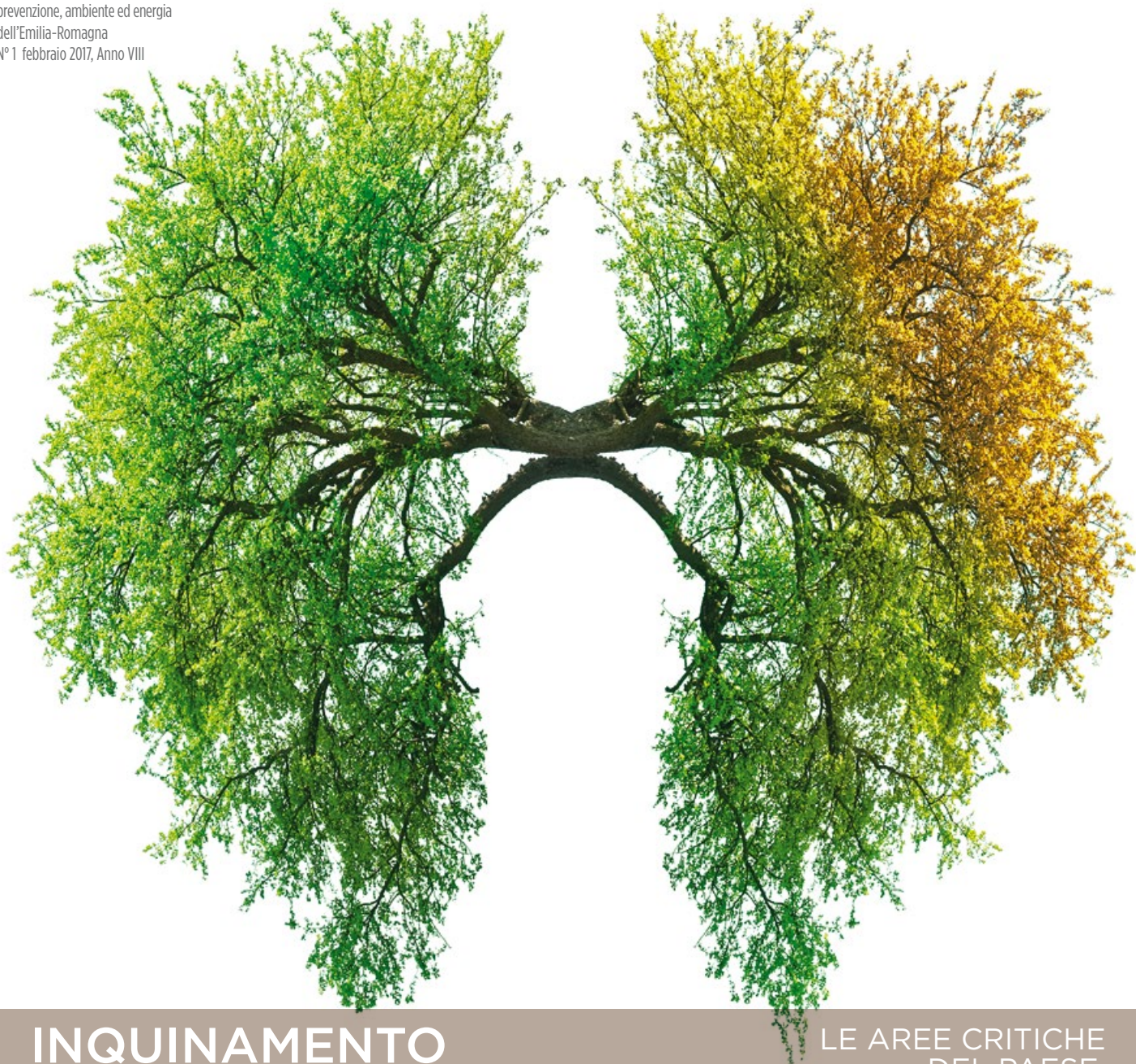


ecoscienza

SOSTENIBILITÀ E CONTROLLO AMBIENTALE

Rivista di Arpa
Agenzia regionale
prevenzione, ambiente ed energia
dell'Emilia-Romagna
N° 1 febbraio 2017, Anno VIII



INQUINAMENTO DELL'ARIA, ANALISI E STRATEGIE, I RISCHI PER LA SALUTE

ORIGINE E CHIMICA
DEL PARTICOLATO,
MONITORAGGIO
E GESTIONE
DELLE EMERGENZE.

LE AREE CRITICHE
DEL PAESE,
I PIANI DI PREVENZIONE
E RISANAMENTO,
INDAGATE PATOLOGIE RESPIRATORIE,
ONCOLOGICHE E CARDIOVASCOLARI
CON L'INTEGRAZIONE
DI DIVERSE DISCIPLINE.
UNO STUDIO NELL'AREA BOLOGNESE
SU CRITICITÀ SINERGICHE E SALUTE.

ACQUA E AGRICOLTURA
INNOVAZIONE E GESTIONE SOSTENIBILE
NEL CLIMA CHE CAMBIA



Al servizio di chi tutela il territorio,
per la salvaguardia della popolazione.


innovation for a safer world.

ARIA E SALUTE, CONOSCERE PER PREVENIRE



Francesco Forastiere • Dipartimento di Epidemiologia, Servizio sanitario Regione Lazio

Questo numero di Ecoscienza presenta una ricca serie di interventi e aggiornamenti sulla qualità dell'aria, sulle fonti emissive, sulla formazione del particolato fine e ultrafine, sugli effetti cardiovascolari, respiratori e oncologici, sulla risposta delle istituzioni e della comunità scientifica a una emergenza mondiale che caratterizza anche il nostro paese da anni. Si tratta di una raccolta preziosa, specie per gli operatori del neonato Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (L 132/2016) e del più vetusto Sistema sanitario nazionale (L 833/1978). Molto si è mosso, e continua a muoversi, a livello internazionale nella comprensione e caratterizzazione dei fenomeni, anche per l'enorme e continua spinta della comunità scientifica nel mettere in evidenza gli effetti negativi dell'esposizione al particolato fine, agli ossidi di azoto, all'ozono.

1. La capacità di integrare i dati delle centraline di monitoraggio con le rilevazioni satellitari di *Aerosol Optical Depth* (AOD) è maturata molto negli ultimi anni, con più algoritmi che offrono dati affidabili e la disponibilità di AOD a 1 km di risoluzione. A livello mondiale sono disponibili per il PM_{2.5} sistemi diversi come il *Data Integration Model for Air Quality* (DIMAQ) e il *Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS) che permettono una valutazione complessiva dei fenomeni. Si tratta di sviluppi importanti per la valutazione della qualità dell'aria anche in aree non coperte dal monitoraggio.

In Italia, un sistema integrato di *data fusion* dei dati satellitari, dati delle centraline di monitoraggio, e dati territoriali ha permesso la disponibilità di stime affidabili di concentrazione del particolato su base giornaliera dal 2006 in una griglia di 1 km sul territorio nazionale (Stafoggia et al, *Environ Int.* 2017;99:234-244).

2. Il recente *statement* congiunto dell'European Respiratory Society e della American Respiratory Society chiarisce l'ampio spettro degli effetti avversi dell'inquinamento, anche su patologie "nuove" come le malattie neurologiche e metaboliche in precedenza non studiate (Thurston et al, *ERJ* 2017;11;49(1)). Pur con le dovute proporzioni, la ricerca sugli effetti dell'inquinamento è oggi

paragonabile all'interesse di 40-50 anni fa sugli effetti nocivi del fumo di sigarette.

3. L'Organizzazione mondiale della sanità ha iniziato il processo di aggiornamento delle *Air Quality Guidelines* (AQG) la cui ultima pubblicazione risale al 2005. Il processo di aggiornamento potrà beneficiare di nuovi studi epidemiologici disponibili, condotti in diverse località, con livelli e fonti eterogenee di inquinamento nonché con condizioni sociali e di salute diverse. Una delle sfide sarà quella di assicurare una revisione sistematica completa della enorme quantità di nuove prove scientifiche e l'integrazione dei risultati al fine di fornire raccomandazioni di rilevanza globale.

4. I risultati dei nuovi studi si associano alle recenti stime del *Global Burden of Disease* (Lancet 2016) che pongono l'inquinamento atmosferico al quinto posto nel mondo tra le cause di malattia e di mortalità, solo appena dopo la dieta, il fumo, l'ipertensione e il diabete: 4.2 milioni di decessi prematuri l'anno. Tali stime sono disponibili anche per l'Italia, elaborate con la stessa metodologia, e indicano un tributo dovuto al PM_{2.5} di più di trentamila decessi l'anno (<https://www.stateofglobalair.org/>), stime compatibili con quanto già elaborato dal progetto VIAS (www.vias.it).

Siamo attrezzati in Italia per rispondere in maniera razionale e programmata a tutto questo? Abbiamo messo in campo tutte le strategie necessarie? La realtà è quella che con eleganza presenta il collega Gaudioso di Ispra: *"nel nostro paese, il conseguimento degli obiettivi europei in materia di qualità dell'aria è ostacolato da condizioni ambientali di particolare difficoltà dal punto di vista meteo-climatico, orografico ed emissivo, dalla tradizionale mancanza di integrazione tra i diversi livelli amministrativi e dalla tendenza ancora prevalente ad adottare misure decise sulla base dell'emergenza, nonostante la risoluzione dei problemi legati alla qualità dell'aria richieda una programmazione"*.

E allora quali suggerimenti per un problema complesso in cui gli attori sono tanti e non allineati? Sembra necessario e non procrastinabile un coordinamento delle azioni in un piano nazionale, con programmi e obiettivi misurabili. Occorre un impegno nazionale sui quattro temi rilevanti:

- il parco veicolare diesel (da Euro 0 a Euro 6) è la principale causa dell'inquinamento da NO₂ nelle aree urbane e contribuisce al particolato fine; nel nostro paese rappresenta il risultato di una scelta industriale non compatibile con un quadro ambientale sostenibile; l'uscita dal diesel è un obiettivo di medio periodo che deve essere perseguito ed è già all'ordine del giorno in altri paesi
- le biomasse per il riscaldamento domestico (legna e pellet), grazie a una politica sbagliata di sovvenzioni, sono responsabili di una quota importante dell'inquinamento da polveri in molte zone italiane; il loro uso non è attualmente controllato e contenuto a livello nazionale e regionale
- l'inquinamento industriale va contenuto e riportato a scelte nazionali di decarbonizzazione, anche rivedendo completamente la strategia energetica nazionale
- devono essere aumentati gli sforzi nel settore agricolo per la riduzione delle emissioni di ammoniaca con la conseguente formazione di particolato.

Insomma, si tratta di uno sforzo enorme per l'ulteriore riduzione delle emissioni, ma anche per garantire una qualità di vita migliore. Un impegno anche dal punto di vista della comunicazione che deve coinvolgere le amministrazioni locali e l'opinione pubblica per un cambio totale del paradigma sugli stili di vita, sul trasporto, sulla organizzazione urbana. Un recente studio a Barcellona in Spagna ha messo in evidenza come la cattiva organizzazione della città e del trasporto urbano comporti inquinamento, rumore, ridotta disponibilità di verde e attività fisica con un pesante impatto sanitario della popolazione.

Su questi temi, il Servizio sanitario nazionale potrebbe giocare quel ruolo di promozione della salute e di *advocacy* che gli è proprio. Sono sogni, forse. Ma non sognare significa accettare il danno sanitario enorme dell'inquinamento, i costi del non agire e per beffa pagare le procedure di infrazione della Eu. In fondo, come sottolineato da Arden Pope (*N. Engl J Med.* 2009 Jan 22;360(4):376-86), la riduzione dell'inquinamento atmosferico può considerarsi uno degli interventi medici più efficaci.



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



Numero 1 • Anno VIII
 Febbraio 2017

Segreteria: In redazione
 Ecoscienza, redazione Daniela Raffaelli (coordinatrice)
 Via Po, 5 40139 - Bologna Stefano Folli
 Tel 051 6223887 Rita Michelon
 ecoscienza@arpae.it

DIRETTORE Segretaria di redazione
 Giuseppe Bortone Claudia Pizzirani

DIRETTORE RESPONSABILE Progetto grafico
 Giancarlo Naldi Miguel Sal & C.

COMITATO EDITORIALE Impaginazione e grafica
 Coordinatore Mauro Cremonini (Odoys srl)
 Franco Zinoni Copertina
 Cristina Lovadina

Stampa Stampato da
 Vito Belladonna Premiata stabilimento
 Francesco Bertolini tipografico dei comuni
 Gianfranco Bologna Santa Sofia (FC)
 Mauro Bompani
 Giuseppe Bortone
 Mario Cirillo
 Roberto Coizet
 Nicola Dall'Olio
 Paolo Ferrecchi
 Luca Marchesi
 Matteo Mascia
 Giancarlo Naldi
 Marisa Parmigiani
 Giorgio Pineschi
 Attilio Raimondi
 Karl Ludwig Schibel
 Andrea Segré
 Marco Talluri
 Stefano Tibaldi
 Alessandra Vaccari

Abbonamento annuale
 6 fascicoli bimestrali
 Euro 40,00
 con versamento sul c/c - IBAN
 IT25N0200802435000003175646

Intestato a
 Arpae - Unicredit
 Via Ugo Bassi, 1 - Bologna

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: 9 marzo 2017



SOMMARIO

- 3 Editoriale**
Aria e salute, conoscere per prevenire
 Francesco Forastiere
- 5 Attualità**
Come cambia il clima in Emilia-Romagna
 Gabriele Antolini, Valentina Pavan, Rodica Tomozeiu, Vittorio Marletto
- 7 Climate Change-R, meno emissioni dall'agricoltura**
 Vittorio Marletto, Carlo Malavolta
-
- Qualità dell'aria e salute**
- 10 Strategie europee e scenari attuativi in Italia**
 Domenico Gaudioso
- 12 Quali sono le origini del particolato?**
 Michele Stortini, Giovanni Bonafè
- 14 Come cambia il monitoraggio della qualità dell'aria**
 Vanes Poluzzi, Isabella Ricciardelli
- 17 Chimica del particolato e meteo, un'analisi sul campo**
 Dimitri Bacco, Arianna Trentini, Enrico Minguzzi, Roberta Amorati, Claudia Zigola, Marco Deserti, Vanes Poluzzi
- 20 Prevedere per prevenire e per gestire le emergenze**
 Roberta Amorati, Marco Deserti, Enrico Minguzzi, Michele Stortini, Lucia Paci
- 22 Le politiche integrate per l'aria in Emilia-Romagna**
 Paola Gazzolo
- 24 Come approcciarsi ai piani di qualità dell'aria**
 Giuseppe Bortone
- 26 Conoscenza e prevenzione per un'aria migliore**
 Franco Zinoni
- 28 Pianura Padana e Slovenia nel progetto Prepair**
 Simonetta Tugnoli, Rosanna Bissoli
- 30 Il bacino padano, un caso europeo**
 Guido Lanzani
- 32 L'inquinamento da traffico marittimo a Venezia**
 Salvatore Patti, Silvia Pillon, Francesca Liguori
- 34 Da Firenze a Pistoia, le aree difficili della Toscana**
 Bianca Patrizia Andreini
- 36 Roma e la valle del Sacco, le aree critiche del Lazio**
 Roberto Sozzi, Andrea Bolignano
- 38 In Campania alcune situazioni da migliorare**
 Giuseppe Onorati
- 40 Prime analisi a Palermo, Catania e aree industriali**
 Anna Abita, Riccardo Antero, Giuseppe Ballarino, Salvatore Caldara, Michele Condò, Giuseppe Cuffari, Giuseppe Madonia, Isabella Ferrara, Cristian Sabatino
- 42 Politiche e interventi per un piano nazionale**
 Paolo Giorgi Rossi, Serena Broccoli, Paola Angelini, Nicoletta Bertozzi, Andrea Ranzi, Stefano Zauli Sajani, Mario Braga, Mimma Cosentino, Mariagrazia Marvulli, Laura Murianni, Roberta Crialesi, Stefania Vasselli, Daniela Galeone
- 45 Inquinamento atmosferico e patologie respiratorie**
 Alessandro Zanasi, Massimiliano Mazzolini
- 48 L'esposizione come fattore di rischio cardiovascolare**
 Giuseppe Di Pasquale, Silvia Zagnoni
- 50 Inquinanti atmosferici e patologie oncologiche**
 Sandro Grilli
- 52 Gli sviluppi della scienza basata sull'evidenza**
 Annamaria Colacci
- 54 Incidenza sulla mortalità o anticipo dell'evento?**
 Andrea Ranzi, Simone Giannini, Marta Ottone
- 56 Gli studi nell'area metropolitana di Bologna**
 Fausto Francia, Paolo Pandolfi, Natalina Collina, Muriel Musti, Vincenza Perlangeli, Lorenzo Pizzi, Elisa Stivanello, Paolo Marzaroli, Chiara Giansante, Sara De Lisio
- 67 L'information design per la qualità dell'aria**
 Adele Ballarini
- 71 Emas in Emilia-Romagna, cosa ne pensano le aziende**
 Paola Silingardi, Helga Tenaglia, Simona Coppi
-
- Acqua e agricoltura**
- 74 Acqua e agricoltura, l'azione dell'Emilia-Romagna**
 Simona Caselli
- 76 Cambiamenti climatici, il presente e il futuro**
 Vittorio Marletto
- 78 Strategie per far fronte alla scarsità idrica**
 Brunella Morandi, Marcello Mastroianni, Paolo Mantovi
- 80 Il recupero di energia e di risorse idriche**
 Ornella Francioso e Mattia Bonoli
- 82 Esperienze di tecniche di irrigazione deficitaria**
 Giuseppe Luigi Cirelli, Salvatore Barbagallo, Simona Consoli, Daniela Vanella, Fiorella Stagno, Giancarlo Rocuzzo
- 84 Aladin e l'agroalimentare idro-intelligente**
 Marco Vignudelli, Francesca Ventura, Stefano Anconelli
- 86 I satelliti ambientali e il progetto MOSES**
 Maria Gabriella Scarpino
- 88 L'irrigazione e il valore dell'informazione**
 Francesco Galoto, Parthena Chatzinikolaou, Meri Raggi, Davide Viaggi
- 90 Nuovi progetti di ricerca in Emilia-Romagna**
 Stefano Anconelli
- Attualità**
- 92 Telerilevamento ed ecosistemi forestali**
 Vincenzo Barone, Dafni Mora
- 94 La CSR passa dalla difesa delle foreste**
 Ilaria Bergamaschini
-
- Rubriche**
- 96 Legislazione news**
- 97 Libri**
- 98 Eventi**

COME CAMBIA IL CLIMA IN EMILIA-ROMAGNA

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO È UN DATO DI FATTO ANCHE IN EMILIA-ROMAGNA. LO DIMOSTRANO I DATI ILLUSTRATI NELL'EDIZIONE 2017 DELL'ATLANTE CLIMATICO REGIONALE CURATO DA ARPAE EMILIA-ROMAGNA. AUMENTATE DI 1,1 °C LE TEMPERATURE MEDIE; LE PRECIPITAZIONI SONO DIMINUIE SOLO DEL 2%, MA CON NOTEVOLI SBALZI STAGIONALI.

L'evoluzione rapida delle condizioni climatiche globali è sotto gli occhi di tutti: il 2016 è stato l'anno più caldo mai registrato, ed è stato preceduto da altri due anni record, il 2014 e il 2015. La concentrazione del principale gas serra, l'anidride carbonica, ha superato di slancio un anno fa le quattrocento parti per milione, e non c'è alcun segnale che il fenomeno accenni a rallentare la sua corsa (quando le misure sistematiche iniziarono, nel 1958, il livello era di 315 ppm, oggi siamo a 405, l'aumento è stato quindi di oltre il 28% in nemmeno sessant'anni). Oltre al biossido di carbonio mostrano forti segnali di rialzo anche i due gas serra metano e protossido di azoto, collegati in maniera forte alle attività agrozootecniche (risaie, allevamenti bovini, concimazioni azotate), i quali aggiungono all'atmosfera l'equivalente di altri 50 ppm di CO₂. La situazione è dunque seria, e gli impatti, per esempio sull'estensione e il volume dei ghiacci artici, sono impressionanti.

L'unico elemento di parziale conforto al momento è che il Trattato sul clima, firmato nel 2015 a Parigi, è stato ratificato con sorprendente velocità in meno di un anno, ed è quindi già in vigore.

L'Europa si è posta dei seri obiettivi di taglio delle emissioni (40% meno del 1990 per il 2030, e 80-95% in meno per il 2050), ma il risultato della recente elezione presidenziale Usa getta una pesante ombra sull'effettiva possibilità che gli sforzi europei siano effettivamente affiancati da quelli nordamericani, almeno nei prossimi anni. Un segnale positivo invece viene dalla Cina, dove le stime più recenti parlano di un picco delle emissioni, conseguente a un certo rallentamento della sua macchina economica, ma anche a grandi cambiamenti in atto nel sistema energetico del popoloso paese.

In Italia, e in Emilia-Romagna in particolare, i segnali di cambiamento



L'Atlante, di cui sono disponibili ancora le ultime copie cartacee, è scaricabile a diverse risoluzioni dal sito www.arpae.it/clima. Sono disponibili, per approfondimenti e analisi locali, anche tutti i dati di interpolazione giornaliera relativi alle temperature e precipitazioni dal 1961 ai giorni d'oggi utilizzati per la produzione dell'Atlante climatico. Questa nuova pubblicazione, che sostituisce l'*Atlante idroclimatico* (Marletto et al. 2010), è stata realizzata attingendo ai fondi del progetto *Life Climate change-R*.

climatico globale sono perfettamente visibili nei dati registrati sul territorio. Anche se la rete regionale è nata verso la fine degli anni Ottanta del secolo scorso, sono disponibili le registrazioni termo-pluviometriche effettuate in precedenza dalle sedi di Parma e Bologna dell'ex Servizio idrografico dello Stato, incorporato dopo il 2000 in Arpae.

Un severo controllo di tutti i dati disponibili

L'insieme di questi dati è stato sottoposto a severi controlli tecnici per eliminare o compensare ogni fonte di possibile perturbazione (per esempio provocata dal cambiamento di posizione o di strumentazione delle stazioni). Il lavoro

di setaccio ha comunque evidenziato la disponibilità di decine di serie termometriche affidabili e di circa duecento serie pluviometriche con una serie completa di registrazioni giornaliere dal 1961 ai giorni d'oggi.

I dati così selezionati sono stati interpolati sul territorio regionale, ponendo grande cura nel tener conto degli effetti orografici e dell'urbanizzazione progressiva della regione. Il lavoro è stato raffinato anche grazie alla severa revisione dell'articolo tecnico svolta prima di pubblicare le analisi sull'importante *International Journal of Climatology* (Antolini et al., 2016).

Nell'atlante sono quindi disponibili le cartografie relative alle temperature

annue e stagionali (minime medie e massime) alle precipitazioni, all'etp (evapotraspirazione potenziale) e al bilancio idroclimatico, un semplice indice che evidenzia in modo chiaro la presenza di deficit o surplus nelle precipitazioni, poste a confronto con l'etp. Per tutte le variabili esaminate si è avuto cura di giustapporre le cartografie del trentennio di riferimento 1961-1990 con quelle relative al periodo recente 1991-2015, in modo da evidenziare anche visivamente i cambiamenti interscorsi.

Nelle ultime pagine sono disegnati anche i grafici storici da cui si evidenziano le tendenze in atto, ed è presente una tabella riguardante l'evoluzione attesa del clima regionale nei prossimi decenni, fino al 2050, in termini di aumento termico e variazione nei regimi delle piogge. Riteniamo utile anche la tabella finale, dove i cambiamenti termici e pluviometrici sono presentati per ciascuno dei comuni regionali.

Come scrive l'assessore regionale all'agricoltura Simona Caselli nella prefazione dell'Atlante "... il cambiamento climatico nella nostra Regione non è una proiezione o uno scenario con alto grado di probabilità, ma un dato di fatto, un fenomeno documentato e già di rilevante entità."

E aggiunge "Negli ultimi 25 anni, la rete di monitoraggio Arpae ha registrato, in tutte le stagioni, significativi aumenti di temperatura rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990, con incrementi superiori a 1 grado. Per quanto riguarda le precipitazioni, a una modesta riduzione del dato annuale si accompagna un notevole cambiamento dei regimi di pioggia nel corso dell'anno con prolungati periodi siccitosi nella stagione estiva. Questi cambiamenti climatici impattano già oggi sul sistema agricolo regionale con incremento dei fabbisogni irrigui, stress termici per le colture e per gli animali allevati, anticipazione dei cicli colturali, diffusione di fitopatologie e nuovi parassiti."

Gli impatti del nuovo clima non si limitano all'agricoltura, ma si estendono altresì alle aree urbane, alle prese con la necessità di fronteggiare anche gli effetti dell'isola di calore, che inaspriscono quelli del riscaldamento generale, e anche a dover gestire precipitazioni molto intense come quelle che stanno caratterizzando gli anni più recenti, con conseguenze anche di tipo idrogeologico su tutto il territorio (alluvioni in pianura e frane sui rilievi).

Gabriele Antolini, Valentina Pavan, Rodica Tomozeiu, Vittorio Marletto

Arpae Emilia-Romagna

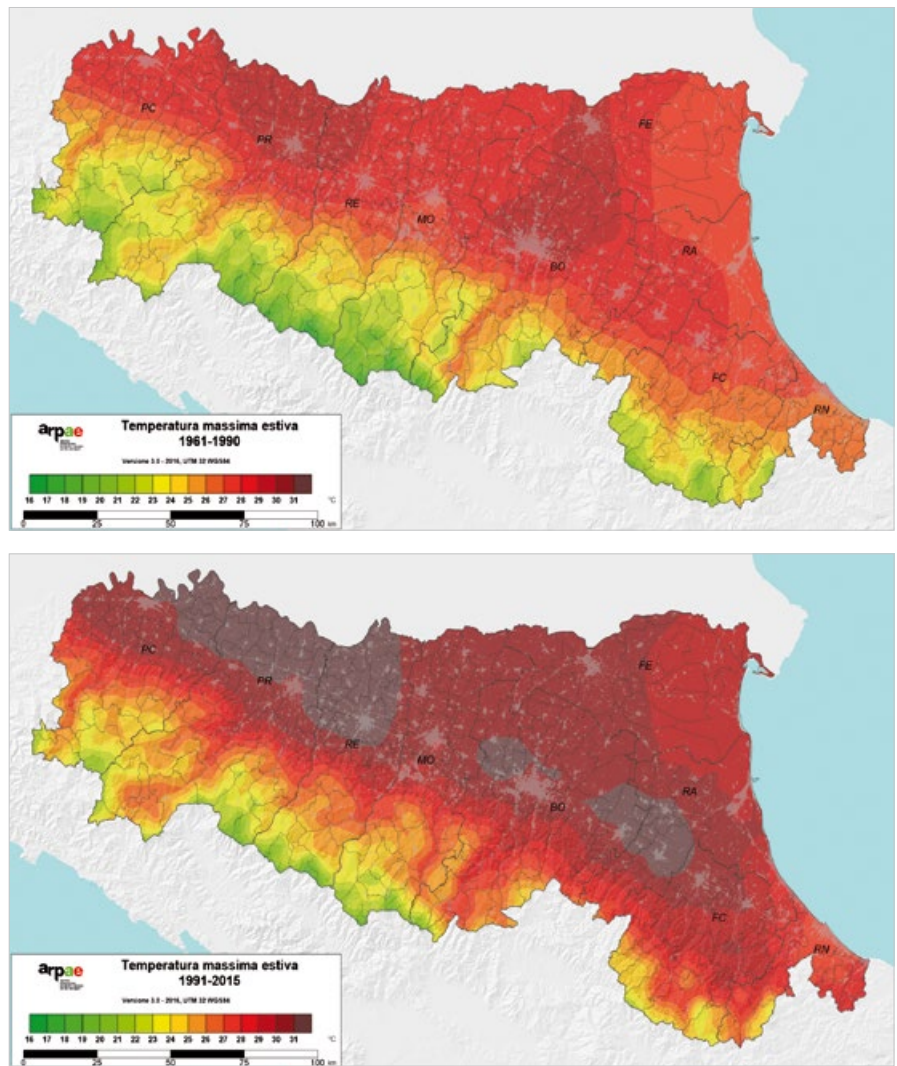


FIG. 1 - TEMPERATURE IN EMILIA-ROMAGNA
Valori medi delle temperature massime estive: in alto il trentennio di riferimento 1961-1990; in basso il periodo più recente 1991-2015.

TAB. 1
TEMPERATURE E
PRECIPITAZIONI IN
EMILIA-ROMAGNA

In alto valori medi stagionali di temperatura e precipitazioni nel trentennio 1971-2000; in basso le variazioni attese (2021-2050); valori ottenuti applicando tecniche di regionalizzazione statistica al modello climatico globale CMCC-CM, con scenario emissivo intermedio RCP4.5.

1971-2000	Temperatura minima (°C)	Temperatura massima (°C)	Precipitazioni (mm)
Inverno	0,4	7,6	310
Primavera	6,2	16,4	229
Estate	15,2	27,0	188
Autunno	10,5	20,1	197

2021-2050	Variazione temp. minima (°C)	Variazione temp. massima (°C)	Variazione precipitazioni (%)
Inverno	+1,7 ↑	+1,4 ↑	-2 ↓
Primavera	+1,3 ↑	+2,1 ↑	-11 ↓
Estate	+1,8 ↑	+2,5 ↑	-7 ↓
Autunno	+1,7 ↑	+1,8 ↑	+19 ↑

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Antolini G., L. Auteri, V. Pavan, F. Tomei, R. Tomozeiu, V. Marletto, 2016, "A daily high-resolution gridded climatic dataset for Emilia-Romagna (Italy) 1961-2010", *International Journal of Climatology*, 36: 1970-1986.

Marletto V., G. Antolini, F. Tomei, V. Pavan, R. Tomozeiu, 2010, *Atlante idroclimatico dell'Emilia-Romagna 1961-2008*. Arpa Emilia-Romagna, ISBN 88-87854-24-6.

CLIMATE CHANGE-R, MENO EMISSIONI DALL'AGRICOLTURA

IN ITALIA CIRCA IL 7% DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA DERIVA DALL'AGRICOLTURA, INCLUSI GLI ALLEVAMENTI. IL PROGETTO LIFE+ CLIMATE CHANGE-R, REALIZZATO IN EMILIA-ROMAGNA PER ABBATTERE LE EMISSIONI SERRA DELL'AGRICOLTURA, HA PERMESSO DI RISPARMIARE CIRCA 224 MILA TONNELLATE DI CO₂ EQUIVALENTI, CHE POTRANNO DIVENTARE 460 MILA.

In Italia le emissioni di gas serra sono in diminuzione da anni ma restano tuttavia molto elevate (siamo intorno a 420 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, 7 t/abitante/anno, come attesta il rapporto Ispra 2014). Circa il 7% di queste emissioni (circa 500 kg per abitante) deriva dall'agricoltura, inclusi gli allevamenti. Il settore economico primario infatti, oltre a subire pesantemente gli effetti del nuovo clima, contribuisce a sua volta al cambiamento climatico, soprattutto attraverso le emissioni di due gas serra specifici, riconosciuti come rilevanti dai trattati internazionali e dagli inventari: il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O). Per comprendere il ruolo climaterante di questi due gas è bene ricordare che le emissioni umane di anidride carbonica in atmosfera hanno portato la sua concentrazione a 400 parti per milione (ben superiori alle 280 ppm del periodo preindustriale). Ma anche le concentrazioni atmosferiche di CH₄ e N₂O sono molto cresciute: infatti, convertendole con gli opportuni coefficienti nel loro equivalente in

anidride carbonica, è come se la CO₂ fosse già arrivata a 450 ppm.

Fatto salvo un piccolo contributo proveniente dalle risaie, il grosso delle emissioni agricole nazionali si riconduce agli allevamenti bovini (soprattutto da latte), ossia alle emissioni enteriche (digestive) degli animali (*figura 1*), alla gestione dei loro escrementi, alla distribuzione degli stessi sui campi coltivati per lo smaltimento e la concimazione organica e alle emissioni di azoto dai campi concimati. Per fare un esempio concreto, tenendo conto di tutti i suddetti fattori, la produzione di ogni litro di latte bovino fresco "genera" circa 1,2 kg di CO₂ equivalente, mentre un kg di formaggio Parmigiano "emette" intorno a 18 kg (valore da cui sono escluse le emissioni esterne al comparto strettamente produttivo, legate a trasporto, stoccaggio e così via). Per determinare questi valori (le cosiddette *impronte di carbonio*, in inglese *carbon footprint*) vengono applicate le tecniche dell'analisi del ciclo di vita dei prodotti (*Life cycle assessment*, Lca),

che in parole povere consiste nella determinazione quantitativa e puntuale degli effetti emissivi di ogni fase della produzione, inclusi quelli delle materie prime utilizzate e degli scarti generati.

Il progetto Life+ Climate Change-R, che si è concluso nel 2016, ha fatto uso dell'analisi Lca per determinare l'effetto di diverse modalità produttive agricole e zootecniche, ai fini di ridurre sostanzialmente le emissioni serra di cui stiamo parlando, contribuendo così ai processi di mitigazione del cambiamento climatico in ambito regionale. Le modalità produttive sono state classificate in tre *livelli di attenzione ambientale* (Laa) a seconda dell'impatto crescente delle misure adottate sull'impronta di carbonio:

- Laa1, tecniche di coltivazione convenzionali
- Laa2, tecniche di coltivazione secondo i disciplinari di produzione integrata della Regione Emilia-Romagna
- Laa3, produzione integrata + tecniche agronomiche e di difesa volte a un'ulteriore riduzione delle emissioni.



FOTO: L. BANZI - AUSG, REGIONE EMILIA-ROMAGNA

I diversi Laa sono stati applicati in aziende agricole selezionate e sono stati raccolti con minuzia tutti i dati necessari per determinare in cosa si differenziassero i livelli adottati. In particolare i partner scientifici di progetto Crpv e Crpa hanno seguito e raccolto i dati di diverse filiere produttive agricole comprendenti colture arboree, erbacee e produzioni animali. I dati, raccolti nel 2014 e 2015, comprendono 15 cicli di colture arboree (pero e pesco), 197 cicli di colture erbacee (erba medica, prato stabile, loietto, triticale, frumento, mais, sorgo, soia, orzo, pomodoro, fagiolino) e 42 cicli di produzioni animali (bovini da carne e da latte fresco e per il parmigiano-reggiano). Le determinazioni sono state utili per formulare raccomandazioni di buone pratiche alle aziende regionali e sovvenzionarle tramite il Psr (Programma di sviluppo rurale). Gli effetti del progetto quindi si stanno propagando dalle aziende coinvolte nel progetto Life a migliaia di altre, beneficiarie degli aiuti comunitari, e si può affermare che oggi su circa 200mila ettari coltivati in Emilia-Romagna si applica almeno una delle tecniche agronomiche individuate come buone pratiche da Climate Change-R. Gli effetti di questa diffusione saranno oggetto di monitoraggio già dal 2017 e fino alla conclusione del Psr (2021).

Per tornare in estrema sintesi ai risultati diretti del progetto nel settore vegetale, le principali tecniche di coltivazione utilizzate per ridurre l'impronta di carbonio hanno previsto l'ausilio di sistemi di supporto decisionale per un impiego più efficiente dei prodotti agrochimici (fertilizzanti e fitofarmaci) e dell'acqua, il rispetto delle buone pratiche agronomiche (lavorazioni del terreno, avvicendamento), la riduzione dei consumi energetici e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (figura 2). Nel settore zootecnico sono state esaminate le tecniche necessarie sia a migliorare efficienza aziendale, digeribilità dei foraggi e utilizzo dei reflui, sia a ridurre materie prime acquistate e uso dei fertilizzanti chimici. Con le migliori pratiche sono stati realizzati tagli fino al 10% delle emissioni di gas serra per litro di latte fresco, e del 4% per il latte destinato alla caseificazione in Parmigiano Reggiano. Prima della sua esecuzione l'impatto complessivo stimato del progetto Climate Change-R prevedeva una diminuzione dei gas serra agricoli regionali di circa 200mila tonnellate di CO₂ equivalente in un triennio, di cui 100mila direttamente riconducibili all'applicazione delle

tecniche progettuali. Le valutazioni conclusive ci dicono che questi obiettivi sono stati ampiamente superati e consistono in circa 224mila t CO₂eq risparmiate, che potranno diventare 460mila tenendo conto della diffusione delle tecniche stesse nei prossimi anni

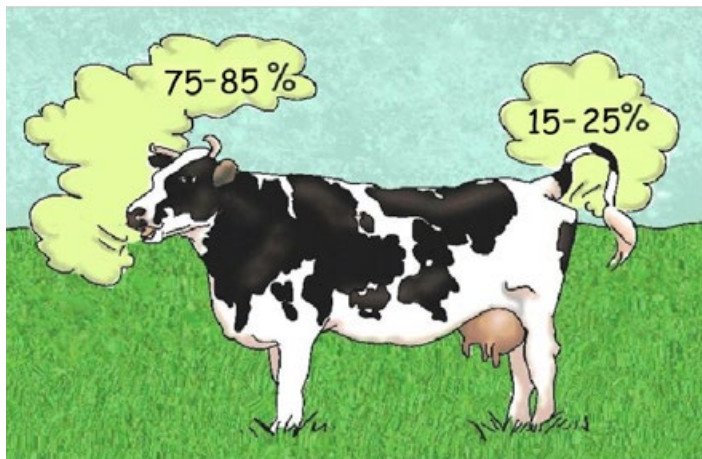
grazie al supporto del Programma di sviluppo rurale 2014-2020.

Vittorio Marletto¹, Carlo Malavolta²

1. Arpae Emilia-Romagna
2. Regione Emilia-Romagna

FIG. 1
EMISSIONI
DI METANO,
ALLEVAMENTO
BOVINI

Il metano è un gas serra potente: ogni chilo emesso in aria equivale ad almeno 25 kg di CO₂. Le emissioni di metano sono connaturate al processo digestivo dei bovini e degli altri ruminanti, che digeriscono la cellulosa con l'aiuto (simbiosi) di popolazioni di microrganismi anaerobi residenti nell'apparato digerente.

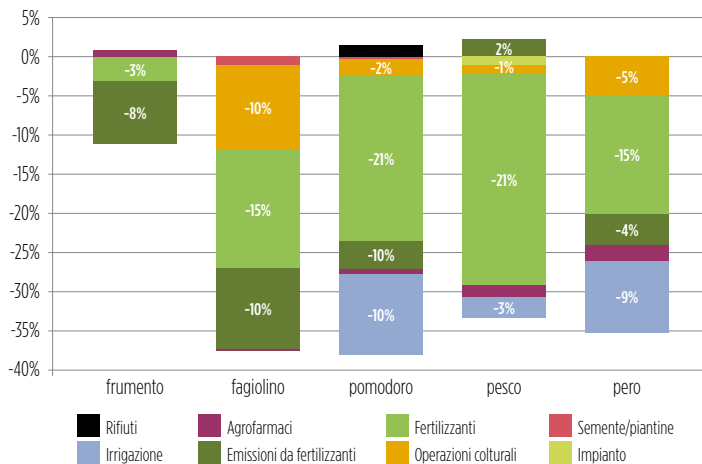


Una vacca da latte allevata al chiuso con metodi intensivi moderni emette circa 1,2 kg di CO₂ equivalente per chilo di latte prodotto. Negli allevamenti estensivi invece le emissioni possono crescere molto, data la diminuzione di efficienza e produzione.

FIG. 2
CLIMATE CHANGE-R,
IMPRONTA DI
CARBONIO

Riduzione dell'impronta di carbonio ottenuta nel progetto Life+ Climate change-R con l'applicazione delle buone pratiche nelle diverse colture (confronto tra Livelli di attenzione ambientale 3 e 1).

Fonte: Crpv.



IL PROGETTO LIFE+ CLIMATE CHANGE-R (2013-2016)

Il progetto Life+ Climate change-R (2013-2016) ha visto il coordinamento della Regione Emilia-Romagna, assessorato Agricoltura, e una nutrita serie di partecipanti sia tecnici che produttivi (Apo Conerpo, Arpae, Barilla, Coop Italia, Crpa, Crpv, Cso, Granarolo, Inalca/Unipeg, Parmareggio e Cons. Parmigiano-Reggiano come co-finanziatore).



Le informazioni qui riassunte sono state estratte in particolare dai risultati ottenuti da Crpa e Crpv (rispettivamente Centro di ricerche produzioni animali e Centro di ricerche produzioni vegetali).

Arpae ha curato soprattutto la realizzazione del database con i dati di progetto e progressi, scaricabile dal sito <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/climatechanger>, insieme a molti altri materiali informativi.

Per diffondere informazioni e divulgare i risultati di progetto sono stati organizzati incontri con gli studenti di sei istituti tecnici agrari della regione, due iniziative di presentazione e discussione con gli studenti della facoltà di Agraria di Bologna, iniziative pubbliche rivolte ai cittadini, ai consumatori e ai fornitori di prodotti agroalimentari della grande distribuzione. Di particolare impegno le attività dimostrative sul campo che si sono concretizzate in 16 giornate dimostrative pubbliche, con la partecipazione di oltre 300 tecnici, operatori e agricoltori.

QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE

L'integrazione fra le discipline scientifiche per conoscere e intervenire

L'inquinamento dell'aria è un importante fattore di rischio per la salute. Per conoscere la portata reale dei fenomeni e dei rischi, occorre adeguare il monitoraggio mediante tecniche innovative e promuovere analisi scientifiche interdisciplinari che comprendano studi tossicologici ed epidemiologici.

L'Italia e altri paesi europei hanno adottato norme restrittive sulle emissioni inquinanti, con provvedimenti volti a ottenerne la riduzione mediante misure strutturali.

Il traffico, il riscaldamento, gli insediamenti produttivi sono riconosciuti dal Piano nazionale di prevenzione (parte integrante del Piano sanitario nazionale) come fattori rilevanti dell'inquinamento atmosferico.

Le situazioni critiche sono spesso enfatizzate dalle condizioni meteorologiche e dalle

caratteristiche orografiche, come nel caso della pianura Padana.

Va quindi approfondita la reale portata del rischio da esposizione alle sostanze atmosferiche inquinanti - che esiste - e dell'incidenza dei fattori concomitanti.

Il Sistema delle agenzie di protezione ambientale (Snpa) ha approvato una proposta di linee guida per la redazione dei Piani regionali di risanamento dell'aria: per intervenire efficacemente, è necessaria una metodologia integrata e multidisciplinare da tradurre in azioni coordinate e sinergiche fra i vari attori.

