

COLORAZIONI ANOMALE IN CORPI IDRICI SUPERFICIALI

ALTERAZIONI CROMATICHE DELLE ACQUE SUPERFICIALI NON COINCIDONO SEMPRE CON UN INQUINAMENTO. I NATURALI PROCESSI DI DEGRADAZIONE DELLA MATERIA ORGANICA, ASSOCIATI A DETERMINATE CONDIZIONI AMBIENTALI, FAVORISCONO FIORITURE ALGALI E BATTERICHE, CAUSA DIRETTA DELLE COLORAZIONI ANOMALE DELLE ACQUE.

Nell'ultimo decennio, le segnalazioni da parte di cittadini di fenomeni che riguardano la presenza di colorazioni anomale nei corsi d'acqua superficiali sono in costante aumento. Spesso non è facile risalire nell'immediato alla causa di tali eventi, nonché spiegare come queste colorazioni non sempre siano legate a specifici fenomeni di inquinamento delle acque. Nelle pagine seguenti verranno illustrati i principali casi di colorazioni anomale delle acque superficiali segnalati ad Arpa Emilia-Romagna e ne verranno illustrate le cause, principalmente riconducibili a fenomeni naturali.

Il caso di *Euglena sanguinea*

Nel periodo primaverile ed estivo, quando le acque sono interessate da un forte irraggiamento solare, da alte temperature e da un considerevole apporto di nutrienti, si possono riscontrare fenomeni di fioriture algali che determinano un cambiamento nella colorazione dell'acqua a seconda dell'organismo fitoplanctonico prevalente e dei pigmenti fotosintetici dominanti.

Tra gli eventi di fioriture algali trasmessi ai diversi distretti di Arpa nel corso degli ultimi anni, si riportano i casi segnalati per il canale di Migliarina a Migliarina di Carpi (MO) nell'agosto 2009 (figura 1 a, b), per il canale di Cento (FE) nell'agosto 2017 (figura 1 c, d), il Fosso Vallicella a San Felice sul Panaro (MO) e infine per la Canala dei Canali e per lo Scolo Traversagno in provincia di Ravenna tra luglio e agosto 2020 (figura 2). Tutte queste segnalazioni riguardavano la presenza di estese colorazioni rosse delle acque superficiali che, dopo un'analisi al microscopio ottico, sono state associate alla presenza dell'alga flagellata *Euglena sanguinea* (figura 3).

Euglena sanguinea è un organismo planctonico unicellulare che possiede un complesso di pigmenti rossi, l'ematochroma,



FIG. 1 CORPI IDRICI

a, b) Canale di Migliarina, Migliarina di Carpi. Estesa colorazione rossa dello strato superficiale. c, d) Canale di Cento, Corporeno, comune di Cento. Corpo idrico caratterizzato da una pellicola rossa in superficie, in alcuni tratti addensata in forma di agglomerati circolari.



FIG. 2 CANALA DEI CANALI, RAVENNA

Estesa colorazione rossa lungo tutto il corpo idrico.

composto da differenti carotenoidi la cui funzione principale è quella di proteggere la cellula dall'elevata intensità luminosa. Nelle ore centrali della giornata, in presenza di un elevato irraggiamento solare, i pigmenti dell'ematocroma si distribuiscono in tutto il volume cellulare a protezione della cellula che appare rossa e assume una forma sferica (figura 3b). Nelle ore serali e notturne, interessate da un basso irraggiamento, i pigmenti rossi si concentrano al centro della cellula che riassume il suo classico colore verde (figura 3a). [1]

Di conseguenza, le acque in cui si sviluppa una fioritura di *Euglena sanguinea*, appaiono interessate da una pellicola rossa in superficie durante le ore a più intensa illuminazione [2], mentre al di sotto dello strato superficiale l'acqua del corpo idrico di solito si presenta trasparente e pulita. Generalmente le acque dove si presenta un fenomeno di fioritura algale sono caratterizzate da una sovrassaturazione dell'ossigeno disciolto e un valore basico del pH. Le condizioni favorevoli allo sviluppo delle fioriture algali di *Euglena* si creano pertanto durante il periodo estivo e sono favorite nelle acque canalizzate con elevato carico organico anche per la presenza di una notevole stasi idrodinamica. L'alga non risulta essere pericolosa per l'uomo, ma può produrre l'euglenoficina, una tossina ittiotossica cioè potenzialmente dannosa e letale per la vita dei pesci. Nei nostri casi non sono stati registrati disturbi alla fauna ittica.

Solfobatteri

In altri casi, la presenza di "colorazioni anomale" non è dovuta a fioriture algali, ma allo sviluppo di solfobatteri purpurei che, in determinate condizioni ambientali, possono proliferare determinando lo sviluppo di una colorazione roseo-violacea dell'acqua. Questi casi si sono verificati a Ravenna, in un laghetto privato nelle vicinanze della pista ciclabile Pasi Miserocchi nell'agosto 2017 e in marzo 2021 e nella Bassa del Pirottolo, all'interno della Pineta San Vitale, nell'agosto 2020 (figura 4), con segnalazione da parte dei cittadini di acqua di colore rosso-rosata e maleodorante.

Le analisi al microscopio ottico hanno confermato la presenza di solfobatteri purpurei (figura 5), mentre le analisi fisico-chimiche hanno evidenziato un'elevata presenza di cloruri e solfati, forte carenza di ossigeno e grande quantità di acido solfidrico responsabile

delle esalazioni maleodoranti (tabella 1). Inoltre, alcune di queste forme batteriche sono state ritrovate in acque fortemente salate come nel lago eutrofico in via Sacca e nella Bassa del Pirottolo (tabella 1). Il meccanismo di proliferazione di questi batteri si innesca con i naturali processi di degradazione della sostanza organica che possono determinare il totale consumo di ossigeno disciolto e la produzione di acido solfidrico, provocando la fioritura di colore rosato dei solfobatteri purpurei. Infatti, questi organismi utilizzano composti inorganici dello zolfo (ad esempio H₂S e HS⁻) come agenti

riducenti nei loro processi metabolici con conseguente ossidazione dell'acido solfidrico e con produzione di granuli di zolfo che vengono accumulati all'interno o esterno della cellula a seconda delle specie batteriche interessate. Lo zolfo a sua volta può essere ossidato con formazione di solfati e acido solforico [3]. Questi organismi sono generalmente presenti in zone anossiche, in cui sono in atto i naturali meccanismi di degradazione della materia organica, con elevata presenza di luce e dove vi è un accumulo di acido solfidrico. Essi contengono pigmenti fotosintetici,

TAB. 1 ANALISI CHIMICA

Parametri fisico-chimici analizzati nei campioni della Bassa del Pirottolo, della Penisola Trattaroli e del laghetto privato nei pressi della pista ciclabile Pasi Miserocchi.

Parametro	Laghetto - Classe (2017)	Penisola Trattaroli (2017)	Bassa del Pirottolo (2020)
pH	8.6	7.34	7.8
Cod mg/l O ₂	-	-	408
Solfati (mg/l)	1425	-	1.225
Cloruri (mg/l)	20.075	142.000	10.668
Conducibilità (µS/cm)	45.100	-	30.800
Solfuri (H ₂ S) (mg/l)	12,02	-	0,9
Ossigeno disciolto (mg/l)	<1	-	3,0

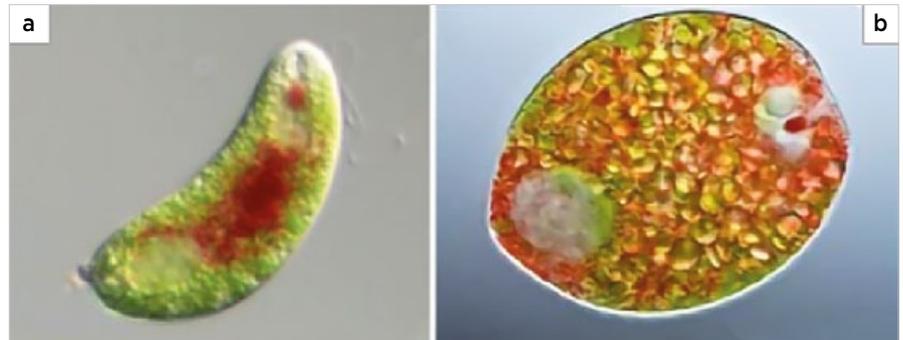


FIG. 3 EUGLENA SANGUINEA (1000X)

a) forma allungata e flagellata in cui i pigmenti rossi si trovano al centro della cellula
b) forma sferica in cui il complesso di pigmenti rossi si distribuisce in tutta la superficie della cellula.



