o illecitamente trattati o smaltiti. D'altro canto, la difesa non può proporre, come censura la Corte di cassazione nella sentenza qui commentata, una "rilettura frammentaria" dei fatti.

Nella sentenza è stata anche esclusa la possibilità di applicare la causa di non punibilità per particolare tenuità del fatto (art. 131-bis c.p.). Si tratta dello strumento con cui l'ordinamento rinuncia a punire l'autore di un fatto antigiuridico e colpevole di fronte alla esiguità del fatto e alla particolare tenuità dell'offesa. Nel caso esaminato dalla Corte di

cassazione, la pluralità e la persistenza delle violazioni, il lungo arco temporale della condotta e la pervicacia dell'imputato, denotavano un atteggiamento ben lontano dall'occasionalità, e incompatibile con un giudizio di scarsa offensività.

Nella sentenza la valutazione specifica della condotta dell'imputato ritorna nell'approvare la scelta dei giudici di merito di irrogare una pena significativamente più alta del minimo edittale, rimarcando "la pervicacia e la noncuranza dell'ambiente manifestate dall'imputato". La Corte ha inoltre richiamato il consolidato principio per cui, in sede di legittimità, non è consentita una nuova lettura del materiale probatorio, ma solo la verifica della coerenza e non illogicità della motivazione. Le doglianze difensive, essendo basate su una rilettura alternativa dei fatti, sono state giudicate inammissibili.

La decisione in commento ribadisce la funzione "rafforzata" del delitto di traffico illecito di rifiuti quale presidio contro forme di gestione sistematica e organizzata in violazione delle norme ambientali. L'esclusione della tenuità del fatto, nonostante l'assenza di condotte particolarmente aggressive, conferma che ciò che rileva è la persistenza e la gravità complessiva dell'attività illecita, non la singola movimentazione. In tal senso, la pronuncia si inserisce in un orientamento consolidato volto a valorizzare la tutela sostanziale delle matrici ambientali, scoraggiando strategie difensive basate su ridimensionamenti quantitativi o su richieste di qualificazione attenuata.

Una notazione finale merita lo svolgimento delle indagini, quale emerge dai richiami contenuti nella sentenza. Gli accertamenti sull'azienda in cui si svolgeva il traffico illecito di rifiuti sono stati svolti in coordinamento tra la Polizia locale del comune dove aveva sede, la Stazione navale della Guardia di finanza, l'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente: mostrando come proprio il coordinamento delle attività di polizia giudiziaria, con l'apporto della competenza specifica delle Agenzie, produca risultati efficaci.



FOTO: ILYA CHUMIN - UNSPLASH

MEDIATECA

Libri, video, podcast, rapporti e pubblicazioni di attualità • A cura della redazione di Ecoscienza



ONE HEALTH
Pensare le emergenze del pianeta

A cura di Vittorio Lingiardi e Isabella Saggio
Il Saggiatore, 2025
288 pp., 19,00 euro

Un libro "opportuno, anzi indispensabile", come afferma nella prefazione Mattia Crespi, per entrare a pieno nella riflessione sull'approccio *One health*, che ci invita a leggere la salute umana come inscindibilmente legata a quella degli ecosistemi, della fauna

e della flora, dei mari, dell'aria e della terra.

La sfida più grande del nostro tempo è la salute, ma per prenderci cura della salute di ognuno dobbiamo moltiplicare i punti di vista. L'approccio *One health* si basa sull'integrazione di discipline diverse, sul superamento della frammentazione dei saperi e sul riconoscimento che la salute umana (fisica e mentale), quella animale e quella ambientale sono legate. Il volume, curato da Vittorio Lingiardi (docente di Psicologia dinamica alla Sapienza Università di Roma) e Isabella Saggio (docente di Genetica sempre alla Sapienza), ci permette di conoscere il paradigma *One health* attraverso i contributi di diversi studiosi, scienziati e intellettuali: dalla lezione di David Quammen, che mostra il legame tra deforestazione, allevamenti intensivi ed epidemie, alle riflessioni di Paolo Giordano sulle ferite che i conflitti lasciano sui corpi, le città e gli ecosistemi; dalle parole di Stefano Boeri su quanto sia necessario riprogettare gli spazi urbani per combattere riscaldamento globale e disuguaglianze, alle riflessioni sull'intelligenza artificiale di Francesco Vaccarino; dall'analisi del concetto di *Urban health* di Andrea Lenzi alla cura dei sistemi marini di Simonetta Fraschetti; dall'appello di Giovanna Melandri a trasformare l'economia, l'impresa e la finanza in agenti generativi di valore a quello di Telmo Pievani di uscire dalla "trappola evolutiva" per capire come comunicare il nuovo paradigma in cui ci troviamo. *One health* ci invita ad abbracciare la complessità del mondo, a trasformare ogni gesto in cura, a partecipare attivamente alla costruzione di un mondo più equo e sostenibile, perché la Terra chiede aiuto e noi forse siamo ancora in tempo per riscriverne il futuro.