Nel territorio della Città metropolitana, l'Azienda Usl di Bologna ha effettuato uno studio che utilizza le informazioni della rete Arpae di monitoraggio della qualità dell'aria.

Questi i temi al centro dell'ampio servizio pubblicato nelle pagine che seguono. (RM)

STRATEGIE EUROPEE E SCENARI ATTUATIVI IN ITALIA

IL PARLAMENTO EUROPEO HA STABILITO IMPEGNI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI PER GLI STATI MEMBRI. IN ITALIA PERMANE IL RISCHIO DI INFRAZIONE, MENTRE IL SISTEMA NAZIONALE DI PROTEZIONE DELL'AMBIENTE SVOLGE UN IMPORTANTE RUOLO, A SUPPORTO DEL MINISTERO, PER LA DEFINIZIONE DI AZIONI COORDINATE DI RISANAMENTO.



L'inquinamento atmosferico è il principale fattore di rischio ambientale per la salute umana in Europa, in particolare nelle aree urbane. Per effetto delle misure e politiche di contrasto all'inquinamento atmosferico adottate negli ultimi decenni, la qualità dell'aria sta lentamente migliorando in tutto il continente europeo. Tra il 2000 e il 2014, i livelli medi annuali di PM_{10} sono diminuiti nel 75% nei siti monitorati. Le concentrazioni di $PM_{2,5}$, in media, sono diminuite tra il 2006 e il 2014 per tutti i tipi di stazione (urbano, traffico, siti di fondo ecc.). Anche l'esposizione a livelli di PM superiori alle raccomandazioni dell'Oms (Organizzazione mondiale della sanità) è diminuita nel corso degli anni. Ciò nonostante, il rapporto dell'Agenzia europea dell'ambiente *Air quality in Europe - 2016 report* mette in evidenza che nel 2014 circa l'85% della popolazione urbana nell'Unione europea è stato esposto a livelli di particolato fine ($PM_{2,5}$) ritenuti dannosi per la salute dall'Oms¹. Il particolato può causare o aggravare malattie cardiovascolari, asma e cancro ai polmoni. Il rapporto fornisce inoltre nuove

stime degli impatti sulla salute di altri inquinanti atmosferici ritenuti particolarmente nocivi, sulla base dei dati 2013. L'esposizione a $PM_{2,5}$ è stata responsabile di circa 467.000 morti premature in 41 paesi europei nel 2013 (430.000 nei soli Paesi dell'Unione europea). Gli impatti stimati per l'esposizione al biossido di azoto (NO_2) e all'ozono troposferico (O_3) sono stati pari a circa 71.000 e 17.000 morti premature, rispettivamente, in Europa. NO_2 colpisce il sistema respiratorio direttamente, ma contribuisce anche alla formazione di PM e O_3 ; gli effetti di quest'ultimo riguardano soprattutto gli occhi e le prime vie respiratorie. Nel 2014, il 16% della popolazione urbana nell'Ue-28 è stato esposto a livelli di PM_{10} superiori al valore limite giornaliero Ue, mentre l'8% è stato esposto a livelli di $PM_{2,5}$ di sopra del valore obiettivo dell'Ue. Se però si assumono come riferimento i più rigorosi valori di qualità delle Linee guida dell'Oms per la protezione della salute umana, circa il 50% e l'85% degli abitanti delle città è stato esposto a concentrazioni di PM_{10} e di $PM_{2,5}$ superiori a quelli raccomandati. Per quanto riguarda NO_2 , nel 2014 il 7%

della popolazione urbana nell'Ue-28 è stato esposto a concentrazioni superiori al livello standard Oms e Ue, con il 94% di tutti i casi di superamento dovuti al traffico. Gli interventi a livello europeo per la riduzione dell'inquinamento atmosferico sono stati basati, negli ultimi anni, sul pacchetto *Aria pulita*, approvato dalla Commissione europea alla fine del 2013². Il pacchetto mira a garantire, entro il 2020 al più tardi, il pieno rispetto della normativa vigente, e a migliorare ulteriormente la qualità dell'aria in Europa entro il 2030, in modo che il numero delle morti premature sia ridotto di più della metà rispetto al 2005. Al 2020, secondo gli scenari futuri elaborati a livello comunitario in vista dell'approvazione del pacchetto *Aria pulita*, gli standard europei di qualità dell'aria dovrebbero essere rispettati per tutti gli inquinanti e in tutti gli stati membri, con l'eccezione di alcune situazioni di *hot-spot*, in particolare relative a stazioni da traffico. All'orizzonte del 2030, gli scenari prevedono invece il conseguimento di nuovi obiettivi di qualità dell'aria che tengano conto dei valori limite per la protezione della salute umana fissati dall'Oms; questi

obiettivi sarebbero raggiunti attraverso una riduzione delle emissioni pari al 70% della differenza tra lo scenario di riferimento e quello che prevede l'adozione di tutte le misure di riduzione delle emissioni tecnicamente fattibili. In effetti, nel 2014, il numero di stati membri dell'Ue con concentrazioni superiori agli standard di qualità dell'aria è stato inferiore rispetto al 2013, e questo vale anche per la popolazione urbana esposta a livelli superiori a quelli standard. Tuttavia, le tendenze attuali indicano che ci saranno ancora superamenti nel 2020, per cui risulta necessario prevedere impegni aggiuntivi per raggiungere nel 2020 concentrazioni al di sotto dei valori limite europei. In particolare, il rapporto citato dell'Eea (Agenzia europea dell'ambiente) segnala che le emissioni di PM_{2,5} dalla combustione di carbone e biomasse in abitazioni e dagli edifici commerciali e istituzionali non stanno diminuendo in modo significativo. Per ridurre le emissioni di questi settori, è essenziale attuare pienamente le misure già prese in considerazione, come ad esempio le recenti modifiche alla direttiva Ecodesign per le stufe domestiche, la direttiva sugli impianti di combustione di taglia media. Il rapporto sottolinea inoltre l'utilità di misure non-tecniche, come la messa a punto e la diffusione presso i consumatori di una guida sulle buone pratiche in materia di gestione degli impianti domestici di combustione. Anche le emissioni di ammoniaca (NH₃) da agricoltura rimangono elevate e contribuiscono soprattutto a mantenere alti i livelli di PM e a causare un certo numero di episodi di elevate concentrazioni di PM in Europa. Lo strumento fondamentale per indirizzare verso obiettivi ambientali più rigorosi le politiche europee, nazionali e locali in materia di qualità dell'aria sarà rappresentato dalla direttiva sulla riduzione delle emissioni di certi inquinanti atmosferici (direttiva Nec, *National Emission Ceilings*), approvata dal Parlamento europeo in prima lettura il 23 novembre 2016, e attualmente in attesa dell'adozione definitiva da parte del Consiglio. La direttiva stabilisce nuovi impegni nazionali di riduzione delle emissioni applicabili a partire dal 2020 e dal 2030 per SO₂, NO_x, COVNM (composti organici volatili non metanici), NH₃, e PM_{2,5}. Nonostante il testo approvato risenta delle lunghe contrattazioni avvenute nel corso degli anni tra le istituzioni comunitarie e i governi nazionali, esso riflette l'esigenza di monitorare in maniera più accurata

i progressi da parte degli stati membri e di valutarne l'adeguatezza, attraverso l'introduzione dell'obbligo della redazione e dell'aggiornamento (ogni quattro anni) di programmi nazionali per la riduzione dell'inquinamento atmosferico. Nel nostro paese, il conseguimento degli obiettivi europei in materia di qualità dell'aria è ostacolato da condizioni ambientali di particolare difficoltà dal punto di vista meteo-climatico, orografico ed emissivo, dalla tradizionale mancanza di integrazione tra i diversi livelli amministrativi e dalla tendenza ancora prevalente ad adottare misure decise sulla base dell'emergenza, nonostante la risoluzione dei problemi legati alla qualità dell'aria richieda una programmazione pluriennale e cambiamenti strutturali. Negli anni più recenti sono state comunque poste in essere dal ministero dell'Ambiente, con il supporto del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente, tutta una serie di iniziative volte a supportare le Regioni, organismi a cui è demandata l'attività di valutazione e gestione della qualità dell'aria nel processo di raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria. In particolare, il 19 dicembre 2013 è stato sottoscritto un Accordo di programma tra 5 Ministeri e 8 Regioni del bacino padano per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria, che interessano tutti i settori maggiormente responsabili delle emissioni inquinanti. L'accordo prevede una prima fase, della durata di circa 6 mesi, per l'elaborazione delle misure da attuare nel concreto della realtà del bacino padano, e una seconda fase di adozione delle misure e aggiornamento dei Piani di qualità dell'aria regionali. Nell'ambito dell'accordo, le parti si impegnano a realizzare interventi relativi alla combustione di biomasse, al trasporto merci, al trasporto passeggeri, al riscaldamento civile, all'industria e alla produzione di energia e all'agricoltura. Nella stessa direzione va il *Protocollo di intesa* firmato il 30 dicembre 2014 da ministero dell'Ambiente, Regioni e Anci per far fronte all'innalzamento dei livelli di polveri sottili nelle città italiane. Il protocollo definisce gli orientamenti a lungo termine che Governo, Regioni e Comuni hanno individuato congiuntamente per migliorare la qualità dell'aria, e contribuire nello stesso tempo al conseguimento degli obiettivi di prevenzione dei cambiamenti climatici, attraverso una serie di interventi in tutti i settori, per i quali sono previsti appositi finanziamenti. Il testo definisce inoltre alcuni criteri volti a rendere più uniforme

la definizione e l'applicazione di misure emergenziali da applicare in caso di sfioramento per più di 7 giorni consecutivi dei limiti di PM₁₀.

Ovviamente, il conseguimento degli obiettivi di risanamento della qualità dell'aria richiederà un costante monitoraggio delle concentrazioni di inquinanti e delle emissioni in atmosfera, e potrà comportare aggiornamenti dei programmi di intervento; anche la nuova direttiva Nec sottolinea l'importanza della disponibilità di strumenti adeguati allo svolgimento di queste attività. Nel nostro paese, Ispra e le Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente saranno chiamati a svolgere un ruolo fondamentale in termini di supporto tecnico-scientifico alle amministrazioni competenti e di diffusione dell'informazione ambientale, in linea con quanto previsto dall'art. 3 della legge 28 giugno 2016, n. 132, che istituisce il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente. In particolare, nel contesto del *Protocollo di intesa*, il Sistema dovrà fornire supporto tecnico scientifico al ministero dell'Ambiente ai fini della definizione di una linea guida per la redazione dei piani di qualità dell'aria, e dovrà inoltre assicurare la produzione di un bollettino periodico di dati *up-to-date* sulla qualità dell'aria. Attraverso queste due attività, il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente svolgerà un ruolo importantissimo al fine di garantire la disponibilità dei dati di qualità dell'aria in tempo reale a tutte le amministrazioni e ai cittadini, e di definire criteri di programmazione delle azioni di risanamento coordinati sul territorio e coerenti con gli obiettivi di risanamento, a livello nazionale e internazionale.

Domenico Gaudioso

Ispra

NOTE

¹ European Environment Agency, *Air quality in Europe - 2016 report*, EEA Report No 28/2016.

² European Commission, *The Clean Air Package*, 2013.

³ I. D'Elia, E. Peschi, *How national integrated air quality models can be used in defining environmental policies: the revision of the NEC Directive*, RT/2016/30/ENEA, <http://openarchive.enea.it/handle/10840/8153>.

QUALI SONO LE ORIGINI DEL PARTICOLATO?

PER STILARE UNA GRADUATORIA DEI SETTORI EMISSIVI PIÙ RILEVANTI IN TERMINI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO SI USANO TRADIZIONALMENTE GLI INVENTARI DELLE EMISSIONI, MA NE DERIVA UN QUADRO PARZIALE. ALLO STUDIO UNA PROPOSTA METODOLOGICA PER CLASSIFICARE LE ATTIVITÀ CHE MAGGIORMENTE CONTRIBUISCONO ALL'INQUINAMENTO DA PM₁₀.

Se ci si chiede quali siano le attività umane che maggiormente contribuiscono all'inquinamento atmosferico, la fonte principale di informazione sono gli inventari delle emissioni¹. Tuttavia, azzardare una graduatoria dell'importanza dei settori emissivi, basandosi solo sugli inventari, porta in certi casi a un quadro parziale e distorto.

Ad esempio, nel caso del materiale particolato (*particulate matter*, PM) le concentrazioni presenti in atmosfera dipendono sia dalle emissioni dirette di PM in quanto tale (PM primario), sia dalla formazione di particolato a partire da gas precursori, in seguito a trasformazioni fisico-chimiche in atmosfera (PM secondario). In questo caso dunque, una graduatoria basata sulle emissioni tal quali darebbe la massima importanza a quelle attività che emettono PM primario (per esempio, la combustione di legna), trascurando settori cruciali per le elevate emissioni di precursori chimici (come l'ammoniaca degli allevamenti).

Per colmare tale lacuna informativa occorre conoscere le complesse dinamiche dell'atmosfera. Utilizzando i modelli fotochimici² siamo in grado di valutare sia la diffusione e la dispersione, sia la formazione degli inquinanti secondari, a partire dalle trasformazioni dei precursori. È così possibile stimare le concentrazioni su tutto il territorio, tenendo conto sia del PM primario, sia di quello secondario e si possono quantificare gli effetti sull'inquinamento delle variazioni nel contributo emissivo dei vari settori. Tuttavia, pur guadagnando in accuratezza e completezza, l'informazione perde così l'efficacia della sintesi.

Allora, proviamo qui a sintetizzare i risultati delle nostre valutazioni modellistiche a scala regionale, con l'obiettivo di rispondere con efficacia e semplicità alla domanda "quali sono le attività umane che maggiormente contribuiscono all'inquinamento da PM₁₀?".

Per far questo, ci ispireremo al metodo di de Leeuw (2002), adattandolo alla specificità emiliano-romagnola. L'idea è stimare, per ciascuno dei principali precursori del PM₁₀, quale sia il suo contributo alla formazione di PM₁₀, così da poter esprimere tutte le emissioni in tonnellate di PM₁₀-equivalenti. Per stimare il contributo relativo di ciascun settore emissivo al PM₁₀ (primario+secondario) de Leeuw (2002) ha definito l'indicatore "emissioni annue di PM₁₀ equivalenti" in modo da rendere commensurabili le emissioni dei precursori con quelle del PM₁₀ stesso, in analogia con quanto già si fa per le emissioni di gas clima-alteranti, le quali sono espresse tutte in "tonnellate di CO₂ equivalenti". Mentre però per i gas clima-alteranti la scala spaziale di interesse è quella globale, per i precursori del PM₁₀ la scala spaziale di interesse è regionale o sovragiornale. Pertanto, a seconda della regione di studio, i metodi di stima possono variare e non esiste uno standard universale. Non possiamo dunque applicare tal quale il metodo "de Leeuw", che è calibrato sulla scala continentale europea. Lo assumiamo come punto di partenza. Per ciascuno dei principali gas precursori (ammoniaca, ossidi di azoto, biossido di

zolfo, composti organici volatili) si può stimare il fattore di formazione di aerosol (*aerosol formation factor*)

$$AF = \frac{M_s}{M_p} \cdot Y \cdot F$$

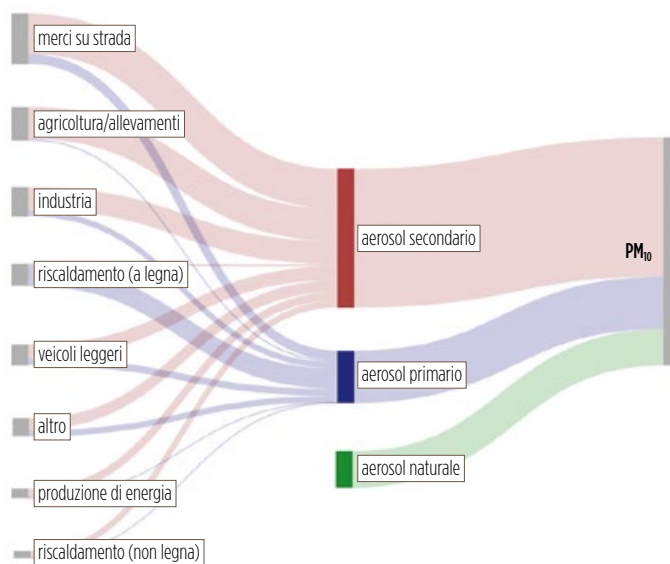
dove M_p è la massa molecolare del precursore emesso e M_s la massa molecolare della specie ionica a cui esso dà luogo nell'aerosol; Y è la frazione di gas che effettivamente porta alla formazione di aerosol; F è la frazione di massa emessa convertita in aerosol secondario.

Per il contesto europeo, prendiamo come riferimento i lavori di de Leeuw (2002) e di Johansson et al. (2003). Con metodi modellistici, de Leeuw (2002) stima i valori di AF_{EU} riferiti al dominio europeo:

- per l'ammoniaca 0.64
 - per gli ossidi di azoto 0.88
 - per il biossido di zolfo 0.54
 - per i composti organici volatili 0.02
- assumendo Y pari a 0.25 per i composti organici volatili, 1 per gli altri precursori. In altri termini, su scala europea si stima che una tonnellata di ammoniaca emessa dia luogo alla formazione di 640 kg di PM₁₀, una tonnellata di ossidi di azoto dia luogo alla formazione di 880 kg di PM₁₀,

FIG. 1
ORIGINE DEL PM₁₀

La stima dei vari contributi alla concentrazione di PM₁₀ in Emilia-Romagna è realizzata come descritto nel testo, e proposta con un diagramma di Sankey, nel quale lo spessore delle fasce è proporzionale ai PM₁₀-equivalenti. La fascia verde rappresenta il contributo dell'aerosol naturale. Le fasce blu rappresentano i contributi delle emissioni di aerosol primario dai vari settori. Le fasce rosse rappresentano i contributi all'aerosol secondario, che si origina per trasformazioni chimico-fisiche dei precursori emessi dai vari settori emissivi.



TAB. 1
PM₁₀ E PRECURSORI

Emissioni in Emilia-Romagna di PM₁₀ e dei suoi precursori e contributo dei precursori alla formazione di PM₁₀ in Emilia-Romagna. In evidenza i contributi superiori alle 3.000 t/anno di PM₁₀ equivalenti.

Sorgente	PM ₁₀	emissioni di precursori (t/anno precursore)				Contributo alla formazione di PM ₁₀ in Emilia-Romagna (t/anno PM ₁₀ equivalenti)			
		NH ₃	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃	NO _x	SO ₂	COV
agricoltura/allevamenti	418	49.299	637	0	59	8.381	147	0	0,3
merci su strada (leggeri e pesanti)	2.636	54	45.202	173	3.263	9	10.396	24	17
riscaldamento (a legna)	5.316	154	1.517	200	27.460	26	349	28	143
autoveicoli	1.842	774	15.086	191	4.008	132	3.470	27	21
industria	1.614	1.107	15.299	14.315	54.485	188	3.519	2.004	283
produzione di energia	86	0	9.482	430	1.534	0	2.181	60	8
riscaldamento (non legna)	80	0	7.212	995	849	0	1.659	139	4,4
altro	1.646	135	12.309	1.196	7.344	23	2.831	167	38

una tonnellata di biossido di zolfo dia luogo alla formazione di 540 kg di PM₁₀, una tonnellata di composti organici volatili dia luogo alla formazione di 20 kg di PM₁₀. Tali fattori hanno validità solo a scala europea, mentre per il dominio di nostro interesse – il territorio emiliano-romagnolo – è necessario ricalcolare i fattori AF tenendo conto delle peculiari dinamiche atmosferiche proprie della pianura Padana, nonché delle dimensioni decisamente più ridotte del dominio di studio.

A questo punto, entrano in gioco le simulazioni modellistiche di scala padana. Una valutazione ottenuta da Ninfa, il modello di qualità dell'aria utilizzato da Arpa Emilia-Romagna, stima una suddivisione delle concentrazioni di PM₁₀ per la pianura emiliano-romagnola in

- 23% primario antropogenico
- 61% secondario antropogenico
- 16% primario naturale.

Supponendo la linearità tra emissioni di PM₁₀ equivalenti e concentrazioni di PM₁₀ in aria, tenendo conto delle proporzioni ottenute dal modello Ninfa tra primario, secondario antropogenico e naturale (23-61-16%) e delle emissioni primarie di PM₁₀ ottenute dall'inventario regionale 2010, possiamo stimare

- 13.638 t/anno di PM₁₀ primario antropogenico
- 36.170 t/anno di emissioni equivalenti di PM₁₀ secondario antropogenico ($E_{sec,ER}$)
- 9487 t/anno di emissioni equivalenti di PM₁₀ naturale.

Possiamo d'altra parte stimare il contributo $E_{sec,EU}$ dell'Emilia-Romagna al PM₁₀ secondario antropogenico nel dominio europeo, applicando la metodologia di de Leeuw. Per fare ciò dobbiamo sommare le emissioni dei precursori, espresse in PM₁₀ equivalenti, cioè pesando l'emissione di ciascun precursore con il suo AF_{EU} .

Ne risultano:

- 32.975 t/anno di PM₁₀-equivalenti da ammoniaca
- 93.935 da ossidi di azoto
- 9.450 da biossido di zolfo

- 1.980 da composti organici volatili per un totale di $E_{sec,EU}=138.340$ t/anno di PM₁₀-equivalenti.

Il rapporto tra il contributo regionale al PM₁₀ secondario regionale "secondo Ninfa" ($E_{sec,ER}$) e il contributo regionale al PM₁₀ secondario europeo "secondo de Leeuw" ($E_{sec,EU}$) è dunque pari a $r = E_{sec,ER} / E_{sec,EU} = 36170/138340 = 0.26$.

Pertanto, possiamo definire i fattori di formazione locale di aerosol per l'Emilia-Romagna, riscaldando quelli a scala europea calcolati da de Leeuw, $AF_{ER}=AF_{EU} \cdot 0.26$:

- per l'ammoniaca 0,17
- per gli ossidi di azoto 0,23
- per il biossido di zolfo 0,14
- per i composti organici volatili 0,0055.

In altri termini, su scala regionale stimiamo che una tonnellata di ammoniaca emessa dia luogo alla formazione di 170 kg di PM₁₀, una tonnellata di ossidi di azoto dia luogo alla formazione di 230 kg di PM₁₀, una tonnellata di biossido di zolfo dia luogo alla formazione di 140 kg di PM₁₀, una tonnellata di composti organici volatili dia luogo alla formazione di 5,5 kg di PM₁₀. Applicando i fattori AF_{ER} è possibile esprimere le emissioni regionali dei precursori in tonnellate di PM₁₀ equivalenti (tabella 1). L'obiettivo della commensurabilità tra precursori e particolato è così raggiunto.

Possiamo quindi approssimare la dinamica del PM₁₀ come un flusso continuo emissione-trasformazione-concentrazione

nel quale i PM₁₀-equivalenti si conservano, come rappresentato graficamente nel diagramma di Sankey in figura 1. Tenendo conto quindi del particolato secondario, cambia la classifica dei settori emissivi più impattanti in termini di PM₁₀: il riscaldamento domestico a legna è il principale produttore di PM₁₀ primario, ma se si allarga lo sguardo al PM₁₀ complessivo (primario+secondario) il suo contributo relativo diminuisce; al contrario, le pratiche agricole contribuiscono poco al PM₁₀ primario e molto a quello secondario e dunque, nel complesso, risultano il secondo fattore di pressione per importanza. Il traffico merci raggiunge il primo posto in classifica, mentre quello delle autovetture è al quinto, dietro ad agricoltura, industria e riscaldamento a legna.

Una metodologia di questo tipo, insieme ovviamente alle stime modellistiche effettuate con modelli fotochimici e all'inventario delle emissioni, può essere un valido strumento per analizzare la complessità delle trasformazioni chimico-fisiche in atmosfera.

Michele Stortini, Giovanni Bonafè*

Arpa Emilia-Romagna

* attualmente Arpa Friuli Venezia Giulia

NOTE

¹ Arpae, come molte agenzie ambientali regionali italiane, usa il software e database Inemar.

² Nel nostro caso, il modello chimico e di trasporto Chimere, cuore della catena Ninfa.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Johansson M., Karvosenoja N., Porvari P., Kupiainen K., 2003, "Emission scenarios for particulate matter research and policy assessment in Finland", 12th International Emission Inventory Conference, *Emission inventories-applying new technologies* (Vol. 28).

de Leeuw F.A., 2002, "A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution", *Environmental Science & Policy*, 5(2), 135-145.

COME CAMBIA IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

DAGLI ANNI 60 A OGGI SONO CAMBIATE LE MISURE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI IN ITALIA. LE CONOSCENZE RELATIVE AGLI IMPATTI SULLA SALUTE HANNO PORTATO L'ATTENZIONE SULLE PARTICELLE PIÙ PICCOLE E SUI FENOMENI FISICO-CHIMICI DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO. IL CONTRIBUTO DEL PROGETTO SUPERSITO.

Nel secolo breve, agli albori delle misure di inquinanti atmosferici nelle città italiane, cioè negli anni 60-70, le attenzioni erano totalmente dedicate alle misure del particolato totale sospeso (Pts), vale a dire la totalità delle particelle presenti in atmosfera, senza alcuna selezione delle frazioni dimensionali. L'interesse si è spostato soltanto nell'ultima decade, sollecitato dalle crescenti valutazioni epidemiologiche di impatti sulla salute, verso la frazione inferiore ai 10 μm di diametro aerodinamico (PM_{10}), al punto che il monitoraggio di questa tipologia di aerosol è stato inserito esplicitamente nelle normative europee (direttiva 96/62/CE). Il nuovo millennio è poi iniziato con la consapevolezza che, oltre a quanto visto precedentemente, era necessario monitorare anche aerosol di dimensioni minori. Già negli anni precedenti, infatti, la letteratura scientifica aveva dimostrato ampio interesse – dai diversi punti di vista – su come gli inquinanti si distribuissero nelle varie frazioni dimensionali. Inoltre, le sempre maggiori conoscenze relative all'esposizione al

materiale particolato da tempo avevano confermato la tesi che la penetrazione delle particelle atmosferiche nel corpo umano dalle vie respiratorie fino ai polmoni era tanto maggiore quanto minori erano le loro dimensioni (Chow, 1995). Per tali motivi si è aggiunto, nelle normative in uscita nei primi anni dopo il 2000, oltre agli inquinanti già considerati nella legislazione europea degli anni precedenti, anche il particolato inferiore a 2,5 μm di diametro aerodinamico ($\text{PM}_{2,5}$) (direttiva 2008/50/CE). Oltre a queste ultime, nello stesso periodo e sebbene non fossero state inserite espressamente nel diritto della qualità dell'aria, si sono iniziate a considerare e studiare anche le particelle di dimensioni ulteriormente più piccole, quelle che sono in grado di penetrare profondamente fino agli alveoli: le PM_1 , le PM inferiori a 100 nm ($\text{PM}_{0,1}$), fino ad arrivare alle particelle di dimensione nanometrica, di poco maggiori alle dimensioni delle molecole dei gas/vapori da cui possono derivare per trasformazione di fase. Con tale condizione, proveniente dunque sia dalle nuove richieste dei regolamenti

comunitari sia dagli articoli assiduamente pubblicati dalla letteratura scientifica internazionale, diversi sono stati gli studi che si sono intrapresi nei vari enti e istituzioni italiane al fine di migliorare la scarsa conoscenza di tali tematiche nel nostro paese.

Comprendere e approfondire gli aspetti ambientali, fisici, chimici, biotossicologici, epidemiologici, sanitari sono stati, e sono ancora oggi, i forti motori di progettualità che hanno spinto in questa direzione tante organizzazioni: accademiche, di ricerca, addette al controllo e al monitoraggio ambientale e sanitario, associazionistiche di diversa natura, a lavorare con lo scopo di acquisire informazioni utili e renderle pubbliche, per supportare gli amministratori dei territori e i cittadini nelle scelte di governo e di comportamento su tali temi (Fuzzi et al., 2015).

Parlare tuttavia, in modo non differenziato, di materiale particolato ai sensi della legislazione e di particelle nanometriche inferiori a 100 nm è certamente un azzardo, viste le grandi



FOTO: NICOLA - FLECKR, CC

differenze che ci sono nelle due tipologie di aerosol considerate.

È necessario dunque precisare che, quando si parla di $PM_{2.5}$ ai sensi delle richieste normative, si parla solitamente della sua concentrazione in massa per unità di volume di aria e l'unità di misura normalmente utilizzata è: $\mu g/m^3$.

Per quanto riguarda invece le particelle molto piccole, fino alla dimensione di 100 nm e, in alcuni casi più generali fino all'aerosol sub-micrometrico (PM_{1}), ciò che si usa misurare è il numero di particelle per volume di aria e non più la massa. Nei più piccoli range dimensionali, infatti, la concentrazione in massa diventa trascurabile mentre diventa rilevante la concentrazione in termini di numero (Seinfeld and Pandis, 2006). Dunque per queste ultime l'unità di misura normalmente utilizzata è: npc/m^3 . L'aerosol atmosferico inferiore a 1 μm di diametro si ripartisce generalmente in tre intervalli dimensionali (distribuzione trimodale) che vengono definiti come: range di nucleazione (~3-25 nm), range dei nuclei di Aitken (~25-90 nm), range di accumulazione (~90-1000 nm). In questi intervalli accadono i principali fenomeni fisico-chimici responsabili di quasi tutti i processi di formazione e trasformazione del particolato atmosferico in atmosfera.

Nell'intervallo di nucleazione le particelle si sono solitamente appena formate, a causa della reazione gas-particella che prevede la transizione di fase proprio attorno a 1-2 nm. Nell'intervallo dei nuclei di Aitken le particelle possono subire fenomeni di crescita e di trasformazione o di aggregazione con particelle pre-esistenti. Nel range sopra i 90 nm le particelle subiscono ulteriori fenomeni di crescita, di condensazione e di coagulazione raggiungendo dimensioni tali che diventa importante il loro contributo in termine di concentrazione in massa (Kulmala et al., 2008, Seinfeld and Pandis, 2006). Tutti e tre i range dimensionali discussi possono essere popolati anche da particolato – definito “primario” – emesso direttamente dalle varie sorgenti (Morawska et al., 2008).

Al fine di aumentare la conoscenza di tali fenomeni e per comprendere al meglio le connessioni con l'impatto sulla salute, un progetto importante, definito Supersito, è stato sviluppato e realizzato con l'approvazione e il finanziamento della Regione Emilia-Romagna e dell'Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia (Arpae).

Tale progetto ha visto il campionamento

di particolato atmosferico organizzato su quattro stazioni di monitoraggio: area urbana di Bologna, area rurale di San Pietro Capofume (BO), area urbana di Parma, area urbana di Rimini. I dati ottenuti sono poi stati integrati con quelli provenienti dall'esistente stazione remota di monte Cimone, nel punto più alto dell'Appennino settentrionale. L'obiettivo generale del progetto è stato proprio quello di migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali e sanitari del particolato fine e ultrafine, nelle sue componenti primarie e/o secondarie, presente in atmosfera. A tal fine si sono effettuati approfondimenti relativi alla formazione



FOTO: ARCH. ARPAE EMILIA-ROMAGNA

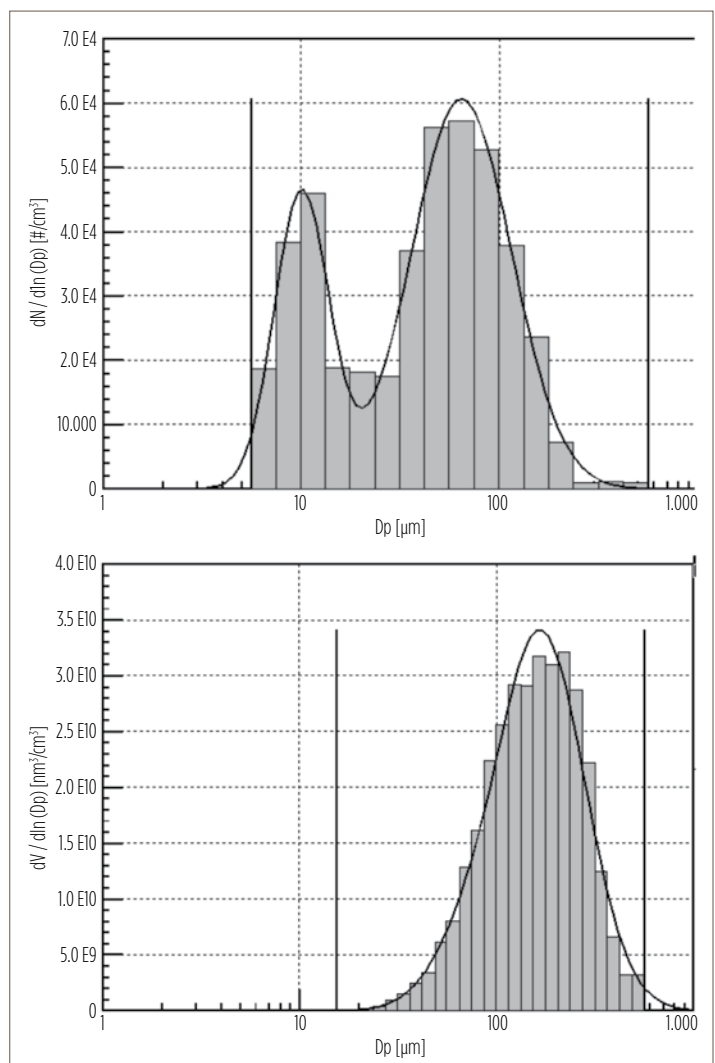


FIG. 1
DISTRIBUZIONI
DIMENSIONALI

Esempi di distribuzioni dimensionali di particelle. In alto, rispetto al numero; in basso rispetto al volume.

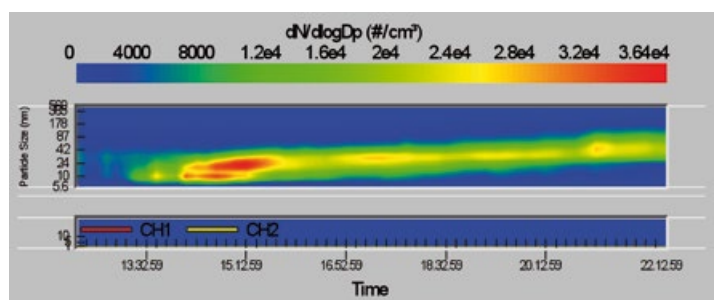


FIG. 2
NUCLEAZIONE

Esempio di distribuzione dimensionale di particelle osservata durante un evento di nucleazione in una zona remota.

e la composizione degli inquinanti secondari, all'identificazione dei legami tra la composizione del particolato presente in aria e le fonti di emissione (Pietrogrande et al., 2014a; Pietrogrande et al. 2014b; Pietrogrande et al., 2015; Pietrogrande et al., 2016; Sandrini et al., 2016; Ricciardelli et al., 2017). Si sono realizzate valutazioni degli effetti tossicologici dei campioni di particolato raccolto al fine di incrementare le conoscenze degli aspetti infiammatori e di un complessivo *risk assessment*, e valutazioni – attraverso studi epidemiologici – degli effetti a breve e lungo termine dell'esposizione a inquinamento atmosferico della popolazione (Bocchi et al., 2016). Infine, importanti informazioni sono emerse circa le distribuzioni spaziali e i rapporti *indoor/outdoor* (Zauli Sajani et al., 2015; Zauli Sajani et al., 2016).

Da tale studio, così come da altri ormai pubblicati, emerge chiaramente l'importanza di identificare e quantificare il contributo delle diverse fonti di emissione – traffico veicolare, combustione della legna, attività in agricoltura, attività industriali, trasporti da lunghe distanze – per attribuire alle diverse sorgenti la responsabilità della formazione dell'aerosol atmosferico, responsabilità che potrebbe diversificarsi da zona a zona. Fondamentale risulta anche la comprensione delle variabili fisiche dell'atmosfera – non disgiunte ovviamente a quelle chimiche e meteorologiche – per delineare al meglio il loro ruolo nel contributo alla formazione degli inquinanti secondari. Molti di tali processi non sono comunque, ancora oggi, completamente compresi. Ad esempio, non è affatto chiaro quali siano le variabili che portano all'origine dei numerosi fenomeni di nucleazione che vengono osservati nella pianura Padana orientale.

Ulteriori ricerche, quali gli studi sull'impatto sanitario delle particelle suddivise per intervalli, sono certamente necessarie, vista la loro attuale scarsa numerosità nella letteratura internazionale. Per lo stesso motivo, anche il tema del legame tra esposizione personale e la presenza di aerosol in *outdoor* e/o nelle varie tipologie di *indoor*, è un altro dei temi che sicuramente dovrà essere oggetto di approfondimenti.

Vanes Poluzzi, Isabella Ricciardelli

Arpa Emilia-Romagna



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bocchi C., Bazzini C., Fontana F., Pinto G., Martino A., Cassoni F., 2016, "Characterization of urban aerosol: seasonal variation of mutagenicity and genotoxicity of PM_{2.5}, PM₁ and semi-volatile organic compounds", *Mutation Research*, 809, 16-23.
- Chow J., 1995, "Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles", *Air and waste management associations*, 45, 320-382.
- Fuzzi S., Baltensperger U., Carslaw K., Decesari S., Denier van der Gon H., Facchini M. C., Fowler D., Koren I., Langford B., Lohmann U., Nemitz E., Pandis S., Riipinen I., Rudich Y., Schaap M., Slowik, J., Spracklen D. V., Vignati E., Wild M., Williams M., Gilardoni S., 2015, "Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 8217-8299.
- Kulmala M., Kerminen V.-M., 2008, "On the formation and growth of atmospheric nanoparticles", *Atmospheric Research*, 90, 132-150.
- Morawska L., Ristovski Z., Jayaratne E.R., Keogh D.U., Ling X., 2008, "Ambient nano and ultrafine particles from motor vehicle emissions: Characteristics, ambient processing and implications on human exposure", *Atmospheric Environment*, 42, 8113-8138.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Visentin M., Ferrari S., Poluzzi V., 2014, "Polar organic marker compounds in atmospheric aerosol in the Po Valley during the Supersito campaigns - Part 1: Low molecular weight carboxylic acids in cold seasons", *Atmospheric Environment*, 86, 164-175.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Visentin M., Ferrari S., Casali P., 2015, "Polar organic marker compounds in atmospheric aerosol in the Po Valley during the Supersito campaigns - Part 2: Seasonal variations of sugars", *Atmospheric Environment*, 97, 215-225.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Ferrari S., Kaipainen J., Ricciardelli I., Riekkola M.L., Trentini A., Marco V., 2015, "Characterization of atmospheric aerosols in the Po valley during the supersito campaigns - Part 3: Contribution of wood combustion to wintertime atmospheric aerosols in Emilia Romagna region (Northern Italy)", *Atmospheric Environment*, 122, 291-305.
- Pietrogrande M.C., Bacco D., Ferrari S., Ricciardelli I., Scotto F., Trentini A., Visentin M., 2016, "Characteristics and major sources of carbonaceous aerosols in PM_{2.5} in Emilia-Romagna Region (Northern Italy) from four-year observations", *Science of the Total Environment*, 553, 172-183.
- Ricciardelli I., Bacco D., Rinaldi M., Bonafé G., Scotto F., Trentini A., Bertacci G., Ugolini P., Zigola C., Rovere F., Maccone C., Pironi, C., Poluzzi V., "A three-year investigation of daily PM_{2.5} main chemical components in four sites: the routine measurement program of the Supersito Project (Po Valley, Italy)", *Atmospheric Environment*, 152 (2017), 418-430.
- Sandrini S., van Pinxteren D., Giulianelli L., Herrmann H., Poulain L., Facchini M.C., Gilardoni S., Rinaldi M., Paglione M., Turpin B. J., Pollini F., Zanca N., Decesari S., 2016, "Size-resolved aerosol composition at an urban and a rural site in the Po Valley in summertime: implications for secondary aerosol formation", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 10879-10897.
- Seinfeld J.H., Pandis S.N., 2006, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, 2006.
- Zauli Sajani S., Ricciardelli I., Trentini A., Bacco D., Maccone C., Castellazzi S., Lauriola P., Poluzzi V., Harrison R.M., 2015, "Spatial and indoor/outdoor gradients in urban concentrations of ultrafine particles and PM_{2.5} mass and chemical components", *Atmospheric Environment*, 103, 307-320.
- Zauli Sajani S., Trentini A., Rovelli S., Ricciardelli I., Marchesi S., Maccone C., Bacco D., Ferrari S., Scotto F., Zigola C., Cattaneo A., Cavallo D.M., Lauriola P., Poluzzi V., Harrison R.M., 2016, "Is particulate air pollution at the front door a good proxy of residential exposure?", *Environmental Pollution*, 2013, 347-358.

CHIMICA DEL PARTICOLATO E METEO, UN'ANALISI SUL CAMPO

IL PERIODO TRA GENNAIO E FEBBRAIO 2017 È STATO CARATTERIZZATO IN EMILIA-ROMAGNA DA VALORI ESTREMAMENTE ELEVATI DI PARTICOLATO. ARPAE HA REALIZZATO UNO STUDIO, BASANDOSI SUI DATI DEGLI INQUINANTI RILEVATI DALLA RETE DI MONITORAGGIO E DI QUELLA REALIZZATA TRAMITE IL PROGETTO SUPERSITO, INTEGRATI CON ANALISI METEO E CHIMICA.

“**I** giorni della merla”: così vengono definiti gli ultimi giorni di gennaio. Diverse sono le ipotesi alla base di questa locuzione, ciò che le accomuna è il grande freddo che normalmente contraddistingue tali giorni posti nel bel mezzo dell'inverno. Nel 2017 quei giorni (insieme ai primi di febbraio), più che dal grande freddo, sono stati caratterizzati da un inquinamento da aerosol atmosferico estremamente elevato in tutta la pianura Padana. Per l'Emilia-Romagna i valori sono stati da record rispetto agli ultimi 10 anni, superando, per quanto riguarda il PM_{10} , i $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in alcune stazioni (in altre aree della pianura Padana i valori sono stati ancora superiori).

È interessante indagare i meccanismi che sono alla base di quanto successo immediatamente prima e durante questi giorni da primato. Di seguito viene quindi riportata un'analisi ai fini interpretativi di quanto successo.