FIG. 4 LAGHETTO PRIVATO

Adiacenze alla pista ciclabile Pasi-Miserocchi in località Classe. a, b) Fotografie dell'estesa colorazione rossa delle acque segnalata nel 2017. c, d) ammassi galleggianti di natura organica di colore violaceo segnalati nel 2021.

come carotenoidi e batterioclorofille, responsabili della colorazione rosso-violacea dell'acqua che si sviluppa in presenza di una loro proliferazione [3].

Ferrobatteri

L'azione di altri microrganismi è responsabile di ulteriori eventi di colorazioni anomale rosso ruggine delle acque superficiali caratterizzati dalla presenza di deposito e materiale colloidale in sospensione della medesima colorazione. Questi casi sono stati riscontrati lungo un fosso stradale a San Giovanni in Persiceto (BO) negli anni 2000, 2004, 2006, 2016 e 2017 (figura 6 a, b); nell'alveo del fiume Reno, in località Lama di Reno (BO) nel corso del 2015, a San Zeno di Galeata (FC) nel 2020, lungo il fiume Savio nel comune di Bagno di Romagna (FC) a gennaio e febbraio 2021 (figura 6 c), e infine in località Borgo Maggiore (San Marino) a marzo 2021.

Per quanto riguarda i fenomeni segnalati a San Giovanni in Persiceto (BO), a Lama di Reno (BO) e a San Zeno di Galeata (FC), gli esiti analitici relativi ai campioni sia di acqua che di sedimento, hanno rilevato l'assenza di sostanze di natura antropica (idrocarburi, metalli pesanti), mentre hanno mostrato una concentrazione molto elevata di ferro e manganese (tabella 2).

In merito alle segnalazioni rinvenute nel comune di Bagno di Romagna (FC) lungo il fiume Savio, l'analisi dei campioni al microscopio ottico ha permesso di osservare la struttura del materiale colloidale costituito prevalentemente da batteri filamentosi ferroprecipitanti probabilmente appartenenti alla specie *Leptothrix ochracea* e al genere *Spirophyllum* e *Gallionella* (figura 7), mentre gli esiti delle analisi chimiche hanno evidenziato un'elevata concentrazione di ferro e manganese (tabella 2), in linea con quanto rilevato nei casi descritti sopra.

A seguito delle analisi effettuate, il fenomeno legato alla colorazione rossastra dei corpi idrici e al materiale colloidale, è stato attribuito alla presenza dei ferrobatteri. Infatti, questi batteri possono esistere allo stato latente nell'acqua di falda, ma a contatto con l'ossigeno e in acque ricche di sostanza organica e soprattutto di ferro, possono svilupparsi grazie all'energia che ricavano dall'ossidazione degli ioni ferrosi presenti nell'acqua che poi depositano sotto forma di idrossido ferrico che compare come catabolita

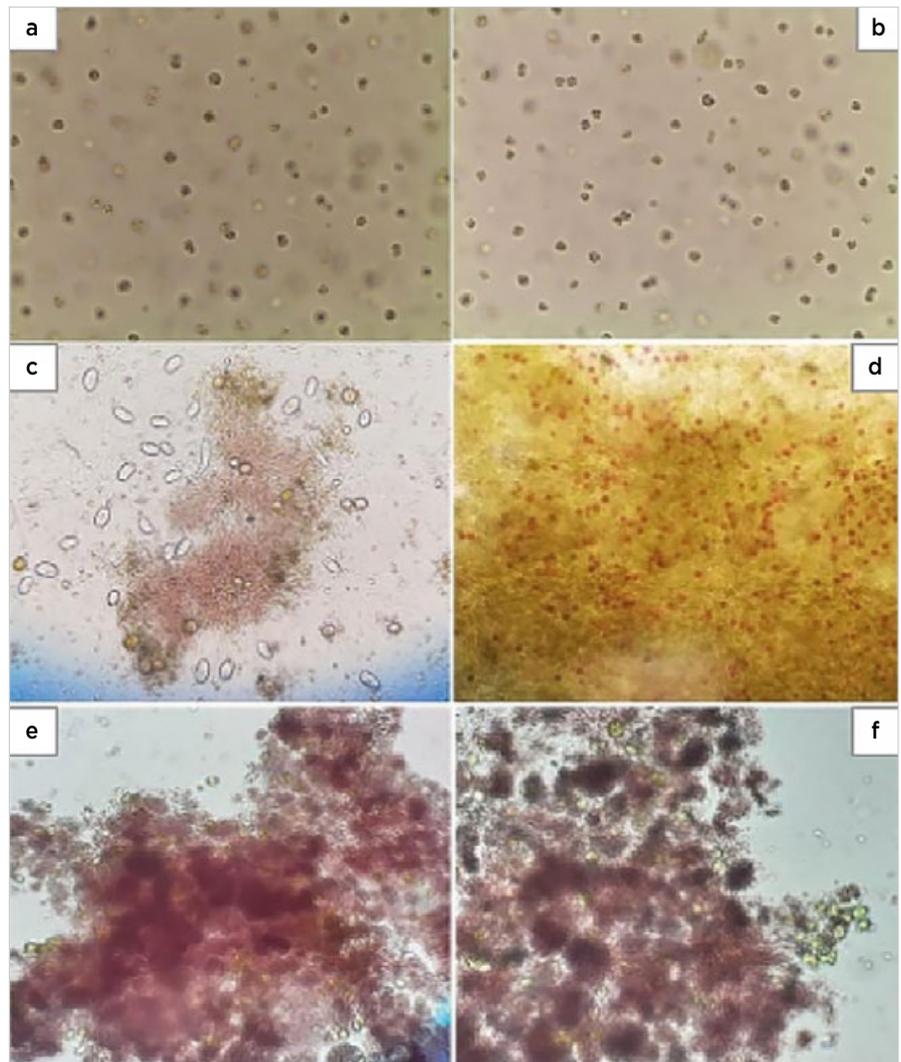


FIG. 5 SOLFOBATTERI PURPUREI

a, b) cellule batteriche probabilmente appartenenti alla specie *Thiohalocapsa halofila*, solfobatterio purpureo che cresce in ambienti ipersalini, rinvenuto nel laghetto privato vicino Classe nel 2017 (1000x).
c, d) solfobatteri purpurei probabilmente appartenenti al genere *Halochromatium* rinvenuti nei campioni prelevati nella Bassa del Pirotto (400x, 1000x).
e, f) forme batteriche probabilmente appartenenti al genere *Thiocapsa* identificate nei campioni del laghetto privato di Classe segnalati in marzo 2021 (1000x).

sulle loro secrezioni mucillaginose [4]. Anche il manganese, soprattutto se presente in elevate concentrazioni, può essere ossidato da questi microrganismi. I prodotti di ossidazione possono essere immagazzinati all'interno della cellula, come può avvenire per il genere *Leptothrix* (figura 7 a, b), o accumularsi sotto forma di depositi di colorazione rossastra come matrici extracellulari, come accade per il genere *Spirophyllum* e *Gallionella* (figura 7 c, d). La presenza di ferro e manganese rilevata nei campioni può essere riconducibile alle caratteristiche dell'ambiente idrico sotterraneo e legata alla natura dei minerali presenti nei terreni e nelle rocce dell'area in esame. Per esempio, gli accertamenti effettuati a San Giovanni in Persiceto (BO) hanno evidenziato come le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero in provincia di Bologna

condizionino la presenza nelle acque sotterranee del ferro, che compare in consistenti concentrazioni dove l'acquifero è confinato e dove al variare delle condizioni ossidoriducenti possono essere mobilizzati i minerali del ferro (o del manganese) naturalmente presenti nelle rocce e nei sedimenti. Si riporta a proposito che livelli significativi di ferro e manganese, di origine naturale e quindi non antropica, si riscontrano nelle porzioni distali delle conoidi del Samoggia e del Panaro.