VERSO UN'ECONOMIA NATURE POSITIVE
Il ruolo delle imprese per il ripristino degli ecosistemi

A cura di Nature positive network
Dodaro G., Catamo M., Ciccarese L., Gallani P., Grossi D., Milioni D., Moroni F., Pallotta R., Pantanetti M., Squitieri F., Verduchi V. (2025)

Gli investimenti nella riqualificazione degli ecosistemi generano un ritorno che varia dai 4 ai 38 euro speso, mentre i costi dell'inazione sono altissimi. Lo dice il rapporto "Verso un'economia nature positive" presentato dal *Nature positive network*, la rete di imprese impegnate nella tutela e valorizzazione del capitale naturale, promossa dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po (Adbpo) e dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile in occasione del convegno "Restoration economy: le imprese protagoniste della riqualificazione dei territori" che si è tenuto a Roma il 17 settembre 2025.

Il rapporto evidenzia con dati concreti i benefici economici derivanti dal ripristino della natura e ricorda che l'Unione europea ha stimato che non intervenire, lasciando inalterata l'attuale traiettoria di degrado, comporterebbe una perdita di circa 2,2 miliardi di euro annui per l'Italia, per un valore cumulato al 2050 di circa 60 miliardi di euro. Realizzare azioni incisive di riqualificazione ecologica costituisce, invece, un investimento economico strategico che determina miglioramenti in termini di riduzione dei rischi e creazione di nuove opportunità di sviluppo. Una delle sfide sarà quella di concretizzare collaborazioni tra pubblico e privato, per attuare progetti ambiziosi, individuati con criteri scientifici rigorosi e all'interno di strumenti di programmazione di vasta scala, come il Piano nazionale di ripristino della natura.

Il report e i materiali del convegno sono disponibili sul sito dell'Adbpo: www.adbpo.it/rapporto-verso-uneconomia-nature-positive-il-ruolo-delle-imprese-per-il-ripristino-degli-ecosistemi/



ECO MEDIA
Rapporto 2024

Pentapolis Institute, Eco in Città (2025)
74 pp., disponibile online

Giunto alla sua undicesima edizione, il rapporto Eco Media si conferma come uno degli strumenti più validi per comprendere la relazione complessa tra ambiente e informazione in Italia.

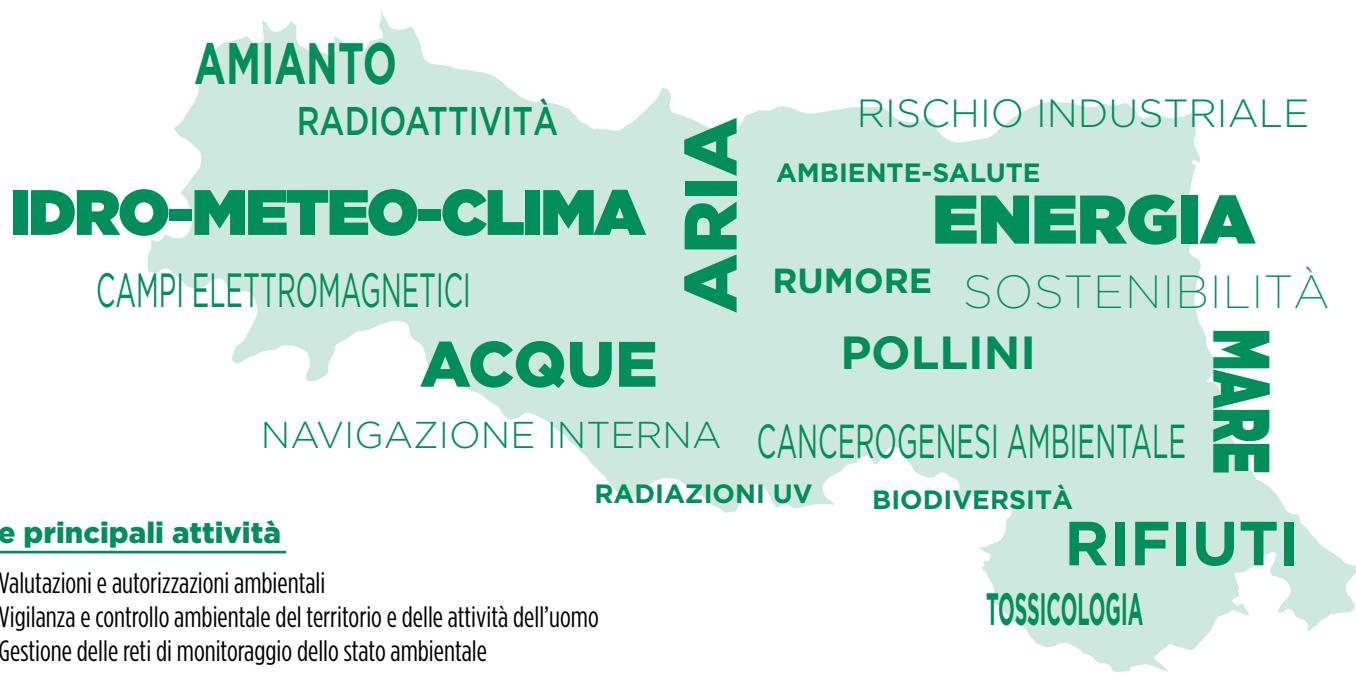
Alcune evidenze. Nel periodo di analisi di questa edizione (1 gennaio-31 dicembre 2024), i temi più trattati sono stati quelli della crisi climatica e della crisi ambientale con oltre un milione di citazioni complessive