Qualità dell'aria

La seconda metà di gennaio 2017 è stata caratterizzata da valori molto alti degli inquinanti atmosferici in tutta la pianura Padana. In Lombardia, a partire dal 28 gennaio, sono state osservate concentrazioni di PM_{10} maggiori di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su gran parte del territorio; nei giorni successivi, l'area interessata si è estesa al settore occidentale dell'Emilia-Romagna e al Veneto; tra il 31 gennaio e il 1 febbraio è stata coinvolta l'intera pianura Padana, con dati che sono arrivati a sfiorare i $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tra il 2 e il 3 febbraio le concentrazioni hanno iniziato a diminuire a partire dalla fascia pedemontana alpina, e sono scese ovunque al di sotto dei limiti di legge il 4 febbraio.

In Emilia-Romagna, le concentrazioni di PM hanno iniziato a crescere dal 19 gennaio, segnando un primo episodio di massimo nelle giornate del 22 e 23 con valori massimi compresi tra $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella provincia di Modena e $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in

FIG. 1
 PM_{10}

Concentrazioni di PM_{10} osservate nei diversi settori dell'Emilia-Romagna (media di tutte le stazioni disponibili).

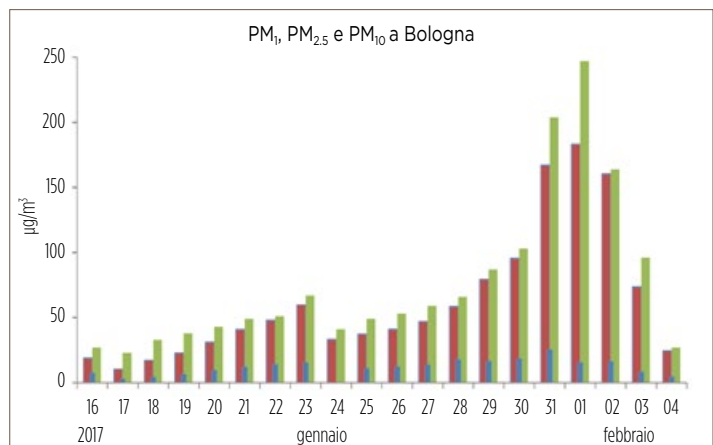
— Settore ovest
— Settore centro est
— Fascia costiera



FIG. 2
FRAZIONI DIMENSIONALI

Concentrazione giornaliera del PM in varie frazioni dimensionali a Bologna: PM_1 misurato al main site del Supersito, PM_{10} nella stazione di Porta San Felice e $PM_{2,5}$ medio tra le due stazioni.

■ $PM_{2,5}$ Media main site Supersito-Porta San Felice
■ PM_{10} Porta San Felice
■ PM_1 main site Supersito



quella di Rimini. Successivamente a tale evento, nel periodo 25-26 gennaio, i dati osservati hanno subito una lieve flessione, per poi tornare a crescere nelle giornate successive.

Tra il 27 e il 30 gennaio le concentrazioni sono progressivamente aumentate, inizialmente nell'area centro occidentale (province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena) e successivamente in gran parte del territorio regionale (figura 1). Il 31 gennaio i valori si sono bruscamente innalzati, mantenendosi per 3 giorni su livelli eccezionali: tra Modena e Bologna, sono state osservate

concentrazioni di PM_{10} maggiori di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte e tre le giornate, con un massimo di $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di Bologna S. Felice (il valore limite è $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Negli stessi giorni, i dati osservati nelle stazioni appenniniche sono diminuiti, portandosi ovunque su livelli molto bassi. Il 3 febbraio le concentrazioni sono sensibilmente diminuite, per portarsi ovunque su valori bassi sabato 4.

Anche le concentrazioni di particolato $PM_{2,5}$ hanno seguito l'andamento del PM_{10} e sono risultate molto alte, con valori

mai inferiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e con percentuali, rispetto al PM_{10} , che in alcune giornate sono arrivate a superare il 90%.

Il PM_{10} , i cui dati sono disponibili nei siti di Bologna e San Pietro Capofiume della rete realizzata tramite il progetto Supersito, ha mostrato, al contrario, incrementi poco significativi in tutto il periodo considerato.

È interessante notare come per tutta la durata dell'evento, in buona parte della pianura Padana, non si siano verificate differenze importanti tra i dati misurati in campagna e quelli osservati all'interno delle città, anche dalle stazioni poste a bordo strada: i valori elevati di PM sono stati legati a dinamiche che hanno coinvolto l'intero bacino padano, mentre il contributo diretto delle sorgenti emissive è stato relativamente modesto.

Condizioni meteorologiche

Nei primi giorni dell'episodio, l'Italia è stata interessata da un campo di pressione in quota livellata, che ha determinato condizioni di tempo stabile con venti generalmente deboli. A partire dal 31 gennaio, sul Mediterraneo occidentale si è instaurato un promontorio di alta pressione, che ha fatto affluire verso l'Italia aria più calda nella bassa troposfera (figura 3): questo ha determinato un ulteriore indebolimento dei venti e un aumento della stabilità atmosferica sulla pianura Padana. A partire dal 3 febbraio, il transito di una serie di deboli onde depressionarie ha permesso un completo ricambio della massa d'aria, inizialmente nel territorio a nord del fiume Po, e successivamente nell'intero bacino.

Le giornate centrali dell'episodio sono quindi state caratterizzate da un'eccezionale stabilità atmosferica sulla pianura Padana, associata a valori molto bassi dell'altezza di rimescolamento: le sostanze inquinanti presenti sono state schiacciate in un volume sempre più piccolo, permettendo la formazione di grandi quantità di particolato secondario, che si è distribuito in modo quasi uniforme sull'intero territorio.

Questa situazione è stata probabilmente determinata dalla presenza concomitante di diversi fattori:

- subsidenza dovuta al promontorio di alta pressione
- presenza di un'inversione termica in quota, persistente anche nelle ore diurne sull'intero bacino (oltre all'inversione termica al suolo), motivo per il quale si sono osservati valori particolarmente elevati di PM_{10} nelle stazioni appenniniche nei giorni precedenti il

FIG. 3
METEO

Situazione meteorologica a scala sinottica alle ore 00Z del 1 febbraio 2017; geopotenziale a 500 hPa (isolinee, dam) e temperatura a 850 hPa (colori, °C).

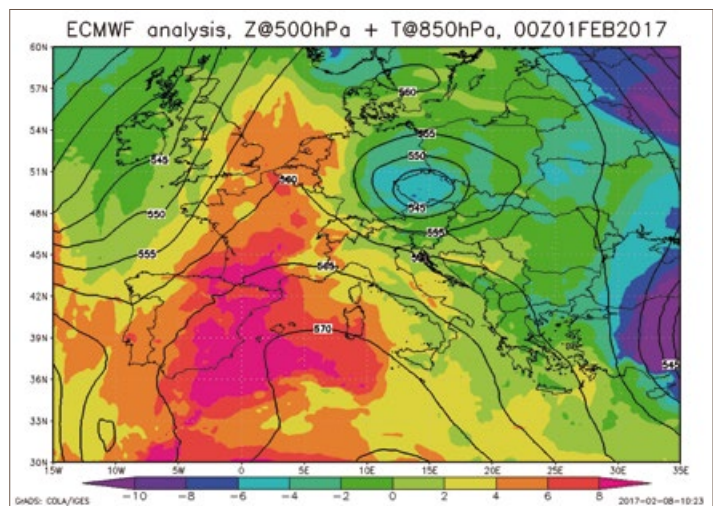
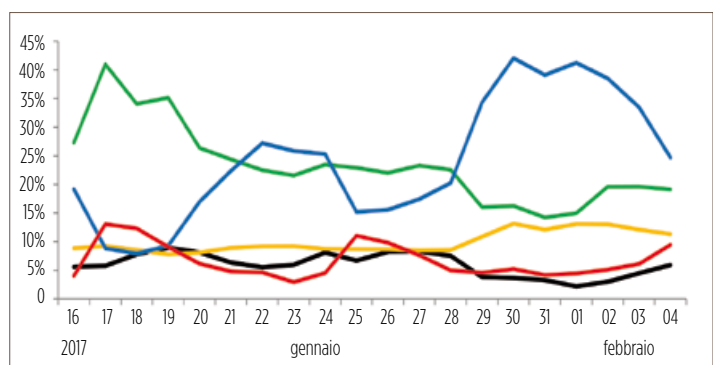


FIG. 4
COMPONENTI CHIMICI

Concentrazione percentuale dei principali componenti chimici del $\text{PM}_{2.5}$ al main site del Supersito a Bologna.

- Carbonio organico
- Carbonio elementare
- Ammonio
- Nitrato
- Solfato



picco di polveri registrato in pianura (la stazione di Corte Brugnatella situata a 765 m ha superato la soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 28 gennaio). Dai profili di temperatura e velocità del vento misurati dal radiosondaggio di San Pietro Capofiume, emerge la presenza di uno strato d'aria vicino alla superficie, caratterizzato da venti calmi, e disaccoppiato rispetto all'atmosfera sovrastante, che si abbassa progressivamente con il passare dei giorni. I dati del radiosondaggio di Milano Linate mostrano lo stesso tipo di andamento

- nei giorni centrali dell'episodio, il vento alla superficie è sempre calmo (valori medi $< 1 \text{ m/s}$); inoltre la presenza di copertura nuvolosa persistente inibisce il rimescolamento termico dell'atmosfera, riducendo ulteriormente l'altezza di rimescolamento

- a partire dal 30 gennaio, sull'Italia inizia ad affluire una massa d'aria relativamente calda proveniente da sud-sudovest: quest'aria scavalca gli Appennini, e scivola sull'aria più fredda presente nella pianura, determinando un ulteriore schiacciamento di quest'ultima e compattando verso il suolo gli strati di inversione termica sottostanti. Questo cambiamento di regime è confermato dall'aumento della velocità del vento e dalla parallela riduzione dei valori di

PM_{10} osservati sull'Appennino a partire da mezzogiorno del 30 gennaio.

Composizione chimica del particolato

Per approfondire la comprensione degli eventi che hanno condotto a tali livelli di concentrazione sono state considerate anche le composizioni chimiche del particolato raccolto dalla rete Supersito in tre siti di fondo urbano (a Bologna, Parma e Rimini) e in un sito di fondo rurale (San Pietro Capofiume, in provincia di Bologna). In particolare si sono misurate le concentrazioni della componente carboniosa e dei principali composti ionici del particolato di dimensioni inferiori a $2,5 \mu\text{m}$, oltre che la concentrazione di una specie (il levoglucosano) considerata indicatore specifico dell'utilizzo di combustibili contenenti cellulosa, cioè legna o pellet per riscaldamento, una sorgente rilevante nel periodo freddo.

Considerando sia la similitudine osservata in tutta la regione nei trend di concentrazione di PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$, sia l'omogeneità dei risultati delle analisi chimiche, ove disponibili, si presenta nel dettaglio l'analisi della sola città di Bologna, che ha registrato il massimo assoluto di PM_{10} .

La crescita del PM è evidente nelle frazioni dimensionali $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} .

I rapporti tra le frazioni mostrano infatti comportamenti differenti. La percentuale di $PM_{2,5}$ su PM_{10} risulta nel periodo in esame quasi sempre superiore al 70% mentre i valori $PM_1/PM_{2,5}$ decrescono fino ad arrivare a un minimo (8%) il 1 febbraio. Questo indica come la crescita dei valori di PM sia legata soprattutto a un arricchimento del particolato con diametri superiori a $1 \mu m$, ma inferiori a $2,5 \mu m$ ($PM_{1-2,5}$).

Una conferma di tale condizione è fornita anche dai dati del fotometro di Venezia (rete Aeronet). Questi mostrano come la torbidità atmosferica sia dovuta per buona parte a frazioni non grossolane del particolato: nelle giornate centrali dell'evento, i valori osservati alle diverse lunghezze d'onda sono stati molto diversi (AOD alto per lunghezze d'onda corte, AOD basso per lunghezze d'onda lunghe), caratteristica peculiare di situazioni in cui le frazioni meno grossolane del particolato sono predominanti.

La maggior parte delle emissioni dirette da combustione (traffico veicolare e diverse tipologie di impianti di riscaldamento) riguardano particelle di diametro inferiori a $1 \mu m$, mentre la parte compresa tra $2,5 \mu m$ e $10 \mu m$ è sostanzialmente legata a particelle cristalline (o di sale marino). La frazione intermedia ($1-2,5 \mu m$) è normalmente legata all'aerosol secondario, cioè a quelle specie solide che si sono formate in atmosfera per trasformazione di composti emessi da diverse sorgenti, quali ad esempio gli ossidi di azoto (in fase gas) prodotti dal traffico o dal riscaldamento. Questo porterebbe a ipotizzare un evento prevalentemente legato all'accumulo di particolato secondario.

L'andamento della composizione chimica (figura 4) avalla questa interpretazione. Infatti le uniche sostanze che incrementano percentualmente le loro concentrazioni sono ammonio e nitrato, due ioni che concorrono a formare il nitrato d'ammonio, un sale inorganico tipico rappresentante della frazione secondaria del $PM_{2,5}$ durante l'inverno. Al contrario, indicatori specifici di sorgenti antropogeniche di combustione come il black carbon e il levoglucosano (misurati rispettivamente a Piacenza e Bologna) mostrano un minimo di contributo percentuale al PM in concomitanza dei giorni di picco (figura 5).

L'ulteriore abbassamento dello strato di rimescolamento nei giorni 1 e 2 febbraio ha ridotto la dispersione dei precursori gassosi lungo la colonna d'aria spingendoli a reagire maggiormente per formare la fase solida. La trasformazione

FIG. 5
SORGENTI SPECIFICHE

Concentrazione percentuale di specie caratterizzanti contribuiti diretti di sorgenti specifiche. Il black carbon è prodotto dall'utilizzo di combustibili carboniosi, solitamente associato al traffico veicolare. Il levoglucosano è marcatore specifico della combustione della cellulosa (riscaldamento a legna o derivati).

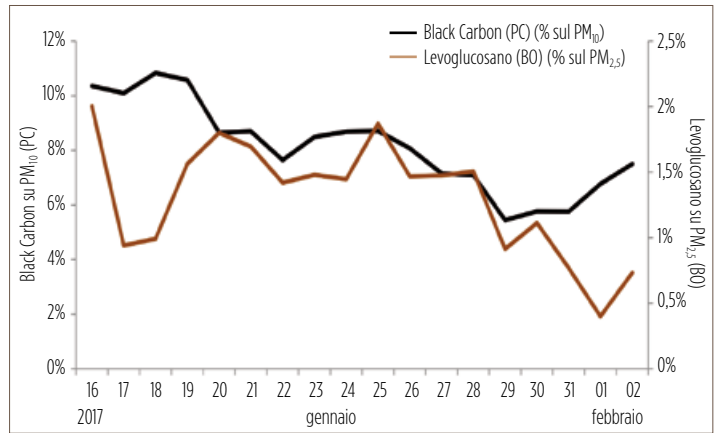


FIG. 6
IONI NEL PARTICOLATO

Concentrazione relativa, in equivalenti, degli ioni principalmente responsabili della massa di PM raggiunta nei giorni di picco rispetto ai propri gas precursori.

— Ammonio/Ammoniaca
— Nitrato/Monossido d'azoto
— Nitrato/Biossido d'azoto

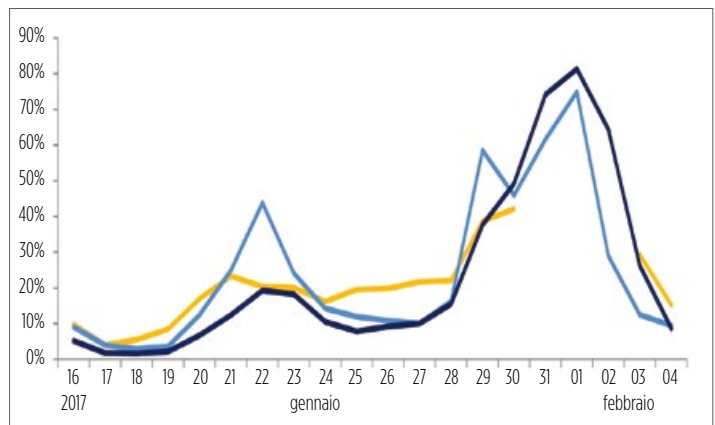
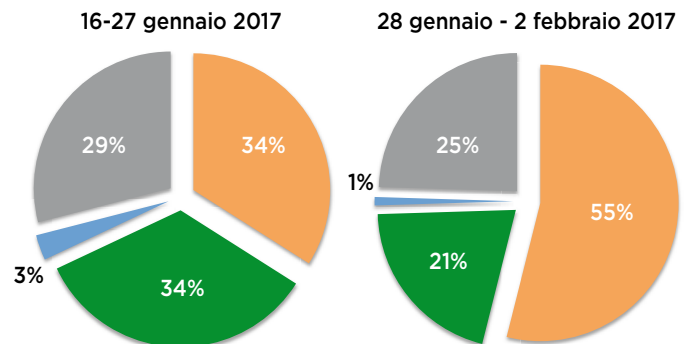


FIG. 7
 $PM_{2,5}$

Chiusura di massa percentuale del $PM_{2,5}$ del main site del Supersito a Bologna sulle medie dei giorni precedenti al picco e durante il picco.

■ Aerosol inorganico secondario
■ Carbonio totale
■ Altre specie ioniche
■ N.D.



di ossidi d'azoto e ammoniaca in nitrato d'ammonio era inoltre permessa dalle condizioni di temperatura (più elevata rispetto ai giorni precedenti) mentre i meccanismi di rimozione (precipitazioni, avvezione e/o turbolenza) erano limitati dal protrarsi della stabilità. La disponibilità dei precursori gassosi è confermata dai valori misurati nei giorni precedenti al picco: la concentrazione di ammoniaca misurata a Parma – unica misura a disposizione – nella seconda quindicina di gennaio variava tra i 16 e i $30 \mu g/m^3$ come media giornaliera, contemporaneamente gli ossidi d'azoto misurati a Bologna sono arrivati a superare i $60 \mu g/m^3$. Che le condizioni atmosferiche instauratesi favorissero la conversione a nitrato d'ammonio è

ulteriormente suffragato (figure 6 e 7) dal rapporto tra ossidi d'azoto e nitrato o tra ammoniaca e ammonio (nitrato e ammonio sono le forme ioniche presenti nel PM). Si passa da un minimo del 10% nei giorni di minimo di PM a un 80% circa nei giorni del picco.

Dimitri Bacco, Arianna Trentini, Enrico Minguzzi, Roberta Amorati, Claudia Zigola, Marco Deserti, Vanes Poluzzi

Arpae Emilia-Romagna

Gli autori desiderano ringraziare, per l'attività svolta in urgenza, i gestori della rete delle Sezioni provinciali Arpae, il Laboratorio integrato di Ravenna, gli Sportelli delle accettazioni coinvolte e tutti i membri dei Ctr Aree urbane e Qualità dell'aria.

PREVEDERE PER PREVENIRE E PER GESTIRE LE EMERGENZE

ABBINARE LA RACCOLTA E L'ELABORAZIONE DATI SULLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI ALLE PREVISIONI METEOROLOGICHE CONSENTIREBBE DI ATTIVARE TEMPESTIVAMENTE MISURE EMERGENZIALI. IN COLLABORAZIONE CON L'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, ARPAE STA TESTANDO UN NUOVO MODELLO PREVISIONALE CON RISULTATI INTERESSANTI.

Il tema della qualità dell'aria che respiriamo è sicuramente di grande interesse. Da un lato, è evidente che la strategia vincente per salvaguardare la qualità dell'aria debba basarsi su misure strutturali, volte alla riduzione permanente delle emissioni nocive. D'altra parte, l'obiettivo di ridurre in modo consistente e determinante le stesse emissioni è raggiungibile a medio-lungo termine. Si rende quindi necessario operare in via emergenziale nelle situazioni in cui le concentrazioni di inquinanti oltrepassino le soglie consentite, a tutela dei cittadini. Molti sono gli inquinanti potenzialmente presenti in atmosfera che possono avere impatto sulle condizioni di salute delle persone, ma in prevalenza l'attenzione negli ultimi decenni è puntata sul particolato fine, soprattutto PM_{10} , $PM_{2,5}$ e PM_{10} , quest'ultimo assunto quale indicatore per l'attivazione di misure straordinarie per la riduzione delle concentrazioni degli stessi inquinanti. Anche per questo autunno-inverno, dal 1 ottobre 2016 e fino al 31 marzo 2017, è iniziata la sorveglianza sull'eventuale superamento della soglia consentita del PM_{10} . Il meccanismo emergenziale attivato è stabilito dall'accordo di programma e prevede l'ampliamento delle limitazioni al traffico auto e l'abbassamento del riscaldamento domestico. Gli interventi sono determinati sulla base dei dati giornalieri osservati dalle centraline della rete regionale, composta per il PM_{10} da oltre 40 stazioni distribuite su tutto il territorio dell'Emilia-Romagna in posizione sia rurale sia urbana. Le concentrazioni rilevate sono archiviate e ogni giorno vengono controllate e validate le osservazioni relative al giorno precedente. In caso di misura della concentrazione media giornaliera di PM_{10} superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in almeno una centralina del territorio per più giorni consecutivi, possono essere disposte le misure di emergenza.



Il criterio adottato offre il vantaggio di basarsi su dati osservati certi (a meno ovviamente dell'inevitabile incertezza associata alla misura strumentale) e consente di intervenire in maniera pressoché automatica ogni qualvolta si verificano le condizioni di innesco delle procedure. Tuttavia, il necessario tempo di raccolta e valutazione del dato, unito ai tempi operativi necessari per le ordinanze comunali, porta spesso a ritardare l'attivazione delle misure straordinarie. Può infatti accadere che il loro inizio coincida con lo spontaneo abbassamento delle concentrazioni di inquinanti, dovuto ad esempio a condizioni meteorologiche favorevoli al ricambio degli strati di atmosfera vicini al suolo. Una gestione delle emergenze basata sia su dati osservati, sia su previsioni di qualità dell'aria in connessione alla meteorologia porterebbe indubbiamente grandi benefici.

Da diversi anni Arpae-Simc (Servizio IdroMeteoClima) ha sviluppato e gestisce il modello di analisi e previsione della qualità dell'aria Ninfa (*Network dell'Italia del nord per previsioni di smog fotochimico e aerosol*) che si basa

sulla versione regionale del modello di trasporto chimico Chimere, abbinata al modello meteorologico Cosmo. Il sistema produce ogni giorno mappe di concentrazione dei principali inquinanti, per il giorno precedente (analisi) e i successivi tre giorni. La previsione fornisce un'indicazione su come saranno distribuiti gli inquinanti in regione e su quale sarà la quantità presente. Essendo un modello fortemente integrato col modello meteorologico, Ninfa è in grado di cogliere i cambiamenti dell'atmosfera che determinano l'evoluzione di eventi acuti di inquinamento. Il sistema è un modello deterministico, ovvero fornisce una previsione non provvista di una misura di incertezza. Alla nostra domanda "Domani si avrà superamento della soglia per il PM_{10} a Bologna?", il modello deterministico risponderà "sì", oppure "no". La valutazione della correttezza della previsione è possibile a posteriori, verificando se l'evento è realmente avvenuto. Una risposta categorica a una domanda molto circoscritta come la nostra può indurre false speranze in chi deve prendere decisioni, speranze poi deluse nel

momento in cui la previsione ritenuta “certa” non si realizza.

Da tempo la meteorologia ha sviluppato modelli previsionali probabilistici che tengono conto della complessità intrinseca del sistema atmosfera. La previsione meteorologica non è mai certa, quello che possiamo fare è quantificare il livello di fiducia che abbiamo in essa. E la previsione di qualità dell'aria? Se la meteorologia è incerta, a maggior ragione la previsione della concentrazione di inquinanti sarà affetta da incertezza. Alla nostra domanda, allora, un sistema di previsione probabilistico potrà rispondere “La probabilità che domani a Bologna si superi la soglia per la concentrazione di PM₁₀ è del 90%” o “del 10%” o “del 50%”. Che valore può avere una previsione basata su una probabilità? Innanzitutto la previsione probabilistica ci costringe a fare un'attenta analisi delle conseguenze di una decisione sbagliata: l'analisi dei costi e dei benefici ci obbliga a valutare quale sia il danno da affrontare in caso di mancato allarme o nel caso opposto di falso allarme. La valutazione del danno correlato al rischio ci permette di scegliere quale sia la soglia di probabilità che darà avvio ad azioni concrete. I modelli probabilistici meteorologici sono solitamente sistemi definiti di *ensemble*, cioè costituiti da più modelli diversi oppure dallo stesso modello che parte da condizioni iniziali perturbate. Questi sistemi producono un insieme di previsioni che danno origine per ogni variabile di interesse a una distribuzione di valori possibili. Quanto più sono distanti fra loro i valori previsti, tanto maggiore sarà l'incertezza associata alla previsione finale. Tali sistemi richiedono un grosso sforzo computazionale e di gestione delle informazioni ottenute, poiché di fatto per ogni previsione dovranno essere girati più modelli. Presso Arpae-Simc è stato sviluppato in collaborazione con il Dipartimento di Scienze statistiche dell'Università di Bologna un modello statistico di previsione degli inquinanti basato su tecniche di inferenza bayesiana (sistema Ibis) al fine di fornire uno strumento utile per valutare l'opportunità di attivare misure emergenziali. I dati osservati dalle centraline vengono combinati con i dati ottenuti su griglia da Ninfa e viene ricostruita la relazione fra essi per le due settimane precedenti, in modo da “calibrare” Ninfa, avvicinandolo all'osservato. Una volta ricostruiti i parametri di calibrazione, Ibis, usando la previsione a tre giorni di Ninfa, fornisce una distribuzione predittiva di

FIG. 1
QUALITÀ DELL'ARIA,
PREVISIONE

Esempio di mappa della concentrazione di PM₁₀ espressa in µg/m³ prevista sull'Emilia-Romagna per il giorno di riferimento.

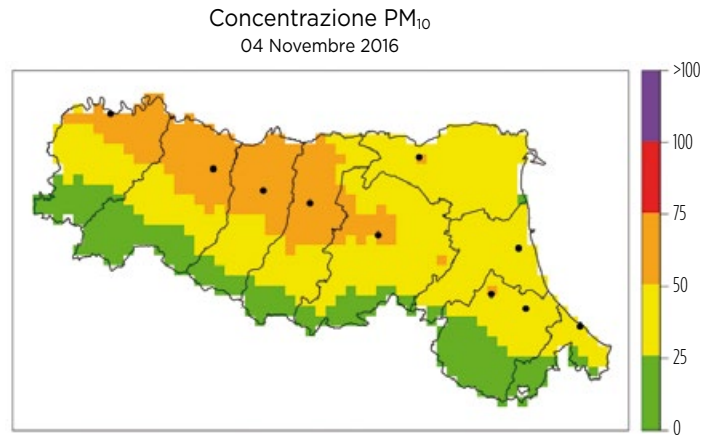


FIG. 2
QUALITÀ DELL'ARIA,
PREVISIONE

Esempio di mappa della probabilità di superamento della soglia 50 µg/m³ per il PM₁₀, prevista nell'Emilia-Romagna per il giorno di riferimento.

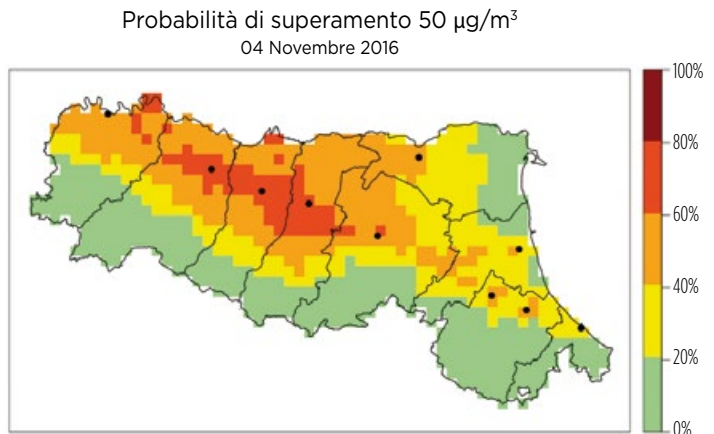
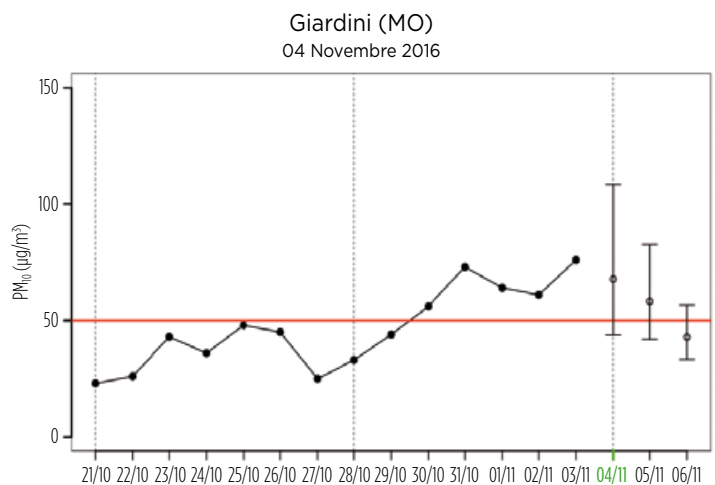


FIG. 3
QUALITÀ DELL'ARIA,
PREVISIONE

Andamento della concentrazione di PM₁₀ misurata nella stazione della rete regionale Giardini (Modena) per le due settimane precedenti il giorno di riferimento (simboli neri pieni), seguito dalle previsioni per i tre giorni successivi. Il simbolo vuoto indica il valore medio della distribuzione predittiva e la barra associata rappresenta il 95% dei valori possibili.



valori possibili. Da tale distribuzione si ottiene la concentrazione, o meglio la probabilità di osservare uno specifico valore di concentrazione oppure di superare una determinata soglia. Il modello è sviluppato in linguaggio R, è computazionalmente leggero e operativamente non richiede l'impegno di risorse importanti. Esso può fornire strumenti, quali mappe di concentrazione sull'Emilia-Romagna, mappe di probabilità di superamento della soglia o stime della probabilità di superamento per ogni punto di interesse nei tre giorni di previsione. Il modello è stato verificato mediante il confronto a posteriori delle

previsioni con le osservazioni di un intero anno. I risultati su lungo periodo sono molto soddisfacenti. Attualmente è in test per verificarne l'utilità in fase decisionale durante gli eventi acuti invernali di superamento della soglia di concentrazione di PM₁₀.

Roberta Amorati¹, Marco Deserti¹, Enrico Minguzzi¹, Michele Stortini¹, Lucia Paci²

¹Arpae Emilia-Romagna

²Dipartimento di Scienze statistiche, Università di Bologna

LE POLITICHE INTEGRATE PER L'ARIA IN EMILIA-ROMAGNA

IL PIANO ARIA INTEGRATO REGIONALE (PAIR 2020) È UN PACCHETTO DI 94 MISURE WIN-WIN CHE INTERVERRANNO SU TUTTI I SETTORI CHE INFLUISCONO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA. LA REGIONE EMILIA-ROMAGNA È AL LAVORO CON MINISTERO E REGIONI DEL BACINO PADANO PER AZIONI D'AREA VASTA, PERCHÉ L'ARIA NON HA CONFINI.

Portare la popolazione esposta al rischio di superamento del valore limite giornaliero di PM_{10} dal 64% del 2010 all'1% entro il 2020. Un obiettivo ambizioso e proprio per questo stimolante che abbiamo posto al centro del Piano aria integrato regionale (Pair2020) in dirittura d'arrivo verso il voto in Assemblea legislativa. Un Piano che rappresenta una nuova pagina della svolta *green* della nostra regione, un ulteriore passo avanti nel percorso di pianificazione strategica per una crescente conversione ecologica della nostra economia, dei consumi e dell'organizzazione della società regionale. Sono 94 le azioni trasversali, finanziate con 300 milioni di euro, che si prevede di mettere in campo per ridurre le emissioni del 47% per le polveri sottili (PM_{10}), del 36% per gli ossidi di azoto, del 27% per ammoniaca e composti organici volatili, del 7% per l'anidride solforosa. Misure che riguardano essenzialmente sei ambiti di intervento: le città, la pianificazione e l'utilizzo del territorio, la mobilità, l'energia, le attività produttive, l'agricoltura, gli acquisti verdi nelle pubbliche amministrazioni, a cui si affiancano attività di comunicazione, informazione ed educazione. Sei – ripeto – perché la parola chiave che ci ha guidato è integrazione: integrazione settoriale, integrazione delle risorse, integrazione territoriale, integrazione tra i livelli di governo del territorio. L'elaborazione del Piano è caduta in un momento strategico rispetto alle opportunità di sinergia tra le politiche settoriali. Ha coinciso infatti con l'inizio del settennato di programmazione 2014-2020 dei Fondi strutturali di investimento europei e parallelamente all'adozione dei Programmi operativi regionali. Ciò ha fornito l'occasione di massimizzare le sinergie tra i diversi piani e programmi, con l'individuazione di misure *win-win* come quelle sull'efficienza energetica, la mobilità sostenibile e la riduzione delle emissioni dalle attività agrozootecniche.



FOTO: ADEPERGREGY - CC

E ancora: l'Europa pone limiti precisi alle emissioni a tutela dell'ambiente e della salute, ma porge anche la mano per accompagnarci nel percorso verso i risultati attesi.

L'attuazione dei progetti che la Regione svilupperà nell'ambito dei programmi europei Life e Horizon 2020 permetterà importanti sinergie: per questo ho colto con grande entusiasmo il recente finanziamento comunitario di 10 milioni di euro riconosciuto dalla Commissione europea al progetto Prepair, che ci vede capofila di altri 17 partner, fra i quali tutte le regioni del bacino padano, nella lotta allo smog. Si punta a educare, informare la popolazione e formare gli operatori pubblici e privati, sempre in un'ottica sistemica e intersettoriale.

Non possiamo attendere oltre. Gli studi scientifici e le analisi delle principali istituzioni internazionali

evidenziano unanimi le conseguenze dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente. A ciò si aggiunge il fatto che allo stato italiano è stata notificata nel corso del 2016 la messa in mora per il superamento dei valori limite del PM_{10} negli ultimi anni.

Il Pair delinea quindi due fronti di intervento: da un lato le misure strutturali, dall'altro quelle emergenziali ridisegnate per rispondere in modo più rapido e immediato alle necessità di tutela della salute.

Tra le prime, cito i 67 milioni di euro per l'efficienza energetica degli edifici e delle attività produttive, 53 milioni per la riduzione delle emissioni in agricoltura e 14 milioni per interventi di mobilità sostenibile, nonché i 160 milioni per la sostituzione di almeno 600 autobus di categoria inferiore a Euro 3 in ambito urbano. A questi si aggiungono incentivi per la diffusione della mobilità ciclabile

ed elettrica (bici, motorini, parcheggi gratuiti, colonnine di ricarica ecc.).

Con una decisione coraggiosa, si sono previsti nuovi limiti alla circolazione nei centri abitati dei 30 comuni con più di 30 mila abitanti e nei comuni dell'agglomerato di Bologna. Nel periodo autunno/inverno le limitazioni varranno per i veicoli a benzina fino all'Euro 1, ma anche per i diesel, compresi i veicoli commerciali leggeri, fino all'Euro 3, ciclomotori e motocicli fino all'Euro 0. Dal 1 ottobre 2018 saranno estese a tutti i veicoli diesel Euro 4; dal 1 ottobre 2020 anche ai mezzi a benzina Euro 2 e ai restanti veicoli (benzina, gpl e metano e per le due ruote) fino all'Euro 1 incluso. Una scelta sostenuta, già con il bilancio 2017, dallo stanziamento di 2 milioni di euro per la rottamazione dei veicoli diesel commerciali leggeri più inquinanti, sostituiti da nuovi mezzi Euro 6, alimentati a Gpl, metano o elettrici e ibridi. Il contributo sarà di 2.500 euro ad azienda e potranno beneficiarne in via prioritaria imprese, anche artigiane, fino a 50 dipendenti. Tra le principali cause della produzione di polveri sottili, oltre ai sistemi di

riscaldamento a legna, rientrano proprio i mezzi commerciali alimentati a diesel.

L'ecobonus è quindi la misura che l'Emilia-Romagna ha richiesto di fare propria anche alle altre Regioni del bacino padano. Si è attivato infatti un confronto stabile con il ministero dell'Ambiente e le Regioni Lombardia, Piemonte e Veneto. Con i miei colleghi assessori all'ambiente abbiamo incontrato il ministro Galletti proprio in Regione, a Bologna, a fine gennaio. A breve, sarà fissato un nuovo appuntamento a Milano: intendiamo riunirci facendo tappa in ciascuno dei nostri territori perché la condivisione delle politiche sulla qualità dell'aria è il vero fine da perseguire e serve sensibilizzare le comunità su una questione così dirimente. Puntiamo a un'azione corale strategica e di area vasta, perché l'aria non ha confini. Le scelte politiche e amministrative devono dimostrare di essere all'altezza della sfida. Le risorse, da sole, non bastano. Bisogna coordinare gli interventi, agire con coraggio e condividerli con il tessuto economico e sociale. L'Emilia-Romagna lo sta facendo con il Pair e continuerà a farlo in futuro, a

partire dalle opportunità di sinergia aperte su scala nazionale ed europea.

Paola Gazzolo

Assessore alla difesa del suolo e della costa, protezione civile e politiche ambientali e della montagna, Regione Emilia-Romagna



PIANO ARIA INTEGRATO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA

LE MISURE DEL PAIR2020 IN DETTAGLIO

Dove interverrà il Pair

Sei gli ambiti di intervento del Piano:

- la gestione sostenibile delle città
- il risparmio energetico e la riqualificazione energetica edilizia
- la mobilità di persone e merci
- l'agricoltura con la riduzione delle emissioni di ammoniaca dagli allevamenti e del contenuto di azoto nei fertilizzanti
- le attività produttive con gli accordi di settore per il taglio delle emissioni, il contenimento delle emissioni diffuse e di composti organici volatili
- gli acquisti verdi della pubblica amministrazione (*green public procurement*).

Le misure principali previste

- Rottamazione dei veicoli commerciali più inquinanti
- Riduzione del traffico nei centri abitati: incentivi per la mobilità elettrica e per il potenziamento della rete pubblica di ricarica; aumento del numero di stazioni di rifornimento di metano e biometano; applicazione del bollo differenziato in funzione del potere inquinante del veicolo; ampliamento delle aree pedonali, a traffico limitato e delle "zone 30"; armonizzazione delle regole di accesso e sosta nelle Ztl
- Trasporto pubblico locale e regionale: entro il 2020 sostituzione di almeno 600 autobus di categoria inferiore a euro 3 in ambito urbano con nuovi mezzi a basso impatto ambientale. Potenziamento del 10% del trasporto pubblico locale e del 20% del servizio ferroviario
- Mobilità ciclo-pedonale: incremento dei percorsi ciclo-pedonali
- Limitazioni alla circolazione dei veicoli privati nei centri abitati
- Ampliamento aree verdi: rispetto della norma nazionale sulla piantumazione di un albero per ogni nuovo nato, aumento del 20% dei m² di aree verdi per abitante oppure raggiungimento dello standard di 50 m² per abitante

- Energia e riscaldamento: si promuove l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile che non producono emissioni di inquinanti, come solare e fotovoltaico, e la riqualificazione energetica degli edifici pubblici e delle attività produttive. Prevista la chiusura delle porte degli esercizi commerciali e immobili con accesso al pubblico, limitazioni all'uso di olio combustibile negli impianti termici a uso industriale, divieto di installazione e utilizzo di impianti per la climatizzazione in spazi non abitati, limitazione all'utilizzo dei camini "aperti" alimentati a legna
- Buone pratiche agricole: copertura delle vasche di stoccaggio delle deiezioni, adeguamento delle strutture di ricovero degli animali, pratiche efficienti di distribuzione degli effluenti, modifiche della dieta degli animali
- Misure in materia di attività produttive: rispetto dei valori limite di emissione più bassi fra quelli di riferimento per i nuovi impianti, percorso di adeguamento progressivo alle migliori tecniche disponibili per gli impianti esistenti nelle aree critiche
- Impatto emissivo sostenibile: per i piani e i progetti sottoposti a procedura di Vas o Via, obbligo di valutare le conseguenze in termini di emissioni di polveri sottili e NOx e di individuare le eventuali misure aggiuntive idonee a compensarne e/o mitigarne l'effetto
- Acquisti verdi: entro il 2018, 50% di "acquisti verdi" di beni e servizi da parte delle pubbliche amministrazioni
- Misure emergenziali: dal 1 ottobre al 31 marzo, Arpa eseguirà ogni lunedì e giovedì una verifica dei valori di concentrazione di PM₁₀. In caso di superamenti dei limiti per almeno 4 giorni consecutivi, limitazione alla circolazione fino al giorno di controllo successivo. Riduzione della temperatura di almeno 1 grado negli ambienti di vita riscaldati, potenziamento dei controlli sui veicoli circolanti.

COME APPROCCIARSI AI PIANI DI QUALITÀ DELL'ARIA

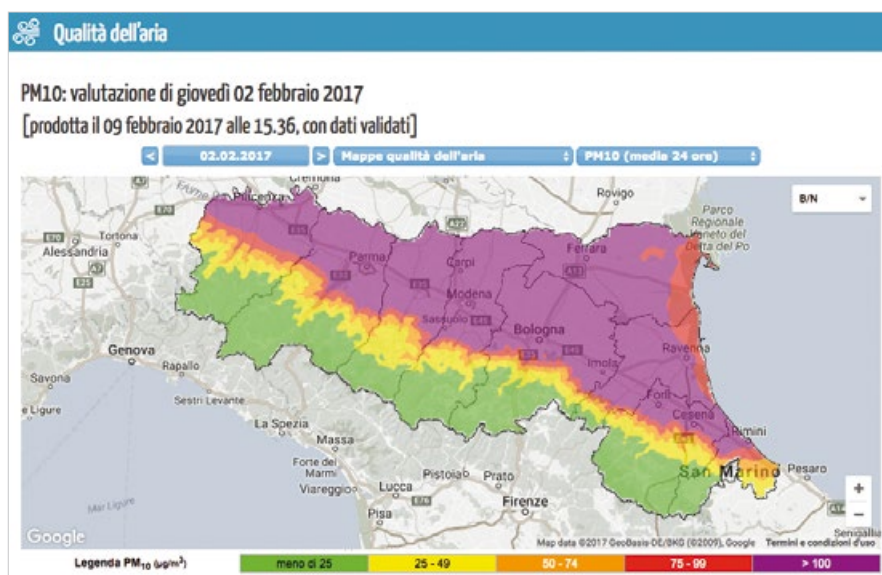
L'ELABORAZIONE DI UN PIANO DI RISANAMENTO DELL'ARIA RICHIEDE UN APPROCCIO TECNICO-SCIENTIFICO FORTE E DI IMMEDIATEZZA COMUNICATIVA CHE TENGA CONTO DELLA PERCEZIONE DEL RISCHIO. OCCORRE SUPERARE I CONFINI AMMINISTRATIVI E GARANTIRE AZIONI SINERGICHE TRA I SETTORI ECONOMICI E SOCIALI CHE IMPATTANO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA.