In conclusione, è importante sottolineare quanto sia fondamentale inquadrare correttamente questi fenomeni e fornire risposte esaurienti ai cittadini al fine di evitare e contenere le loro comprensibili preoccupazioni. La maggior esperienza acquisita e la collaborazione tra le diverse figure

Parametro	San Giovanni in Persiceto 2016 (acqua)	San Giovanni in Persiceto 2016 (sedimento)	San Zeno di Galeata 2020	Fiume Savio-Bagno di Romagna 01/2021	Fiume Savio-Bagno di Romagna 02/2021	Borgo Maggiore (San Marino) 03/2021
Ferro (µg/l)	6.440	674.000	67.930	63.900	530.000	736.000
Manganese (µg/l)	1.827	4.300	1.138	2.820	5.300	67.000

TAB. 2 ANALISI CHIMICA

Esiti analitici delle analisi chimiche effettuate sui campioni di acqua e di sedimento relativi al fosso stradale in località San Giovanni in Persiceto, al fiume Savio in comune di Bagno di Romagna e agli eventi segnalati a San Zeno di Galeata e a San Marino.

professionali dell’Agenzia hanno consentito di inquadrare più chiaramente questi eventi.

I risultati di questa complementarietà sono molteplici e, tra questi, vi è la tempestiva comunicazione alle Forze dell’ordine impegnate nella difesa dell’ambiente e la risposta alle segnalazioni dei cittadini.

La corretta comunicazione della natura di questi eventi tramite pubblicazione sui siti di informazione locale e su quelli istituzionali oltre a determinare una maggiore tranquillità nella popolazione, può contribuire sia a creare nei cittadini la sensazione di una effettiva e professionale sorveglianza dell’ambiente da parte dell’Agenzia, che a creare un reciproco rapporto di collaborativa fiducia tra i cittadini e la pubblica amministrazione.

Fabrizio Bandini¹, Davide Calvani², Michela Del Pasqua¹, Elena Morandi¹, Patrizia Spazzoli²

Arpae Emilia-Romagna

1. Laboratorio multisito Unità microbiologia e biologia ambientale, Ravenna
2. Distretto territoriale di Forlì-Cesena

Si ringraziano i colleghi dei Servizi territoriali che hanno fornito documentazione utile alla stesura dei testi.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Zakrys B., Walne P.L., 1994, “Floristic, taxonomic and phytogeographic studies of green Euglenophyta from the Southeastern United States, with emphasis on new and rare species”, *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 102: 71-114.

[2] Bourrelly P., 1985, *Les algues d'eau douce: initiation a la systématique. Les Algues bleue et rouges les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines*, Société Nouvelle des Editions Boubée, 3: 123-184.

[3] Madigan M.T., Jung D.O., 2008, “An overview of purple bacteria: systematics, physiology, and habitats” *Adv. Photosynth. Respir.* 28:1-15. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8815-5_1

[4] Fontani N., Pedroni M., 1994, “I batteri implicati nei fenomeni di corrosione”, *Biologia Ambientale*, 6:14-21, www.cisba.eu/images/rivista/bollettino_cisba/Ba1994/Ba_1994-6/Ba_1994-6_3_Fontani-Batteri_della_corrosione.pdf



FIG. 6 COLORAZIONE DEI CANALI

a, b) Estesa colorazione rosso ruggine di un canale stradale a San Giovanni in Persiceto con presenza di deposito e materiale colloidale in sospensione. c) colorazione rosso ruggine e presenza di materiale colloidale lungo il fiume Savio nel comune di Bagno di Romagna.

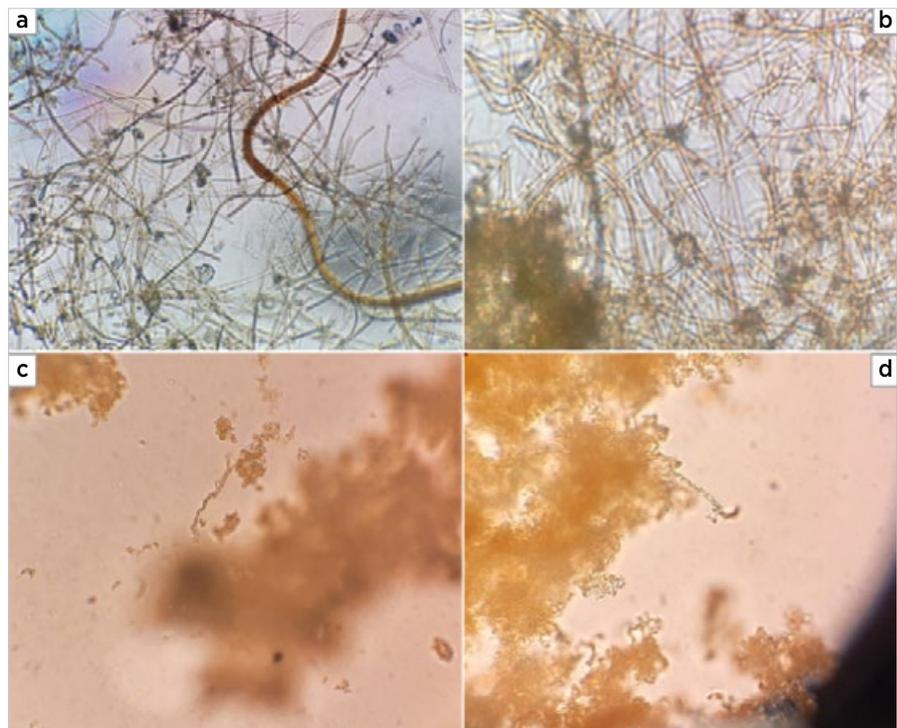


FIG. 7 BATTERI FILAMENTOSI FERROPRECIPITANTI

a, b) ferrobatteri probabilmente appartenenti alla specie *Leptothrix ochracea*, si notano le guaine di colore arancione contenenti idrossidi di ferro (1000x). c, d) ferrobatteri probabilmente appartenenti al genere *Spirophyllum*, si notano i prodotti dell’ossidazione che si depositano come matrici extracellulari (400x).

INQUINAMENTO E BIG DATA, AL VIA IL PROGETTO BIGEPI

IL PROGETTO BIGEPI, FINANZIATO DA INAIL, HA L'OBIETTIVO DI VALUTARE GLI EFFETTI SANITARI SULL'INTERA POPOLAZIONE ITALIANA LEGATI ALL'ESPOSIZIONE DI BREVE E LUNGO PERIODO ALL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E A TEMPERATURE ESTREME. PER FARLO SARANNO UTILIZZATI I BIG DATA RACCOLTI IN UN PRECEDENTE PROGETTO DI RICERCA.

L'inquinamento atmosferico è un problema comune che riguarda tutti i cittadini, ma spesso sottovalutato. Infatti, è ormai una certezza scientifica che l'inquinamento atmosferico influisce negativamente sulla salute delle persone, in particolare favorendo l'insorgenza di sintomi e patologie respiratorie, cardiovascolari, metaboliche e neurologiche. Nel 2018, l'Italia è stata il primo paese in Europa per numero di morti premature causate dall'esposizione a ossidi di azoto e ozono e il secondo per quelle causate dall'esposizione a particolato atmosferico. Recenti risultati scientifici mostrano l'assenza di un livello di esposizione sicura, al di sotto del quale l'inquinamento atmosferico non causi un danno per la salute, sottolineando come gli attuali livelli di legge europei sulla qualità dell'aria dovrebbero essere rivisti. Un'esposizione prolungata negli anni, se pur a bassi livelli di inquinamento, può determinare effetti sulla nostra salute.

Se vogliamo affrontare il problema in modo concreto è necessario conoscere il livello d'inquinamento atmosferico su tutto il territorio nazionale, non solo in aree particolarmente inquinate, ma anche in aree rurali e suburbane. Vivere in ambiente salubre è un diritto riconosciuto dalla costituzione italiana e il cittadino può esercitarlo di fronte alle istituzioni. La qualità dell'aria non è negoziabile, perché influisce sulla salute di tutti, con effetti più gravi sui soggetti più suscettibili, come bambini, anziani e persone con patologie croniche.