disseminate su web, carta stampata, radio e tv. Seguono, poi, i temi dell'economia circolare (881 mila citazioni), biodiversità (661 mila), risorse (639 mila citazioni) e energia con poco più di 630 mila citazioni. Un dato molto interessante riguarda la diffusione delle informazioni ambientali, con le fonti locali (sia sulla carta stampata sia nel palinsesto televisivo) che si ritagliano un ruolo importante e decisivo, rispetto alle fonti nazionali.

Costante nel tempo continua a essere il ruolo del web che aggrega, da solo, il 68% delle citazioni, seguito dalla carta stampata (19%), dalle emittenti televisive (10%) e da quelle radiofoniche (3%). Proprio questo ultimo dato si incrocia con il fenomeno delle *fake news*, imponendo a tutto il mondo dell'informazione una rinnovata attenzione alla qualità e all'autorevolezza della notizia ambientale.

I rapporti Eco Media dal 2014 al 2024 sono pubblicati online su: www.osa-ecomedia.it/research/ (SM)

Arpae Emilia-Romagna è l'Agenzia della Regione che si occupa di ambiente ed energia sotto diversi aspetti. Obiettivo dell'Agenzia è favorire la sostenibilità delle attività umane che influiscono sull'ambiente, sulla salute, sulla sicurezza del territorio, sia attraverso i controlli, le valutazioni e gli atti autorizzativi previsti dalle norme, sia attraverso progetti, attività di prevenzione, comunicazione ambientale ed educazione alla sostenibilità. Arpae è impegnata anche nello sviluppo di sistemi e modelli di previsione per migliorare la qualità dei sistemi ambientali, affrontare il cambiamento climatico e le nuove forme di inquinamento e di degrado degli ecosistemi. L'Agenzia opera attraverso un'organizzazione di servizi a rete, articolata sul territorio. Quattro Aree prevenzione ambientale, organizzate in distretti, garantiscono l'attività di vigilanza e di controllo capillare; quattro Aree autorizzazioni e concessioni presidiano i processi di autorizzazione ambientale e di concessione per l'uso delle risorse idriche; una rete di Centri tematici, distribuita sul territorio, svolge attività operative e cura progetti e ricerche specialistici; il Laboratorio multisito garantisce le analisi sulle diverse matrici ambientali. Completano la rete Arpae due strutture dedicate rispettivamente all'analisi del mare e alla meteorologia e al clima, le cui attività operative e di ricerca sono strettamente correlate a quelle degli organismi territoriali e tematici. Il sito web www.arpae.it, quotidianamente aggiornato e arricchito, è il principale strumento di diffusione delle informazioni, dei dati e delle conoscenze ambientali.



Le principali attività

- Valutazioni e autorizzazioni ambientali
- Vigilanza e controllo ambientale del territorio e delle attività dell'uomo
- Gestione delle reti di monitoraggio dello stato ambientale
- Studio, ricerca e controllo in campo ambientale
- Emissione di pareri tecnici ambientali
- Concessioni per l'uso delle risorse idriche e demaniali
- Previsioni e studi idrologici, meteorologici e climatici
- Gestione delle emergenze ambientali
- Centro funzionale e di competenza della Protezione civile
- Campionamento e attività analitica di laboratorio
- Diffusione di informazioni ambientali
- Diffusione dei sistemi di gestione ambientale

Non possiamo permetterci di ridimensionare le nostre ambizioni in materia di clima, ambiente e sostenibilità. Nell'Unione europea disponiamo di politiche, strumenti, conoscenze e decenni di esperienza di collaborazione per conseguire i nostri obiettivi di sostenibilità. Quello che facciamo oggi plasmerà il nostro futuro.

Leena Ylä-Mononen,
direttrice esecutiva Eea