L'inquinamento dell'aria è uno dei principali problemi della politica ambientale dell'Unione europea. I recenti dati del report europeo disegnano un quadro di forte preoccupazione su tutto il territorio dell'Unione, con delle aree *hot spot* che confermano valori di inquinamento che possono essere definiti di carattere emergenziale. Il dato diventa ancor più preoccupante quando messo in relazione con l'aumento di decessi legato all'inquinamento atmosferico.

Il pacchetto *Aria pulita* adottato dalla Commissione europea alla fine del 2013, contiene alcuni importanti indirizzi per la riduzione alla fonte delle emissioni inquinanti e per il rafforzamento della coerenza tra le politiche settoriali, con misure intese a garantire il conseguimento a breve termine degli obiettivi e, per il periodo fino al 2030, il raggiungimento di un ulteriore sostanziale miglioramento della qualità dell'aria, ai fini di ridurre gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute delle persone e sugli ecosistemi. Strumenti fondamentali per l'attuazione di tali politiche sono i piani di qualità dell'aria, attraverso cui le autorità competenti, nazionali e locali, individuano misure per il rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria e la tutela della salute umana.

La conoscenza del territorio e il supporto del Snpa

L'elaborazione di un piano di qualità dell'aria rappresenta pertanto un esercizio estremamente complesso sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista sociale, economico e politico. Per quello che riguarda gli aspetti tecnici, il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa) ha approvato di recente una proposta di linee guida per la



Esempio di mappa della qualità dell'aria in Emilia-Romagna disponibile su www.arpae.it (PM₁₀ di giovedì 2 febbraio 2017).

redazione del piano della qualità dell'aria, come previsto dal Protocollo sulla qualità dell'aria siglato il 30 dicembre 2015 da ministero dell'Ambiente, Conferenza delle Regioni e Anci. In tali linee guida, si evidenzia la necessità di mettere in atto una metodologia integrata e multidisciplinare.

Fondamentale è la conoscenza delle caratteristiche fisiche e naturali del territorio, dei fattori di pressione di origine antropica che incidono sull'inquinamento atmosferico. È necessaria la disponibilità dei dati per una valutazione della qualità dell'aria, individuando eventuali elementi critici e determinando gli inquinanti e le aree interessate, e quindi la disponibilità di misurazioni attraverso le reti di monitoraggio nonché l'utilizzo della modellistica. Propedeutica alla elaborazione del piano, deve essere l'individuazione delle aree di superamento, ossia di quelle porzioni di territorio, in cui si rileva il superamento di uno o più valori limite. E ancora, la valutazione delle tendenze,

e l'influenza dei vari processi atmosferici (diffusione, trasporto, trasformazione chimica e deposizione), nell'ambito di un'estensione sufficientemente vasta di territorio che consenta di studiare correttamente i processi atmosferici che determinano l'inquinamento, e il loro orizzonte temporale.

Le considerazioni relative al dimensionamento spazio-temporale risultano poi determinanti nello scegliere gli strumenti di valutazione delle tendenze, ovvero l'analisi di scenari futuri di inquinamento, corrispondenti a varie opzioni di evoluzione delle emissioni inquinanti. Questi strumenti sono essenzialmente rappresentati da un sistema modellistico di previsione della qualità dell'aria, ovvero da un insieme di strumenti numerici in grado di simulare l'evoluzione della concentrazione in aria degli inquinanti, date certe condizioni meteorologiche e le fonti emissive. Infine, la selezione delle misure da adottare per il raggiungimento dei valori limite od obiettivo, che rappresenta l'elemento finale e fondamentale del piano: misure integrate negli ambiti, ad esempio,

della mobilità sostenibile, dell'efficienza energetica, delle biomasse, dell'agricoltura. A completamento, i piani devono essere corredati degli idonei strumenti di monitoraggio e valutazione, nonché dei più efficaci strumenti di partecipazione, informazione e comunicazione.

Un quadro quindi che comporta percorsi di grande complessità, che rende ancora più difficile la condivisione politica e sociale delle necessità di attuazione, forse molto di più che in altri settori.

Il paradosso è che questo avviene in presenza di una sensibilità e di una percezione sociale del rischio più significativo che su altre matrici ambientali, quali l'acqua e il suolo. Le motivazioni possono essere molteplici. Forse, tra tutte, la percezione dell'immediatezza dell'impatto sulla nostra salute: quello che respiriamo non può essere sostituito e fa male subito, mentre un acquifero o un suolo inquinato può essere sostituito con quello non inquinato e presentare effetti più di lungo termine. Ma questo non aiuta il successo delle politiche sulla qualità dell'aria, non è sufficiente.

La difficoltà di rappresentare il problema in un quadro che porti a sintesi la complessità delle relazioni dei fenomeni e delle relative responsabilità settoriali, diventa un elemento ostacolo alla realizzabilità delle misure che possono essere messe in atto. Insieme ovviamente agli aspetti relativi alle significative necessità di coperture economiche. La difficoltà di rappresentare le opportunità in gioco, anche in termini di nuovi processi economici e produttivi possibili e non solo di ulteriori aggravii sulla nostra economia, può essere causa di immobilismo. Può non consentire la realizzazione di programmi di lungo termine che cerchino in maniera pragmatica di mobilitare le risorse disponibili, ricercando coerenza rispetto agli obiettivi da raggiungere; di mettere in campo ciò che è possibile fare, sulla base delle risorse disponibili, in una logica di percorso continuativo ma coerente nel tempo.

Fondamentale è pertanto consentire un quadro tecnico scientifico robusto, ma anche di efficacia e immediatezza comunicativa.

Occorre superare i confini settoriali e territoriali

È importante supportare in maniera chiara l'analisi dei rapporti causa effetto, attribuendo a ciascun settore il peso

corretto delle proprie "responsabilità" in termini di pressioni e di impatti, sino ad arrivare alla fornitura di quegli elementi di valutazione che consentano la percezione di quanto anche le abitudini e gli stili di vita di ciascun cittadino possano contribuire alla riduzione degli impatti, restituendo in maniera tempestiva e trasparente la valutazione dell'efficacia e il contributo delle misure messe in atto.

Fondamentale è ripartire equamente gli oneri, attraverso analisi costi/benefici trasparenti e ripetibili.

In tal senso, i prodotti che Arpa Emilia ha sviluppato nell'ambito di numerosi progetti di ricerca e cooperazione internazionale, Opera e Riat+, rappresentano strumenti di valutazione integrata dei costi-benefici delle differenti misure, e sono di fatto un ottimo strumento di supporto alle decisioni politiche, nonché di piattaforma per la partecipazione e informazione di valutazione dell'efficacia delle azioni messe in campo dai vari settori.

L'equità è fondamentale per garantire il successo, va ricercata tra i vari settori così come a livello territoriale.

L'impatto, il superamento del limite ha effetti e percezioni di carattere locale, sebbene influenzato da aree territoriali più vaste di quelle in cui si manifesta il fenomeno.

Allora è necessario ovviare alla parziale incoerenza che sussiste tra soggetti responsabili della approvazione e attuazione dei Piani (le Regioni, i Comuni) con la dimensione territoriale ottimale che deve invece travalicare i confini amministrativi – ad esempio nel caso dell'Emilia-Romagna non può che

essere la scala di bacino padano –, vanno adottate cioè forme di coordinamento che consentano di superare i limiti derivanti dai confini di carattere amministrativo degli strumenti di Piano.

Gli accordi territoriali sono pertanto strumenti indispensabili.

L'accordo vuol dire infatti, creare le condizioni politiche e sociali per realizzare l'armonizzazione delle misure, attuandole su scala più ampia in modo da rafforzarne la sostenibilità e la durata dei risultati, migliorando così l'integrazione verticale tra i diversi livelli di governo. Ma l'integrazione non può essere richiesta ai soli livelli amministrativi, è necessario garantire l'integrazione orizzontale tra i principali settori che hanno impatto sulla qualità dell'aria. La rincorsa a un Piano sovraordinato che definisca vincoli e obiettivi agli altri Piani di settore, oltre che anacronistico, risulterebbe poco lungimirante.

È necessario mettere in campo un grande esercizio di raccordo e coordinamento, in grado di valorizzare quelle misure settoriali sinergiche con gli obiettivi di Piano.

Per il reperimento delle risorse finanziarie è condizione irrinunciabile, come si diceva, la coerenza nei quadri di programmazione soprattutto con lo specifico riferimento al Fondo europeo di sviluppo regionale e al Fondo di sviluppo rurale.

Giuseppe Bortone

Direttore generale Arpa Emilia-Romagna



CONOSCENZA E PREVENZIONE PER UN'ARIA MIGLIORE

LA PIANURA PADANA PONE SFIDE IMPEGNATIVE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA. LE ATTIVITÀ DI ARPAE NON SI LIMITANO A CONTROLLARE IL RISPETTO DELLE NORME. I PROGETTI MONITER, LIFE OPERA E SUPERSITO INTENDONO RISPONDERE ALLA RICHIESTA DI APPROFONDIMENTI PER MIGLIORARE LE STRATEGIE DI INTERVENTO E DI INFORMAZIONE AI CITTADINI.

Occuparsi di qualità dell'aria in pianura Padana costituisce un'attività impegnativa e sfidante. Lo è per gli Enti di governo e amministratori ai vari livelli, che devono definire e attuare piani di miglioramento e decisioni operative per la protezione della popolazione, lo è per Enti di supporto come le Arpa chiamati a controllare il rispetto delle norme, monitorare lo stato dell'ambiente, analizzare scenari evolutivi, proporre soluzioni tecniche, il tutto in un confronto continuo con i vari stakeholder, che giustamente chiedono un'aria migliore.

In Emilia-Romagna l'attenzione su questo tema è da sempre elevata, con azioni che non si sono limitate al controllo delle norme, ma che hanno supportato negli anni il bisogno di conoscenza e di qualità dei servizi, su un tema così delicato sul quale vi è la massima attenzione da parte di tutta la popolazione.

Nel 2005 è stata certificata ISO:9001, prima in Italia, la rete di monitoraggio della qualità dell'aria, nel 2003 è stato attivato per la prima volta presso un'Arpa un Servizio di modellistica operativa della qualità dell'aria a scala regionale, negli ultimi 10 anni sono stati realizzati progetti importanti e approfondimenti specifici su temi di particolare interesse. L'attuale rete regionale di monitoraggio consta di 47 stazioni e rispetta i criteri di rappresentatività ed economicità previsti dalla norma nazionale di recepimento della Direttiva europea 2008/50/CE (Dlgs 155/2010), ma prevede comunque un numero di stazioni maggiore rispetto al minimo definito applicando le regole previste dalla Direttiva, una scelta atta a soddisfare la richiesta pressante di informazioni da parte dei cittadini. I dati della rete di monitoraggio sono sottoposti quotidianamente al controllo di qualità e successivamente divulgati, mentre la modellistica integra i dati delle stazioni e permette di effettuare una



stima della qualità dell'aria sull'intero territorio regionale, di effettuare previsioni a breve e medio termine a supporto delle azioni emergenziali previste dai piani, di realizzare simulazioni con diversi scenari emissivi per valutare l'efficacia delle diverse azioni ai fini della riduzione dell'inquinamento, permettendo scelte consapevoli da adottare nella definizione delle strategie dei piani di risanamento.

L'attività istituzionale obbligatoria si completa ovviamente con il controllo dei principali impianti emissivi presenti in regione e di tutti gli impianti le cui autorizzazioni prevedono un'attività specifica dell'ente di controllo. Con l'applicazione della c.d. legge Del Rio e il trasferimento all'Arpa (oggi Arpae) delle funzioni amministrative precedentemente svolte dalle Province, oggi l'agenzia ha anche il compito di rilasciare le autorizzazioni ambientali ed energetiche e le relative prescrizioni, compito che permette di rafforzare il proprio ruolo in materia di applicazione delle migliori tecniche disponibili e di riduzione delle emissioni inquinanti.

Ma in un territorio come quello della

pianura Padana, dove l'orografia e le conseguenti condizioni meteorologiche possono influire marcatamente sulla qualità dell'aria, la semplice applicazione di metodologie generalmente adeguate non è sufficiente a garantire il rispetto degli standard di qualità previsti dalla normativa europea. A ciò si aggiunge il fatto che in un ambiente parzialmente degradato alcune particolari fonti emissive destano particolare apprensione presso i cittadini creando quella domanda di dati e informazioni alla quale la pubblica amministrazione non si può sottrarre.

Nel 2007 è stato promosso dalla Regione e attuato da parte dell'Arpa il progetto Monitor che è diventato un punto di riferimento nazionale per quanto riguarda la valutazione e gli esiti dell'impatto degli inceneritori sulla popolazione residente nelle aree limitrofe agli impianti. Elementi salienti della ricerca sono stati la polifunzionalità e specializzazione del team, le molte istituzioni che hanno partecipato allo studio, aver considerato l'insieme degli otto inceneritori presenti in regione per stimarne gli effetti, aver

integrato gli aspetti chimico-fisici delle emissioni con gli aspetti sanitari della popolazione esposta valutandone tutti i possibili fattori di rischio, una costante comunicazione della metodologia applicata e dei risultati conseguiti. Negli ultimi 10 anni si è osservata una drastica modifica del peso dei diversi comparti emissivi e progressivamente hanno assunto un ruolo prevalente sulle emissioni di particolato primario gli impianti di riscaldamento e di produzione di energia da biomassa, creando la dicotomia tra interventi volti alla mitigazione del cambiamento climatico e interventi per migliorare la qualità dell'aria.

La realizzazione di un importante progetto Life "Opera" ha permesso di sviluppare le tecniche operative per una valutazione ambientale ed economica delle azioni di risanamento che maggiormente incidono sulla qualità dell'aria nell'area padana. Sulla base dei risultati del progetto Monitor e stimolati dall'attenzione dell'Unione europea per il superamento degli standard di qualità, è stato avviato nel 2010 il progetto Supersito con l'obiettivo di migliorare le conoscenze sulla composizione degli inquinanti e le relative fonti, nei periodi di superamento dei limiti previsti dalla normativa. Come il precedente progetto, anche Supersito considera le caratteristiche fisico-chimiche del particolato e le relative implicazioni sulla salute. Si tratta di un approfondimento dei temi analizzati sugli inceneritori, estesi a tutta la regione e alle diverse fonti emissive, con una

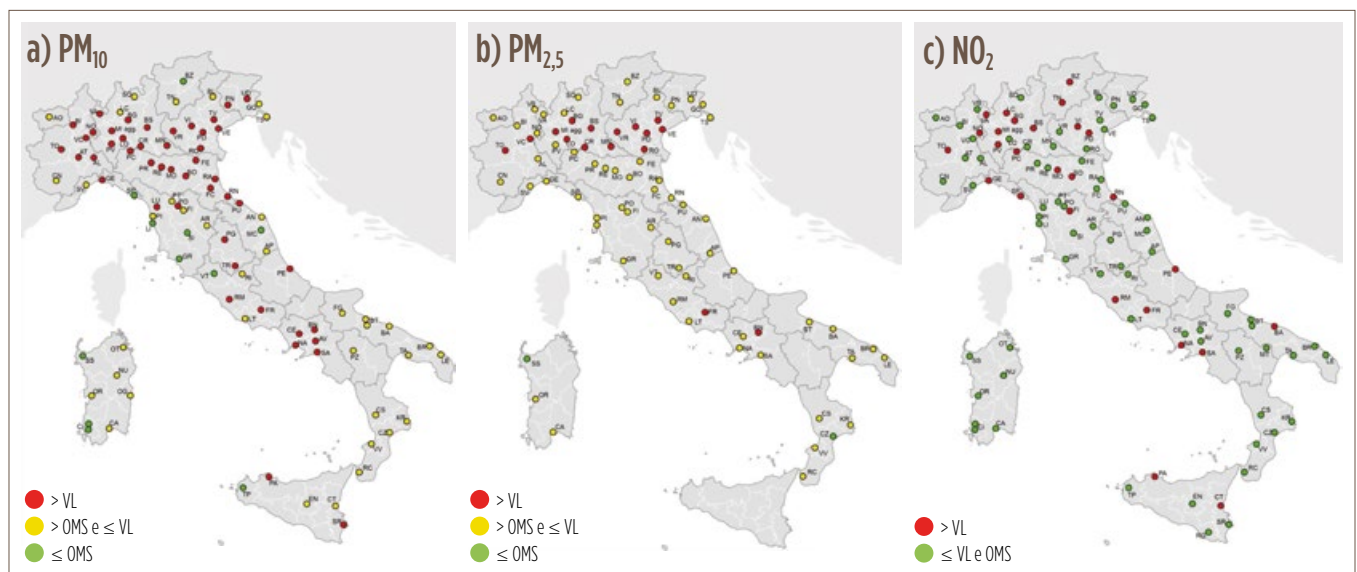
metodologia che fa riferimento alla tecnica del *source apportionment*.

Nell'era di Internet e di bombardamento mediatico nei casi di crisi e di allerte, la conoscenza dei fenomeni, la loro dinamica e la tempestività con la quale vengono divulgate le informazioni costituiscono un elemento fondamentale per dare certezza alla popolazione che l'attività svolta dalle Agenzie è a supporto del diritto di informazione dei cittadini e che l'impegno è costante per migliorare le conoscenze e le strategie di intervento. Nell'ultimo decennio si è osservato in pianura Padana un progressivo miglioramento della qualità dell'aria e un recente articolo pubblicato da ricercatori dell'Università di Modena e Reggio ha evidenziato una riduzione del particolato sottile (PM₁₀) di circa 5 µg/m³ anno. In Emilia-Romagna gli anni 2013, 2014 e 2016 sono stati i più performanti della serie storica, ma nei giorni in cui ho scritto questo articolo (inizio febbraio 2017) si è appena concluso un evento di inquinamento dell'aria tra i più intensi degli ultimi quindici anni. Arpae ha redatto immediatamente un rapporto d'evento che individua le cause e le caratteristiche fisiche e chimiche dell'inquinamento, dall'evoluzione meteorologica alla dinamica dei dati di qualità dell'aria, utilizzando attrezzature e metodologie sviluppate nel corso del progetto Supersito, orientando anche l'informazione generale verso una corretta interpretazione dei fenomeni. La nuova Arpae ha modificato la propria organizzazione rispondendo alle

disposizioni della Lr 13/2015 che ha trasferito all'Agenzia la gestione delle competenze ambientali ed energetiche precedentemente svolte da Province e Regione (autorizzazioni ambientali, autorizzazioni energetiche, istruttorie di valutazione ambientale, concessioni demaniali), ma non per questo è stata allentata l'attenzione sugli aspetti di tutela della popolazione legati all'attività di conoscenza e informazione. Nella radice del nome è stata conservata la P di "prevenzione" a tutela della salute, che si esplica nel settore della qualità dell'aria nell'aver conservato un centro tematico che realizza attività di ricerca e sperimentazione sulla dinamica dei fenomeni di inquinamento, e centri tematici che in modo integrato sviluppano attività a supporto della sanità in materia di epidemiologia e di tossicologia ambientale, partendo dalla valutazione dell'esposizione fino alla stima del rischio tossicologico. Qualsiasi conquista non ha valore se non trova un'adeguata e trasparente comunicazione, soprattutto al giorno d'oggi in cui un'informazione distorta può rendere vani risultati e percorsi virtuosi, quindi il nostro obiettivo per il 2017 è comunicare e informare i cittadini.

Franco Zinoni

Direttore tecnico Arpae Emilia-Romagna



QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA

a) PM₁₀, 2015: superamenti del valore limite giornaliero e del valore di riferimento dell'OMS per la media giornaliera nelle aree urbane; b) PM_{2,5}, 2015: superamenti del valore limite annuale e del valore di riferimento dell'OMS per la media annuale nelle aree urbane; c) NO₂, 2015: superamenti del valore limite annuale e del valore di riferimento dell'OMS per la media annuale nelle aree urbane

Fonte: Ispra, Annuario dei dati ambientali 2016, <http://annuario.isprambiente.it/>

PIANURA PADANA E SLOVENIA NEL PROGETTO PREPAIR

IL PROGETTO PREPAIR (PO REGIONS ENGAGED TO POLICIES OF AIR) IMPEGNA SINERGICAMENTE LE REGIONI DEL BACINO PADANO E LA SLOVENIA NEL RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA, CON MISURE RELATIVE AL TRAFFICO, ALL'EFFICIENZA ENERGETICA, ALL'INDUSTRIA E ALLE ATTIVITÀ AGRICOLE, SENSIBILIZZANDO CITTADINI E ATTORI SOCIO-ECONOMICI.

Prepare è un progetto di tipo strategico e di ampio respiro, sia per la dimensione territoriale, che copre l'area del Bacino del Po e parte del territorio sloveno, sia per la dimensione economica, pari a circa 17 milioni di euro, dei quali 60% di cofinanziamento con fondi europei. Al progetto, di cui la Regione Emilia-Romagna è capofila, partecipano le Regioni Lombardia, Piemonte, Veneto, la Provincia Autonoma di Trento e le rispettive Arpa, le Arpa di Valle d'Aosta e Friuli Venezia Giulia, i Comuni di Bologna, Milano, Torino, le società Ervet e Fla e l'Agenzia per l'ambiente della Slovenia. Il progetto si svilupperà in un arco temporale di sei anni dal 2017 al 2023.

Il contesto territoriale entro cui è stata definita l'area di progetto è il bacino padano (figura 1), in quanto rappresenta un'area ad elevata criticità per la qualità dell'aria (polveri fini, ossidi di azoto, ozono) poiché durante il periodo invernale si verificano frequentemente episodi di superamento delle concentrazioni degli inquinanti rispetto ai valori limite fissati dall'Unione europea. L'area di progetto racchiude un territorio fortemente antropizzato caratterizzato da un'elevata densità abitativa e intensamente industrializzato. Ogni anno vengono emesse in atmosfera circa 450.000 tonnellate di ossidi di azoto, 90.000 tonnellate di polveri e 250.000 tonnellate di ammoniaca da un'ampia varietà di sorgenti inquinanti principalmente legate al traffico, al riscaldamento domestico, all'industria, alla produzione di energia. Un ulteriore importante contributo alla formazione del PM₁₀ di origine secondaria è dovuto all'ammoniaca, principalmente prodotta da fertilizzanti e attività agricole e di allevamento.

L'area del bacino padano presenta, inoltre, condizioni meteo climatiche che influenzano negativamente la qualità dell'aria, quali scarsa ventosità e, nel periodo invernale, frequenti

FIG. 1
AREA PREPAIR

Contesto territoriale riguardante l'area di progetto.



inversioni termiche al suolo che limitano fortemente la dispersione degli inquinanti determinando un aumento delle concentrazioni degli inquinanti.

Integrare i diversi piani territoriali per la qualità dell'aria

I progetti integrati hanno come finalità principale lo sviluppo, su larga scala territoriale, dei piani ambientali elaborati dalle autorità locali competenti in modo sinergico tra le parti coinvolte, promuovendo il coordinamento e la mobilitazione di almeno un'altra risorsa economica, in primis i fondi strutturali europei. Le misure previste nel Prepair sono quindi state definite in modo coordinato e sinergico rispetto alla programmazione regionale e alle misure previste dai Piani di qualità dell'aria delle singole Regioni e dall'Accordo di bacino padano. A questo scopo, nella definizione delle azioni da sviluppare è stata condotta un'approfondita analisi dei programmi regionali approvati e in corso di approvazione, quali i programmi operativi finanziati dal Fondo europeo di sviluppo regionale e dal Fondo di sviluppo rurale,

insieme ai programmi finanziati con risorse nazionali e regionali.

Il Prepair si pone come obiettivo la realizzazione delle misure previste dai Piani di qualità dell'aria regionali e dall'accordo di bacino padano negli ambiti della mobilità sostenibile, dell'efficienza energetica, delle biomasse e dell'agricoltura in modo sinergico, ampliando l'area di intervento, definendo metodiche comuni per la valutazione dell'efficacia delle azioni, incrementando e diffondendo il know-how di enti pubblici e operatori privati in modo da sviluppare le competenze e le conoscenze. Nell'ambito del progetto si tenderà a rafforzare il coordinamento tra le autorità del bacino del Po, competenti nella gestione della qualità dell'aria stabilendo una rete permanente tra le agenzie ambientali del bacino e altre regioni analoghe come la Slovenia. Infine, ma non ultimo, il progetto persegue l'obiettivo della sensibilizzazione dei cittadini e degli attori socio-economici, in modo da creare una comunità ben consapevole delle criticità legate all'inquinamento atmosferico e dei rischi per la salute umana e per l'ambiente. Prepair concentra l'attenzione sui quattro

settori che maggiormente impattano sulla qualità dell'aria, analogamente agli indirizzi individuati dall'accordo di bacino padano, quali combustione della biomassa, riduzione dei consumi energetici nel settore produttivo, sviluppo della mobilità sostenibile e regolamentazione dell'attività agricola. In particolare, le misure per la regolamentazione della combustione della biomassa a uso domestico prevedono l'organizzazione di corsi sull'uso corretto della biomassa per il riscaldamento e sugli impatti conseguenti e corsi di formazione per una corretta installazione e manutenzione degli impianti. Questi corsi sono rivolti principalmente agli operatori del settore. Verrà, inoltre, intrapreso un percorso per la definizione della figura professionale dello spazzacamino. Il tema dell'efficienza energetica verrà approfondito sviluppando attività di formazione e di supporto nel settore industriale per la diffusione delle conoscenze sulla riduzione dei consumi energetici degli edifici. Nello specifico, i programmi saranno volti a promuovere l'uso efficiente dell'energia nei processi industriali e negli edifici. Verranno organizzate attività di formazione, rivolte

agli operatori del settore pubblico, sia sugli edifici a emissioni zero che sul Gpp (*Green Public Procurement*, acquisti pubblici verdi).

Formazione e comunicazione per la sostenibilità

Il progetto si pone l'obiettivo di ridurre l'impatto dovuto alla mobilità veicolare sviluppando percorsi di formazione per diffondere le conoscenze sulla mobilità sostenibile (trasporto pubblico, mobilità ciclo pedonale) e sulla mobilità elettrica indirizzati principalmente a cittadini e addetti ai lavori. Verranno acquisite e diffuse sia ai cittadini che agli operatori del settore del trasporto pubblico le conoscenze sulle modalità di guida *eco-driving*, sviluppati sistemi a supporto della mobilità sostenibile quali strumenti Ict (*Information Communication Technology*) per i passeggeri nonché realizzate azioni a supporto della mobilità ciclabile come la previsione di bici-stazioni nelle città capoluogo e l'attivazione di iniziative locali per la promozione dell'utilizzo della bicicletta. Al fine di ridurre l'impatto ambientale

delle attività agricole, verrà sviluppato un modello di stima e valutazione delle emissioni provenienti dagli allevamenti e condotto uno studio per l'individuazione delle migliori tecniche per l'utilizzo dei fertilizzanti.

Il progetto Prepair costituirà la sede in cui verrà realizzata un'infrastruttura permanente nell'ambito del bacino padano per la condivisione dei dati, il monitoraggio e la valutazione della qualità dell'aria alla scala di bacino. Queste azioni integreranno gli strumenti già esistenti che saranno quindi inter-comparati con quelli della Slovenia. Nel dettaglio verrà implementato un sistema comune di monitoraggio delle azioni del progetto e dei piani di qualità dell'aria, un sistema modellistico e di elaborazione dei dati per la valutazione degli effetti del progetto e dei piani di qualità dell'aria e dei costi-benefici delle azioni. Il percorso del progetto sarà accompagnato da azioni di comunicazione e diffusione dei risultati conseguiti.

Simonetta Tugnoli, Rosanna Bissoli

Regione Emilia-Romagna, Servizio Tutela e risanamento acqua, aria e agenti fisici

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

VERSO LA LEGGE REGIONALE SULLA CICLABILITÀ, OBIETTIVO RADDOPPIO DEGLI SPOSTAMENTI IN BICI

L'Emilia-Romagna punta a diventare ancora di più la regione delle due ruote e della mobilità sostenibile. A partire dalla realizzazione della prima Rete delle ciclovie regionali, da Piacenza a Rimini, passando per nuove piste ciclabili e ciclopedonali e, nelle aree urbane, nuove "zone 30", dove velocità e traffico siano ridotti, cui associare la promozione delle "bici pieghevoli" per affiancare l'utilizzo dei mezzi pubblici. È quanto prevede il primo progetto di legge sulla ciclabilità in Emilia-Romagna, approvato dalla giunta regionale. Norma alla quale corrisponderà un investimento iniziale della Regione di 10 milioni di euro, risorse stanziare dal Fondo di sviluppo e coesione e messe a bando a favore di enti locali, agenzie per la mobilità e società di gestione nel campo dei trasporti. Con una avvertenza: gli enti e i soggetti inadempienti sulle misure per la ciclabilità non potranno beneficiare di contributi regionali. Complessivamente, sono 25 i milioni di euro destinati alla mobilità ciclistica entro la fine della legislatura. Gli obiettivi della legge sono chiari: raddoppio della percentuale di spostamenti in bici e a piedi sul territorio; dimezzamento entro il 2020 delle vittime su strada, come indicato dall'Unione europea; nuovi collegamenti tra le piste esistenti; una maggiore integrazione treno-bici; servizi per i ciclisti, dalla riparazione alla vigilanza. E per ogni nuova strada realizzata, una nuova pista ciclabile, anche non adiacente, come invece prevede l'attuale normativa.

La Rete delle ciclovie regionali sarà costituita da numerosi percorsi ciclabili già esistenti, da tratti da raccordare o di nuova realizzazione. Comprenderà anche le ciclovie e gli itinerari storici, a partire dall'Eurovelo, che in Italia coincide per buona parte con la Ciclovie del Sole e i suoi tremila chilometri dall'Alto Adige alla Sicilia, e da Bicalitalia, il network a cura della Federazione italiana amici della bicicletta, che racchiude gli itinerari nazionali e sovraregionali. Nella rete vengono poi integrate le piste ciclabili locali e individuati i tracciati ferroviari dismessi in cui realizzare nuove vie per le due ruote a uso turistico. La base di partenza è il protocollo d'intesa per lo sviluppo della mobilità ciclopedonale in Emilia-Romagna, siglato nel 2015 dalla Regione con le principali associazioni di settore (Fiab, Legambiente, Uisp Comitato regionale, Wwf) e - novità rispetto alla precedente firma del 2009 - anche Anci e Upi.



FOTO: V. MARLETTO

IL BACINO PADANO, UN CASO EUROPEO

CARATTERISTICHE OROGRAFICHE, CONDIZIONI METEOROLOGICHE, SCARSA VENTILAZIONE, ELEVATA DENSITÀ ABITATIVA DETERMINANO CONDIZIONI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI INQUINANTI NELLE REGIONI DELL'AREA. GLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DEVONO PERCIÒ ESSERE COORDINATI ED ESTESI A TUTTO IL TERRITORIO, NON SOLO ALLE AREE URBANE.

Come noto, il bacino padano è delimitato dalla catena alpina a nord e a ovest e dagli Appennini a sud: le montagne circondano il territorio su tre lati. È forse meno noto ai non residenti quali siano le distanze delle città dalle cime: montagne alte più di 2.500 metri s.l.m. distano da Milano non più di 50 km; il massiccio del Bernina (4.050 m s.l.m.) è in linea d'aria a meno di 90 km dal capoluogo lombardo.

Ancora più impressionante il caso di Torino: il Rocciamelone (3.538 m s.l.m.) e il Gran Paradiso (4061 m s.l.m.) sono rispettivamente a poco più di 40 e 60 km dal capoluogo piemontese. L'altezza media della catena alpina è di circa 3.000 m, mentre quella appenninica nel tratto settentrionale presenta una elevazione media intorno ai 1.000 m, con la massima quota del monte Cimone (2.165 m s.l.m.) nel tratto toscano-emiliano. La pianura si estende per circa 400 km da ovest verso est, mentre la massima ampiezza nei pressi della costa adriatica è di circa 200 km. L'altezza media sul mare della parte pianeggiante varia: dal livello del mare, nei pressi di Ravenna, a circa 500 m nei pressi di Torino (figura 1).

Tali caratteristiche orografiche determinano condizioni meteorologiche spesso sfavorevoli alla dispersione. La velocità media del vento in pianura è tra le più basse d'Europa, con valori medi inferiori a 1,5 m/s nella pianura piemontese e lombarda (figura 2). Sono molto frequenti durante l'inverno condizioni di inversione termica: la temperatura non diminuisce con la quota, ma aumenta, determinando un ristagno degli inquinanti emessi al suolo. L'altezza di rimescolamento (che stima la quota fino alla quale gli inquinanti si disperdono a causa delle turbolenze di origine meccanica o termodinamica) nella stagione fredda in pianura Padana è in genere molto limitata (mediamente intorno ai 200-250 m). Si possono quindi determinare lunghi periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti.

FIG. 1
IL BACINO PADANO
VISTO DA SATELLITE

Appare un velo grigio di opacità che copre la valpadana e si allunga sopra il mare Adriatico. Modis, 17 marzo 2005.

Fonte: Nasa - Modis Land Rapid Response Team.

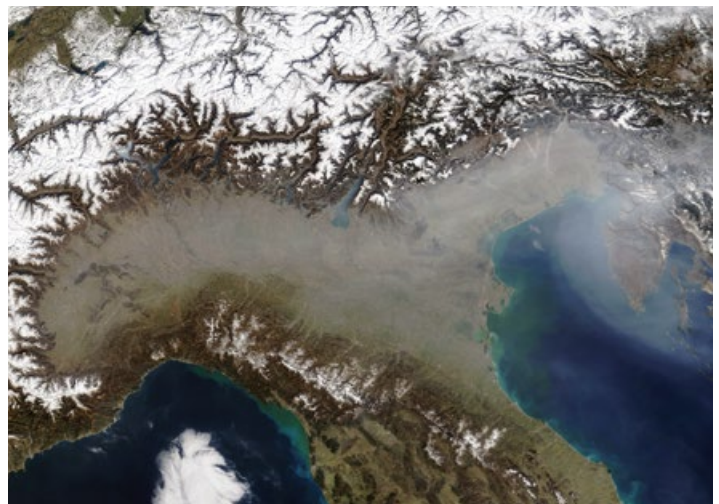
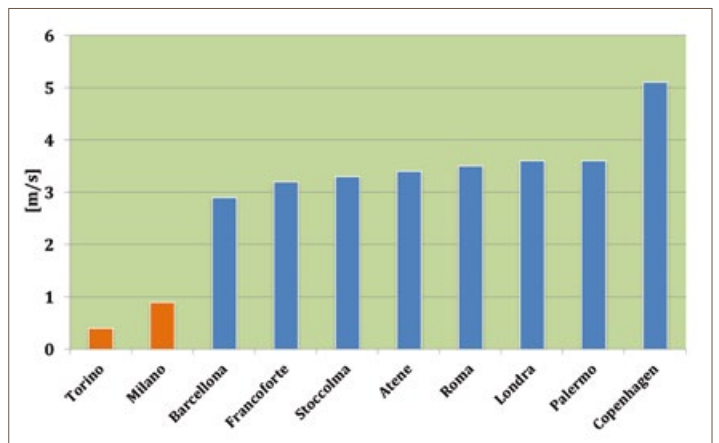


FIG. 2
VENTO

Velocità del vento media annua in alcune città europee.

Fonte: Nilu - Norwegian Institute for Air Research RIVM - National Institute of Public Health and Environment RIVM - Air quality in major European Cities (1995) Part II: City Report Forms.



Tipico al proposito quanto verificatosi a novembre e dicembre 2015, quando, in assenza di perturbazioni significative, la limitata velocità del vento si è associata a precipitazioni scarse e condizioni di inversione termica duratura (in figura 3) si evidenzia la forte inversione termica registrata a Milano alle 12 Gmt, media del mese di dicembre 2015). Peraltro, il bacino padano è fortemente antropizzato. Considerando come riferimento le regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Veneto, Trentino Alto Adige, Friuli Venezia Giulia ed Emilia-Romagna, la popolazione del bacino padano supera i 26 milioni di

abitanti (più del 40% della popolazione italiana), distribuiti soprattutto nelle aree di pianura e nei fondovalle. La densità abitativa degli agglomerati della Lombardia è, ad esempio, di oltre 1.500 abitanti per km² che salgono a oltre 3.600 per l'agglomerato di Milano. Il prodotto interno lordo (Pil) dell'area padana, d'altra parte, è di circa 819 miliardi di euro all'anno (dati 2012) (più della metà dell'intero Pil nazionale), con una realtà produttiva basata soprattutto su piccole e medie imprese, con la conseguente necessità di mobilità. Le emissioni in tale territorio, sebbene siano pro capite e per unità di Pil

inferiori alla media europea per tutti i principali inquinanti atmosferici (con la sola esclusione dell'ammoniaca), a causa delle condizioni meteorologiche spesso favorevoli alla dispersione tendono a ristagnare. Le concentrazioni sono, in generale, in diminuzione nel corso degli anni. Non si registrano ormai da anni superamenti dei limiti previsti dalla normativa per gli inquinanti storici, quali il biossido di zolfo, il monossido di carbonio e il benzene, ma sono ancora frequenti i superamenti degli standard previsti per la media annuale del biossido di azoto (NO₂), in particolare nelle stazioni da traffico; per il numero massimo di giorni di superamento del PM₁₀; per la media annua di PM_{2,5} e di benzo(a)pirene (per quest'ultimo parametro, soprattutto nelle aree dove è più diffuso l'uso della legna per riscaldare). Per l'ozono non sono rispettati, in modo diffuso, né gli obiettivi per la protezione della salute umana, né quelli per la vegetazione, con frequenti superamenti, nei mesi estivi, anche delle soglie di informazione di allarme. Cosa non meno importante, per tali inquinanti sono superati non solo gli standard normativi ma, in modo diffuso, anche i valori suggeriti dalle linee guida dell'Oms.

In termini assoluti, le concentrazioni di particolato e ozono raggiunte sono tra le più alte dell'Europa occidentale (rif. Eea, *Air Quality Report*, 2016), sebbene non solo le medie, ma anche i valori massimi siano generalmente in diminuzione anche nelle stazioni del bacino padano (con la sola esclusione dell'ozono nelle stazioni da traffico, come effetto della riduzione delle emissioni di monossido di azoto in prossimità dei punti di misura).

Le concentrazioni di particolato, così come quelle di ozono, nel bacino padano sono caratterizzate da un'elevata omogeneità spaziale, sia in relazione agli indicatori valutati su base annuale che alle misure effettuate giorno per giorno. Le differenze tra le diverse stazioni sono spesso limitate, in particolare durante la stagione invernale. Per quanto riguarda il PM₁₀ e il PM_{2,5}, le concentrazioni raggiunte nelle stazioni da traffico sono spesso confrontabili a quelle delle stazioni di fondo.

I valori di fondo relativamente elevati sono una delle peculiarità del bacino padano. Tutto ciò non deve stupire. Le condizioni meteorologiche che rendono difficile la dispersione, portano a un ristagno delle sostanze emesse in atmosfera. Anche velocità del vento limitate permettono però agli inquinanti di distribuirsi sul territorio, aumentando

FIG. 3
TEMPERATURA
E UMIDITÀ

Profilo medio mensile temperatura e umidità relativa a Milano Linate, dicembre 2015, ore 12.00 GMT.

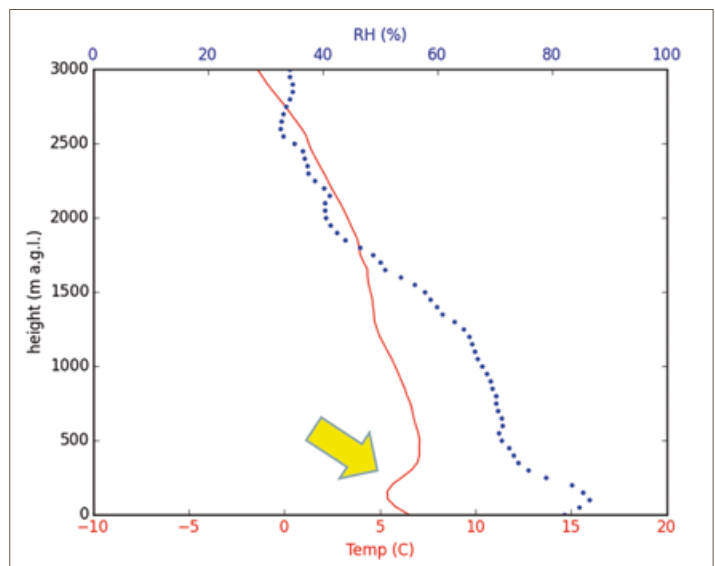
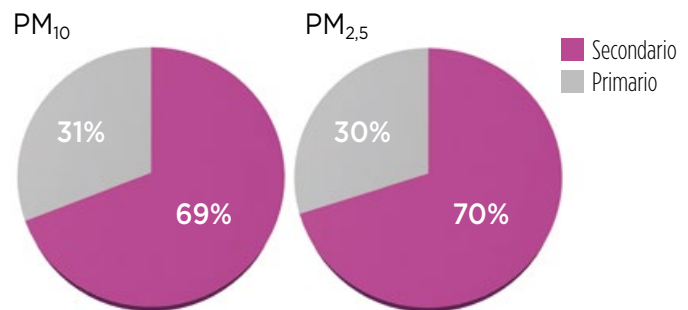


FIG. 4
PARTICOLATO
PRIMARIO
E SECONDARIO

Composizione primaria e secondaria del particolato rilevato a Milano, anno 2013, durante il progetto Life+ Airuse (<http://airuse.eu/it>).



di valori di fondo. Inoltre, il ristagno in atmosfera favorisce le reazioni tra i precursori di ozono e di particolato. L'importante presenza della componente secondaria è un'altra caratteristica delle polveri nel bacino padano. Secondo il progetto Life+ Airuse (*Testing and development of air quality mitigation measures in Southern Europe*), ad esempio, il particolato di origine secondaria (organico più inorganico) a Milano è pari rispettivamente al 69% e al 70% del PM₁₀ e del PM_{2,5} misurato (figura 4). Le misure nei Supersiti lombardi ed emiliano-romagnoli confermano tali risultati. Sia l'inquinamento da ozono, tutto di origine secondaria, che le caratteristiche del particolato del bacino padano rendono evidente la necessità che le azioni di riduzione delle emissioni interessino tutto il territorio. Le azioni condotte solo a livello locale possono essere utili a ridurre le ricadute sui recettori più prossimi e contribuiscono a modificare le abitudini ma, da sole, non possono risolvere il problema. È un po' come una vasca da bagno piena d'acqua cui si toglie un mestolo: il livello complessivo scende poco o nulla. Gli interventi di risanamento devono essere coordinati e adottati in modo esteso e capillare su tutto il territorio.