Il contesto di Bigepi e i risultati attesi

Il Progetto Bigepi nasce dal precedente progetto Inail Beep ("Uso di *big data* in epidemiologia ambientale e occupazionale", www.progettobeep.it),



nel quale l'utilizzo dei *big data*, ovvero grandi quantità di dati di diversa natura (geografici, ambientali e satellitari) ha reso possibile costruire mappe di concentrazione degli inquinanti atmosferici su scala nazionale, regionale, metropolitana e sub-urbana. Il progetto Beep ha mostrato un elevato impatto, in termini di mortalità e presenza di malattia, dovuto all'esposizione all'inquinamento atmosferico, alle temperature estreme e al rumore sulla salute della popolazione, in particolare in bambini e anziani, e nelle aree rurali/suburbane oltre a quelle metropolitane. È emerso poi come l'esposizione a temperature estreme

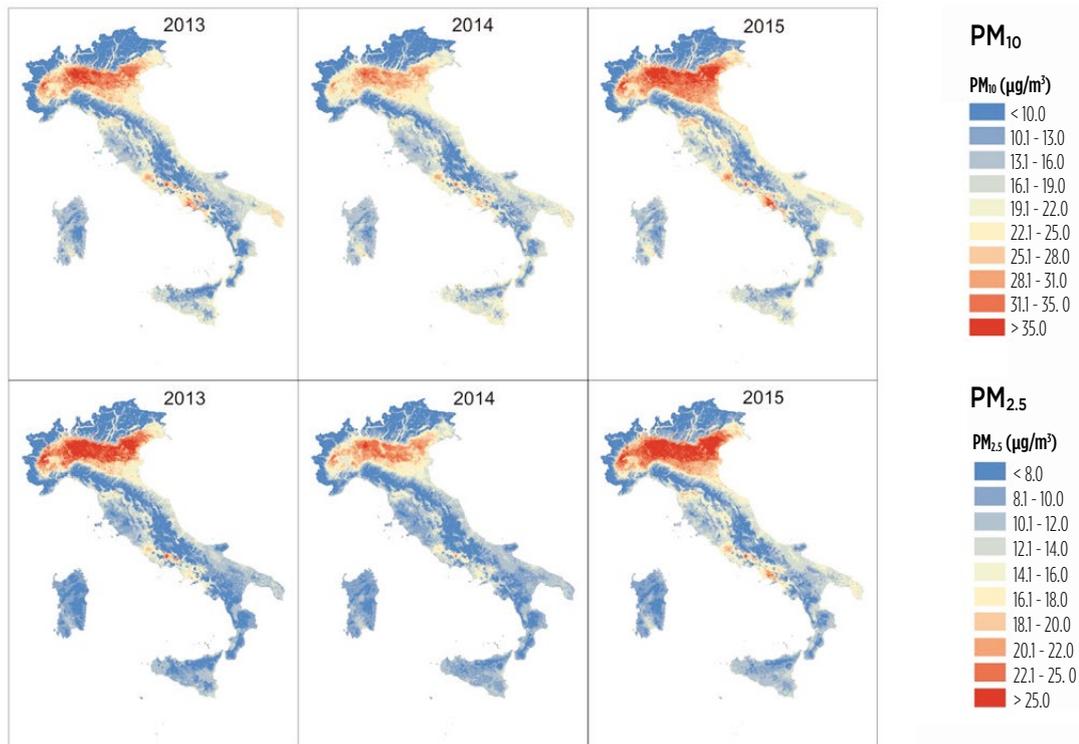


FIG. 1
PARTICOLATO
ATMOSFERICO

Concentrazione media di particolato atmosferico sul territorio nazionale per gli anni 2013-2015, a risoluzione 1 km² stimati nel progetto Inail Beep.

Fonte: Stafoggia et al, Environmental International, 2019

e piogge intense sia un problema importante per la salute dei lavoratori, dei cittadini e per le politiche di sicurezza.

Quali sono i risultati attesi in Bigepi? Grazie all'utilizzo delle mappe di concentrazione degli inquinanti e della temperatura prodotte in Beep e ai risultati ottenuti in tale progetto, si avrà la possibilità di approfondire e analizzare nuove evidenze sugli effetti dell'esposizione ambientale sulla salute. L'obiettivo principale di Bigepi è valutare nuovi aspetti correlati ai rischi dovuti all'esposizione di breve e lungo periodo all'inquinamento atmosferico e alla temperatura dell'aria nella popolazione generale, in termini di effetti su mortalità e ricoveri ospedalieri causa-specifica, presenza di malattie e sintomi respiratori. In particolare, verrà stimato:

- l'effetto a breve termine (nell'arco di giorni) dell'esposizione all'inquinamento atmosferico e temperature estreme sulla mortalità per cause cardiovascolari, respiratorie, neurologiche e mentali per tutti i comuni, a livello nazionale, in aree urbane, suburbane e rurali
- l'effetto a breve termine dell'esposizione all'inquinamento atmosferico su mortalità e ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari, respiratorie, neurologiche e mentali nei siti di bonifica di interesse nazionale e in altre realtà caratterizzate dalla presenza di importanti attività industriali
- l'effetto a lungo termine (esposizione prolungata nel tempo anche a bassi livelli di inquinamento) dell'esposizione all'inquinamento atmosferico e temperatura sulla mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie e sullo sviluppo di malattie ischemiche e cerebrovascolari nei 6 studi longitudinali di Roma, Torino, Siracusa, Bologna, Taranto e Brindisi

d) l'effetto a breve e lungo termine dell'esposizione all'inquinamento atmosferico e temperature estreme su sintomi e malattie respiratorie in popolazioni residenti a Pisa, Verona, Pavia, Torino, Sassari, Palermo, Terni e Ancona e) l'effetto a lungo termine dell'esposizione a inquinanti di origine ambientale e occupazionale sulla mortalità per cause tumorali, cardiovascolari e respiratorie e sull'incidenza di eventi coronarici acuti, ictus e broncopneumopatia cronica ostruttiva nello studio longitudinale di Roma.

Le potenziali ricadute sui cittadini e sulle politiche

I risultati del progetto forniranno ai cittadini ulteriori evidenze sugli effetti dell'esposizione all'inquinamento atmosferico dovuti non solo a periodi caratterizzati da concentrazioni elevate, ma anche ad esposizione continuata a bassi livelli di inquinamento, in aree

urbane, così come in aree suburbane e rurali. Ciò permetterà di aumentare la loro consapevolezza su una tematica di così grande importanza, basandosi su evidenze ottenute grazie alla ricerca scientifica. Il progetto fornirà alle autorità locali e regionali informazioni utili per l'individuazione di interventi atti a migliorare la qualità dell'aria e, di conseguenza, la salute pubblica. In particolare, le stime degli effetti sulla salute nei soggetti a maggior suscettibilità dovuti all'esposizione ambientale permetteranno di suggerire politiche mirate ai sottogruppi a rischio, nell'ottica della prevenzione.

Il progetto Bigepi è stato reso possibile grazie al finanziamento di Inail nell'ambito del Bando ricerche in collaborazione - Bric2019.

Per approfondimenti si può consultare il sito <https://bigepi.it>.

Sara Maio, Sofia Tagliaferro

Unità di ricerca di Epidemiologia ambientale polmonare (Epap), Ifc-Cnr

I PARTNER

Il gruppo di lavoro del progetto Bigepi è costituito da ricercatori esperti in diversi ambiti scientifici, che includono l'epidemiologia, la medicina, la biostatistica e la modellistica ambientale; ciò a garanzia di un approccio interdisciplinare che garantisca una valutazione integrata ed esaustiva della problematica ambiente-salute sia dal fronte ricerca sia dal fronte istituzionale.

I partner coinvolti sono l'Istituto di fisiologia clinica del Consiglio nazionale delle ricerche di Pisa (Ifc-Cnr, responsabile scientifico, in collaborazione con l'Istituto per la ricerca e l'innovazione biomedica del Consiglio nazionale delle ricerche di Palermo, Irib-Cnr), il Dipartimento di epidemiologia Ssr Lazio/Asl Roma 1 (co-responsabile scientifico), il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale di Inail, il Servizio sovrazonale di Epidemiologia della Asl TO3 di Torino, il Centro tematico regionale Ambiente, prevenzione e salute di Arpa Emilia Romagna (in collaborazione con il Servizio epidemiologia Asl di Reggio Emilia, Irccs e l'Agenzia sociale e sanitaria della Regione Emilia-Romagna), l'Agenzia regionale sanitaria della Puglia, il Dipartimento Attività sanitarie e Osservatorio epidemiologico dell'Assessorato Salute Regione Sicilia e il Dipartimento di Diagnostica e sanità pubblica dell'Università di Verona.