Devono riguardare, oltre che le emissioni degli inquinanti normati, anche quelle dei loro precursori. Per PM₁₀ e PM_{2,5}, quindi, devono tra l'altro considerare l'ammoniaca, gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. La riduzione di ossidi di azoto e composti organici è fondamentale anche per contrastare l'inquinamento da ozono. Inoltre, va tenuto presente che nel bacino padano tali riduzioni sono necessarie non solo nelle aree urbane, o comunque ove sono presenti recettori, ma in tutto il territorio, in quanto le emissioni di queste sostanze anche in aree lontane dalle città contribuiscono alla formazione in atmosfera di ozono e particolato, aumentando i livelli a cui poi è esposta tutta la popolazione.

Guido Lanzani

Responsabile Unità operativa Qualità dell'aria, Settore Monitoraggi ambientali, Arpa Lombardia

L'INQUINAMENTO DA TRAFFICO MARITTIMO A VENEZIA

IL PROGETTO APICE HA STIMATO L'IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DEL TRAFFICO MARITTIMO E DELLE CONNESSE ATTIVITÀ PORTUALI A VENEZIA E IN ALTRE CITTÀ COSTIERE EUROPEE. LO STUDIO HA QUANTIFICATO L'APPORTO DELLE EMISSIONI PORTUALI SUI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DEGLI INQUINANTI, EVIDENZIANDO IMPORTANTI DIFFERENZE STAGIONALI.

Sotto il profilo della qualità dell'aria, Venezia, situata all'estremità est della pianura Padana, risente sia delle condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici tipiche del bacino padano, sia necessita per la sua peculiarità di città lagunare di un approfondimento sull'impatto del traffico marittimo e delle attività portuali connesse.

Tale approfondimento è stato portato avanti col progetto Apice (cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale Fesr - Programma Med 2007-2013), tramite un percorso metodologico multidisciplinare e articolato. Sono stati infatti messi in campo distinte e complementari tecniche conoscitive: da determinazioni analitiche degli inquinanti atmosferici a tecniche modellistiche mirate a stimare il peso delle varie sorgenti emissive sui livelli di inquinamento da PM₁₀ e PM_{2,5}, comprendendo oltre alle sorgenti portuali e navali, le sorgenti emissive tipiche delle aree urbane, quali il traffico, il riscaldamento, le attività industriali, l'agricoltura, nonché gli apporti naturali quali le emissioni biogeniche e il sale marino.

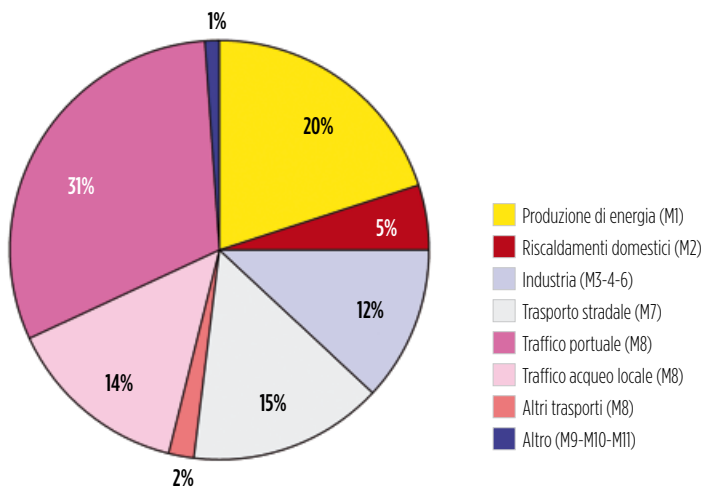


FIG. 1 EMISSIONI PM_{2,5} A VENEZIA

Ripartizione percentuale delle emissioni annuali di PM_{2,5} nel comune di Venezia, 2010-2011.

Fonte: progetto Apice.

Stima delle emissioni portuali

Le emissioni portuali considerate sono state: le emissioni delle navi (nelle fasi di ormeggio, manovra e navigazione), le emissioni del traffico su strada e rotaia indotto dalle merci e dai passeggeri, nonché le emissioni polverulente dovute alle operazioni di carico e scarico di merce alla rinfusa. La stima delle emissioni navali è stata condotta applicando la metodologia europea Emep/Eea per i movimenti navali, a partire dal database dei movimenti fornito dall'Autorità portuale di Venezia. L'approccio seguito si riferisce al livello Tier III di dettaglio, in cui la potenza dei

motori principali e ausiliari di ogni nave è stata stimata in base alla stazza lorda. Per ogni nave sono stati applicati i fattori di emissione in g/kWh per i principali macroinquinanti (CO, COV, NO_x, PM e SO₂), considerando, per ogni tipologia di imbarcazione (*passenger, container ship, bulk vessels, ro-ro* ecc.), una composizione media di flotta in termini di tipologia di motori (*slow, medium e high speed diesel, gas e steam turbine* in percentuali molto più basse) e di alimentazione (*bunker fuel oil - Bfo, marine diesel oil e/o marine gas oil - Mdo/Mgo*). Il diagramma delle emissioni a livello comunale (*figura 1*) mostra l'apporto emissivo del comparto portuale.

Il peso delle attività portuali sulle concentrazioni di polveri sottili

La valutazione dell'incidenza delle attività portuali sui livelli di concentrazione delle polveri sottili PM_{2,5} nell'area urbana del Comune di Venezia è stata svolta seguendo due diversi approcci scientifici: - a partire dalle misure di concentrazione, attraverso l'implementazione di un modello statistico a recettore *Positive Matrix Factorisation* (Pmf) - a partire dalle emissioni, attraverso la catena modellistica fotochimica a scala regionale implementata presso l'*Osservatorio regionale aria*.

Per distinguere l'influenza relativa delle diverse sorgenti a partire dai dati di concentrazione misurati (modellistica a recettore), è necessario individuare statisticamente la presenza e gli andamenti temporali di traccianti che possano essere ascritti a determinate fonti o gruppi di sorgenti. L'analisi dell'effetto di una specifica emissione può, d'altra parte, essere fatto ricostruendo le condizioni di trasporto, dispersione e le reazioni chimiche che subisce l'inquinante una volta immesso in atmosfera, attraverso l'utilizzo di modelli matematici che riproducono, semplificandole, la chimica e la fisica dell'atmosfera (modellistica fotochimica). La stima della concentrazione di uno specifico inquinante è dunque il risultato di varie fonti emissive antropiche e degli apporti di origine biogenica. Si tratta dunque di due modalità di indagine del *source apportionment* radicalmente diverse, in grado di distinguere e classificare diversi tipi di sorgente e di componente del particolato.

L'approccio a partire dalle concentrazioni: il modello a recettore Pmf

Il progetto ha previsto l'esecuzione, di una campagna di monitoraggio in cui la misura e la speciazione chimica del PM_{2,5} sono state condotte in postazioni sia interessate dall'impatto delle attività del porto, sia di fondo urbano. In area veneziana sono state selezionate tre postazioni della rete fissa di monitoraggio di Arpa Veneto: zona industriale, fondo urbano del centro storico insulare e fondo urbano in terraferma. La speciazione chimica del PM_{2,5} e del PM₁₀ ha riguardato i seguenti composti: composti inorganici secondari, carbonio totale, metalli (As, Cd, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni, V, Pb, Cu, Tl, Zn), e composti organici semivolatili (Ipa e composti tipicamente emessi dalla combustione di biomassa). L'analisi con il modello ha permesso l'individuazione dei seguenti gruppi di sorgenti: combustione della biomassa, combustione di oli pesanti, vetrerie, composti inorganici secondari, traffico urbano, industria.

L'approccio a partire dalle emissioni: il modello fotochimico CAMx

Il modello utilizzato in Apice è CAMx, alimentato dal modello meteorologico Cosmo-Lami e dal sistema Prev'air di Ineris per le condizioni al contorno. L'input emissivo è costituito dall'inventario regionale Inemar 2010, integrato con la stima *bottom up* delle emissioni portuali sopra descritta e

FIG. 2 PM, APPORTO PER SORGENTE, ESTATE

Source apportionment con modello fotochimico, periodo estivo.

- Frazione biogenica
- Leftover emissions
- Agricoltura
- Industria
- Riscaldamenti
- Traffico
- Porto Venezia
- Boundary cond.

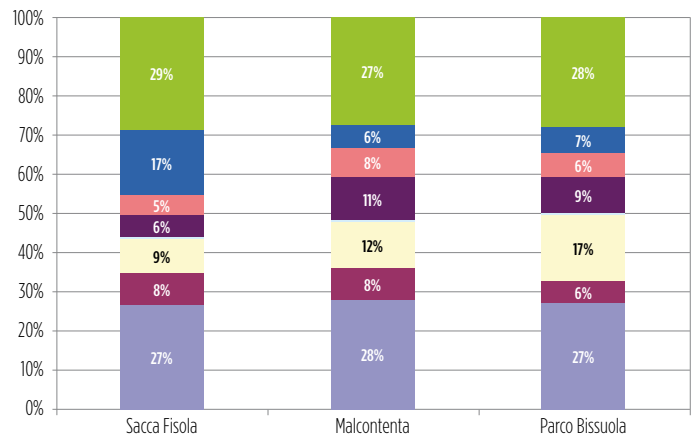
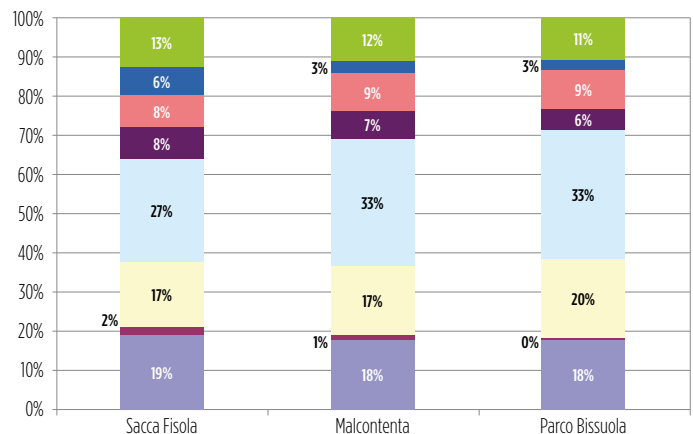


FIG. 3 PM, APPORTO PER SORGENTE, INVERNO

Source apportionment con modello fotochimico, periodo invernale.

- Frazione biogenica
- Leftover emissions
- Agricoltura
- Industria
- Riscaldamenti
- Traffico
- Porto Venezia
- Boundary cond.



referita all'anno 2011. Il dominio di indagine utilizzato per le simulazioni è di circa 250 km di lato centrato sulla regione Veneto, con risoluzione di 4 km. Per analizzare in maggior dettaglio l'impatto delle emissioni portuali, su tale dominio ne è stato innestato uno a scala inferiore, che copre quasi la totalità del territorio del comune di Venezia con passo di griglia di 1 km. I periodi di simulazione studiati dal progetto sono stati due: l'estate, in cui è massima l'influenza delle attività portuali (da giugno ad agosto), e un mese nel semestre freddo a cavallo tra novembre e dicembre.

Conclusioni

Il contributo delle emissioni portuali sui livelli di concentrazione di polveri fini stimato per Venezia varia da un minimo del 2% (modello fotochimico) o 7% (modello a recettore) in periodo tardo-autunnale nella Venezia insulare a un massimo in periodo estivo per l'area di Porto Marghera del 15% (modello fotochimico) o 25% (modello a recettore). Nonostante le differenze nella stima del contributo del porto, entrambi i metodi verificano un'importante differenza tra

lo scenario estivo e invernale, correlata sia ai maggiori flussi delle navi turistiche e da crociera nei mesi caldi, che alla combustione da biomassa nei mesi freddi. Per il porto si rileva un contributo percentuale importante nel periodo primaverile ed estivo in opposizione rispetto agli andamenti del PM_{2,5} e del PM₁₀, che mostrano concentrazioni molto al di sopra dei limiti giornalieri solo nei semestri freddi.

Oltre a Venezia, il progetto Apice ha coinvolto altri 4 importanti porti del Mediterraneo: Barcellona, Marsiglia, Genova e Salonicco, caratterizzati da condizioni di qualità dell'aria e meteorologiche, emissioni regionali e locali, e volumi di traffico navale molto diversi tra loro. Ciononostante, in particolare per quanto riguarda i modelli fotochimici, l'impatto delle emissioni navali sulle concentrazioni di polveri è abbastanza confrontabile, con peso relativo nell'area urbana contenuto entro il 10% nel periodo estivo ed entro il 5-6% in quello invernale.

Salvatore Patti, Silvia Pillon, Francesca Liguori

Arpa Veneto, Osservatorio regionale aria

DA FIRENZE A PISTOIA, LE AREE DIFFICILI DELLA TOSCANA

L'AREA PRESENTA LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DI INQUINANTI TRA I PIÙ CRITICI DELLA TOSCANA. LE FONTI EMISSIVE SONO QUELLE TIPICHE DELLE GRANDI AREE URBANE. GLI STUDI SULLE ORIGINI, LA COMPOSIZIONE E LA DISTRIBUZIONE DEL PARTICOLATO NEI PROGETTI PATOS DI REGIONE TOSCANA E ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE.

I livelli di concentrazione di particolato PM_{10} e $PM_{2,5}$, di biossido di azoto e di ozono nella zona delle pianure interne della Toscana e in particolare nella zona della piana Prato-Pistoia e nell'agglomerato di Firenze sono tra i più critici in Toscana rispetto ai limiti previsti dal Dlgs 155/10.

Quest'area [1] ha una superficie totale di 993 km², è abitata dal 26% della popolazione toscana e può essere considerata omogenea per caratteristiche orografiche, meteorologiche e, in parte, anche per carico emissivo e grado di urbanizzazione. La stima dei principali contributi emissivi nell'area (Regione Toscana-Irse 2010) indica che le emissioni dirette sia per il particolato PM_{10} che per il $PM_{2,5}$ sono imputabili principalmente alle fonti caratteristiche delle grandi aree urbane, e cioè al riscaldamento (60%) e al traffico (30%), il restante 10% a processi industriali e agricoltura. In particolare il contributo del riscaldamento alla formazione del PM_{10} è imputabile quasi completamente all'utilizzo di biomassa. Per le emissioni dirette di ossidi di azoto si riscontra un contributo prevalente della sorgente traffico (80%). Il resto si suddivide tra riscaldamento e combustione industriale (16%). Anche i composti organici volatili, importanti precursori del particolato, derivano in maniera importante dalla sorgente traffico (30% circa), anche se il 60% è emesso dall'utilizzo di solventi.

Livelli di particolato e indagini sulle sorgenti

La qualità dell'aria della zona è monitorata da Arpat tramite otto stazioni di fondo e tre stazioni di traffico della rete regionale.

Il particolato PM_{10} è rilevato in dieci stazioni e dal 2007 a oggi si osserva un trend decrescente (stimato con il test di Mann-Kendall destagionalizzato) del valore medio annuo di PM_{10} , che dal

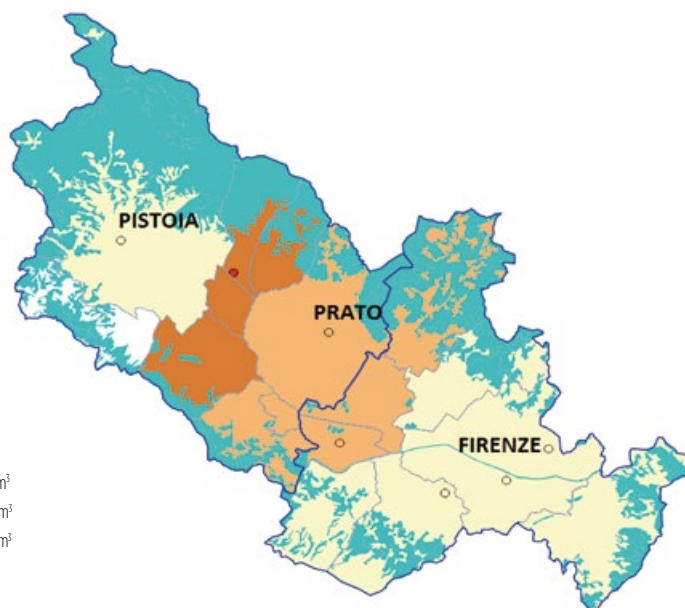
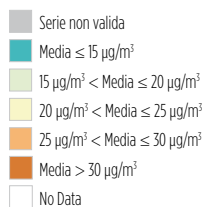
2007 è inferiore al limite normativo di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte le stazioni [2]. Applicando i metodi di stima della rappresentatività delle stazioni di fondo elaborati da Arpat e dal Consorzio Lamma [3], è possibile stimare i valori medi annui a cui la popolazione dell'area è stata esposta nel 2015, che oscillano tra un minimo di 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Firenze-Boboli) e un massimo di 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pistoia-Montale) (figura 1). Al contrario del valore medio annuo, il numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero all'anno permane elevato in particolare nella zona Prato-Pistoia e supera il valore limite annuo di 35 giorni, anche se si osserva anche in questo caso un netto andamento di diminuzione dal 2007, in particolare nelle stazioni urbane di traffico (tabella 1). Il particolato $PM_{2,5}$ è monitorato in cinque stazioni (2 di traffico e 3 di fondo) nell'area e il valore medio annuale, oscillante nell'intorno di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, è risultato sempre inferiore al valore limite di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; non è stato possibile identificare un tendenza statisticamente significativa nei valori medi annui [2]. Per capire l'origine del PM_{10} e $PM_{2,5}$ in Toscana a partire dal 2005, vari studi

sono stati effettuati sulla composizione del particolato e sull'analisi delle sorgenti e la loro quantificazione in alcune stazioni di fondo e di traffico tramite i progetti Patos della Regione Toscana (Università di Firenze e Infn) applicando il modello a recettore *Positive Matrix Factorization* (Pmf) [4]. Tra i vari approfondimenti si sintetizzano di seguito alcuni effettuati presso le stazioni di fondo di Firenze-Bassi e Pistoia-Montale e di traffico di Firenze-Gramsci.

Nella stazione di Firenze-Bassi nel 2013 è stato effettuato dall'Università di Firenze e dall'Infn un approfondimento sulle sorgenti sia del PM_{10} che del $PM_{2,5}$ anche nell'ambito del Progetto Airuse [5], che per il PM_{10} ha confermato un precedente studio effettuato nel progetto Patos [4]. Le dieci sorgenti individuate tramite la Pmf per entrambe le frazioni di particolato confermano la presenza rilevante del traffico (23% nel PM_{10} ripartito tra 13% come emissione diretta dal tubo di scappamento e 10% da emissioni indirette come risollevarimento, usura freni, gomme ecc.; 20% nel $PM_{2,5}$, ripartito in 18% e 2%), della

FIG. 1
CONCENTRAZIONE
MEDIA PM_{10}

Mappa della
concentrazione media
annuale del PM_{10} di fondo
nel 2015.





TAB. 1
PARTICOLATO

Numero di superamenti annuali del valore limite giornaliero di PM₁₀.

Comune	Nome stazione	PM ₁₀ N° superamenti della media giornaliera di 50 µg/m ³ (V.L. = 35 gg/anno)									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Firenze	FI-Boboli (UF)	25	19	13	10	17	7	18	3	5	5
Firenze	FI-Bassi (UF)	37	33	23	13	19	11	17	4	9	12
Firenze	FI-Gramsci (UT)	76	98	88	65	55	46	38	19	26	24
Firenze	FI-Mosse (UT)	37	88	*	66	59	69	46	11	14	16
Scandicci (FI)	FI-Scandicci (UF)	76	49	48	38	37	23	22	5	10	15
Signa (FI)	FI-Signa (UF)	-	-	-	-	-	-	-	26	33	26
Prato	PO-Roma (UF)	-	29	27	30	43	43	35	30	40	31
Prato	PO-Ferrucci (UT)	-	41	51	45	50	44	37	28	34	26
Pistoia	PT-Signorelli (UF)	-	-	-	19	25	22	28	12	15	10
Montale	PT-Montale (SF)	82	70	*	*	65	63	45	32	57	43

* dati validi < 90%

combustione di biomasse (15% nel PM₁₀ e 21% nel PM_{2,5}) e delle fonti di tipo secondario (31% nel PM₁₀ e 43% nel PM_{2,5}). Il fattore “nitrati secondari” è da associarsi a una componente secondaria, caratterizzata da una forte stagionalità, di origine prevalentemente locale prodotta da processi di combustione locali, principalmente il traffico e, in misura minore, il riscaldamento e la combustione di biomasse.

La piana nell’intorno della stazione di Pistoia-Montale è stata oggetto di vari approfondimenti, sia per la conferma dell’ampia area di rappresentatività di questa stazione [3] sia per l’identificazione delle sorgenti di PM₁₀ [6]. L’analisi statistica dei dati, raccolti nel 2014 nell’ambito del progetto Patos 2, tramite la Pmf ha identificato anche in questo caso dieci sorgenti, fra le quali la combustione di biomassa è risultata quella che ha dato in media il contributo maggiore (circa il 30%), che risulta inoltre particolarmente elevato (circa il 38%) nei giorni in cui si hanno concentrazioni di PM₁₀ > 50 µg/m³. Le altre fonti in ordine di contributo decrescente sono: traffico, secondari da combustioni, solfati secondari, combustione di olii pesanti, polvere locali, polvere del Sahara, spray marino invecchiato, inceneritore, spray marino [7].

Nel sito urbano di traffico di Firenze-Gramsci nel 2009-2010 sono state identificate le seguenti sorgenti nell’ambito del progetto Patos 2: traffico (40%), combustione di biomasse (16%), polvere crostale (4%), polvere urbana (7%) e un’elevata percentuale del contributo dei solfati e nitrati secondari [6].

Biossido di azoto e ozono

Le concentrazioni medie annue di biossido di azoto si confermano critiche nelle stazioni di traffico di Firenze in cui il valore limite di 40 µg/m³ non è rispettato (nel 2016 Firenze-Gramsci 65 µg/m³, Firenze-Mosse 41 µg/m³). Sebbene in tutte le stazioni dell’area sia presente un trend decrescente del valore medio annuo dal 2007 al 2016, nella stazione di Firenze-Gramsci non è possibile osservare un trend statisticamente significativo [2].

L’inquinamento da ozono è un problema generale della Toscana. Infatti i valori obiettivo per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione sono costantemente superati negli anni nelle stazioni dell’area dell’agglomerato fiorentino e della piana Prato-Pistoia, come del resto nella maggior parte delle stazioni della Toscana; inoltre, non è possibile individuare un trend dei livelli di

concentrazione in atmosfera di ozono statisticamente significativo [2].

A fronte delle criticità rilevate per il particolato e biossido di azoto, tutti i comuni dell’area definita di “superamento” hanno redatto nuovi piani di azione comunale (Pac) che prevedono la messa in atto delle azioni indicate nella nuova Linea guida per la redazione dei Pac emessa dalla Regione Toscana nel 2016 [8], in particolare rispetto alle sorgenti traffico, riscaldamento e combustioni di biomasse.

Bianca Patrizia Andreini

Responsabile del Centro regionale tutela della qualità dell’aria di Arpa Toscana

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Dgr Toscana n. 964/2015, Allegato A.
2. <http://www.arpat.toscana.it/documentazione/catalogo-pubblicazioni-arpat/relazione-annuale-sullo-stato-della-qualita-dellaria-nella-regione-toscana-anno-2015>
3. <http://servizi2.regione.toscana.it/aria/index.php?idDocumento=24330>
4. Progetto Patos “Particolato atmosferico in Toscana”, <http://servizi2.regione.toscana.it/aria/>
5. F. Lucarelli et al. 2016, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 3289-3309.
6. Patos 2, <http://servizi2.regione.toscana.it/aria/index.php?idDocumento=23512>
7. M. Giannoni et al., *Studio dell’inquinamento atmosferico in prossimità di un inceneritore*, PM 2016, Roma 17-20/05/2016.
8. Dgr Toscana n. 814/2016, Allegato A.

ROMA E LA VALLE DEL SACCO, LE AREE CRITICHE DEL LAZIO

I PROBLEMI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO IN LAZIO SONO CONCENTRATI NELL'AGGLOMERATO DI ROMA, PRINCIPALMENTE A CAUSA DI TRAFFICO E RISCALDAMENTO, E NELLA VALLE DEL SACCO, IN PROVINCIA DI FROSINONE, DOVE ALLE SCARSE CARATTERISTICHE DISPERSIVE SI SOMMANO LE EMISSIONI DA AREE INDUSTRIALI E DA BIOMASSE.

Il Lazio presenta un territorio fortemente disomogeneo e, per questo, sulla base delle sue caratteristiche orografiche e meteorologiche, è stato ripartito in quattro distinte macro-aree: la zona litoranea (influenzata dalla presenza del mare che ha un effetto decisamente benefico sulla qualità dell'aria), la zona appenninica (complessa orograficamente e potenzialmente a rischio), l'agglomerato di Roma (caratterizzato da un elevato impatto antropico) e la zona della Valle del Sacco che, dal punto di vista meteorologico, è una porzione di territorio completamente disconnessa dal resto del Lazio. Infatti, nella Valle del Sacco le caratteristiche disperdenti dell'atmosfera sono notevolmente limitate e l'altezza di rimescolamento, durante i mesi invernali, non supera i 300 m favorendo condizioni di accumulo degli inquinanti (come il particolato, sia PM₁₀ che PM_{2,5}) rilasciati dalle sorgenti antropiche che insistono nell'area. Mentre nella zona appenninica e litoranea la qualità dell'aria risulta decisamente entro i limiti di legge, i problemi di inquinamento atmosferico sono concentrati nell'agglomerato di Roma e nella Valle del Sacco. L'agglomerato di Roma è caratterizzato da un carico emissivo prevalentemente legato al traffico veicolare e al riscaldamento, il cui impatto sulla qualità dell'aria provoca il mancato rispetto del numero massimo di superamenti del valore limite giornaliero di PM₁₀ e del valore medio annuale di NO₂ come si nota nella *tabella 1*.

Il carico emissivo della zona della Valle del Sacco è legato alla presenza di diverse aree industriali e all'uso delle biomasse nel riscaldamento degli edifici, mentre il traffico veicolare ha un impatto sicuramente inferiore rispetto a quanto avviene a Roma. Questo contesto emissivo, unitamente alle scarse caratteristiche dispersive della

vallata, influisce fortemente sui livelli di concentrazione di PM₁₀ e PM_{2,5} provocando, durante i mesi invernali, episodi acuti di inquinamento anche persistenti sull'intera zona, come ben si vede dalla *tabella 2*. Arpa Lazio esercita il monitoraggio della qualità dell'aria sfruttando e combinando

i diversi strumenti messi a disposizione dal Dlgs 155/2010 ai fini della valutazione della qualità dell'aria: la rete regionale fissa di monitoraggio della qualità dell'aria, le campagne di misura intensive effettuate con 2 laboratori mobili e un sistema modellistico utilizzato in modalità *near-real time* e previsionale.

TAB. 1
ROMA

Numero dei superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ e della media annua di NO₂ nell'agglomerato di Roma.

Stazione	PM ₁₀ - Numero di superamenti di 50 µg/m ³					NO ₂ media annua (µg/m ³)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Ada	9	16	14	27	17	35	40	30	31	40
Arenula	18	25	28	33	11	53	54	45	49	46
Bufalotta	16	9	23	32	23	39	37	35	41	39
Cavaliere	12	26	17	22	16	45	38	24	27	26
Ciampino	43	32	27	43	35	38	34	34	39	35
Cinecittà	53	40	40	65	33	45	42	35	40	41
Cipro	19	23	32	36	17	53	49	43	46	47
Fermi	30	28	33	31	17	70	67	64	64	65
Francia	57	41	36	43	24	73	66	65	61	59
Grecia	29	29	32	41	26	65	67	64	65	62
Guido	5	3	4	0	3	16	23	14	14	13
Guidonia	15	26	16	26	15	33	29	26	26	27
Malagrotta	23	30	26	18	13	25	22	21	22	22
Preneste	45	39	40	57	29	47	41	38	44	41
Tiburtina	50	41	43	54	41	63	57	50	53	51

TAB. 2
VALLE DEL SACCO

Concentrazione media annua e numero dei superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ nella zona della Valle del Sacco.

Stazione	PM ₁₀									
	Numero di superamenti di 50 µg/m ³					Media annua (µg/m ³)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Alatri	77	65	52	57	49	36	32	30	30	28
Anagni	28	25	30	28	13	29	28	29	30	24
Cassino	75	63	57	70	57	39	38	34	40	35
Ceccano	118	97	110	121	89	48	47	44	47	43
Ferentino	63	53	52	42	26	34	34	33	29	25
Fontechiari	2	1	10	3	2	19	18	19	18	17
Frosinone - Mazzini	57	47	46	59	36	31	31	30	33	27
Frosinone scalo	120	112	110	115	85	49	50	46	50	43
Colleferro-Europa	54	56	49	60	44	34	31	31	34	31
Colleferro-Oberdan	28	28	33	38	23	30	27	29	30	27

La rete fissa di misura gestita da Arpa Lazio è costituita da 54 stazioni fisse di cui 46 inserite nel Programma di valutazione della qualità dell'aria regionale e sono concentrate nelle aree maggiormente critiche, l'agglomerato di Roma, la zona Valle del Sacco, oltre che nella zona Litoranea con particolare riferimento all'area di Civitavecchia. Oltre alla rete fissa, Arpa Lazio dispone di 2 laboratori mobili, la cui dotazione strumentale è identica a quella delle stazioni di monitoraggio, che vengono utilizzati per il controllo della qualità dell'area in aree non coperte dalla rete di monitoraggio. Tale funzione di controllo viene effettuata mediante una serie di campagne di misura periodiche in alcuni punti del territorio selezionati annualmente con l'obiettivo di ottenere informazioni che, da un lato, siano compatibili con i requisiti minimi di copertura temporale richiesti dal Dlgs 155/2010 per le misure indicative ai fini della verifica del rispetto dei valori limite e, dall'altro, possano essere integrate con le informazioni fornite dalle stazioni della rete fissa ai fini del supporto alle simulazioni modellistiche utilizzate per la valutazione della qualità dell'aria sull'intero territorio regionale. Oltre a ciò Arpa Lazio dispone di un sistema modellistico, operativo da diversi anni presso il Centro regionale della qualità dell'aria, utilizzato in diverse modalità: *near-real time* (Nrt), previsionale e ricostruttivo ai fini della valutazione annuale della qualità dell'aria sul territorio regionale. Come previsto dal Dcr 66/2009, il sistema modellistico viene utilizzato per ricostruire la distribuzione spaziale degli inquinanti ai fini della valutazione annuale della qualità dell'aria individuando così le porzioni di territorio in cui si ha l'eventuale superamento dei limiti previsti dal Dlgs 155/2010. In questo caso i campi di concentrazione vengono integrati, mediante tecniche di fusione dati, con le misure della rete fissa e le misure delle campagne di monitoraggio opportunamente adattate alle procedure di assimilazione. Il sistema Nrt fornisce ogni 3 ore la distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti sul territorio ottenuti dalla combinazione delle misure prodotte dalla rete di monitoraggio mediante tecniche di assimilazione dati al fine di ottenere la fotografia più probabile dello stato della qualità dell'aria sul territorio seguendone l'evoluzione in tempo quasi-reale. Come previsto dal Dcr 66/2009, al fine di allertare la popolazione e gli enti

FIG. 1
RETE REGIONALE
DI MONITORAGGIO

Localizzazione delle postazioni della Rete regionale di monitoraggio di qualità dell'aria



FOTO: A. RUSSI - FLECKR, CC

decisori su eventuali situazioni critiche che potrebbero verificarsi, il sistema modellistico viene utilizzato per fornire le previsioni di qualità dell'aria degli inquinanti previsti dalla normativa su tutto il territorio regionale fino a 120 ore (5 giorni). Al fine di garantire una chiara informazione al pubblico e agli enti decisori, sono disponibili le stime della qualità dell'aria in ogni comune del territorio regionale. Tutte le informazioni prodotte quotidianamente da Arpa Lazio in tema di qualità dell'aria sono disponibili sul sito dell'Agenzia nel link del Centro regionale della Qualità dell'aria che rappresenta, a oggi, il riferimento regionale per questa tematica: www.arpalazio.net/main/aria. Tali informazioni, quotidianamente aggiornate e disponibili sul sito dell'Agenzia, costituiscono la base di partenza per l'attuazione degli interventi emergenziali da parte delle amministrazioni comunali definiti nei

relativi Piani di intervento operativo (Pio). Un esempio operativo è dato dal Comune di Roma il cui Pio prevede l'attuazione delle azioni di contenimento dell'inquinamento atmosferico, rivolte soprattutto alle limitazioni del traffico veicolare e del riscaldamento domestico, sulla base delle misure fornite quotidianamente dalla rete di monitoraggio regionale e delle informazioni prodotte dal sistema previsionale di qualità dell'aria con l'obiettivo di anticipare situazioni potenzialmente critiche previste nei giorni successivi rispetto al giorno corrente con l'obiettivo di ridurre l'impatto di tali eventi sulla popolazione.

Roberto Sozzi¹, Andrea Bolignano²

Arpa Lazio

¹Responsabile Divisione atmosfera e impianti

²Centro regionale della qualità dell'aria

IN CAMPANIA ALCUNE SITUAZIONI DA MIGLIORARE

FRA LE TRE MACROAREE CAMPANE QUELLA TRA NAPOLI E CASERTA, PIÙ ABITATA E INDUSTRIALIZZATA, PRESENTA STORICAMENTE LE MAGGIORI CONCENTRAZIONI DI POLVERI SOTTILI. LE ZONE PIÙ INQUINATE SONO DELIMITATE DAI RILIEVI E, IN PARTICOLARI SITUAZIONI METEOROLOGICHE, SI COMPORTANO COME UN PICCOLO BACINO PADANO.

L'ultima indagine statistica dell'Istat sulle principali questioni che preoccupano i cittadini italiani mostra che lo smog è in cima alla lista dei problemi da affrontare. Con il 38% di persone che indicano l'inquinamento dell'aria, si tratta del secondo tema scelto, superato solo dalla criminalità. E quando si parla di smog si pensa subito alla pianura Padana e alle polveri sottili, al traffico veicolare e ai motori diesel con le emissioni di ossidi di azoto. Anche la recentissima lettera/ultimatum della Commissione europea sull'avvio di una procedura d'infrazione per le elevate concentrazioni di biossido di azoto misurate nei centri urbani riguarda soprattutto le città del centro nord e alcune grandi aree urbane europee (Parigi, Berlino).

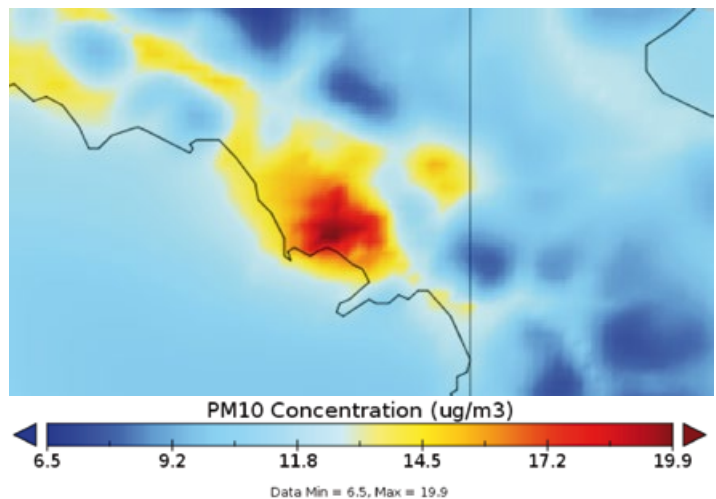
Ma nel resto d'Italia cosa succede? Alcune situazioni sono ben note, dalla congestione urbana romana che neppure il vento ponentino o i raggi di sole riescono a dissipare, alle aree abitate troppo vicine ai grandi impianti industriali (Genova, Terni, Civitavecchia, Brindisi, Taranto), altri casi sono un po' meno conosciuti. Ma quali sono le altre aree critiche del territorio nazionale? Di certo le valli e piane intramontane, dove le emissioni da biomasse sono elevate nei mesi invernali freddi e la morfologia del territorio ostacola il rimescolamento e ricambio delle masse d'aria. E poi le aree con urbanizzazione sparsa, il cosiddetto *urban sprawl* con consumo di suolo e inquinamento diffuso (Rapporto consumo di suolo 2014, Ispra).

Di che zone stiamo parlando? Ad esempio di Frosinone nel 2015 e 2016, con rispettivamente 115 e 85 superamenti del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media giornaliera di PM_{10} , o anche di Benevento e Avellino, rispettivamente con 43 e 45 superamenti lo scorso anno. O ancora dell'agglomerato Napoli-Caserta con 127 superamenti del limite nel 2015 a S. Vitaliano e 78 superamenti lo scorso anno.

Quindi anche la Campania per le polveri sottili non è la Campania Felix, annusata

FIG. 1
CAMPANIA, PM_{10}

Stima della media annua di concentrazioni di PM_{10} .



da Goethe e arieggiata dalla brezza di mare, che si potrebbe immaginare scrutando verso la terraferma da qualche isola del Golfo. Anzi, un occhio attento, già solo guardando da lontano le aree ai piedi del Vesuvio, è in grado di scoprire che l'atmosfera non è proprio limpida. Ma più che volgersi alle impressioni e considerazioni generiche è bene lasciar parlare i dati, con approccio ecoscientifico. Ci sono infatti nuovi dati che aiutano a capire meglio i problemi. Innanzitutto ricordiamo che la Campania, dopo l'emanazione del Dlgs 155/2010, attuativo della direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, ha intrapreso un percorso non facile di completa revisione della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

La Regione Campania ha elaborato, con l'aiuto dell'Arpac, la nuova zonizzazione del territorio regionale, quindi è stato predisposto e attuato il progetto di adeguamento della rete di misura. L'iter seguito è durato alcuni anni, infatti la proposta di zonizzazione è stata inviata al ministero dell'Ambiente nel 2011 e, sulla base delle indicazioni ministeriali recapitate alla Regione Campania nel 2012, dopo ulteriori integrazioni

è stata definitivamente approvata dal ministero alla fine del 2013. In parallelo, è stato definito il percorso per l'adeguamento della rete di monitoraggio, comprendente anche il reperimento di fondi per l'acquisizione di nuove dotazioni strumentali conformi alla nuova normativa tecnica vigente. Tale iter è iniziato nel 2012 e il nullaosta finale del ministero alla "Proposta di progetto di adeguamento della Rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria della Regione Campania", dopo i pareri di Ispra ed Enea, è arrivato nel 2014. La nuova zonizzazione della Regione Campania e il progetto di adeguamento della rete sono stati quindi approvati con Dgrc 683/2014. La nuova ripartizione del territorio comprende tre grandi macroaree: la prima è l'agglomerato Napoli-Caserta, comprendente l'intera provincia di Napoli e la porzione meridionale pianeggiante della provincia di Caserta, confinante con l'*hinterland* napoletano. In quest'area sono state osservate storicamente le più elevate concentrazioni di inquinanti. In effetti, qui vivono circa 3,5 milioni di abitanti ed è concentrata la maggior parte delle attività produttive. La seconda macroarea è la zona costiero-collinare, comprendente le città di Avellino, Benevento e Salerno e tutte le aree collinari a quote inferiori a

600 m non appartenenti all'agglomerato Napoli-Caserta. In quest'ampio territorio, esteso più di 8.500 km², l'insediamento policentrico origina un inquinamento moderato con valori più elevati nelle aree vallive interne, a causa delle condizioni orografiche favorevoli al ristagno degli inquinanti, soprattutto d'inverno nelle ore notturne con altezze dello strato di rimescolamento talora inferiori a 100 m. Il numero di abitanti di questa zona è di circa 2,4 milioni. La terza macroarea, denominata zona montuosa, include tutte le porzioni di territorio regionale a quote superiori a 600 m: l'insediamento è prevalentemente sparso, la densità di popolazione è inferiore a 50 abitanti per km² per un totale di circa 160.000 abitanti. In coerenza con la nuova zonizzazione del territorio, a partire dal 2015 è stata attivata la nuova rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, con un numero totale di stazioni previsto a regime pari a 42 a fronte della precedente rete di 20 stazioni ubicate nei capoluoghi di provincia. Le stazioni sono 23 nell'agglomerato Napoli-Caserta, 16 nella zona costiero-collinare che include gli altri capoluoghi, 3 nelle zone montuose. E quali sono i risultati del nuovo monitoraggio? Per la valutazione dell'andamento della qualità dell'aria in Campania il riferimento è il biennio 2015-2016 con le nuove stazioni e i dati giornalieri pubblicati; è in corso la validazione annuale, pertanto alcuni valori potrebbero essere aggiornati in futuro.

Per le polveri sottili, nel 2015 le criticità sono relative soprattutto al superamento del limite di 50 µg/m³ di PM₁₀: nella zona costiero-collinare 50 e 43 giorni ad Avellino, 74 e 40 a Benevento, 39 a Salerno e Solfara, 78 a S. Felice a Cancellò, 64 a Nocera Inferiore, mentre nell'agglomerato Napoli Caserta sono stati misurati 58 e 50 superamenti a Caserta; per la metà delle stazioni di Napoli il limite è stato superato per più di 35 giorni, con il valore massimo di 75 superamenti a Via Argine al margine orientale del territorio comunale e superamenti del limite in tutte le stazioni dei comuni compresi fra Napoli e Caserta. Rispetto al 2015, nel 2016 sono stati misurati valori di concentrazioni delle polveri sottili inferiori. Per l'area urbana di Napoli nel 2016, quella di Via Argine, rimane la stazione con valori più elevati con 58 superamenti di PM₁₀. Negli altri capoluoghi, nel 2016 per il PM₁₀ il numero di giorni di superamento del limite di 50 µg/m³ è stato rispettivamente di 43 ad Avellino, 45 a Benevento, 24 a Caserta, 15 a Salerno. Le aree più critiche rimangono quelle a est di Napoli, con un numero di

FIG. 2
SABBIE SAHARIANE

Immagine del satellite Modis Terra alle ore 10.20 di martedì 16 febbraio 2016, che evidenzia l'afflusso di polveri sahariane.

Fonte: Nasa.



superamenti compreso fra 37 ad Acerra zona industriale e 78 a San Vitaliano. Dal confronto fra il 2015 e 2016 si conferma che l'area ubicata a oriente di Napoli verso Caserta è quella con livelli di inquinamento da PM₁₀ più elevati. Le variazioni da un anno all'altro mostrano un miglioramento nel 2016, anche perché nel 2015, a novembre e dicembre, si sono verificate condizioni meteoambientali con persistenza dell'alta pressione e pressoché totale assenza di piogge, che hanno favorito il ristagno degli inquinanti per un lungo periodo anomalo. La situazione più critica è quella di San Vitaliano, dove all'inquinamento di area vasta si aggiungono emissioni locali, soprattutto da riscaldamenti domestici a biomasse. Anche le elaborazioni modellistiche 2016 del Centro meteo clima (Cemec) dell'Arpac confermano che l'area compresa fra Napoli e Caserta è quella con concentrazioni di polveri sottili più elevate (in figura 1 la stima della media annua di concentrazioni di PM₁₀, calcolata a partire dalle mappe orarie prodotte tramite la catena modellistica Cosmo Lami – modello meteo reso disponibile da Arpac – e Chimere – modello numerico per il calcolo della dispersione e diffusione degli inquinanti – che è implementato dal Cemec). Si nota che il massimo di PM₁₀ ha un lobo che si protende verso est rispetto a Napoli, il modello sottostima leggermente le concentrazioni di fondo, infatti i valori effettivamente misurati in situ sono più alti, con medie annue di 30-35 µg/m³, ma la distribuzione territoriale dell'inquinamento corrisponde a quella dei dati puntuali. La distribuzione media stagionale delle concentrazioni di PM₁₀ presenta valori spesso superiori ai 50 µg/m³ nei mesi freddi autunnali e invernali, mentre in primavera ed estate i superamenti sono complessivamente meno di dieci,

inclusi gli eventi naturali. Sono infatti da segnalare alcuni episodi particolari. E infatti non possiamo dimenticare le fonti naturali di particolato. Nel 2016 alcune giornate con afflusso di polveri sahariane sono state davvero eccezionali: da ricordare l'evento del 16 febbraio (in figura 2 è riportata l'immagine del satellite Modis Terra: fra Sicilia e Golfo di Napoli si nota una fascia bruna costituita da polveri sahariane in movimento da SSW verso NNE per la presenza di una circolazione ciclonica con richiamo di masse d'aria di origine africana), con un contributo stimato di almeno 20 µg/m³ e numerosi superamenti dei limiti normativi.

Per capire meglio i meccanismi che facilitano il ristagno degli inquinanti è indispensabile guardare anche alla geomorfologia e meteorologia del territorio. Le aree più inquinate sono ubicate in zone depresse, delimitate dai rilievi circostanti. Stiamo parlando della Piana di Benevento, con forti inversioni termiche nelle ore notturne invernali e quinte collinari e montuose che proteggono dai venti sinottici e smorzano i venti locali, o anche della Piana Acerrana, bonificata in epoca romana e poi dai Borbone, con l'imponente opera idraulica dei Regi Lagni. In questa piana la quota sul livello del mare è inferiore a 30 metri, verso sud si erge il monte Somma-Vesuvio, a ovest ci sono i rilievi dei Campi Flegrei, a nord e a est si allineano i contrafforti montuosi della catena appenninica. In particolari condizioni meteorologiche di alta pressione, quest'area si comporta come un catino, un piccolo bacino padano.

Giuseppe Onorati

Arpa Campania

PRIME ANALISI A PALERMO, CATANIA E AREE INDUSTRIALI

ARPA SICILIA HA ANALIZZATO GLI AGGLOMERATI DI PALERMO E CATANIA E LE AREE INDUSTRIALI DOVE NEGLI ULTIMI ANNI SI SONO RILEVATI SUPERAMENTI DEGLI INQUINANTI NORMATI. A LIVELLO REGIONALE LA PRINCIPALE CAUSA DELLA FORMAZIONE DELLE POLVERI SOTTILI È DATA DAI PROCESSI DI COMBUSTIONE NON INDUSTRIALI (RISCALDAMENTO).

Il Piano regionale di tutela della qualità dell'aria, in fase di redazione secondo le indicazioni della Direttiva sulla qualità dell'aria (direttiva 2008/50/CE) e il relativo decreto legislativo di recepimento (Dlgs 155/2010), costituisce un riferimento per lo sviluppo delle linee strategiche delle differenti politiche settoriali (trasporti, energia, attività produttive, agricoltura) e per l'armonizzazione dei relativi atti di programmazione e pianificazione. Le prime analisi sugli agglomerati di Palermo, Catania e sulle aree industriali (la zonizzazione regionale individua cinque zone di riferimento riportate nella cartografia di cui alla *figura 1*), in cui negli ultimi anni si sono rilevati superamenti degli inquinanti normati, sono basate sulle stime dei contributi delle diverse sorgenti emissive, così come identificate nell'Inventario regionale anno 2012.

Monitoraggio 2015

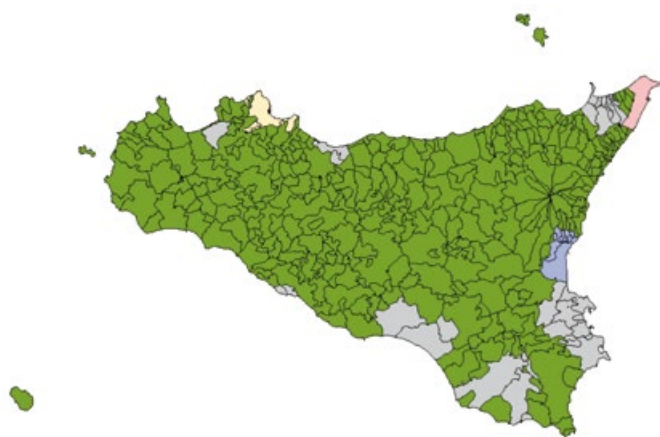
Gli inquinanti monitorati dalle stazioni della rete regionale, non ancora completamente operativa, hanno evidenziato:

- per l'ozono, in quasi tutte le stazioni in cui viene monitorato, superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. In alcune stazioni delle aree industriali si è registrato anche un numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana maggiore di 25
- per il PM₁₀ il superamento del valore limite, espresso come media annua, e del valore limite, espresso come media su 24 ore, in un numero di giornate superiore al massimo fissato dal Dlgs 155/2010 in una stazione del Comune di Siracusa e in una dell'agglomerato di Palermo
- per il biossido di azoto il valore limite, espresso come media annua, è stato superato in alcune stazioni

FIG. 1
ZONIZZAZIONE

Zonizzazione del territorio regionale.

- Agglomerato Palermo
- Agglomerato Catania
- Agglomerato Messina
- Aree Industriali
- Altro



dell'agglomerato di Palermo e Catania e nella stazione di Niscredi (Caltanissetta) - nessun superamento è stato registrato nel 2015 per gli altri parametri normati dal Dlgs 155/2010. Tuttavia, per il benzene è necessario mettere in evidenza che, malgrado la media annua sia stata sempre inferiore al valore limite, si sono registrati picchi della concentrazione media oraria (fino a 130 µg/m³) in alcune stazioni delle aree industriali ben superiori ai picchi registrati nelle stazioni degli agglomerati di Palermo e Catania, caratterizzate esclusivamente da intenso traffico veicolare.

Analisi sorgenti emissive

La *tabella 1* riporta i macrosettori che apportano il maggior contributo degli inquinanti per i quali si sono registrati superamenti dei valori limite. Per gli NO_x si evidenzia che, a livello regionale, il contributo fondamentale è dato dai trasporti stradali mentre per le polveri sottili, al netto degli incendi (altre sorgenti/natura) dai processi di combustione non industriali (riscaldamento).

Un approfondimento della qualità dell'aria nell'agglomerato di Palermo ha permesso di valutare che la sorgente più rilevante nella formazione delle

polveri sottili è la combustione della legna, mentre per gli ossidi di azoto è il trasporto urbano (automobili e veicoli pesanti, compresi gli autobus, a gasolio). Analoghe considerazioni si traggono dallo studio dell'agglomerato di Catania. Gli interventi dovranno pertanto mirare a ridurre il traffico veicolare privato e parallelamente a migliorare il trasporto pubblico.

Nelle aree industriali, gli impianti presenti costituiscono una sorgente molto significativa degli inquinanti normati e non. Dall'elaborazione effettuata è emerso che un numero limitato di grandi impianti industriali, raffinerie, impianti petrolchimici, centrali termoelettriche e cementerie, sono responsabili della maggior parte del carico emissivo, attribuibile a emissioni puntuali, di ossidi di azoto (NO_x), particolato fine (PM₁₀), composti organici volatili (COVNM) e benzene (C₆H₆). Per quanto concerne gli NO_x, il maggior contributo è attribuibile alle raffinerie e le cementerie. Sono stati individuati gli impianti responsabili del maggior carico emissivo ai quali applicare misure di riduzione delle emissioni, definendo per ciascun inquinante una soglia tale da intercettare gli impianti responsabili di un carico emissivo pari a circa l'80% del totale delle emissioni provenienti da sorgenti puntuali. Gli

interventi pertanto dovranno ridurre, oltre al traffico veicolare privato, le emissioni di questi impianti, tramite una revisione delle autorizzazioni (Aia) con l'adozione dei limiti inferiori previsti nelle Bat per i diversi inquinanti e, qualora necessario, tramite un *revamping* tecnologico.

Per quanto concerne le azioni atte a ridurre la concentrazione di ozono in aria, essendo questo un inquinante secondario, bisogna ridurre le emissioni degli inquinanti precursori e in particolare degli ossidi di azoto, dei COVNM e del benzene. Per aumentare l'attenzione su COVNM e benzene, si ritiene necessario introdurre nella normativa di settore valori limiti per le concentrazioni medie orarie per il benzene, e limiti specifici per i COVNM e per alcuni precursori dell'ozono. Analogamente si dovrebbe procedere a fissare, nella normativa regionale, un valore limite per gli inquinanti non normati, responsabili di disturbi olfattivi e presenti nell'aria delle zone industriali, quali idrogeno solforato, mercaptani, composti organici solforati, al fine di garantire un'adeguata qualità dell'aria nelle aree interessate da attività industriali.

Anna Abita, Riccardo Antero, Giuseppe Ballarino, Salvatore Caldara, Michele Condò, Giuseppe Cuffari, Giuseppe Madonna, Isabella Ferrara', Cristian Sabatino¹

Arpa Sicilia

1. Contratto con incarico di co.co.co.

TAB. 1
CONTRIBUTO
SORGENTI EMISSIVE

I macrosettori che apportano il maggior contributo degli inquinanti e per i quali si sono registrati superamenti dei valori limite.

Territorio regionale (percentuali)	COVNM	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	NH ₃
01 Comb.ind. energia e trasf. fonti energ.	0,2	15,0	0,7	0,7	0,6
02 Impianti combust. non industriali	2,3	2,3	15,4	17,1	2,1
03 Imp.comb. industr., processi con comb.	0,6	7,9	0,2	0,2	0,5
04 Processi senza combustione	7,0	2,5	6,4	3,5	0,1
06 Uso di solventi	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0
07 Trasporti Stradali	14,9	54,8	10,5	10,2	3,2
10 Agricoltura	3,2	0,0	8,1	1,5	82,3
11 Altre sorgenti/natura	47,3	5,3	57,7	65,7	8,9
Agglomerato Palermo (percentuali)	COVNM	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	NH ₃
02 Impianti combust. non industriali	7,8	4,7	59,5	62,5	22,1
06 Uso di solventi	38,6	0,0	0,0	0,0	0,0
07 Trasporti Stradali	45,4	74,8	26,7	24,6	16,7
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0,7	16,8	3,1	3,3	0,0
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	2,1	0,0	0,0	0,0	36,6
10 Agricoltura	0,3	0,0	0,4	0,1	21,1
11 Altre sorgenti/natura	1,5	0,4	7,5	8,1	3,2
Agglomerato Catania (percentuali)	COVNM	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	NH ₃
02 Impianti combust. non industriali	7,0	3,4	41,5	43,5	11,4
06 Uso di solventi	54,8	0,4	1,7	1,9	2,9
07 Trasporti Stradali	25,9	62,6	17,0	15,5	8,7
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0,8	26,8	0,6	0,7	0,0
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	4,7	0,0	0,0	0,0	47,2
10 Agricoltura	0,3	0,0	1,6	0,2	19,6
11 Altre sorgenti/natura	3,5	2,1	32,6	35,0	10,1
Aree industriali	COVNM	NOx	PM ₁₀	PM _{2,5}	C ₆ H ₆
01 Comb.ind. energia e trasf. fonti energ.	0,8	41,9	6,2	6,9	1,7
02 Impianti combust. non industriali	1,7	1,1	19,4	24,5	27,8
03 Imp.comb. industr., processi con comb.	2,9	15,0	1,0	1,3	5,3
04 Processi senza combustione	34,9	7,9	11,9	6,8	1,5
05 Estraz. distribuz. combustibili fossili	13,1	0,0	0,0	0,0	5,1
06 Uso di solventi	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0
07 Trasporti Stradali	8,7	23,9	12,9	14,2	32,5
10 Agricoltura	4,2	0,0	15,3	3,5	3,4
11 Altre sorgenti/natura	17,6	1,0	30,6	39,5	21,9



FOTO: P. BURNA - FICAR, CC

POLITICHE E INTERVENTI PER UN PIANO NAZIONALE

PER VALUTARE L'IMPATTO DELLE POLITICHE E DEGLI INTERVENTI DI RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO PREVISTI NEL PIANO NAZIONALE DELLA PREVENZIONE 2014-2018 È STATO ELABORATO PER LA PRIMA VOLTA UN MODELLO, APPLICABILE SULL'INTERO TERRITORIO NAZIONALE, CHE TIENE CONTO DI TUTTI GLI ASPETTI IN GIOCO.

Il Piano nazionale della prevenzione (Pnp), approvato con l'intesa Stato-Regioni del 13 dicembre 2014 [1], definisce 10 macro obiettivi e individua i relativi fattori di rischio/determinanti da contrastare/promuovere per migliorare complessivamente la salute della popolazione; inoltre delinea l'insieme delle strategie da adottare, gli obiettivi centrali che complessivamente concorrono al raggiungimento dei 10 macro obiettivi e definisce gli indicatori centrali (e relativi standard) con cui valutare l'implementazione del Piano. Nella citata intesa Stato-Regioni è previsto che queste ultime a loro volta adottino *Piani regionali della prevenzione* (Prp) articolati in programmi in cui siano definiti: obiettivi specifici funzionali al raggiungimento degli obiettivi centrali correlati; azioni con cui dare attuazione alle strategie definite nel

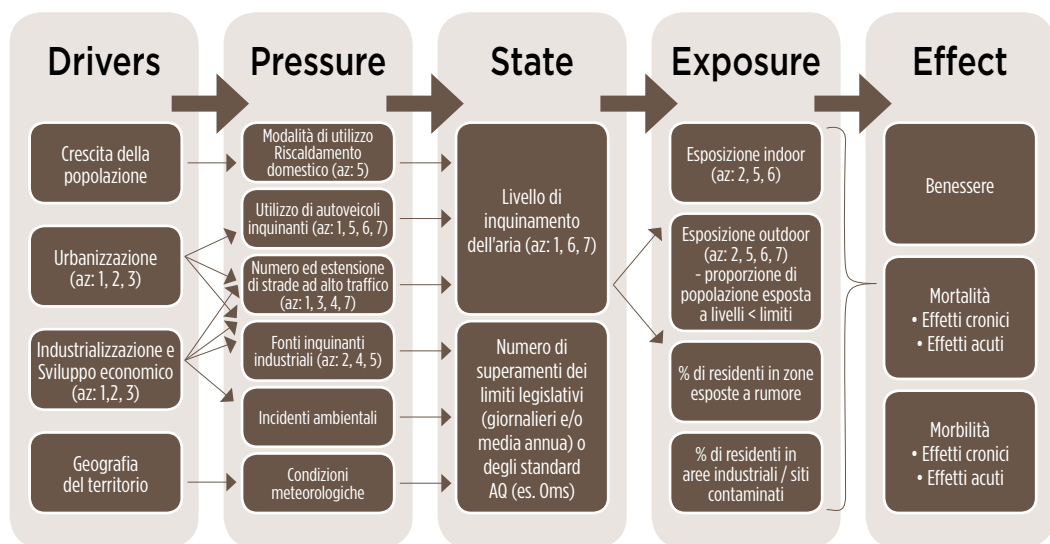
Pnp; popolazioni destinatarie delle azioni; indicatori di monitoraggio della realizzazione dei programmi e quindi dell'evoluzione dei processi verso il raggiungimento degli obiettivi. Al percorso di elaborazione e attuazione del Pnp e degli specifici Piani regionali si accompagna un percorso di valutazione [2], anch'esso oggetto di un accordo Stato-Regioni (25 marzo 2015) frutto dell'impegno condiviso di strutturare un impianto complessivo che sia valutabile e permetta di verificare il raggiungimento degli obiettivi. Una parte dell'impianto di valutazione è tesa, attraverso la definizione di indicatori sentinella, a certificare il rispetto degli impegni presi. Con il Pnp 2014-2018 si affronta anche la sfida di una valutazione tesa a:

- 1) documentare e valutare i progressi di salute raggiunti con il Pnp, i Prp e le Azioni centrali

- 2) documentare e valutare azioni e processi intrapresi per il raggiungimento degli obiettivi di salute, in termini di appropriatezza
- 3) fornire evidenze per orientare la programmazione futura in tema di prevenzione e promozione della salute. Sono stati definiti perciò oltre 130 indicatori centrali, con relativi standard di risultato per il 2018, cui le Regioni devono tendere attraverso i Piani regionali; questi indicatori coprono tutti gli obiettivi del Piano.

Il progetto di supporto alla valutazione del Pnp

Per affrontare al meglio questo impegno a porsi in una logica di valutazione di efficacia e non solo di processo è stato



Azioni (specificatamente previste dal Pnp e dai programmi del ministero della Salute)

FIG. 1
QUALITÀ DELL'ARIA
E PREVENZIONE

Applicazione del modello Dpseea alle strategie del Piano nazionale di prevenzione relative all'inquinamento dell'aria.

- 1) Attività di supporto alle politiche ambientali secondo il modello della "Salute in tutte le politiche" e di provvedimenti d'urgenza.
- 2) Migliorare la conoscenza del rapporto inquinanti ambientali/salute
- 3) Sviluppare percorsi e strumenti interdisciplinari per la valutazione preventiva degli impatti sulla salute delle modifiche ambientali
- 4) Sviluppare modelli, relazioni interistituzionali per la valutazione degli impatti sulla salute dei fattori inquinanti
- 5) Sviluppare le conoscenze tra gli operatori della salute e dell'ambiente, MMG e PLS, sui temi di integrazione ambiente-salute, della valutazione di impatto e di danno sanitario e della comunicazione del rischio
- 6) Promuovere il potenziamento dei fattori di protezione (*life skill, empowerment*) e l'adozione di comportamenti sani (attività fisica) nella popolazione
- 7) Promuovere la mobilità attiva anche attraverso i PUMS (piedi, bicicletta, mezzi pubblici)

approvato e finanziato dal ministero della Salute-Ccm un progetto denominato *Progetto di supporto alla valutazione del Piano Nazionale della Prevenzione 2014-2018*; tale progetto, coordinato da Agenas, è volto a fornire un quadro logico di riferimento per la valutazione del raggiungimento degli obiettivi del Pnp, attraverso la messa a punto di modelli interpretativi specifici, che permettano di evidenziare i corretti nessi causali fra le azioni e le politiche messe in atto dal Ssn e dai Ssr con i valori degli indicatori centrali. Una più corretta interpretazione dei nessi causali fra azioni e risultati misurati dovrebbe rendere più responsabili del loro operato (*accountability*) i decisori a tutti i livelli.

Il board scientifico del progetto, costituito da esperti provenienti dai principali istituti che si occupano di valutazione dei servizi sanitari e di raccolta degli indicatori (Agenas, Istituto superiore di sanità, Università di Torino, Ispo Toscana, Ausl di Reggio Emilia, Università Ca' Foscari di Venezia, Istat, Inail, Scuola superiore Sant'Anna di Pisa – Laboratorio management e sanità, ministero della Salute) si è organizzato in gruppi di lavoro e ha elaborato dei modelli interpretativi per vari ambiti del Pnp: screening oncologici, incidenti stradali, incidenti sul lavoro, sorveglianza delle malattie trasmesse da alimenti, intolleranze alimentari, prevenzione dell'obesità nel bambino e adolescente, tabagismo e inquinamento atmosferico. Il modello sull'inquinamento atmosferico è stato elaborato avvalendosi dell'esperienza di strutture della Regione Emilia-Romagna: il Servizio regionale Prevenzione collettiva e Sanità pubblica, il Centro tematico Ambiente e salute di Arpae, il Servizio interaziendale di epidemiologia di Reggio-Emilia. Queste strutture, insieme ai Dipartimenti di sanità pubblica delle Ausl, costituiscono una rete regionale coinvolta in studi e approfondimenti in tema di epidemiologia ambientale.

Modello Dpseea e inquinamento dell'aria

Sulla base dei risultati di una recente revisione della letteratura [3] sono stati esaminati i possibili modelli utilizzati per valutare interventi complessi e si è deciso di adottare il modello Dpseea [4, 5]: *driving force* (determinanti), *pressure* (pressione), *state* (stato), *exposure* (esposizione), *effect* (effetto), *action*

(azione) ritenuto più flessibile, semplice e completo (*figura 1*).

Il macro-obiettivo 8 del Pnp "*Ridurre le esposizioni ambientali potenzialmente dannose per la salute*", individua due principali categorie di fattori di rischio da contrastare nell'ambito dell'ambiente e salute:

- inadeguati strumenti a supporto delle amministrazioni per la valutazione e gestione degli impatti sulla salute di problematiche ambientali
 - esposizione a inquinanti chimici, fisici e microbiologici in ambienti confinati e non (inquinamento *indoor* e *outdoor*).
- La prima tipologia di fattori di rischio è comune a tutta la tematica, mentre la seconda è a sua volta suddivisa in 4 tipologie di determinanti: esposizione a sostanze chimiche, inquinamento *indoor*, inquinamento di matrici ambientali, esposizione ad agenti chimici (UV e campi elettromagnetici).

Sulla base delle raccomandazioni Oms [6], il Pnp individua l'inquinamento dell'aria da traffico, riscaldamento e insediamenti industriali come prioritario nell'ambito dell'inquinamento *outdoor*, con particolare attenzione agli ambienti urbani. L'inquinamento ambientale è influenzato da tutte le principali politiche di sviluppo, trasporto, uso del territorio che possono

venire adottate a diversi livelli decisionali [7]. Dunque il Ssn in questo ambito può esercitare un ruolo solo di concerto con tutti gli altri attori della società. Le funzioni principali del Ssn in questo ambito si espletano nelle valutazioni d'impatto a cui è chiamato a contribuire, oltre che per le politiche e le pianificazioni, anche per nuovi impianti o opere (Vis, Vas), nell'azione di sensibilizzazione e *advocacy* verso gli altri attori/settori, nel monitoraggio degli effetti e nello studio delle cause e dei meccanismi di interazione.

La *figura 1* mostra le relazioni fra le forze trainanti, pressioni, stato, esposizione ed effetti sulla salute dell'inquinamento dell'aria e i livelli ai quali agiscono le principali strategie previste dal Pnp e dai Prp. Si precisa che alcuni obiettivi specifici del Pnp possono essere considerati pertinenti con l'inquinamento dell'aria e si trovano elencati in *figura 2* (vedi punti elenco da 1 a 5). A ciascun obiettivo sono stati associati indicatori centrali previsti dal Documento di valutazione (per approfondimenti vedi [2]).

Non tutte le fasi del modello sono monitorate dagli indicatori centrali. Inoltre, per interpretare correttamente alcuni degli indicatori centrali proposti e i possibili indicatori di esposizione e di effetto che il modello stesso propone, è necessario avere alcune informazioni sul

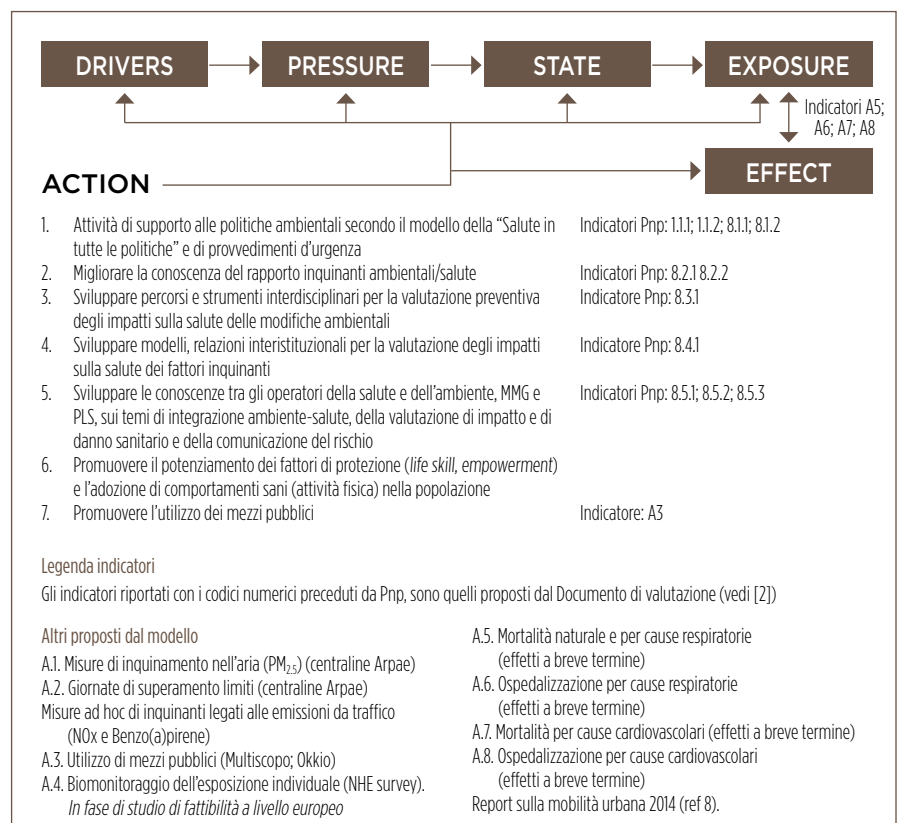


FIG. 2 - QUALITÀ DELL'ARIA, INDICATORI
 Elenco indicatori proposti dal modello e loro relazione con le azioni del Piano nazionale della prevenzione

contesto. Sono stati dunque inseriti degli indicatori aggiuntivi che possono aiutare a interpretare i cambiamenti osservati e a metterli in relazione con le azioni messe in atto.

La *figura 2* mostra gli indicatori aggiuntivi proposti dal modello e la loro collocazione nel modello Dpseea. Gli indicatori sono basati su informazioni raccolte correntemente in tutti i casi, eccetto gli indicatori di biomonitoraggio, la cui raccolta non è mai stata armonizzata e messa a regime, nonostante sia stata raccomandata più volte dalla Comunità europea. Inoltre, il sistema di indicatori potrebbe essere corredato dall'indagine "Dati ambientali nelle città". Gli ultimi dati raccolti (relativi all'anno 2015) [8] contribuiranno anche ad alimentare l'Osservatorio ambientale sulle città, un database progettato per la gestione integrata dell'informazione statistica relativa alle principali tematiche ambientali in ambito urbano, che potrebbe essere molto utile al monitoraggio degli obiettivi inerenti questo tema del Pnp. Il sistema di indicatori adottato dall'Osservatorio segue uno schema comune per tutti i paesi membri della Ue e un modello interpretativo molto simile al Dpseea [9]. Un tale sistema di indicatori potrebbe essere utilizzato sia per la valutazione del Pnp e dei Prp come *policy* di sistema, sia per valutare specifici interventi, come ad esempio:

- effetti a breve termine dei blocchi del traffico sullo stato (inquinante da traffico) e su effetti sanitari
- azioni di sensibilizzazione (formazione operatori, campagne informative dirette alla popolazione) su fonti di inquinamento emergente (riscaldamento a legna)
- azioni per promuovere la mobilità attiva nei tragitti casa-scuola e casa-lavoro, attività fisica non organizzata (percentuale di bambini che vanno a scuola a piedi)
- comunicazione del rischio e riduzione dell'esposizione individuale (*outdoor*: raccomandazione a non fare attività sportiva in alcune giornate; *indoor*: riscaldamento a legna).

Conclusioni

Per la prima volta il Piano nazionale della prevenzione si dota di un piano di valutazione oggettivo e applicabile uniformemente su tutto il territorio nazionale, che va ben oltre la certificazione delle attività svolte dalle regioni. Infatti, l'ambizione è di valutare

l'impatto del Piano nel suo insieme, della sua differente implementazione nelle diverse regioni e infine dell'efficacia nella pratica delle sue singole strategie, in modo da poter sfruttare l'esperienza del quinquennio per meglio programmare le azioni future.

Per fare ciò, il ministero della Salute ha finanziato un progetto per l'elaborazione di modelli per comprendere meglio i cambiamenti osservati e sfruttare al massimo le informazioni disponibili. Guardando all'ambito ambiente e salute, sebbene molti degli indicatori centrali del Pnp trovino collocazione all'interno del modello interpretativo adottato, emergono diverse criticità: gli indicatori del piano monitorano principalmente la parte del processo interna al Ssn (*actions* nel modello), e poco la capacità del Ssn di interagire con gli altri attori; l'attenzione può essere solo sugli effetti a breve termine, mentre sappiamo che gli effetti sulla salute si verificano in gran parte a lungo termine; le fonti utilizzate per monitorare indicatori di *pressure*, *state* ed *exposure*, non hanno sempre la cadenza necessaria per cogliere i cambiamenti eventualmente legati alle azioni del Pnp; infine alcune fonti per la misura di *state*, anche se teoricamente disponibili a livello nazionale, non forniscono dati della stessa qualità. Inquadrare la valutazione in modelli interpretativi si è dimostrato un utile strumento per orientare la

riprogrammazione, perché entra nel merito di quella difficile distinzione tra la parte dei risultati di salute che è attribuibile alle scelte strategiche e quindi alle azioni conseguenti e quella parte che invece dipende dal contesto. È inoltre in grado di distinguere i piani di azione che sono sotto la diretta responsabilità del Ssn e quelli su cui si può impattare solo attraverso politiche intersettoriali. Inoltre si è avuto un *input* alla revisione degli attuali sistemi informativi e di sorveglianza e a un più ampio uso delle banche dati già esistenti.

Paolo Giorgi Rossi¹, Serena Broccoli¹, Paola Angelini², Nicoletta Bertozzi², Andrea Ranzi³, Stefano Zauli Sajani³, Mario Braga⁴, Mimma Cosentino⁴, Mariagrazia Marvulli⁴, Laura Murianni⁵, Roberta Cialesi⁵, Stefania Vasselli⁶, Daniela Galeone⁶

1. Servizio interaziendale di epidemiologia, Ausl Reggio Emilia e Arcispedale S. Maria Nuova, Irccs, Reggio Emilia
2. Servizio Prevenzione collettiva e Sanità pubblica, Regione Emilia-Romagna
3. Centro tematico regionale Ambiente e salute, Arpa Emilia-Romagna
4. Agenzia nazionale per i servizi sanitari regionali (Agenas)
5. Istat, Direzione centrale per le statistiche sociali e il censimento della popolazione (Dcss) - Servizio sistema integrato salute, assistenza, previdenza e giustizia
6. Ministero della Salute, Direzione generale della prevenzione

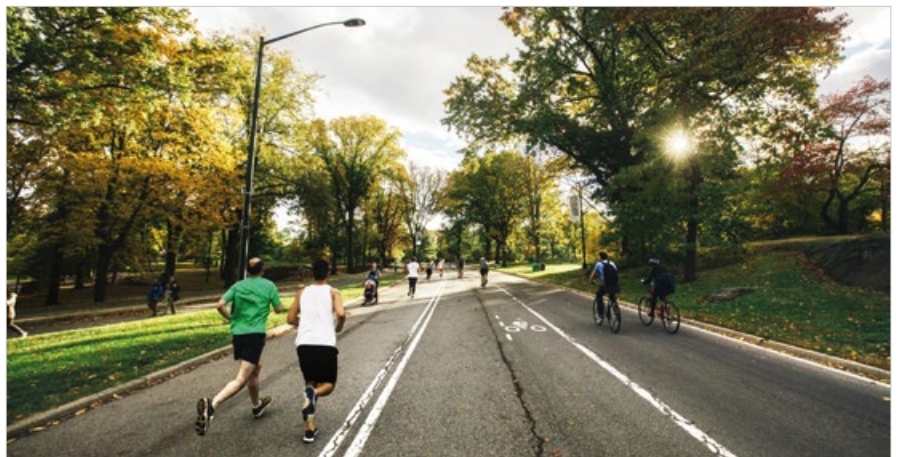
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Ministero della Salute. Piano nazionale della prevenzione 2014-2018. Consultabile in rete (ultimo accesso 20/02/2017): http://www.salute.gov.it/portale/news/p3_2_1_1.jsp?menu=notizie&p=dalministero&id=1908
- [2] Ministero della Salute. Piano nazionale della prevenzione 2014-2018, documento per la valutazione. Consultabile in rete (ultimo accesso 20/02/2017): http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=4242&area=prevenzione&menu=vuoto
- [3] Hambling T., Weinstein P., Slaney D., "A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health", *Int J Environ Res Public Health*, 2011, Jul;8(7):2854-75.
- [4] Briggs D., 1999, *Environmental Health Indicators: Framework and Methodologies*, Geneva, Nene Centre for Research, University College Northampton, WHO.
- [5] Waheed B., Khan F., Veitch B., "Linkage-Based Frameworks for Sustainability Assessment: Making a Case for Driving Force-Pressure-State-Exposure-Effect-Action (DPSEEA) Frameworks", *Sustainability*, 2009, 1, 441-463.
- [6] WHO, *Preventing disease through healthy environments: Towards an estimate of the environmental burden of disease*, European Centre for Environment and Health, World Health Organization, Geneva, 2006.
- [7] Lopez A.D., "The evolution of the Global Burden of Disease framework for disease, injury and risk factor quantification: developing the evidence base for national, regional and global public health action", *Global Health*, 2005, 1, 5.
- [8] Istat, *Dati ambientali nelle città 2015*, Roma, 2016, <http://www.istat.it/it/archivio/55771>
- [9] European Environmental Agency, *Environmental indicators: Typology and overview*, Smeets E., Weterings R. eds., Technical report No. 25, 1999, Copenhagen.

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E PATOLOGIE RESPIRATORIE

IMPORTANTI PASSI AVANTI PER LIMITARE GLI INQUINAMENTI ATMOSFERICI HANNO PRODOTTO IN EUROPA UN MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA, MA L'INQUINAMENTO PERMANE UN FORTE FATTORE DI RISCHIO PER LA SALUTE, SPECIE PER L'APPARATO RESPIRATORIO, CON EFFETTI DIVERSI A SECONDA DELLE SOSTANZE INQUINANTI.

L'inquinamento atmosferico rappresenta un problema cruciale per la salute pubblica globale, sia nei paesi industrializzati che in quelli in via di sviluppo. L'impatto dell'inquinamento sulla salute è tale da poterlo considerare il maggior rischio ambientale al mondo [1]. Sebbene in Europa negli ultimi anni vi sia stato un miglioramento della qualità dell'aria [2], soprattutto dovuto all'introduzione di più severe e restrittive legislazioni sulle emissioni inquinanti, condizioni di stagnazione o di scarsa ventilazione/turbolenza dell'aria influenzano negativamente la qualità di quello che respiriamo.



Problematiche respiratorie e inquinanti atmosferici

L'inquinamento atmosferico è dovuto a una miscela dinamica e complessa di sostanze; le più comuni componenti sono il materiale particolato (PM), l'ozono (O₃), gli ossidi di azoto (NO_x), il benzo(a)pirene e altri inquinanti, come monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), ossidi di zolfo (SO₂) [2]. Sono numerose le evidenze scientifiche che hanno correlato l'inquinamento dell'aria con la mortalità [3-5], ma gli effetti dannosi, sia acuti che cronici, a carico dell'apparato respiratorio rimangono i più rilevanti (tabella 1).

Particolato

Il particolato atmosferico è formato da un aerosol di fini particelle solide o liquide di dimensioni variabili da pochi nanometri a 100 µm. La maggior parte del materiale particolato che costituisce l'inquinamento atmosferico proviene da processi di combustione dei veicoli a motore termico e degli impianti di riscaldamento. Tra queste particelle, quelle che presentano diametri compresi tra 10 µm (PM₁₀) e 2,5 µm (PM_{2,5}) rappresentano il maggior

TAB. 1
EFFETTI A BREVE
E LUNGO TERMINE

Effetti dell'esposizione a breve e lungo termine dei diversi agenti inquinanti.

Sostanza	Effetti acuti	Effetti cronici
PM ₁₀ /PM _{2,5}	Infiammazione, riacutizzazione di malattie polmonari (BPCO)	Sviluppo di patologie ostruttive croniche (BPCO, asma) e di neoplasie polmonari; incremento della mortalità assoluta
Ozono	Infiammazione, broncospasmo	Aumento della mortalità da cause cardiovascolari e respiratorie
NO ₂	Infiammazione, broncospasmo, edema polmonare	Aumento della mortalità da tutte le cause, incremento del rischio di sviluppo di neoplasie polmonari
Benzo(a)pirene	-	Sviluppo di neoplasie polmonari
SO ₂	Infiammazione, broncospasmo, riacutizzazione di malattie polmonari (asma)	Sviluppo di asma

rischio per la salute in quanto sono le più respirabili. Gli studi hanno dimostrato che, una volta raggiunte le vie respiratorie e gli alveoli, le particelle di particolato possono danneggiare i polmoni attraverso tre meccanismi:

- 1) danno da radicali liberi dell'ossigeno [6]
- 2) iperespressione di citochine infiammatorie (IL-12, IFN-γ) [7]
- 3) alterata omeostasi del calcio, che promuove l'infiammazione [8].

Oltre a influire sulla mortalità per cause respiratorie e cardiovascolari [9], gli studi indicano che l'esposizione a particolato nel lungo periodo favorisce lo sviluppo sia di broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) [10] che di asma [11]. I pazienti

affetti da patologie respiratorie (es. asma e BPCO) esposti a elevati livelli di particolato presentano un più rapido declino della funzione polmonare con correlazione lineare alla concentrazione delle polveri nell'ambiente [12, 13]. Lo stato di infiammazione cronica indotta dall'esposizione a particolato favorisce inoltre lo sviluppo di riacutizzazioni flogistiche bronchiali e di conseguenti ospedalizzazioni nei pazienti con BPCO [14, 15].

Il materiale particolato predispone anche allo sviluppo di neoplasie polmonari ed è stato recentemente classificato come cancerogeno di classe 1 dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro

(Iarc). In questi casi la cancerogenesi è mediata sia dal danno diretto del particolato e dei radicali liberi dell'ossigeno sul Dna sia dalle mutazioni indotte a carico dei principali oncosoppressori quali K-ras e p53 [16-18].

Ozono

L'ozono è un composto trivalente dell'ossigeno comunemente presente in natura nella stratosfera, dove viene prodotto attraverso l'interazione dei raggi ultravioletti e delle molecole di ossigeno (ciclo ozono-ossigeno). Il suo ciclo di produzione partecipa alla riflessione dei raggi ultravioletti che giungono sulla terra. Ai livelli più bassi dell'atmosfera l'ozono viene prodotto dall'interazione fra i raggi solari e idrocarburi od ossidi dell'azoto, contribuendo dall'inquinamento atmosferico. L'ozono è una molecola altamente reattiva che, attraverso la formazione di radicali liberi dell'ossigeno, può causare infiammazione e morte cellulare. In caso di esposizione a concentrazioni superiori a 120 µg/m³ si osserva incremento dei neutrofilo e di citochine proinfiammatorie (IL1a, IL1b) a livello polmonare [19-21]. L'esposizione acuta è accompagnata da episodi di tosse e broncocostrizione sia negli individui asmatici che negli individui sani [22-26]. Recenti ricerche sull'esposizione a lungo termine a elevate concentrazioni di ozono hanno inoltre evidenziato una possibile correlazione con incremento della mortalità da cause cardiovascolari e respiratorie [27-29].

Ossidi di azoto

Gli ossidi dell'azoto, in particolare il biossido di azoto, sono per la maggior parte liberati nell'ambiente dai motori termici dei veicoli. Sebbene gli effetti di questi inquinanti siano difficili da valutare singolarmente, è stato dimostrato che l'esposizione agli ossidi di azoto determina lo sviluppo di un'infiammazione locale a livello polmonare. L'entità di questa infiammazione è direttamente proporzionale alla concentrazione degli inquinanti nell'aria respirata e spazia dalla broncocostrizione all'edema polmonare con rischio di morte [30]. Gli effetti nei pazienti affetti da iperattività bronchiale, come gli asmatici, sono ancor più marcati: si determina infatti un peggioramento della funzione polmonare e della sintomatologia della patologia di base (tosse, respiro sibilante) [31]. L'esposizione a lungo termine è altresì grave, poiché determina un aumento della mortalità da tutte le cause (HR = 1.03 per 10-µg/m³ NO₂; 95% CI: 1.02, 1.03) [32] e il rischio di sviluppare una neoplasia polmonare

TAB. 2
LIMITI DI
ESPOSIZIONE

Limiti europei di esposizione a sostanze inquinanti (2016) [2]

Sostanza	Limite giornaliero	Limite annuale
PM ₁₀	50 µg/m³	40 µg/m³
PM _{2,5}	-	25 µg/m³
Ozono	120 µg/m³ (8h/giorno)	-
NO ₂	200 µg/m³ (1h)	40 µg/m³
Benzo(a)pirene	-	1 ng/m³
SO ₂	125 µg/m³ (3 giorni/anno)	-
CO	10 mg/m³ (8h/giorno)	-
Piombo	-	0,5 µg/m³
Benzene	-	5 µg/m³



(OR 1.59 per NO₂ media 4.8 ppb; 95% CI: 1.19, 2.12) [33].