STRATEGIE DI ADATTAMENTO PER LE COSTE ADRIATICHE

I MARI E GLI OCEANI SONO VULNERABILI PER EFFETTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI. L'AUMENTO DEL LIVELLO DEL MARE, DELLA TEMPERATURA E L'ACIDIFICAZIONE DELLE ACQUE MARINE RISCHIANO DI COMPROMETTERE LE ATTIVITÀ COSTIERE E LA VITA ACQUATICA. IN QUESTO CONTESTO SI INSERISCE IL PROGETTO ADRIA CLIM A TUTELA DELLE COSTE DEL MARE ADRIATICO.

Le proiezioni climatiche a scala globale riportate nello *Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate* realizzato nel 2019 dall'Ipcc¹ (il gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico) ci ammoniscono sulle prospettive dei mari e degli oceani e sulla situazione complessiva dell'ambiente marino-costiero, che richiede un'attenzione particolare e misure speciali. Il livello del mare continuerà a crescere, questo è un dato incontrovertibile. Anche se le emissioni di gas serra diminuissero radicalmente e il riscaldamento globale fosse contenuto ben al di sotto dei 2 °C, entro il 2100 l'innalzamento del livello del mare potrebbe arrivare a circa 30-60 cm, mentre il livello medio del mare potrebbe aumentare dai 60 ai 110 cm se le emissioni dovessero crescere ancora in maniera consistente. Sempre entro il 2100, l'oceano, che a oggi ha incamerato oltre il 90% del calore in eccesso nel sistema climatico, assorbirà da 2 a 4 volte più calore rispetto all'intervallo compreso dal 1970 a oggi, se il riscaldamento globale sarà contenuto entro i 2 °C, e fino a 5-7 volte di più nello scenario più pessimistico.

Le ondate di calore marine sono raddoppiate dal 1982 e stanno aumentando di frequenza e di intensità. La loro frequenza sarà 20 volte maggiore rispetto ai livelli preindustriali nello scenario più ottimistico e 50 volte

maggiore se le emissioni continueranno ad aumentare significativamente. Il riscaldamento dell'oceano non consente il rimescolamento degli strati nella colonna d'acqua e, di conseguenza, l'apporto di ossigeno e di sostanze nutritive per la vita marina.

L'incremento di anidride carbonica nell'atmosfera, oltre a essere una delle cause principali dell'aumento delle temperature a livello globale, sta influenzando anche gli equilibri degli ecosistemi marini. Gli oceani, infatti, assorbono tra un terzo e un quarto di tutta la CO₂ rilasciata ogni anno nell'atmosfera, rendendo le acque sempre più acide.

L'acidificazione, la perdita di ossigeno e i cambiamenti nella disponibilità dei nutrienti stanno già influenzando la distribuzione e l'abbondanza della vita marina nelle zone costiere, in mare aperto e sul fondale: barriere coralline a rischio, riduzione delle risorse ittiche e habitat marini compromessi sono solo alcuni dei risultati che il cambiamento nella composizione chimica dei mari comporta. Le comunità che dipendono fortemente dai prodotti ittici potranno avere difficoltà per quanto riguarda l'alimentazione e la sicurezza alimentare, e non bisogna dimenticare che gli effetti del cambiamento climatico sono decisamente più impattanti per quelle società che hanno meno risorse e capacità di risposta.



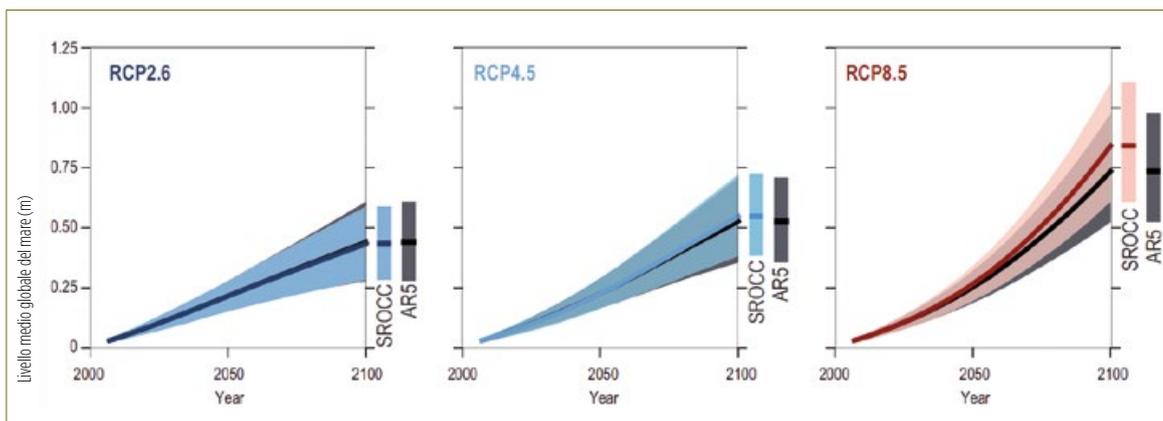
Le coste sono, e lo saranno sempre più, particolarmente esposte a una moltitudine di rischi, per effetto dei cambiamenti climatici descritti. I rischi potranno essere gestiti e affrontati solo se si sarà in grado di agire risolutamente con politiche climatiche e riduzioni delle emissioni, che saranno necessarie per realizzare l'accordo di Parigi e per proteggere anche l'oceano e la criosfera sostenendo tutta la vita sulla Terra.

Scenari climatici nel bacino Adriatico

Le coste dell'Adriatico sono particolarmente vulnerabili e saranno sempre più esposte ai rischi in futuro se non si metteranno in campo misure di mitigazione e adattamento. Secondo il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (Pnacc, <https://bit.ly/Pnacc>), per il bacino del Mediterraneo entro il 2050 si prospetta il seguente scenario: - la temperatura del mare Adriatico aumenterà di circa +1,5/1,6 °C

FIG. 1
LIVELLO DEL MARE (SCENARI)

Serie temporali del livello medio globale del mare per il percorso di concentrazione rappresentativo (Rcp) 2.6, Rcp 4.5 e Rcp 8.5 utilizzate nel rapporto Ipcc 2019. I risultati si basano su quelli di AR5 per tutti i componenti a eccezione del contributo Antartico.



- il livello marino salirà di 7 cm, con possibile incremento dell'erosione costiera
- l'aumento di temperatura e volume del mare porterà a un incremento della salinità
- la salinizzazione dell'acqua dolce e degli acquiferi sarà sempre più frequente
- gli effetti avversi sull'ecosistema marino saranno inevitabili.

Temperature più elevate associate a una maggiore frequenza ed entità delle mareggiate impongono sfide significative nella gestione delle coste, che possono essere affrontate al meglio se si mettono in atto gli sforzi combinati di istituzioni pubbliche, amministrazioni, enti di ricerca e portatori di interesse. Lo sviluppo sostenibile e la resilienza ai cambiamenti climatici dipendono in modo cruciale da un'urgente e decisa riduzione delle emissioni, abbinata ad azioni di adattamento coordinate e sempre più ambiziose.

Il progetto AdriaClim

In questo contesto si inserisce AdriaClim (*Climate change information, monitoring and management tools for adaptation strategies in Adriatic coastal areas*), concepito per contrastare gli effetti del cambiamento climatico sviluppando strategie di adattamento sulle aree costiere e marine adriatiche a rischio. Il progetto, finanziato dal programma di cooperazione Interreg Italia-Croazia, è coordinato da Arpa Emilia-Romagna e coinvolge 18 partner tra università, istituti di ricerca, istituzioni pubbliche e private italiane e croate.