Benzo(a)pirene

Il benzo(a)pirene è un idrocarburo policiclico aromatico che deriva principalmente dalla combustione di materia organica, come le carni, le biomasse, il fumo di sigaretta e i motori diesel. È una delle sostanze la cui cancerogenicità è nota da più tempo ed è classificata come cancerogeno di classe 1 dalla Iarc, poiché alcuni suoi metaboliti si legano direttamente al Dna favorendo lo sviluppo di tumori polmonari [34]. Il rischio relativo varia da 1.20 (CI: 1.11-1.29) per esposizioni a 100 µg/m³/anno [35] fino a 1.81(CI: 1.05-3.13) nei soggetti con esposizione professionale a lungo termine [36].

Anidride solforosa

Gli ossidi dello zolfo, tra i quali troviamo l'anidride solforosa (SO₂), sono liberati nell'atmosfera dai combustibili fossili contenenti zolfo come il carbone e i derivati del petrolio, sebbene con la diffusione del metano come principale combustibile fossile si è osservato una riduzione dei livelli atmosferici di SO₂. Trattandosi di specie altamente reattive

liberano nell'atmosfera solfati acidi responsabili in gran parte dei danni provocati a carico di chi è esposto. A livello dell'apparato respiratorio l'inalazione di anidride solforosa comporta una reazione infiammatoria sostenuta da danno diretto e dalla produzione di radicali liberi dell'ossigeno. Come già visto in precedenza per altri inquinanti, l'effetto nocivo dell'anidride solforosa è ulteriormente amplificato nei pazienti con preesistenti patologie respiratorie come l'asma. In questi soggetti, infatti, il deficit relativo di interleuchina 10 (IL-10) e l'alterazione del bilanciamento della risposta immunitaria Th1/Th2 potrebbero comportare una maggiore amplificazione dell'infiammazione [37,38], risultando in un aumentato rischio di sviluppo e riacutizzazione della malattia [39].

Alessandro Zanasi¹
Massimiliano Mazzolini²

¹ Associazione italiana studio della tosse (Aist), Bologna

² Dipartimento di Medicina specialistica, diagnostica e sperimentale (Dimes), Pneumologia e terapia intensiva respiratoria, Policlinico S. Orsola-Malpighi, Università di Bologna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] World Health Organization, *Burden of disease from household air pollution for 2012*, WHO, Geneva, 2014.
- [2] European Environment Agency, *Air Quality in Europe - 2016 report*, <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>
- [3] Schwartz J., Dockery D.W., Neas L.M., "Is daily mortality associated specifically with fine particles?", *J Air Waste Manag Assoc.*, 1996, Oct;46(10):927-39.
- [4] Ostro B., Hu J., Goldberg D., Reynolds P., Hertz A., Bernstein L., Kleeman M.J., "Associations of mortality with long-term exposures to fine and ultrafine particles, species and sources: results from the California Teachers Study Cohort", *Environ Health Perspect.*, 2015, Jun;123(6):549-56.
- [5] Brunekreef B., Beelen R., Hoek G., Schouten L., Bausch-Goldbohm S., Fischer P., Armstrong B., Hughes E., Jerrett M., van den Brandt P., *Res Rep Health Eff Inst.*, 2009, Mar; (139):5-71; discussion 73-89.
- [6] Kelly F.J., "Oxidative stress: its role in air pollution and adverse health effects", *Occup Environ Med*, 2003, 60:612-6.
- [7] Gordon S., "Alternative activation of macrophages", *Nat Rev Immunol*, 2003, 3:23-35.
- [8] Brown D.M., Donaldson K., Borm P.J. et al., "Calcium and ROS-mediated activation of transcription factors and TNF- α gene expression in macrophages exposed to ultrafine particles", *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 2004, 286:L344-53.
- [9] Analitis A., Katsouyanni K., Dimakopoulou K. et al., "Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality", *Epidemiology*, 2006, 17:230-3.
- [10] Andersen Z.J., Hvidberg M., Jensen S.S. et al., "Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study", *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183:455-461.
- [11] Young M.T., Sandler D.P., DeRoo L.A. et al., "Ambient air pollution exposure and incident adult asthma in a nationwide cohort of U.S. women", *Am J Respir Crit Care Med*, 2014, 190:914-921.
- [12] McCreanor J., Cullinan P., Nieuwenhuijsen M.J., Stewart-Evans J., Malliarou E., Jarup L., Harrington R., Svartengren M., Han I.K., Ohman-Strickland P., Chung K.F., Zhang J., "Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma", *N Engl J Med*, 2007, Dec 6; 357(23):2348-58.
- [13] Forbes L.J.L., Kapetanakis V., Rudnicka A.R., Cook D.G., Bush T., Stedman J.R. et al., "Chronic exposure to outdoor air pollution and lung function in adults", *Thorax*, 2009, 64:657-63.
- [14] Chen Y., Yang Q., Krewski D., Shi Y., Burnett R.T., McGrail K., "Influence of relatively low level of particulate air pollution on hospitalization for COPD in elderly people", *Inhal Toxicol*, 2004, Jan;16(1):21-5.
- [15] Dominici F., Peng R.D., Bell M.L. et al., "Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases", *JAMA*, 2006, 295(10):1127-34.
- [16] Vineis P., Husgafvel-Pursiainen K., "Air pollution and cancer: biomarker studies in human populations", *Carcinogenesis*, 2005, 26:1846-55.
- [17] Valavanidis A., Vlachogianni T., Fiotakis C., "8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis", *J Environ Sci Health C*, 2009, 27:120-39.
- [18] Raaschou-Nielsen O., Andersen Z.J., Beelen R., Samoli E., Stafoggia M., Weinmayr G., Hoffmann B. et al., "Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)", *Lancet Oncol*, 2013, Aug;14(9):813-22.
- [19] Johnston R.A., Mizgerd J.P., Flynt L., Quinton L.J., Williams E.S., Shore S.A., "Type I interleukin-1 receptor is required for pulmonary responses to subacute ozone exposure in mice", *Am J Respir Cell Mol Biol*, 2007;37:477-484.
- [20] Mudway I.S., Kelly F.J., "Ozone and the lung: a sensitive issue", *Mol Aspects Med.*, 2000, 21:1-48.
- [21] Park J.W., Taube C., Swasey C., Kodama T., Joetham A., Balhorn A., Takeda K., Miyahara N., Allen C.B., Dakhama A., Kim S.H., Dinarello C.A., Gelfand E.W., "Interleukin-1 receptor antagonist attenuates airway hyperresponsiveness following exposure to ozone", *Am J Respir Cell Mol Biol*, 2004, 30:830-836.
- [22] Kim C.S. et al., "Lung function and inflammatory responses in healthy young adults exposed to 0.06 ppm ozone for 6.6 hours", *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183 (9): 1215-21.
- [23] Schelegle E.S., Carl M.L., Coleridge H.M. et al., "Contribution of vagal afferents to respiratory reflexes evoked by acute inhalation of ozone in dogs", *J Appl. Physiol.*, 1993, 74: 2338-44.
- [24] McBride D.E., Koenig J.Q., Luchtel D.L. et al., "Inflammatory effects of ozone in the upper airways of subjects with asthma", *Am J Respir Crit Care Med*, 1994, 149(5): 1192-7.
- [25] Scannel C., Chen L., Aris R.M. et al., "Greater ozone-induced inflammatory responses in subjects with asthma", *Am J Respir Crit Care Med*, 1996, 154(1): 24-9.
- [26] Goodman J.E., Prueitt R.L., Chandalia J. et al., "Evaluation of adverse human lung function effects in controlled ozone exposure studies", *J Appl Toxicol*, 2014, 34: 516-24.
- [27] Atkinson R.W., Butland B.K., Dimitroulopoulou C., Heal M.R., Stedman J.R., Carslaw N., Jarvis D., Heaviside C., Vardoulakis S., Walton H., Anderson H.R., "Long-term exposure to ambient ozone and mortality: a quantitative systematic review and meta-analysis of evidence from cohort studies", *BMJ Open*, 2016, Feb 23;6(2):e009493.
- [28] Turner M.C., Jerrett M., Pope C.A. 3rd, Krewski D., Gapstur S.M., Diver W.R., Beckerman B.S., Marshall J.D., Su J., Crouse D.L., Burnett R.T., "Long-Term Ozone Exposure and Mortality in a Large Prospective Study", *Am J Respir Crit Care Med*, 2016, 193(10):1134-42.
- [29] Cakmak S., Hebborn C., Vanos J., Crouse D.L., Burnett R., "Ozone exposure and cardiovascular-related mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CANHEC) by spatial synoptic classification zone", *Environ Pollut*, 2016, 214:589-99.
- [30] Horvath S.M., "Nitrogen dioxide, pulmonary function, and respiratory disease", *Bull N Y Acad Med*, 1980, Nov-Dec;56(9):835-46.
- [31] Gillespie-Bennett J., Piers N., Wickens K., Crane J., Howden-Chapman P., "Housing Heating and Health Study Research Team. The respiratory health effects of nitrogen dioxide in children with asthma", *Eur Respir J*, 2011, Aug;38(2):303-9.
- [32] Cesaroni G., Badaloni C., Gariazzo C., Stafoggia M., Sozzi R., Davoli M., Forastiere F., "Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in Rome", *Environ Health Perspect.*, 2013, Mar;121(3):324-31.
- [33] Villeneuve P.J., Jerrett M., Brenner D., Su J., Chen H., McLaughlin J.R., "A case-control study of long-term exposure to ambient volatile organic compounds and lung cancer in Toronto, Ontario, Canada", *Am J Epidemiol*, 2014, Feb 15;179(4):443-51.
- [34] Friedberg E.C., Walker G.C., Siede W., 1995, "DNA Repair and Mutagenesis", *ASM Press*, Washington, DC, pp. 39-41.
- [35] Armstrong B., Hutchinson E., Unwin J., Fletcher T., "Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis", *Environ Health Perspect*, 2004, Jun;112(9):970-8.
- [36] Miller B.G., Doust E., Cherrie J.W., Hurley J.F., "Lung cancer mortality and exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in British coke oven workers", *BMC Public Health*, 2013;13:962.
- [37] Reno A.L., Brooks E.G., Ameredes B.T., "Mechanisms of Heightened Airway Sensitivity and Responses to Inhaled SO₂ in Asthmatics", *Environ Health Insights*, 2015, 9(Suppl 1):13-25.
- [38] Li R., Kou X., Tian J., Meng Z., Cai Z., Cheng F., Dong C., "Effect of sulfur dioxide on inflammatory and immune regulation in asthmatic rats", *Chemosphere*, 2014, Oct;112:296-304.
- [39] Zheng X.Y., Ding H., Jiang L.N., Chen S.W., Zheng J.P., Qiu M., Zhou Y.X., Chen Q., Guan W.J., "Association between Air Pollutants and Asthma Emergency Room Visits and Hospital Admissions in Time Series Studies: A Systematic Review and Meta-Analysis", *PLoS One*, 2015, Sep 18;10(9):e0138146.
- [40] United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015, *The Paris Agreement*, http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

L'ESPOSIZIONE COME FATTORE DI RISCHIO CARDIOVASCOLARE

CRESCENTI EVIDENZE SCIENTIFICHE AVVALORANO L'IPOTESI CHE L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO COSTITUISCA UN IMPORTANTE FATTORE DI RISCHIO PER LE MALATTIE CARDIOVASCOLARI E L'INFARTO MIOCARDICO ACUTO. NUMEROSE OSSERVAZIONI SUGGERISCONO UN COLLEGAMENTO TRA ESPOSIZIONE E SINDROME CORONARICA ACUTA.

L'inquinamento atmosferico è stato da tempo riconosciuto quale fattore di rischio per l'insorgenza di malattie neoplastiche e dell'apparato respiratorio. Meno note erano fino a una decina di anni fa le correlazioni tra inquinamento dell'aria e rischio di malattie cardiovascolari. Nel 2004 l'*American Heart Association* ha pubblicato un'ampia revisione delle evidenze disponibili nella quale l'inquinamento dell'aria veniva identificato come un significativo fattore emergente di rischio cardiovascolare [1]. L'esposizione agli inquinanti atmosferici è in grado di determinare un aumento dello stress ossidativo e degli indici infiammatori, vasocostrizione arteriosa, l'induzione di uno stato procoagulante e una disfunzione del sistema neurovegetativo, condizioni tutte che possono correlarsi all'insorgenza di complicanze di tipo cardiovascolare. Successivamente diverse osservazioni hanno suggerito il possibile ruolo dell'inquinamento atmosferico quale fattore scatenante l'infarto miocardico acuto, con la dimostrazione di una maggiore incidenza di eventi coronarici acuti in corrispondenza dei picchi giornalieri di alcuni inquinanti atmosferici, in particolare monossido di carbonio e sostanze particolate.

Inquinanti atmosferici

Il particolato

Il particolato atmosferico è costituito da una mistura di particelle solide e liquide (*particulate matter*, PM) sospese nell'aria che comprendono i prodotti diretti della combustione dei motori diesel e sostanze generate attraverso la trasformazione fisicochimica dei gas da parte dei raggi ultravioletti. Anche se migliaia possono essere i costituenti del particolato, i più comuni sono i nitrati, i solfati, gli idrocarburi policiclici aromatici, le endotossine, i frammenti cellulari, il ferro, il nichel, il rame, lo zinco e il vanadio. Le particelle vengono suddivise in base al loro diametro aerodinamico (espresso in μm). Le particelle sospese totali (Tsp) sono indicate come particelle inalabili, che non superano il naso e la cavità orale; le particelle comprese tra PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ costituiscono la *coarse fraction* più utilizzata dai sistemi di rilevamento ed epidemiologici.

Gas inquinanti

I principali gas inquinanti nelle aree urbane sono l'ossido di carbonio, l'anidride carbonica, i clorofluorocarburi, gli ossidi di azoto, la SO_2 , l'ozono e gli idrocarburi e sono prodotti per lo più dalla combustione

dei carburanti. L'ozono, gas naturalmente presente nell'atmosfera, è formato nella troposfera dalla reazione delle radiazioni solari ultraviolette con gli ossidi di azoto e gli idrocarburi, prevalentemente nei giorni di clima caldo-umido.

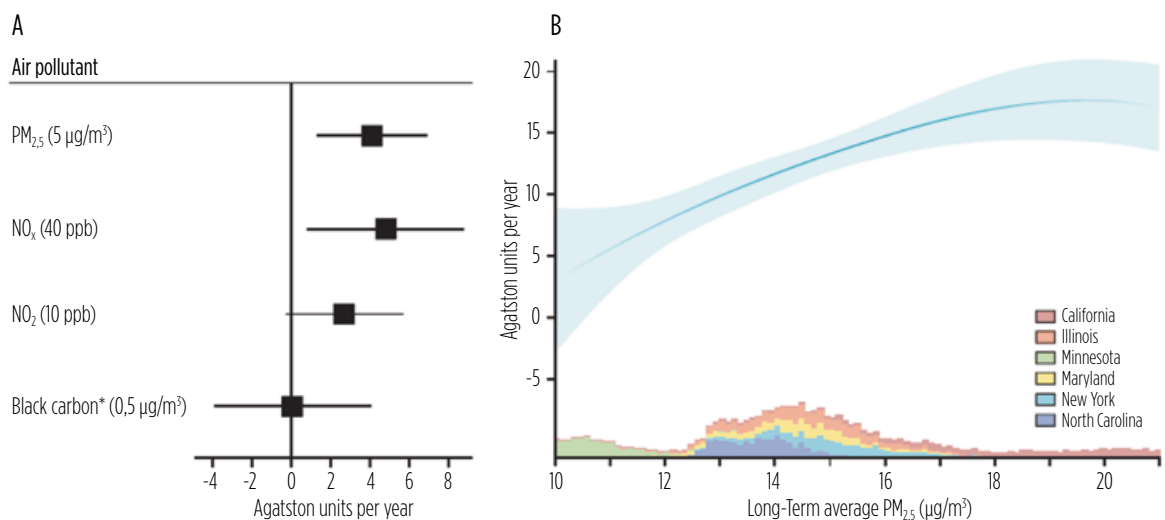
Inquinamento ambientale, morbilità e mortalità cardiovascolare

I dati sull'impatto dell'inquinamento sulle malattie cardiovascolari derivano da studi osservazionali di tipo prospettico, avviati dagli anni 90 in avanti, e da studi che hanno utilizzato la metodologia del *case cross-over* che confronta per ogni paziente i livelli di esposizione agli inquinanti atmosferici nel periodo precedente all'evento acuto, consentendo di studiare con maggiore precisione l'impatto delle variazioni atmosferiche giornaliere delle sostanze volatili, correggendo l'analisi per gli altri fattori di rischio [2]. Un effetto diretto di alterazione della stabilità delle placche aterosclerotiche coronariche è verosimilmente alla base dell'aumento dell'incidenza di infarto nelle ore immediatamente successive ai picchi di smog.

In un recente studio prospettico pubblicato nel 2016 su *Lancet* sui

FIG. 1
INQUINANTI E CALCIO
CORONARICO

Concentrazioni medie di inquinanti atmosferici nel lungo termine e progressione calcio coronarico. A) associazione longitudinale lineare degli inquinanti con coronaropatia e progressione di calcium score. B) curva concentrazione risposta (tasso di progressione del calcium score associato alla media $\text{PM}_{2.5}$). Tratta da Kaufman JD et al [3]





dati provenienti da sei grandi aree metropolitane americane, è emerso che le concentrazioni di $PM_{2,5}$ e inquinamento atmosferico dovuto al traffico urbano, nei *range* di concentrazione comunemente incontrati in tutto il mondo, sono associati alla progressione delle calcificazioni coronariche, valutate con il metodo validato del *calcium score* alla Tac, espressione di un'accelerazione del processo di aterosclerosi [3] (figura 1). Per quanto riguarda l'Europa, nel 2001 Katsouyanni et al. nell'*Aphea2 Project*, hanno condotto uno studio in 29 città europee che ha coinvolto 43 milioni di persone, stimando un aumento della mortalità giornaliera dello 0.6% e della mortalità cardiovascolare dello 0.69% per ogni aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del particolato atmosferico (PM_{10} , $PM_{2,5}$) [4].

Von Klot et al., in uno studio multicentrico europeo che ha riguardato un gruppo di 22.006 pazienti con un precedente infarto miocardico acuto seguiti per un periodo di 9 anni, dal 1992 al 2001, hanno dimostrato che in questi soggetti l'incidenza di nuovi ricoveri ospedalieri per reinfarto, angina, aritmie o scompenso cardiaco era associato in maniera statisticamente significativa con i livelli atmosferici giornalieri di PM_{10} (tasso di incidenza 1.021 per un incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), di CO (tasso di incidenza 1.014 per un incremento di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), di NO_2 (tasso di incidenza 1.032 per incremento di $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di ozono (tasso di incidenza 1.026 per un incremento di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [5].

Studi specifici sono successivamente stati condotti sull'inquinamento da particolato come possibile *trigger* di infarto miocardico acuto. D'Ippoliti et al. hanno valutato la relazione tra varie sostanze inquinanti ambientali (TSP, SO_2 , CO, NO_2) ed i ricoveri per infarto miocardico acuto negli ospedali di Roma dal gennaio 1995 al giugno 1997, attraverso un'analisi di tipo *case cross-over* [6]. Gli autori hanno osservato un'associazione statisticamente significativa tra insorgenza di infarto miocardico acuto e aumento delle concentrazioni atmosferiche di TSP, CO, NO_2 nei 2 giorni precedenti l'evento. In

particolare si è riscontrato un *odds ratio* di 1.028 (*Confidence Interval* [CI] 1.005-1.052) per un aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di TSP, di 1.026 (CI 0.99-1.05) per un aumento di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 , di 1.044 per un aumento di $1 \text{mg}/\text{m}^3$ di CO.

Nel 2013 sono stati pubblicati i risultati dello studio EpiAir2 (Sorveglianza epidemiologica dell'inquinamento atmosferico: valutazione dei rischi e degli impatti nelle città italiane). Lo studio ha esaminato 2.246.448 ricoveri ospedalieri urgenti per cause naturali di pazienti residenti e ricoverati, nel periodo 2006-2010, in 25 città italiane. I risultati dello studio confermano l'effetto sulle ospedalizzazioni per patologia cardiaca a breve termine dell'inquinamento atmosferico da PM_{10} , $PM_{2,5}$ e NO_2 , mentre non sono state rilevate associazioni positive per l' O_3 [7].

Carugno et al. hanno pubblicato nel 2016 uno studio condotto nella regione Lombardia sugli effetti dell'esposizione

alle sostanze particolante con diametro aerodinamico $<10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) e il biossido di azoto (NO_2) sui decessi e ricoveri per cause specifiche, tra cui cardiache, cerebrovascolari e respiratorie. La mortalità per cause cardiovascolari ha mostrato una associazione significativa con i livelli di NO_2 (1.12%, 90% CI:0.14;2.11), mentre la variazione di mortalità per causa respiratoria è risultata maggiormente correlata alla concentrazione di PM_{10} (1.64%, 90% CI:0.35; 2.93). Gli effetti di entrambi gli inquinanti sono risultati più evidenti nei mesi estivi [8].

Conclusioni

In conclusione, esistono crescenti evidenze scientifiche a supporto dell'ipotesi che l'inquinamento atmosferico costituisca un importante fattore di rischio emergente per le malattie cardiovascolari. Oltre all'effetto a lungo termine sul rischio cardiovascolare, più recentemente è stato dimostrato che l'inquinamento atmosferico rappresenta un fattore di rischio per infarto miocardico acuto, con numerose osservazioni che suggeriscono un collegamento tra l'esposizione a picchi di sostanze atmosferiche inquinanti e insorgenza di sindrome coronarica acuta.

Giuseppe Di Pasquale, Silvia Zagnoni

Unità operativa di Cardiologia,
Ospedale Maggiore di Bologna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Brook R.D., Franklin B., Cascio W. et al., "Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association", *Circulation*, 2004, 109: 2655-2671.
- [2] Mafri A., Proietti R., Klugmann S., "L'inquinamento atmosferico quale emergente fattore di rischio per le malattie cardiovascolari: una revisione aggiornata della letteratura", *G Ital Cardiol*, 2008; 9: 90-103.
- [3] Kaufman J.D., Adar S.D., Barr R.G. et al., "Association between air pollution and coronary artery calcification within six metropolitan areas in the USA (the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution): a longitudinal cohort study", *Lancet*, 2016, 388:696-704.
- [4] Katsouyanni K., Touloumi G., Samoli E. et al., "Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project", *Epidemiology*, 2001, 12: 521-531.
- [5] von Klot S., Peters A., Aalto P. et al., "Health Effects of Particles on Susceptible Subpopulations (HEAPSS) Study Group. Ambient air pollution is associated with increased risk of hospital cardiac readmissions of myocardial infarction survivors in five European cities", *Circulation*, 2005; 112: 3073-9.
- [6] D'Ippoliti D., Forastiere F., Ancona C. et al., "Air pollution and myocardial infarction in Rome: a case-cross-over analysis", *Epidemiology*, 2003, 14: 528-535.
- [7] Scarinzi C., Alessandrini E.R., Chiusolo M. et al., "Inquinamento atmosferico e ricoveri ospedalieri urgenti in 25 città italiane: risultati del progetto EpiAir2", *Epidemiol Prev*, 2013, 37: 230-241.
- [8] Carugno M., Consonni D., Randi G. et al., "Air pollution exposure, cause-specific deaths and hospitalizations in a highly polluted Italian region", *Environ Res.*, 2016, 147:415-24.

INQUINANTI ATMOSFERICI E PATOLOGIE ONCOLOGICHE

RICERCHE STATUNITENSIS ED EUROPEE HANNO DIMOSTRATO LA POTENZIALITÀ ONCOLOGICA DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI. PER DETERMINARE IL RISCHIO CANCEROGENO OCCORRONO MONITORAGGI E STUDI IN VITRO. DI GRANDE INTERESSE SONO I DATI EPIDEMIOLOGICI E SPERIMENTALI PRODOTTI DAL PROGETTO SUPERSITO IN EMILIA-ROMAGNA.

Molti anni sono trascorsi da quando è stata dimostrata la presenza nell'aria di inquinanti ambientali a potenzialità oncologica, prima che si riuscisse ad associare l'esposizione, sia all'inquinamento dell'aria esterna (*outdoor air pollution*), sia al particolato, con il tumore polmonare, con un nesso che ora possiamo definire causale.

La dimostrazione della cancerogenicità per l'uomo dell'*outdoor air pollution* e dell'inalazione del particolato è stata ottenuta essenzialmente da studi epidemiologici recenti, di grande dimensione (ad esempio Escape), condotti a cavallo degli anni 2013-2015 prevalentemente in coorti europee. La valutazione qualitativa della potenzialità oncologica è stata effettuata anche dall'*International Agency for Research on Cancer* (Iarc) nella sua monografia n. 109 del 2016 [1], preceduta (inusualmente), quasi 3 anni prima, da una breve sintesi della stessa, pubblicata su *Lancet Oncology* nel 2013 [2]. L'associazione causale è dimostrata per il carcinoma polmonare, ove i numerosi dati epidemiologici (studi di coorte e caso-controllo), sono supportati anche dai risultati ottenuti in oltre una decina di studi condotti su ratti e topi prevalentemente esposti per inalazione, e dai dati di genotossicità (livello genico e cromosomico), in numerosi saggi condotti in vivo nell'animale e in vitro a livello cellulare.

La valutazione Iarc riporta per il carcinoma della vescica una debole associazione con l'esposizione all'aria inquinata.

Il disallineamento temporale citato nel primo paragrafo è in parte sorprendente perché nell'aria urbana, che siamo obbligati a inalare per garantire l'apporto di ossigeno al nostro organismo, sono presenti decine di molecole che sono classificate come cancerogeni accertati (es. benzo(a)pirene come marcatore degli Ipa - idrocarburi policiclici aromatici,



benzene, arsenico, cromo esavalente, particolato di vario diametro), probabili (es. formaldeide nella classificazione Clp, alcuni Ipa) o possibili per l'uomo (es. alcuni altri Ipa).

D'altra parte, è la concentrazione che determina il rischio, una volta che sia stata identificata la potenzialità dell'effetto e la potenza dell'agente (*hazard*). Una delle spiegazioni plausibili per tale disallineamento, risiede nell'enorme differenza di potenza che esiste fra fumo di sigaretta e inquinamento dell'aria nell'indurre effetti oncogeni sullo stesso bersaglio primario, ovvero il polmone. Il fumo di sigaretta ha, infatti, una potenza molto elevata, mentre l'inquinamento dell'aria porta a eccessi neoplastici tutto sommato modesti. Per la dimostrazione del nesso causa-effetto è stato, quindi, necessario avere grandi coorti di esposti da osservare con metodologia epidemiologica, utilizzando anche le meta-analisi, con un controllo rigoroso del fattore confondente "fumo di sigaretta" [3].

In passato, due studi rilevanti pionieristici erano stati condotti negli Usa sulla mortalità per tumore polmonare:

uno studio diede risultato negativo comparando l'inquinamento dell'aria di una città Usa fortemente inquinata a quello di una città Usa rurale [4], l'altro studio, risultato positivo, evidenziò un incremento del rischio di mortalità per tumore polmonare dell'ordine del 14% negli esposti alle concentrazioni maggiori di $PM_{2,5}$ [5].

Trascorso almeno un decennio, sono stati pubblicati i contributi di studi europei di buon disegno e di alta potenza statistica, in grado di apprezzare gli incrementi di rischio relativo (RR o HR) statisticamente significativi, negli studi epidemiologici di coorte e caso-controllo, essenzialmente mirati agli adulti.

Ora, a inizio 2017, possiamo rimarcare la relazione di causa-effetto tra inquinamento atmosferico in generale e il tumore polmonare e tra il particolato (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e lo stesso tipo di tumore osservata nello studio Escape [6]. Questo studio tra l'altro dimostra che la concentrazione di NO_2 non è associata alle patologie tumorali e in particolare all'insorgenza nell'uomo di carcinoma polmonare.

Tornando allo scenario statunitense, sempre lavori di Pope et al. [7] hanno dimostrato associazione tra concentrazioni elevate di $PM_{2,5}$ e incidenza di cancro polmonare con incremento di 0,8-44% di tumori polmonari per un incremento di 10 microgrammi di $PM_{2,5}/mc$ di aria. A concentrazioni basse di $PM_{2,5}$ l'effetto patologico più evidente riguarda le malattie cardiovascolari, mentre a concentrazioni elevate prevale l'effetto neoplastico [8].

Hamra et al. [9] hanno confermato i dati sugli effetti di PM_{10} e $PM_{2,5}$ per il carcinoma polmonare mediante meta-analisi (2014) mentre la pubblicazione Iarc Sci Publ 161 [3] tratta la relazione nell'uomo tra inquinamento atmosferico, essenzialmente da Ipa, e cancro polmonare.

Le stime di rischio sono quelle più importanti, perché tengono conto dell'esposizione e quindi si adattano alle situazioni locali variabili tra vari siti, specie nel confronto tra i siti rurali e quelli urbani. E in effetti la ricerca quinquennale nell'ambito del progetto Supersito, sponsorizzata dalla Regione Emilia-Romagna e condotta dall'Agenzia regionale prevenzione, ambiente ed energia (Arpa) sta producendo dati epidemiologici e sperimentali (cellulari in vitro e molecolari) di estremo interesse. Questa ricerca è stata preceduta dal progetto Monitor della Regione Emilia-

Romagna, nel cui contesto si è dimostrato che le emissioni del termovalorizzatore di Bologna non sono un fattore di maggior rischio in senso oncologico (si veda www.arpae.it/monitor).

In conclusione, il potenziale cancerogeno dell'aria atmosferica inquinata ha come bersaglio il polmone umano.

Accurati monitoraggi e studi in vitro e

meccanicistici potranno a breve definire meglio il rischio cancerogeno legato alla concentrazione.

Sandro Grilli

Professore Alma Mater Studiorum
Università di Bologna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Iarc (International Agency for Research on Cancer), 2016, Monographs on the evaluation of carcinogenic risk for humans, *Outdoor air pollution*, Vol. 109, pp. 1-454.
- [2] Espina Garcia C. et al., 2013, "The carcinogenicity of outdoor air pollution", *Lancet Oncology*, 14, pp. 1262-1263.
- [3] Iarc, 2013, *Air pollution and cancer* (eds. K. Straif, A. Cohen and J. Samet), Iarc Scientific Publications no. 161, pp. 1-169.
- [4] Dockery et al., 1993, "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities.", *N Engl J Med.*, 329(24). pp. 1753-1759.
- [5] Pope C.A. III et al., 2002, "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution", *JAMA*, 287(9), pp. 1132-1141.
- [6] Raaschou-Nielsen O. et al., 2013, "Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European study of cohorts for air pollution effects (Escape)", *Lancet Oncology*, 14, pp. 813-822, Published online July 10, 2013 [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70279-1).
- [7] Pope C.A. III, Dockrey D.W., 2006, "Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect", *Air & Waste Manage. Assoc.*, 56, pp. 709-742.
- [8] Pope C.A. III et al., 2011, "Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationships", *Environmental Health Perspectives*, 119 (11), pp. 1616-1621.
- [9] Hamra G.B. et al., 2014, "Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis", *Environmental Health Perspectives*, 122, pp. 906-911, <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408092>.

QUALITÀ DELL'AMBIENTE URBANO - IL FOCUS

INQUINAMENTO ATMOSFERICO NELLE AREE URBANE ED EFFETTI SULLA SALUTE, L'APPROFONDIMENTO SNPA

Il rapporto nazionale *Qualità dell'ambiente urbano - edizione 2016* (<http://bit.ly/AmbienteUrbano2016>), realizzato dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa), costituito da Ispra e dalle Arpa/Appa, persegue l'obiettivo di rendere disponibile un'informazione ambientale solida e condivisa sulla qualità dell'ambiente nelle aree dove più si concentra la popolazione: le città. Ogni anno, a fianco del rapporto, si aggiunge un focus su qualche aspetto che viene particolarmente approfondito.

Il focus della dodicesima edizione, pubblicata a fine 2016, è dedicato a *Inquinamento atmosferico nelle aree urbane ed effetti sulla salute*. Anche questo approfondimento è stato fortemente voluto dal Sistema per rispondere ai bisogni conoscitivi delle amministrazioni comunali, di cui Anci si è fatta tramite, su una materia cruciale che ogni inverno sale all'onore delle cronache e impone misure emergenziali di gestione degli episodi acuti di inquinamento.

Il focus, oltre ad approfondire sulla base della più significativa letteratura tecnica e scientifica la fenomenologia dell'inquinamento dell'aria e le principali sorgenti emissive, fa il punto sui risultati della ricerca in merito agli effetti sulla salute dovuti all'esposizione all'inquinamento atmosferico, mettendo in evidenza il ruolo e le attività che negli ultimi dieci anni i componenti del Sistema in particolare hanno svolto. Il focus punta anche a sottolineare l'importanza della comunicazione sull'inquinamento dell'aria e sugli effetti sulla salute, sia per quanto attiene gli aspetti metodologici, sia per le strategie comunicative.

Il documento è disponibile all'indirizzo <http://bit.ly/FocusAmbienteUrbano2016>



GLI SVILUPPI DELLA SCIENZA BASATA SULL'EVIDENZA

L'INTEGRAZIONE FRA EPIDEMIOLOGIA E TOSSICOLOGIA STA SEMPRE PIÙ CRESCENDO E SI FA STRADA UNA STRATEGIA VOLTA A UNA MIGLIORE IDENTIFICAZIONE DEI RISCHI PER LA SALUTE. GLI APPROCCI MULTIDISCIPLINARI RIESCONO A INTEGRARE MOLTEPLICI COMPETENZE E CONOSCENZE, GRAZIE ANCHE A STRUMENTI INFORMATICI INNOVATIVI.

Epidemiologia e tossicologia sono due discipline volte alla identificazione dei fattori correlati con le patologie. Entrambe concorrono alla valutazione dei rischi da esposizione e alla classificazione dei composti chimici. Storicamente, tuttavia, la tossicologia si è evoluta come una scienza a supporto delle evidenze epidemiologiche, soprattutto di patologie complesse. Ne troviamo un esempio illuminante nella storia dello studio della cancerogenesi chimica, che, oggi, più modernamente definiremmo cancerogenesi ambientale. La relazione causale fra esposizione e tumore fu descritta per la prima volta nel 1775 da Sir Percivall Pott, che identificò l'esposizione alla fuliggine quale causa del tumore dello scroto degli spazzacamini, poi classificato come un carcinoma delle cellule squamose.

Molto più tardi, nel 1918, Yamagiwa e Ichikawa eseguirono il primo studio di tossicologia nell'animale per confermare le osservazioni di Pott, ma solo nel 1933 si riuscì a comprendere che l'agente cancerogeno era rappresentato dagli idrocarburi policiclici aromatici.

Nello stesso anno Theodor Boveri pubblicava il primo lavoro sulle aberrazioni cromosomiche. Nasceva così un assioma che è restato inalterato per quasi settanta anni: l'esposizione ambientale determina mutazioni indotte da inquinanti genotossici e questa interazione è la causa di patologie complesse.

Su queste basi culturali, la tossicologia ha iniziato a concentrarsi su test *in vitro* e *in vivo* che dimostrassero le capacità mutagene delle sostanze e l'epidemiologia ha continuato a investigare le relazioni causa-effetto nelle popolazioni esposte. Per alcune classi di composti, quali i mutageni, i cancerogeni e i tossici per il sistema e la funzione riproduttiva, i risultati originati dalle due discipline sono stati utilizzati contemporaneamente per classificare tali composti in base alla loro pericolosità (certa, nel caso

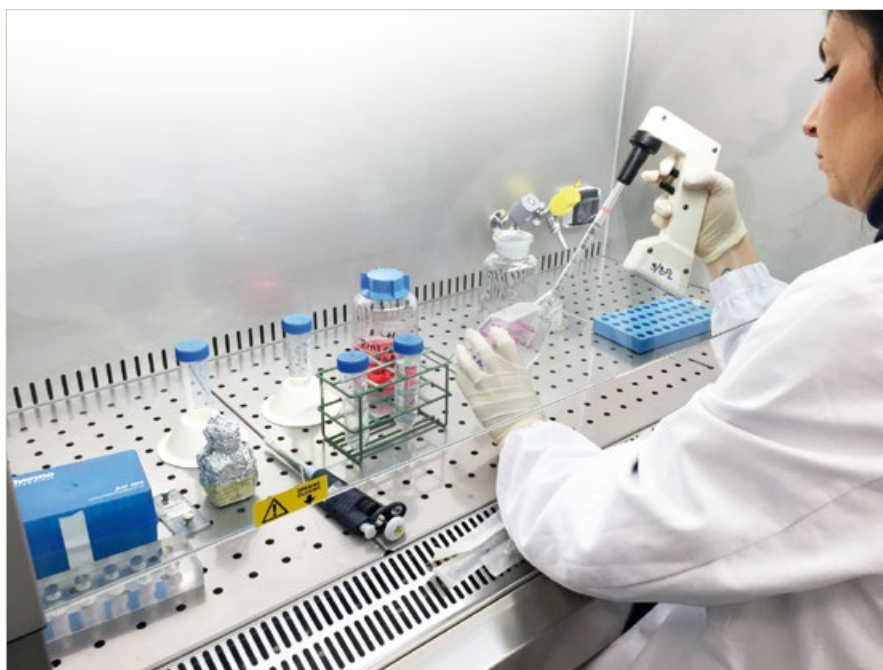


FOTO: ARCH. ARPAE EMILIA-ROMAGNA

si disponesse di dati epidemiologici, probabile sulla base dei soli dati *in vivo*, possibile su dati tossicologici evidenti, ma non sufficienti), ma senza mai cercare una lettura integrata delle informazioni che le due discipline fornivano.

Il divario tra epidemiologia e tossicologia ha iniziato a farsi più evidente, man mano che le conoscenze in campo genetico e molecolare avanzavano.

Mentre la tossicologia iniziava a riscrivere la storia naturale della patologia in tappe contrassegnate da eventi molecolari e la medicina si avvantaggiava di tali risultati, integrando nei percorsi diagnostici, prognostici e terapeutici i biomarcatori di rischio e di effetto, la nascente epidemiologia molecolare faceva non poca fatica a identificare marcatori di esposizione che fossero sufficientemente specifici per essere integrati nella descrizione della causalità degli effetti.

La seconda metà degli anni 90 è segnata da una intensa ricerca dei marcatori di suscettibilità, spesso legati a polimorfismi di popolazione, leggere

varianti dell'assetto di alcuni geni che sono in grado di conferire una maggiore o minore suscettibilità alle esposizioni. L'identificazione di questi polimorfismi permise di comprendere meglio alcuni risultati di studi epidemiologici, altrimenti difficili da interpretare.

È solo all'alba del terzo millennio, tuttavia, che si creano i presupposti per un'effettiva integrazione delle due discipline, quando le nuove tecnologie omiche vengono amalgamate nella nascente disciplina della tossicogenomica, che coniuga la tossicologia con la genomica. In pochi anni, la tossicologia si evolve nella tossicologia predittiva, un approccio basato su una valutazione meccanicistica degli eventi che determinano l'effetto finale. Non è, quindi, sufficiente stabilire il nesso causale fra esposizione ed effetto, ma è necessario spiegare il modo e il meccanismo con cui dall'esposizione si giunge all'effetto.

L'era della tossicogenomica, e in

particolare della trascrittomiche, ha aperto una finestra su percorsi inesplorati di conoscenza e ha gettato le basi perché la tossicologia e l'epidemiologia potessero trovare non un punto di incontro, semplicemente armonizzando i propri modelli predittivi, ma un ruolo specifico in una strategia integrata volta all'identificazione dei rischi per la salute basati sull'evidenza fenotipica e la plausibilità biologica.

La tecnologia *microarray*, che resta ancora oggi l'applicazione della tossicogenomica più utilizzata, consente di monitorare l'espressione di decine di migliaia di geni modulati nello stesso momento e di identificare profili di espressione genica indotti da differenti composti o associati a particolari condizioni fisiologiche o patologiche. Per ogni condizione è, quindi, possibile ottenere un profilo di geni modulati che costituiscono l'impronta specifica di una determinata esposizione o condizione fisiopatologica. Più di un decennio di studi di tossicogenomica hanno alimentato ampi database che supportano i cosiddetti studi *"in-silico"*, studi che utilizzano dati preesistenti per creare nuove correlazioni tra esposizioni ed effetti, con l'ausilio dei potenti strumenti di calcolo offerti dalla bioinformatica. Alcuni database si riferiscono a specifici utilizzi, come quelli relativi ai farmaci, quali il *Japanese Toxicogenomics Project* (Tgp o TG-GATEs) o DrugMatrix, entrambi pubblici e gratuiti.

Noi stessi abbiamo utilizzato Tgp, che si basa su 20.000 dati di *microarray* relativi a 170 composti, per sviluppare un innovativo metodo, recentemente pubblicato, per il calcolo di una dose soglia al di sotto della quale non c'è modulazione genica (Notel), un approccio che sarebbe stato impossibile basandosi esclusivamente sui dati sperimentali generati nei nostri laboratori su qualche decina di composti.

Altri database, quali il *Comparative Toxicogenomics Database* (Ctd) sono ancora più adatti per analizzare gli effetti delle esposizioni ambientali. Ctd include più di 200.000 correlazioni tra modulazioni geniche ed esposizioni ambientali, alimentate da oltre 26.000 pubblicazioni scientifiche e derivate dall'incrocio di circa 6.000 fattori ambientali e più di 20.000 geni in 336 organismi viventi, uomo incluso.

L'epidemiologia molecolare ha tratto nuova linfa dall'applicazione della tossicogenomica, soprattutto nel campo delle patologie complesse di origine ambientale, i tumori, il diabete,

la patologia cardiovascolare. I grandi traguardi sono stati raggiunti con un approccio multidisciplinare, portato avanti da gruppi di ricerca che hanno saputo integrare e amalgamare le diverse competenze al loro interno, quelle proprie dell'epidemiologia, della biologia molecolare, della tossicologia, della biostatistica e, ultima, ma non ultima, la bioinformatica.