Il progetto mira a raggiungere i seguenti obiettivi:

- sviluppare informazioni accurate in grado di promuovere lo sviluppo di piani regionali e locali per l'adattamento al cambiamento climatico
- pianificare un adeguamento della fascia costiera per un'economia blu sostenibile, basata su informazioni accurate e affidabili
- contribuire a colmare le lacune nei sistemi di osservazione già esistenti e migliorare la capacità di modellazione sviluppando modelli integrati ad alta risoluzione
- consolidare la pianificazione di misure per rafforzare la capacità di adattamento in Italia e in Croazia costruendo una cooperazione transfrontaliera che si protragga anche dopo la fine del progetto. L'obiettivo principale di AdriaClim è promuovere lo sviluppo di nuovi piani di adattamento regionali e locali e

l'aggiornamento di quelli già esistenti per mitigare gli impatti del cambiamento climatico sulla fascia costiera dell'Adriatico e trasformare potenziali minacce in opportunità economiche. Il progetto AdriaClim intende inoltre potenziare la cooperazione sui sistemi di monitoraggio, creando metodologie e protocolli transfrontalieri allo scopo di armonizzare gli strumenti e renderli pubblicamente accessibili, e sviluppare modelli integrati ad alta risoluzione per migliorare la capacità di modellazione attraverso lo scambio di conoscenze ed esperienze tra Italia e Croazia. Oltre a incrementare lo stato osservativo marino-costiero attraverso il potenziamento o l'installazione di specifiche stazioni di misura, che permetteranno l'analisi dell'evoluzione delle dinamiche ambientali nel lungo periodo, il progetto si propone di sviluppare una innovativa modellistica numerica accoppiata atmosfera-oceano-onde-fiumi. Questa modellistica sarà implementata sia a scala di bacino adriatico che a scala regionale (con maggiore risoluzione spaziale), e vi saranno integrate le componenti biogeochimiche e fisiche, in modo da fornire dati e approfondimenti su come il cambiamento climatico influenzerà lo stato e la distribuzione nell'ambiente marino-costiero. Sarà così possibile ottenere indicatori locali più specifici e in questo modo gli amministratori e i decisori politici saranno in grado di comprendere i fenomeni a piccola scala indotti dai cambiamenti climatici e utilizzare le informazioni per sviluppare piani di adattamento regionali o locali. L'utente e il decisore finale potranno contare sullo sviluppo di un sistema avanzato comune, interoperabile e volto a facilitare l'accesso e la condivisione di dati e indicatori, che continuerà a essere operativo anche dopo la fine del progetto per favorire la creazione e l'aggiornamento dei piani di adattamento.



Per rafforzare la capacità di adattamento e mitigazione in Italia e in Croazia, i piani regionali e locali saranno sviluppati in 9 aree test (6 italiane e 3 croate: Emilia-Romagna, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Puglia, Marche, Molise, Dubrovnik, Spalato, Zara) dove i partner territoriali coopereranno con le autorità locali e le parti interessate, anche attraverso percorsi partecipati che prevedono un coinvolgimento attivo della cittadinanza e dei portatori di interesse, allo scopo di aumentare la consapevolezza e la resilienza nelle aree pilota interessate da questa attività.

Nell'ambito del progetto sarà inoltre istituito un gruppo transnazionale di esperti nella gestione delle tematiche del cambiamento climatico (*Transnational Expert Management Body*) con la funzione di organo di gestione transfrontaliero permanente, che favorirà la collaborazione tra le istituzioni italiane, croate e internazionali sui piani di adattamento e sulle misure di mitigazione.

Andrea Valentini, Alessandra De Savino, Carlo Cacciamani, Silvia Unguendoli, Luis Germano Biolchi

Arpa Emilia-Romagna

NOTE

¹ Ipcc, 2019, *Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

DATI DI PROGETTO ADRIACLIM

Lead partner: Arpa Emilia-Romagna

18 partner, 12 italiani + 6 croati:

Cnr-Ismar (IT) / Arpa Veneto (IT) / Regione Puglia (IT) / Fondazione Cmcc (IT) / Università di Bologna (IT) / Arpa Fvg (IT) / Ispra (IT) / Regione Marche (IT) / Ulss3 Serenissima (IT) / Regione Molise (IT) / Regione Emilia-Romagna (IT) / Città di Venezia (IT) / Agenzia per lo sviluppo della provincia di Zadar Zadra Nova (HR) / Provincia di Dubrovnik Neretva (HR) / Istituto Ruder Boskovic (HR) / Rera Split - Provincia della Dalmazia (HR) / Istituto di oceanografia e pesca (HR) / Regione dell'Istria (HR).

Durata del progetto: 1/1/2020 - 31/12/2022

Budget totale: 8.823.415 euro

Fesr: 7.499.902,75 euro

ADATTAMENTO CLIMATICO, UN CASO STUDIO LOCALE

PENSARE GLOBALMENTE E AGIRE LOCALMENTE POTREBBE ESSERE LA STRATEGIA VINCENTE PER CONTRASTARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO, UNA DELLE SFIDE PIÙ IMPORTANTI PER IL GENERE UMANO. IL CASO STUDIO DI MALALBERGO, UN PICCOLO COMUNE DEL BOLOGNESE CHE HA INTEGRATO IL PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE CON IL PIANO PER IL CLIMA.

Il Patto dei sindaci (*Covenant of Mayors*) è una iniziativa della Commissione europea lanciata nel 2008 come strumento per attuare azioni concrete per la lotta ai cambiamenti climatici, ed è il più grande movimento su scala mondiale, con l'obiettivo di coinvolgere le autorità locali e regionali verso la sostenibilità energetica e ambientale. Nel 2015, dopo la fusione con l'iniziativa gemella "*Mayors Adapt*", ha avuto avvio il nuovo *Patto dei sindaci per il clima e l'energia*, in cui agli obiettivi di mitigazione si sono aggiunti quelli relativi all'adattamento ai cambiamenti climatici.

Sebbene gli sforzi globali intesi a ridurre le emissioni si stiano rivelando utili, alcuni aspetti del cambiamento climatico sono ormai inevitabili e richiedono azioni complementari a livello globale e a livello locale per un adattamento agli effetti che lo stesso cambiamento produce [1]. Le strategie di adattamento al cambiamento climatico mirano a ridurre la vulnerabilità dei sistemi esposti alle variazioni del clima, rendendoli più preparati ad affrontare i fenomeni meteorologici estremi.

Gli impegni dei firmatari

I firmatari del Patto dei sindaci condividono una *roadmap* al 2050, con l'obiettivo di accelerare la decarbonizzazione, consentendo ai cittadini di essere partecipi del

cambiamento con un approccio di tipo *bottom-up*, cioè partendo dal territorio locale. L'Unione europea introduce il concetto di *transizione energetica* quale percorso obbligato al 2050, basato sull'assunto che vi sarà una graduale transizione del sistema energetico attuale verso una progressiva elettrificazione di tutti i consumi energetici sia nel riscaldamento sia nei trasporti, mediante il progressivo abbandono dei combustibili fossili.

Il futuro della transizione energetica passa attraverso la figura del *prosumer*, cioè del cittadino che è contemporaneamente produttore e consumatore di energia da fonti rinnovabili. Una figura che sta emergendo sempre più con lo sviluppo della generazione distribuita: si pensi ad esempio ai proprietari di impianti fotovoltaici su tetto.

Le città firmatarie s'impegnano a sostenere l'attuazione dell'obiettivo

comunitario di riduzione del 55% delle emissioni di CO₂ entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, e l'adozione di un approccio comune per affrontare la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Gli interventi di mitigazione hanno come scopo quello di ridurre le emissioni di gas serra, mentre le misure di adattamento sono finalizzate a diminuire la vulnerabilità dei sistemi naturali e socio-economici e ad accrescere la loro capacità di resistere agli inevitabili impatti di un clima in continuo cambiamento. Le città sono fondamentali per la transizione energetica a partire dal loro impatto: sono responsabili di circa il 75% del consumo finale lordo di energia e di emissioni di CO₂ legate all'energia. I consumi si concentrano soprattutto nel settore residenziale e nei trasporti, per questo il cittadino riveste un ruolo importante nella sfida alla transizione energetica.

FIG. 1
PRECIPITAZIONI

Media annua delle precipitazioni anni 1991-2015.

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

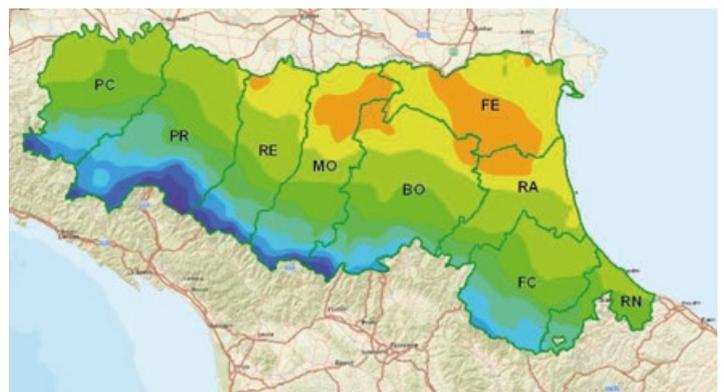
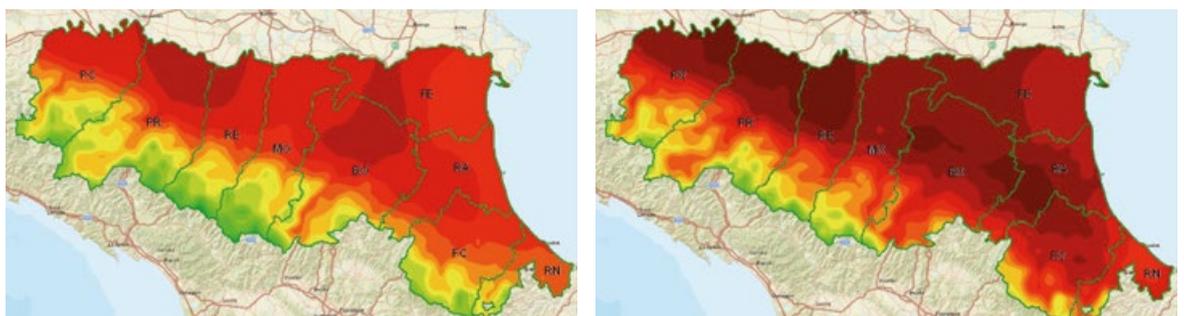


FIG. 2
TEMPERATURA

Confronto tra la temperatura massima media estiva nel periodo 1961-1990 (sinistra) e 1990-2015 (destra).

Fonte: Arpae Emilia-Romagna



I sindaci sono l'entità amministrativa coinvolta in questo patto, perché l'azione locale rappresenta una delle più efficaci.

In questo breve resoconto cercheremo di illustrare lo specifico caso di Malalbergo, un comune con meno di 10 mila abitanti distante circa 30 chilometri da Bologna, in direzione nord-est. Il consiglio comunale approva il *Piano d'azione per l'energia sostenibile* (Paes) a fine 2017 e prevede la riduzione di emissioni di CO₂ del -21,3% al 2020 e del -42,8% al 2030, quest'ultimo superiore al -40% previsto dall'Unione europea [2], per poi integrarlo con il *Piano d'azione per il clima*.

Il piano finale conterrà un inventario di base delle emissioni per monitorare le azioni di mitigazione e la valutazione di vulnerabilità e rischi climatici.

Criticità regione Emilia-Romagna

L'osservazione geografica dell'Emilia-Romagna con i relativi bacini idrografici suggerisce gli eventi climatici estremi che potrebbero verificarsi; la regione è infatti molto esposta al rischio di esondazione dei fiumi e di alluvioni, rischio che si fa sempre più marcato mano a mano che ci si avvicina alla pianura Padana.

Il problema delle piogge intense è molto serio e allarmante, basti pensare che il fiume Po che costeggia l'intera regione è il più lungo d'Italia, 652 km, con un bacino idrografico di 71 000 km². Può raggiungere portate fino a 13.000 m³/s d'acqua, che provocherebbero pericoli elevati per la vita, danni enormi al sistema socio-economico e gravi disastri ambientali in caso di esondazione. La regione è quasi totalmente bagnata dalle acque superficiali con qualche zona lacustre e soltanto il versante est è bagnato dal mare Adriatico. Pertanto, è essenziale conoscere i livelli dei fiumi in tempo reale, le precipitazioni sul territorio e capire quale sia il limite massimo di eventi climatici che il territorio può sopportare (vulnerabilità) e di conseguenza intervenire per renderla resiliente. Soltanto in seguito potranno essere individuate e applicate delle concrete azioni mirando a difendere i punti critici di un territorio.

In *figura 1* è riportata una distribuzione delle precipitazioni medie annue nel periodo 1991-2015 con una maggior intensità spostandosi dalle fasce blu verso quelle verdi e arancioni. Le zone più esposte alle forti precipitazioni sono gli Appennini e la fascia collinare/pianeggiante. Le esondazioni dei fiumi non sono l'unica vulnerabilità del territorio. Buona parte del

territorio è pianeggiante e adibito a uso agricolo e urbano, e necessita quindi di un continuo monitoraggio della temperatura e dei suoi effetti diretti sull'economia, sulla salute umana e sull'ecosistema (*figura 2*). Come si evince dalle mappe, per quanto riguarda l'andamento della temperatura media massima considerata nel periodo più caldo, quindi estivo, notiamo subito un cambio drastico. Le fasce colorate messe a confronto presentano tonalità diverse, pur considerando le stesse zone: infatti la scala cromatica varia tendendo allo scuro, indicando il cambiamento accentuato di temperatura.

Confrontando il periodo di riferimento 1961-1990 con quello successivo, notiamo che la temperatura massima estiva è aumentata di 1 °C nelle zone rosse, e di 2 °C nelle altre zone.

È evidente che le temperature in tutta la regione sono aumentate, il che espone il territorio ad altre criticità, ovvero l'aumento sia di giornate sempre più calde sia del rischio siccità.

Dal generale al particolare: analisi climatica locale

Le azioni richieste per il Paesc necessitano di una dettagliata conoscenza del territorio. Nel caso di studio, occorre descrivere approfonditamente il territorio comunale che si estende su un'area di 54 km² con un perimetro di 46 km circa. La morfologia del territorio è quasi del tutto pianeggiante ed è prevalentemente destinato all'agricoltura. È attraversato da diversi canali utilizzati in passato per la navigazione e ora per uso irriguo. Questi canali fanno parte del bacino idrografico principale del fiume Reno, che costeggia il confine nord-est del comune.

Si può ragionevolmente pensare che, per la tipologia di territorio, i rischi più grossi siano l'esondazione del bacino principale, e quindi dei suoi canali e scoli,

il rischio siccità e le ondate di calore nelle stagioni calde. Inoltre il comune è situato in una zona pianeggiante dove si creano situazioni di stabilità climatica con scarso mescolamento atmosferico che comportano aumenti di temperatura e il ristagno delle polveri sottili, tema molto rilevante per la salute degli abitanti nella pianura Padana.

I dati medi registrati da Arpa Emilia-Romagna fra il 1991 e il 2015 mostrano un aumento tanto nella temperatura quanto nelle precipitazioni rispetto ai dati registrati fra il 1961 e il 1990. Anche in un piccolo territorio il processo di trasformazione del clima è quindi ben percepibile (*figura 3*). In ogni stagione dell'anno la temperatura media è cresciuta di circa 1 °C nel periodo 1991-2015, molto probabilmente per l'aumento della concentrazione in atmosfera dei gas responsabili delle alterazioni del clima [3]. Nella stagione estiva invece, come ci si aspettava, calano le precipitazioni portando il territorio verso una situazione di maggior siccità, che si somma al naturale incremento di consumo d'acqua sia per uso irriguo sia per le utenze domestiche e industriali.

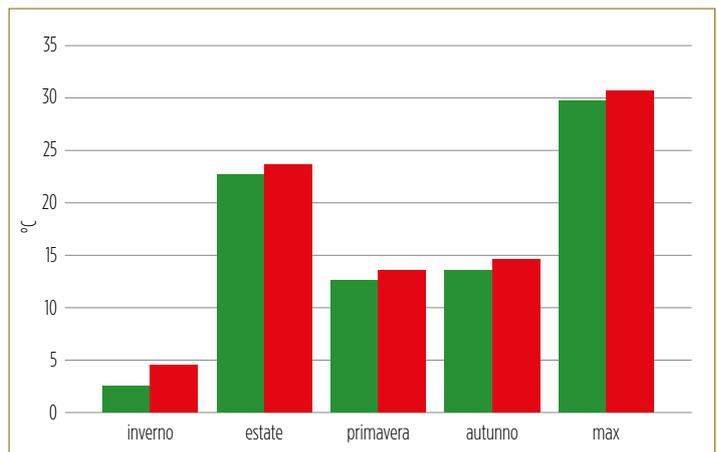
Nell'ipotesi più conservativa, le azioni complessive per raggiungere i macro-obiettivi imposti dall'Unione europea nel periodo tra il 2030 e il 2050 – non viene considerato l'acquisto di energia elettrica verde – porterebbero a una riduzione delle emissioni del 50,8%, rispetto al bilancio energetico del 2008 preso come riferimento. Inoltre, si registrerebbe un risparmio di circa 2,3 milioni di metri cubi di metano da gas naturale e 17,4 milioni di kWh elettrici ovvero circa 3,4 ktep su consumo finale lordo. Tale risparmio potrebbe essere investito nel settore dell'autotrazione, favorendo la transizione all'acquisto di veicoli a metano o elettrici. Il valore del risparmio del gas naturale potrebbe coprire il 32% del fabbisogno nei trasporti di gasolio, benzina, gpl e metano pari a 5,87 ktep.

FIG. 3
TEMPERATURA
MALALBERGO

Temperature medie stagionali e massime dal 1961 al 2015 a Malalbergo (BO).

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

■ 1961-1990
■ 1991-2015



Obiettivi del piano di adattamento

L'ultimo rapporto di valutazione del gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (Ipcc) afferma che il riscaldamento globale è ormai inequivocabilmente in atto [4]. A supporto di questa tesi, l'Ipcc porta una molteplicità di evidenze, quali il riscaldamento della superficie terrestre, degli oceani e della troposfera, l'innalzamento del livello globale del mare e la riduzione dei ghiacciai continentali e marini.

A livello internazionale, il problema del cambiamento del clima e dei relativi impatti è affrontato per mezzo di due strategie di azione: la mitigazione e l'adattamento.

Se i cambiamenti climatici rappresentano un rischio, è necessario prevenirli agendo sulle cause, cioè riducendo le emissioni di gas serra provenienti dalle attività umane e arrestarne o quanto meno rallentarne l'accumulo in atmosfera (mitigazione ambientale); ma è anche indispensabile agire sugli effetti, limitando la vulnerabilità territoriale e socio-economica ai cambiamenti del clima (adattamento).

Le due strategie sono complementari: quanto maggiore è l'impegno per la mitigazione dei cambiamenti del clima, tanto minori sono le esigenze di adattamento e viceversa.

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, oggi Ministero della Transizione ecologica (Mite), responsabile delle politiche nazionali sul clima, ha avviato un percorso che ha portato alla definizione della *Strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici* (Snac) da attuare mediante un piano di azione o piani di azione settoriali. La strategia nazionale si basa su alcuni documenti, tra i quali anche il rapporto tecnico-scientifico "*Stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici*" che conferma quanto già indicato nei documenti elaborati dall'Ipcc e dall'Agenzia europea per l'ambiente (Eea) sulle vulnerabilità dell'Italia nel contesto dell'area mediterranea [5]. Il rapporto, inoltre, fornisce un approfondimento su due aree particolarmente vulnerabili: quella appenninica e il distretto idrografico padano e in particolare quello del fiume Po.

Sono anni che si discute di misure di adattamento: nel 2013 è stata varata dalla Commissione Ue la *Strategia europea per l'adattamento ai cambiamenti climatici* e nel 2017 è stato pubblicato in Italia il *Piano nazionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici*. Disponiamo ormai di un ricco repertorio di buone pratiche, di progetti

realizzati in varie città del mondo che dimostrano che si possono realizzare interventi che aumentano la resilienza e diminuiscono la vulnerabilità delle città rispetto ai cambiamenti climatici. Come si realizza tutto questo a livello locale? Quale piano di adattamento ai cambiamenti climatici è giusto applicare in un determinato territorio? Quali sono le vulnerabilità e quali azioni preventive e soluzioni operative sono necessarie perché aumenti la resilienza del territorio agli eventi climatici estremi?

Le azioni locali da intraprendere

L'adattamento al cambiamento climatico richiede un piano per contrastare gli impatti negativi sui sistemi socio-economici e diventa un'opportunità per salvaguardare il sistema naturale e umano, stimolare l'avvio di una nuova fase di rigenerazione urbana e promuovere la consapevolezza e la cultura del rischio. I rischi di alluvioni, per esempio, si riducono fermando l'impermeabilizzazione e il consumo di nuovo suolo, realizzando piazze o aree verdi sotto al livello stradale che possono contribuire all'accumulo di acque piovane nel caso di eventi estremi, e convogliando il deflusso di acque piovane intense verso zone umide appositamente predisposte nelle aree periurbane che consentano anche l'espansione e la laminazione delle piene di fiumi e torrenti.

Tra le azioni da intraprendere per un comune, ci potrebbe essere la gestione del verde, come risorsa per il raffrescamento, e la gestione delle acque sia in termini di riduzione dei consumi che di gestione degli eventi meteorici intensi. Soluzioni come i parchi periurbani, le alberature stradali, i percorsi a pergolato, i tetti e le pareti verdi, le pavimentazioni permeabili, la raccolta e il riuso delle acque piovane, insieme al riutilizzo delle acque grigie possono tutte contribuire a favorire sia la mitigazione che l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Ma anche soluzioni tecnologiche più avanzate possono essere importanti. Ad esempio, l'albedo, la porzione di luce riflessa da strade, piazze ed edifici può essere aumentata contrastando il surriscaldamento del suolo e risparmiando elettricità per l'illuminazione pubblica, per via di una maggior riflettanza.

In corrispondenza dei centri urbani si verifica un fenomeno microclimatico, detto effetto isola di calore (*urban heat island*), che comporta un surriscaldamento locale. Con differenze di temperatura notevoli rispetto alle

aree extra urbane, questo fenomeno è causato dall'intensa urbanizzazione, ma è possibile intervenire scegliendo materiali adeguati e valorizzando il verde urbano. La conseguenza diretta dell'effetto isola di calore è l'innalzamento delle temperature, sia in estate che in inverno, fino a superare anche i +3 °C. Le coperture, molto spesso grigie o di colori scuri, con un albedo inferiore al 10%, sono tra gli elementi che causano l'effetto isola di calore. Un intervento vincente è l'installazione di tetti verdi, che non solo restituiscono spazi utili alla socialità, ma contribuiscono al controllo microclimatico urbano, favoriscono l'evaporizzazione, l'assorbimento di agenti inquinanti e la riduzione di polveri sottili, innalzando l'albedo fino al 30%. Per contrastare questo effetto sono stati sviluppati anche cementi di colorazioni più chiare, oltre che studi su bioasfalti, riducendo l'impatto della radiazione solare fino al 20%, con notevoli mitigazioni al microclima urbano. Esiste anche una soluzione più semplice e meno difficile da mantenere: la tecnologia di copertura Cool-Roof. Con il termine Cool-Roof si indica un sistema di copertura in grado di riflettere la radiazione solare in percentuale fino al 75-80% e di ridurre di oltre il 50% la temperatura superficiale del tetto rispetto a una copertura di colore scuro. Si tratta di iniziative che richiedono pianificazione e visione per il futuro: saper guardare ai territori come a una risorsa da impiegare per imporre una sterzata alle abitudini che sono causa del cambiamento climatico. Partire dai piccoli comuni è la chiave per capire come trasformare un problema in una opportunità.

Davide Pini

Già assegnista di ricerca, dipartimento di Chimica industriale "Toso Montanari", Università di Bologna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Agenzia europea dell'ambiente, 2019, *Adattamento al cambiamento climatico*.
- [2] L. Setti, D. Pini, 2017, *Piano d'azione per l'energia sostenibile di Malalbergo*, pp. 237.
- [3] D. Pini, 2019, *Piano di adattamento ai cambiamenti climatici (caso studio)*, prima conferenza nazionale sulle previsioni meteorologiche e climatiche, poster session: *Previsioni decadali e proiezioni di lungo termine*, Bologna, 17-18 giugno 2019.
- [4] Ipcc, 2015, *Climate change 2014 - Synthesis Report (SYR)*, Geneva, Switzerland, pp. 151.
- [5] Mattm, 2014, *Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia*.