Ne è un esempio eclatante il *Molecular Epidemiology Working Group* dell'*American Association for Cancer Research*, negli Stati Uniti, che ha traghettato la ricerca sulle cause di tumore dall'identificazione del nesso causale con i cancerogeni chimici e dalla identificazione della popolazione a rischio, all'individuazione dei geni candidati e alla delucidazione dei *pathway* metabolici dei tumori ormono-dipendenti, mammella, prostata ed endometrio, la cui storia naturale coinvolge enzimi che possono essere considerati marcatori di esposizione a distruttori endocrini presenti nell'ambiente.

Lo studio dell'interazione tra gene e ambiente, declinata non solo in chiave tossicologica, ma anche in chiave epidemiologica, è reso possibile non solo dalla disponibilità delle banche dati di tossicogenomica, ma anche dagli studi che già coniugano dati ambientali con dati di patologie e di varianti geniche, quali il *genome-wide association study* (Gwas), l'*environment-wide association study* (Ewas), o il database *Variants Informing Medicine* (Varimed). La letteratura scientifica si arricchisce ogni giorno di studi *data-driven*, che utilizzano la mole di informazioni già prodotte per le verifiche *in-silico* delle correlazioni fra esposizioni ambientali ed effetto e ne descrivono meccanismo e modo d'azione.

Negli ultimi anni è stato proposto uno schema concettuale che raccoglie l'esigenza di integrazione dei dati ottenuti a livello molecolare e cellulare, propri della tossicologia predittiva, con gli effetti ottenuti nei cosiddetti *end-point* apicali, organi e organismi, studiati dalla tossicologia classica, fino ad arrivare a definire gli effetti sulla popolazione, campo di eccellenza dell'epidemiologia. A questo schema è stato dato il nome di *adverse outcome pathway* (Aop), un nome che definisce esattamente il procedere dell'effetto avverso, ossia della patologia originata dall'esposizione, attraverso tappe discrete che vanno dagli effetti precoci a livello molecolare e cellulare fino all'effetto sulla popolazione. Gli Aop si prestano a essere popolati con i dati pre-esistenti e a mettere in luce lacune conoscitive che possono essere colmate da nuovi studi.



FOTO: ARPAE EMILIA-ROMAGNA

Uno dei primi esempi di uno studio che ben si adatta al paradigma Aop è rappresentato da Monitor, lo studio coordinato da Arpae per il monitoraggio del possibile impatto degli inceneritori presenti in Emilia-Romagna sulla salute della popolazione residente. I dati ottenuti dagli studi di tossicologia predittiva integrati con gli studi epidemiologici disegnano un Aop per gli esiti riproduttivi, rappresentati dai parti pre-termine, dove l'effetto nella popolazione, corroborato dall'evidenza epidemiologica, trova riscontro nella delucidazione dell'interazione gene-ambiente e nell'identificazione dei geni responsabili, e dove lo studio tossicologico dà riscontro della causa, non ascrivibile a una singola sorgente di emissione, ma più generalmente all'inquinamento dell'aria. Il progresso tecnologico non potrà altro che favorire una sempre maggiore integrazione fra le due discipline, un'integrazione che dovrà essere supportata, qui in Italia, al pari di quanto già altri paesi europei ed extraeuropei hanno realizzato, da solidi percorsi formativi, universitari e, in particolare, post-universitari, che favoriscano prima di tutto l'integrazione dei linguaggi, delle conoscenze e delle competenze.

Annamaria Colacci

Arpae Emilia-Romagna

INCIDENZA SULLA MORTALITÀ O ANTICIPO DELL'EVENTO?

GLI STUDI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO EVIDENZIANO CHE L'IMPATTO SULLA SALUTE NON RIGUARDA SOLO PERSONE CON CONDIZIONI COMPROMESSE. PREVALGONO GLI EFFETTI A MEDIO E LUNGO TERMINE A CAUSA DELL'ACCUMULO NEL TEMPO. LA RICERCA EPIDEMIOLOGICA PUÒ CONTRIBUIRE A INDIRIZZARE LE POLITICHE DI INTERVENTO E VALUTARNE L'EFFICACIA.

L'inquinamento atmosferico è un importante determinante della salute pubblica ed è il primo fattore di rischio non legato a stili di vita individuali, come riportato ormai da alcuni anni dalle stime del *Global burden of disease*, che classificano i fattori di rischio per la salute umana in base al loro carico globale di malattia sulla popolazione generale [1].

Sono svariati i composti compresi nell'aerosol urbano; il particolato fine (PM_{2,5}, la frazione con diametro inferiore a 2,5 µm) rappresenta una delle misure più utili per gli studi sugli esiti sanitari, tenuto conto della sua ben stabilita associazione con effetti negativi sulla salute e della plausibilità biologica dei meccanismi d'azione. Il particolato è infatti in grado di provocare infiammazione delle parti profonde del polmone, alterare la coagulabilità del sangue [2], sino a penetrare nel torrente circolatorio [3].

Gli effetti sulla salute umana si misurano in effetti a breve termine (verificabili nell'arco di ore o pochi giorni e legati a picchi giornalieri di inquinamento) e a lungo termine (effetti cronici misurabili nell'arco di anni e associati a livelli anche moderati di esposizione all'inquinamento). La letteratura più recente ha ormai individuato un ruolo dell'inquinamento anche in relazione a esiti di salute con periodo di esposizione intermedio rispetto ai due approcci sopra descritti, prime fra tutte le patologie legate alla riproduzione.

Gli studi sugli effetti a breve termine ("serie temporali") hanno mostrato una sistematica associazione dei livelli di inquinamento atmosferico con la mortalità generale ("naturale", ovvero tutte le cause non violente) e altri effetti negativi sulla salute [4, 5].

In riferimento agli studi sugli effetti a breve termine, che nel tempo hanno consolidato e quantificato il ruolo dell'inquinamento atmosferico, è stato sostenuto che l'inquinamento atmosferico



FOTO: TRIMMERZAI - FLICKR - CC

anticipi solamente delle morti che non sarebbero in ogni modo evitabili. Questo anche in considerazione del fatto che le popolazioni maggiormente a rischio per gli effetti ai picchi di inquinamento sono i soggetti più deboli.

Studi specifici sul tema hanno però evidenziato che questa ipotesi non è del tutto vera [6, 7]. Se gli effetti a breve termine dell'inquinamento coinvolgessero solo persone con condizioni di salute molto compromesse, si verificherebbe solamente un'anticipazione di eventi (morte, ricoveri) che sarebbero comunque avvenuti nel breve periodo (questo fenomeno è noto col nome di *harvesting*, cioè "mietitura"), mentre nei giorni successivi si dovrebbe assistere a una diminuzione della mortalità. Invece,

quando l'inquinamento atmosferico aumenta vi sono sì eccessi di mortalità causati dalle morti anticipate dei soggetti malati, ma questi eccessi non sono poi compensati da alcun successivo deficit di mortalità. Questo significa che l'inquinamento atmosferico peggiora le condizioni di salute già critiche negli individui più deboli fino al decesso, ma anche lo stato di salute dei soggetti con condizioni meno gravi, facendo affluire nuovi individui nella categoria dei cosiddetti "maggiormente suscettibili". Queste ipotesi sono state poi avallate anche da studi successivi [8]. Usando particolari metodologie, è stato valutato come l'effetto *harvesting* nel breve termine sia molto limitato e che l'effetto più importante sia

osservabile nel medio termine a causa dell'accumulo delle esposizioni nocive. Analogo risultato è stato ottenuto analizzando i dati del progetto Apha 2 [7]. L'estensione delle stime derivate dai principali studi italiani sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico [9], agli eventi verificatisi nei 15 giorni successivi alla variazione degli inquinanti atmosferici ha messo in evidenza che solo una parte limitata degli effetti a breve termine è dovuta al fenomeno di *harvesting*.

All'interno di una revisione sistematica delle evidenze di letteratura [10], si sono confrontati gli eccessi di rischio relativi alla mortalità per diverse scale temporali di esposizione: i risultati suggeriscono che gli studi delle serie temporali giornaliere colgono solamente una piccola parte degli effetti sulla salute legati all'esposizione a lungo termine. Viene inoltre evidenziato che l'associazione fra inquinante e mortalità sia maggiore all'aumentare della scala temporale dell'esposizione.

È noto come gli effetti a lungo termine dell'inquinamento siano mediamente di un ordine di grandezza superiore a quelli sul breve termine. Studi di coorte effettuati dapprima negli Stati Uniti e più recentemente anche in Europa hanno quantificato gli effetti sia sulla mortalità che sull'incidenza di patologie tumorali, contribuendo peraltro alla risoluzione della Iarc sulla cancerogenicità del particolato, in riferimento al tumore al polmone.

La prossima (imminente) generazione di studi epidemiologici è chiamata a valutare in maniera sinergica gli effetti dell'inquinamento su tutta la scala temporale di esposizione [11].

La stima degli impatti

Le evidenze sul ruolo "attivo" e indipendente dell'inquinamento atmosferico sono ormai consolidate, sia per gli effetti a breve termine, che per quelli legati a esposizioni di più lungo periodo.

A partire dal lavoro di Ostro [12], molti contributi dai primi anni 2000 hanno illustrato come sia possibile, a fronte di queste evidenze, stimare il numero di decessi attribuibili all'esposizione a inquinamento atmosferico (stime di impatto).

Un importante lavoro coordinato dall'Organizzazione mondiale della sanità, è quello della continua revisione delle evidenze scientifiche, al fine di proporre relazioni fra incrementi di inquinamento ed effetti sulla salute (le

cosiddette funzioni concentrazione-risposta), da utilizzare nelle stime di impatto.

L'Ufficio europeo dell'Organizzazione mondiale della sanità ha coordinato il progetto internazionale Revihaap (*Recensione di prove sugli aspetti sanitari dell'inquinamento atmosferico*) e Hrapie (*Rischi per la salute di inquinamento atmosferico in Europa*), che ha consegnato alla Commissione europea e ai diversi *stakeholder* indicazioni basate sulle prove riguardanti gli aspetti sanitari dell'inquinamento atmosferico. Il rapporto Hrapie è disponibile sul sito dell'Oms [13] e contiene le raccomandazioni sull'utilizzo delle funzioni concentrazione-risposta di ciascun inquinante, sia relativamente agli effetti a lungo termine che a quelli a breve termine. Lo stesso Ufficio europeo di Bonn ha programmato per il 2020 una nuova revisione delle linee guida.

È questo il punto in cui la ricerca epidemiologica può contribuire a indirizzare la pianificazione delle politiche di intervento e a valutarne

l'efficacia, in quanto calcoli simili possono essere eseguiti dalle autorità regionali o locali, per stimare gli eccessi di mortalità nelle loro aree e i guadagni potenzialmente raggiungibili con misure di riduzione dell'inquinamento atmosferico. È stata questa l'impostazione adottata, ad esempio, per la stima dei benefici (in termini di mortalità posticipata) all'interno del Piano aria integrato della Regione Emilia-Romagna (Pair2020), che ha valutato, attraverso diversi indicatori, il guadagno in termini di salute derivante dall'applicazione dei diversi scenari di riduzione dell'inquinamento atmosferico nella regione Emilia-Romagna delineati dal piano stesso.

Andrea Ranzi, Simone Giannini, Marta Ottone

Centro tematico regionale Ambiente e salute, Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] IHME, <http://www.healthdata.org>
- [2] Health Effects Institute, *Understanding the health effects of components of particulate matter mix: progress and next steps*, HEI Perspectives, 2002 (<https://www.healtheffects.org/publication/understanding-health-effects-components-particulate-matter-mix-progress-and-next-steps>),
- [3] Nemmar A., Hoet P.H.M., Vanquickeborne B. et al., "Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans", *Circulation*, 2002; 150: 411-4.
- [4] Katsouyanni K., Samet J.M., Anderson H.R., Atkinson R., Le Tertre A., Medina S., Samoli E., Touloumi G., Burnett R.T., Krewski D., Ramsay T., Dominici F., Peng R.D., Schwartz J., Zanobetti A., "Air pollution and health: a European and North American approach (Aphena)", *Res Rep Health Eff Inst*, 2009, Oct;(142):5-90.
- [5] Alessandrini E.R., Faustini A., Chiusolo M., Stafoggia M., Gandini M., Demaria M. et al., "Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2", *Epidemiol Prev*, 2013, 37(4-5):220-9.
- [6] Schwartz J., "Is there harvesting in the association of airborne particles with daily deaths and hospital admissions?", *Epidemiology*, 2001, 12(1):55-61.
- [7] Zanobetti A., Schwartz J., Siamoli E. et al., "The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement", *Epidemiology*, 2002, 13:87-93.
- [8] Valari, Myrto et al. "Time scale effects in acute association between air pollution and mortality", *Geophysical Research Letters*, 2001, 38.10.
- [9] Biggeri A., Bellini P., Terracini B., "Meta-analysis of the Italian studies on short term effects of air pollution - MISA 1996-2002", *Epidemiol Prev*, 2004, 28(4-5) Suppl:4-100.
- [10] Pope C.A. 3rd, Dockery D.W., "Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect", *J Air Waste Manag Assoc*, 2006, Jun;56(6):709-42. Review.
- [11] Kloog I., Ridgway B., Koutrakis P., Coull B.A., Schwartz J.D., "Long- and short-term exposure to PM_{2.5} and mortality: using novel exposure models", *Epidemiology*, 2013, Jul;24(4):555-61.
- [12] Ostro B., Chestnut L., "Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in United States", *Environmental Research*, 1998, A76: 94-106.
- [13] <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/health-aspects-of-air-pollution-and-review-of-eu-policies-the-revihaap-and-hrapie-projects>

GLI STUDI NELL'AREA METROPOLITANA DI BOLOGNA

Gli studi condotti nella realtà metropolitana bolognese, sulla scia di progetti internazionali, nazionali e regionali realizzati sulla stessa materia, sono stati finalizzati ad approfondire le evidenze scientifiche sulle interazioni fra inquinamento atmosferico e salute umana. Sotto la lente d'ingrandimento diversi fattori, come l'eccesso di mortalità, il numero dei ricoveri, gli anni di vita persi, in una visione complessiva d'impatto a breve e a medio termine. Non potevano mancare gli approfondimenti su patologie concomitanti e su altri fattori che possono produrre l'anticipo della morte o altre criticità come il grande freddo, le ondate di calore, l'epidemia influenzale e la mancata vaccinazione. Studi che si propongono di analizzare scientificamente i fenomeni per dare la giusta informazione ai cittadini e ai decisori, senza gli allarmismi che contraddistinguono spesso le prime pagine dei media nel momento cruciale della criticità.

Gli articoli del servizio sono a cura di:

*Fausto Francia, Paolo Pandolfi, Natalina Collina, Muriel Musti, Vincenza Perlangeli, Lorenzo Pizzi, Elisa Stivanello, Paolo Marzaroli, Chiara Giansante, Sara De Lisio
Dipartimento di sanità pubblica, Azienda Usl di Bologna*

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ALTRE CRITICITÀ SINERGICHE NEGLI EFFETTI SULLA SALUTE

Come riportato anche in altre parti di questo volume, numerose sono le evidenze sugli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana. I numerosi studi realizzati sulla relazione tra inquinamento atmosferico e malattia hanno avuto un'importanza notevole anche nella realizzazione di studi di impatto, studi in cui si valuta la quota di decessi o di carico di malattia attribuibili agli inquinanti atmosferici. Valutazioni di questo tipo sono stati condotti a livello internazionale, come nel progetto *Global Burden of Disease* (Gbd), a livello nazionale, come nell'iniziativa *Viias* (Valutazione integrata dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute) recentemente conclusa, o a livello regionale o locale. Questi progetti evidenziano il peso che l'inquinamento atmosferico ha sulla salute anche rispetto ad altri determinanti. Il progetto Gbd evidenzia come, nel 2015, l'esposizione all'inquinamento atmosferico da particolato sia tra i primi 6 fattori responsabili di *Daly (Disability-adjusted life years)* a livello globale; l'Organizzazione mondiale della sanità (Oms) ha recentemente calcolato che nel 2012 circa 3,7 milioni di persone sono decedute prematuramente a causa dell'inquinamento atmosferico; il progetto *Viias* stima che in Italia nel 2010 i deceduti attribuibili al $PM_{2,5}$ siano stati 21.524 e quelli attribuibili al biossido di azoto 11.993. Dal 2003 l'Azienda Usl di Bologna realizza una valutazione sull'impatto che l'inquinamento atmosferico, presente nel territorio del Comune e di tutta la Città metropolitana di Bologna, ha sulla salute in termini di mortalità, ricoveri e anni di vita persi. Tale valutazione nasce come strumento per campagne di comunicazione e informazione sui rischi sanitari dell'inquinamento e come strumento di supporto ai decisori, al fine di garantire "la tutela della collettività e dei singoli dai rischi connessi con gli ambienti di vita", come indicato dai Livelli essenziali di assistenza.



FOTO: LAURA CANTERO

TAB. 1
EFFETTI
A BREVE TERMINE

Numero e proporzione di eventi attribuibili agli effetti a breve termine (con relativi intervalli di confidenza al 95%), 2015, Città metropolitana di Bologna.

esito	PM ₁₀		PM _{2,5}		O ₃		NO ₂	
	N. eventi attribuibili	Prop. attrib. %	N. eventi attribuibili	Prop. attrib. %	N. eventi attribuibili	Prop. attrib. %	N. eventi attribuibili	Prop. attrib. %
Decessi per tutte le cause naturali	75 (63-87)	0,64 (0,54-0,74)	139 (51-226)	1,18% (0,43-1,93)	54 (26-80)	0,46 (0,22-0,68)	92 (55-130)	0,79 (0,47-1,11)
Decessi per patologie cardiovascolari	22 (14-49)	0,69 (0,43-1,55)			36 (11-61)	0,86(0,27-1,45)		
Decessi per patologie respiratorie	12 (8-38)	1,04 (0,69-3,19)			15 (2-28)	1,24 (0,19-2,33)		
Ricoveri per patologie respiratorie	84 (51-118)	0,69 (0,42-0,97)	223 (0-469)	1,83 (0-3,84)	85 (14-161)	0,7 (0,11-1,32)	288 (185-390)	2,36 (1,51-3,20)
Ricoveri per patologie cardiovascolari	113 (75-163)	0,78(0,52-1,12)	167 (31-303)	0,88 (0,16-1,6)	169 (95-242)	1,42 (0,79-2,03)		

Stime ottenute considerando una soglia di "non effetto" di 10 µg/m³ per il PM_{2,5}, di 20 µg/m³ per il PM₁₀ e il NO₂, di 70 µg/m³ per l'ozono

La valutazione viene condotta prendendo in considerazione le concentrazioni di PM₁₀, PM_{2,5}, biossido d'azoto (NO₂) e ozono (O₃), ossia gli inquinanti che presentano le maggiori criticità per la salute utilizzando le informazioni della rete delle centraline Arpa di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio della Città metropolitana. Viene calcolato sia l'impatto a breve, sia quello a lungo termine, espresso come numero di morti e di ricoveri in eccesso attribuibili ai vari inquinanti e come frazione di eventi (morti o ricoveri) che si sarebbero potuti evitare, o ritardare, se l'inquinamento non avesse superato una determinata soglia. L'impatto a lungo termine, limitatamente al PM_{2,5}, è espresso anche come anni di vita persi. Le stime di impatto vengono calcolate applicando al numero di eventi osservati nello stesso periodo e derivati da registri aziendali, le funzioni di rischio disponibili in letteratura e raccomandate dall'Oms all'interno di progetti quali Hrapie (*Health risks of air pollution in Europe*) e utilizzando il software AirQ dell'Oms. Le stime vengono calcolate per differenti soglie di "non effetto".

In base all'ultima valutazione di impatto a breve termine relativa alla qualità dell'aria del 2015, il numero dei morti per cause naturali attribuibili a PM₁₀ superiore a 20 µg/m³ nella Città metropolitana è pari a 75; 135 sono invece i decessi attribuibili a valori del PM_{2,5} superiori a 10 µg/m³; 54 quelli attribuibili a concentrazioni di ozono superiori a 70 µg/m³ e 92 quelli attribuibili a concentrazioni di biossido d'azoto superiori a 20 µg/m³. Si ricordi che tali stime non possono essere sommate

esito	N. eventi attribuibili	Proporzione attribuibile %
Decessi per tutte le cause naturali	595 (391-782)	5,10 (3,35-6,70)
Decessi per patologie cardiovascolari	335 (175-483)	7,96 (4,16-11,45)
Decessi per patologie respiratorie	94 (0-202)	7,96 (0-17,07)
Decessi per tumore al polmone	43 (20-65)	7,22 (3,35-10,77)

TAB. 2 - EFFETTI A LUNGO TERMINE

Numero e proporzione di eventi attribuibili agli effetti a lungo termine del PM_{2,5} (con relativi intervalli di confidenza al 95%), 2015, Città metropolitana di Bologna.

tra loro, vista una certa sovrapposizione degli effetti. Alle soglie considerate, come si vede nella *tabella 1*, il numero di eventi attribuibili rappresenta valori inferiori o di poco superiori all'1% di tutti gli eventi osservati, con l'eccezione della frazione di ricoveri per le patologie respiratorie che raggiunge il 2,36%. Una quota maggiore di eventi si osserva considerando gli effetti a lungo termine del PM_{2,5}, cui sono attribuibili 595 decessi, ossia il 5,10% di tutti i decessi e quasi l'8% dei decessi per patologie respiratorie e cardiovascolari, come si vede dalla *tabella 2*. L'aspettativa di vita alla nascita (quasi 84 anni nel 2015) si riduce di 0,46 anni ossia di 5 mesi e mezzo circa a causa del PM_{2,5} alle concentrazioni del 2015.

La disponibilità di dati sulle concentrazioni degli inquinanti dalla stessa centralina per più anni consente di effettuare



FOTO: ILARIA CONTE

un'analisi della serie temporale. A partire dai dati storici di una centralina da traffico (San Felice) per le polveri e biossido d'azoto e di una centralina da fondo urbano (Giardini Margherita) per l'ozono, si calcolano i rischi attribuibili per ogni anno. L'analisi dei dati dal 2000 al 2015 mostra una tendenza alla riduzione della proporzione di decessi attribuibili al PM_{10} , con un decremento superiore nei primi anni e un decremento più modesto e non continuo successivamente, come si vede in *figura 1*. L'analisi dei dati storici relativi al $PM_{2,5}$, disponibili da meno anni, presenta un simile trend in riduzione, mentre non si evidenzia alcun andamento specifico nell'impatto dell'ozono e del biossido d'azoto, come si vede in *figura 2*. Limitando il confronto tra il 2014 e il 2015 si osserva un aumento della frazione di decessi attribuibili alle polveri e al biossido di azoto. Questi andamenti riflettono ovviamente l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti rilevate in quella centralina: è noto e segnalato in precedenti rapporti Arpae il miglioramento negli ultimi anni della qualità dell'aria rispetto alle polveri, ad esempio, con un peggioramento nel 2015 rispetto all'anno precedente.

Come in tutti gli studi di impatto, i risultati di questa valutazione poggiano su varie assunzioni. Si assume che le funzioni di rischio utilizzate per i calcoli siano valide anche per la popolazione del territorio bolognese del momento e si assume come valore dell'esposizione media della popolazione la media dei valori di concentrazione giornaliera o oraria forniti dalle varie centraline Arpae del territorio.

Queste incertezze e la variabilità statistica devono richiamare la necessità di prendere queste stime come indicatori dell'ordine di grandezza del fenomeno. Fenomeno che ovviamente mira a offrire un quadro solo parziale degli effetti sanitari dell'inquinamento.

Infatti vengono considerati solo alcuni esiti, quali mortalità e ricoveri per alcune patologie, e non vengono considerati altri esiti di salute, seppur evidenziati da altri autori. Si deve poi aggiungere l'impatto che l'inquinamento ha sull'ambiente, sugli animali, sugli ecosistemi e sul clima, a loro volta associati alla salute e al benessere fisico e psichico dell'uomo di questa e delle generazioni successive.



FIG. 1
PARTICOLATO

Andamento della proporzione di decessi attribuibili alle polveri.

■ PM_{10}
× $PM_{2,5}$

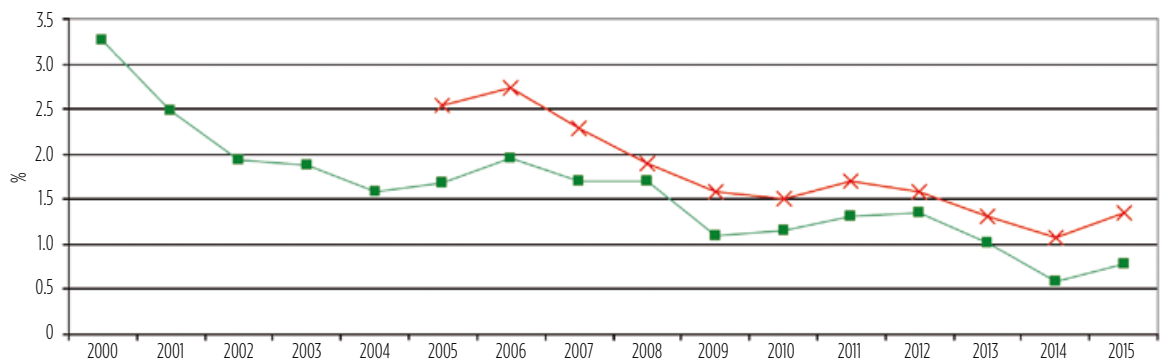
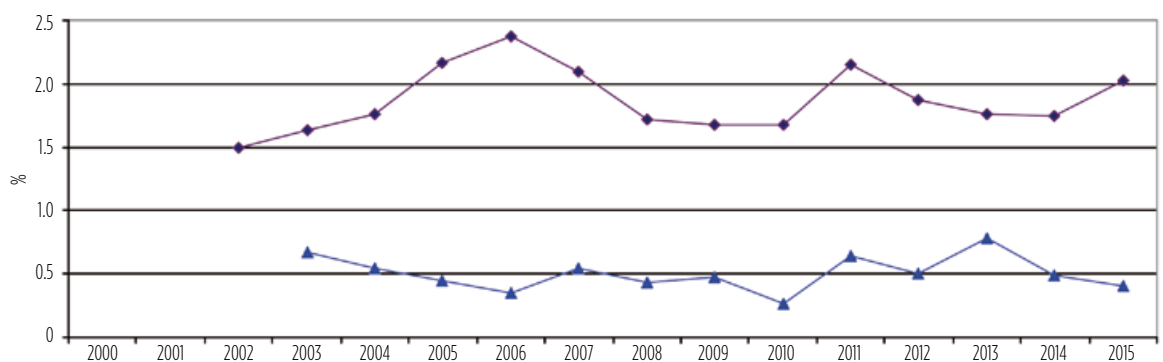


FIG. 2
OZONO
E BISSIDO D'AZOTO

Andamento della proporzione di decessi attribuibili a ozono e biossido d'azoto.

◆ NO_2
▲ Ozono



L'ECESSO DI MORTALITÀ NELL'ANNO 2015 NEL TERRITORIO DELLA AUSL DI BOLOGNA

Nel bilancio demografico, l'Istituto nazionale di statistica (Istat) ha segnalato un aumento dei decessi nell'anno 2015 (647.571, superiore di 49.207 unità rispetto al 2014) che hanno raggiunto il valore più elevato dal 1945.

Si tratta di un incremento complessivo dell'8,2% evidenziato in tutte le ripartizioni geografiche.

L'andamento mensile della mortalità, confrontato con i tre anni precedenti (2012-2014), mostra che il numero dei decessi è sempre maggiore di quello degli anni precedenti. Istat rileva che i picchi del 2015 si registrano particolarmente nei primi mesi dell'anno, quando si verifica la maggior diffusione di epidemie influenzali e nel mese di luglio, nel quale si sono sperimentate temperature particolarmente elevate per un periodo di tempo prolungato. Ai precedenti fattori identificati va aggiunto un effetto di "rimbalzo" della mortalità, che nel 2014 si era attestata su valori più bassi rispetto agli anni precedenti, con un guadagno in sopravvivenza da parte di individui anziani o molto anziani (l'85% dell'eccesso di decessi del 2015 è stato infatti registrato nella classe di età 75-95 anni). L'Istat conclude che il progressivo aumento del contingente dei grandi anziani (85 anni e più) comporta un aumento di popolazione in condizioni di fragilità e quindi più esposta al rischio di mortalità per eventi climatici atipici (inverni particolarmente rigidi e/o estati torride) o dovuto al contesto epidemiologico (sindromi influenzali particolarmente aggressive ecc.).

L'elevata mortalità nell'inverno 2014-2015, soprattutto a carico della popolazione anziana in concomitanza con i picchi di epidemia influenzale, è stato evidenziato anche nel Regno Unito e dal network europeo di sorveglianza EuroMomo per 13 paesi europei (Belgio, Francia, Grecia, Ungheria, Paesi Bassi, Portogallo, Spagna, Svizzera, Svezia, Inghilterra, Galles, Scozia, Irlanda) dei 26 nei quali è attivo.

Nel territorio della Ausl di Bologna nel 2015 si sono verificati 10.626 decessi, con un eccesso di mortalità del 9,8% (945 decessi in più) rispetto al 2014 e del 9,6% in più rispetto alla media del quinquennio 2010-2014.

Confrontando l'andamento del numero dei decessi per mese, si evidenzia che in tutti i mesi, tranne agosto, il numero dei deceduti è superiore a quello dei periodi di riferimento, con picchi di mortalità, rispetto al 2014, in corrispondenza dei mesi di gennaio, febbraio, marzo e luglio e con differenze percentuali che raggiungono il +24,6% nel mese di marzo (figura 1).

Analizzando il fenomeno per classi di età, l'eccesso di mortalità rispetto al 2014 è stato dell'11,1% negli over 64, raggiungendo il 12,2% nella popolazione >74 anni e il 16,2% in quella >90 anni. Rispetto alla media del quinquennio precedente, l'aumento più

rilevante si evidenzia nelle fasce di età 90-94 anni (+39,1%) e degli ultracentenari (+41,5%).

Valutando i tassi età specifici, dal confronto con il periodo 2010-2014, emerge un incremento a partire dalla classe di età 70-75 anni che aumenta con l'aumentare dell'età. Le femmine esprimono tassi più elevati rispetto ai maschi. Anche dal confronto con l'anno 2014 si evidenzia una variazione dei tassi specifici per età più evidente nel genere femminile e nelle classi di età più anziane (tabella 1).

Dall'analisi delle cause di morte per grandi gruppi si è rilevato che l'eccesso di mortalità è dovuto principalmente a un incremento delle malattie dell'apparato respiratorio (+25,5% rispetto al 2014), delle malattie infettive (+47,5%) e dell'apparato genitourinario (+16,1%) (tabella 2).

In termini di valori assoluti, sul totale delle morti in eccesso (+945), le malattie infettive (+74) rappresentano il 7,8%, le malattie respiratorie (+200) il 21,2% e le malattie dell'apparato genitourinario (+30) il 3,2%. Complessivamente la mortalità osservata in queste tre grandi classi di cause di morte rappresenta quasi un terzo di tutta la mortalità in eccesso registrata nel 2015 rispetto al 2014 (304 decessi in più pari a +32,2% rispetto al 2014).

Analizzando nel dettaglio la mortalità per malattie infettive, si evidenzia un aumento percentuale dei tassi di mortalità nelle classi più anziane, in particolare nei maggiori di 90 anni. L'ulteriore analisi effettuata per verificare a quali specifiche patologie fosse attribuibile l'eccesso di mortalità ha evidenziato un significativo incremento delle morti per sepsi, pari al 51% in più rispetto alla media del quinquennio di riferimento.

È stata inoltre condotta un'analisi specifica sulle cause di morte per influenza e polmoniti, evidenziando un eccesso complessivo del 37,2% rispetto al 2014 in tutte le classi di età, con particolari aumenti nelle classi di età più anziane (99% dell'eccesso nella classe di età >65 anni).

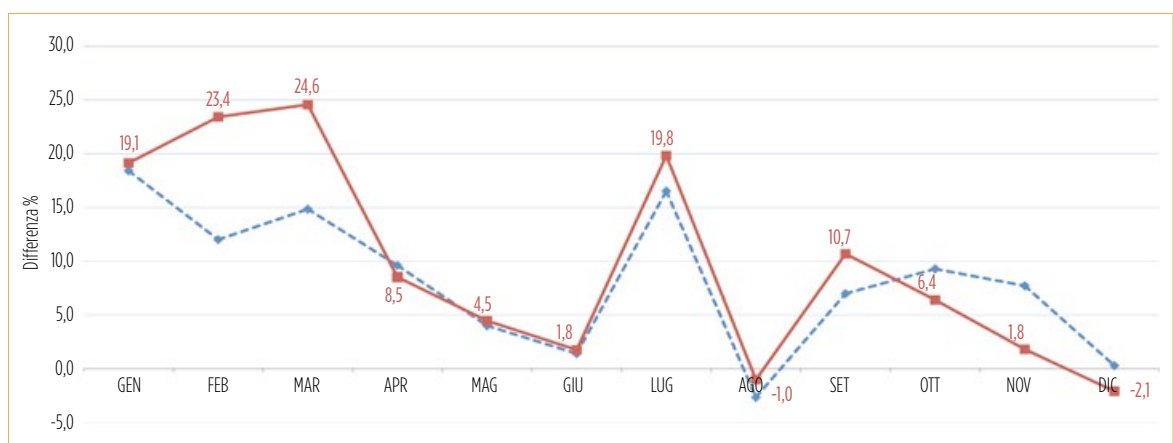
Del totale dei deceduti in eccesso (+945) rispetto al 2014, 86 sono attribuibili a influenza e polmonite (pari a più del 9% dell'aumento di mortalità osservato) e rappresentano circa il 40% dell'eccesso di mortalità per malattie respiratorie (86/200).

L'eccesso di mortalità rilevato per queste patologie risulta statisticamente significativo sia nei maschi (SMR=1,39 in media il 39% in più rispetto all'atteso) sia nelle femmine (SMR=1,50 in media il 50% in più rispetto all'atteso) (tabella 3).

FIG. 1
DECESSI

Variazione percentuale del numero di decessi per mese nella popolazione residente della Ausl di Bologna.

◆ $\Delta\%$ 2015/media 2010-2014
■ $\Delta\%$ 2015/2014



Conclusioni

Quanto osservato suggerisce, quindi, che alla base della mortalità in eccesso registrata nel 2015 rispetto al 2014 ci sono più fenomeni:

- 1) un effetto coorte, come suggerito da più studi pubblicati a livello nazionale. Si è verificato un forte aumento dal 1/1/2013 al 1/1/2015 delle persone nella fascia di età dei 90-94enni (+50%). Il fenomeno è conseguenza della bassa natalità negli anni 1917-1920 (prima guerra mondiale, crisi post-bellica, epidemia di spagnola in Europa) e del boom demografico dei primi anni 20: negli anni prima del 2011 la classe 90-94enni era poco numerosa perché costituita dai nati durante il periodo a bassa natalità, negli ultimi anni i 90-94enni sono i nati durante il boom di natalità dei primi anni 20
- 2) un effetto dell'ondata di calore particolarmente intensa e prolungata nel tempo osservata nel mese di luglio 2015
- 3) un effetto di minore copertura vaccinale contro l'influenza tra le classi di età più anziane. Nel nostro territorio la copertura vaccinale nella campagna 2014-2015 è stata la più bassa verificatasi nell'ultimo decennio (50,1%).

Classi di età	Variazione % del tasso specifico di mortalità 2015 vs media 2010-2014		
	Maschi	Femmine	Totale
0-64	-11,1	-5,7	-9,0
65-69	-3,5	1,1	-1,6
70-74	-1,9	6,0	1,5
75-79	5,4	0,8	3,7
80-84	2,1	6,8	5,0
85-89	2,4	5,7	4,7
90-94	4,6	15,7	11,9
95-99	12,0	12,6	12,2
>=100	10,7	18,3	17,7

TAB. 1- MORTALITÀ

Variazione % del tasso specifico di mortalità calcolato per il 2015 rispetto al tasso medio del medesimo periodo 2010-2014, per genere e classe di età, Ausl di Bologna.

Fonti dati: Registro di mortalità, Ausl di Bologna

Classi d'età	Malattie infettive		Tumori		Malattie sistema circolatorio		Malattie sistema respiratorio		Malattie apparato digerente		Malattie apparato genitourin.		Tutte le cause	
	2015	Diff%	2015	Diff%	2015	Diff%	2015	Diff%	2015	Diff%	2015	Diff%	2015	Diff%
0-64	5,2	-12,9	67,5	-10,1	21,2	-14,2	3,6	-4,1	6,2	7,2	0,5	7,0	137,2	-3,3
65-69	19,0	-29,1	496,6	-10,6	188,4	-10,7	60,9	37,0	49,5	47,5	15,2	88,3	981,7	2,6
70-74	34,6	8,4	789,0	2,8	304,8	-13,0	101,6	20,6	60,5	4,4	15,1	-8,0	1552,0	7,2
75-79	63,8	31,6	1148,1	2,0	808,7	5,5	195,9	15,0	100,2	4,2	43,3	6,4	2804,2	9,5
80-84	194,5	56,4	1552,9	-6,9	1773,9	1,2	462,6	7,6	191,5	8,0	94,3	18,7	5401,2	11,7
85-89	332,4	21,9	2252,6	-0,6	4041,6	-0,3	1251,0	36,2	341,2	-14,4	231,8	12,8	10454,0	7,4
90-94	558,8	47,2	2694,9	6,0	8796,8	10,4	2145,1	18,8	694,0	8,7	676,0	39,7	19477,2	13,0
95-99	1120,7	172,3	3056,5	12,9	15486,5	7,3	4533,9	31,4	713,2	-32,2	713,2	24,0	32756,0	12,5
>=100	483,1	0,0	2173,9	-23,6	29227,1	20,4	4347,8	-25,1	966,2	4,0	724,6	-22,0	55555,6	19,1
Totale	36,2	47,5	342,4	0,7	420,0	11,5	112,1	25,5	43,2	9,1	24,5	16,1	1218,8	9,6
SMR 2015	1,30 (1,17-1,42)*		0,97 (0,94-1,01)		1,03 (1,00-1,06)		1,21 (1,141-1,27)*		1,01 (0,91-1,12)		1,22 (1,07-1,37)*		1,09 (1,07-1,11)*	

TAB. 2 CAUSE DI MORTE

Tassi specifici per classi d'età (per 100.000 abitanti) anno 2015 e variazione % rispetto al 2014 per i principali settori nosologici e SMR 2015**.

Fonti dati: Registro di mortalità, Ausl di Bologna

*statisticamente significativo,

**standard di riferimento: tassi specifici per età e genere Ausl Bologna, periodo 2010-2014

TAB. 3 INFLUENZA E POLMONITE

Mortalità per influenza e polmonite Ausl di Bologna, periodo 2010-2015: numero di decessi, tassi grezzi e standardizzati (x 100.000 abitanti, popolazione standard Italia 2001) e SMR 2015**.

Fonti dati: Registro di mortalità, Ausl di Bologna

*statisticamente significativo,

**popolazione standard Italia 2001

***standard di riferimento: tassi specifici per età e genere Ausl Bologna, periodo 2010-2014

Anno	Femmine					Maschi					Totale				
	N	TG	TSTD	IC 95%		N	TG	TSTD	IC 95%		N	TG	TSTD	IC 95%	
2010	94	21,1	13,8	11	16,7	102	24,8	16,2	13,0	19,4	196	22,9	15,1	13,0	17,3
2011	107	23,8	15,2	12,3	18,1	91	22,0	13,9	11,0	16,8	198	22,9	14,7	12,6	16,8
2012	107	23,7	14,7	11,9	17,5	100	24,0	14,7	11,8	17,7	207	23,8	14,9	12,8	17,0
2013	103	22,8	14,1	11,4	16,9	98	23,5	14,0	11,1	16,8	201	23,1	14,2	12,2	16,2
2014	126	27,8	17,2	14,1	20,2	105	25,2	15,2	12,2	18,2	231	26,5	16,4	14,2	18,5
2015	169	37,2	22,4	18,9	25,8	148	35,4	20,5	17,1	23,9	317	36,4	21,7	19,3	24,1
SMR 2015		1,50 (1,31-1,68) *					1,39 (1,20-1,58) *					1,44 (1,31-1,57) *			

L'INCIDENZA DELLE TEMPERATURE ESTREME SULLA SALUTE: EFFETTI DEL CALDO E DEL FREDDO

I cambiamenti climatici rappresentano un'emergenza che coinvolge anche l'ambito sanitario.

Oltre al riscaldamento globale, in questi ultimi decenni si è assistito a un aumento di eventi estremi, che comprendono non solo ondate di calore, ma anche alluvioni, siccità, incendi e periodi di freddo estremo; tutti eventi con importanti ripercussioni dirette e indirette sulla salute.

L'associazione esistente tra la temperatura e la mortalità ha una forma a U: il rischio generalmente aumenta linearmente e lentamente alle temperature inferiori alla temperatura con la minima mortalità, mentre aumenta in modo più ripido e non lineare alle alte temperature. Gli studi hanno evidenziato anche importanti differenze geografiche, sia rispetto ai rischi che rispetto alle temperature in cui si nota la minima mortalità. In Italia, la relazione tra mortalità e temperatura ha la forma rappresentata nella *figura 1*.

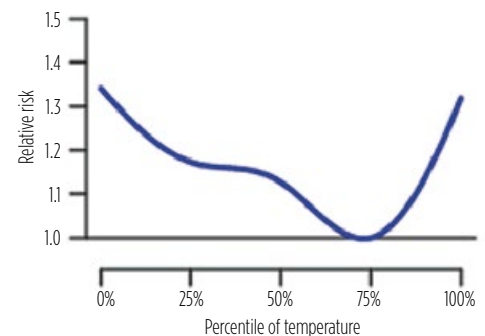
I meccanismi che spiegherebbero l'aumento della mortalità con l'aumentare della temperatura non sono completamente conosciuti e sarebbero molteplici. La mortalità per cause cardiovascolari alle alte temperature sarebbe associata al superamento della capacità di termoregolazione del corpo con cambiamenti della frequenza cardiaca, della viscosità sanguigna, alterazione della coagulazione, riduzione della perfusione cerebrale e attenuazione nella risposta vasocostrittiva. Il caldo aumenterebbe anche il rischio di morte per un'alterazione dell'equilibrio idro-elettrolitico.

La mortalità associata alle basse temperature sarebbe associata a stress sul sistema cardiovascolare, per modifiche della pressione arteriosa, della fibrinogenemia, aumento della viscosità del sangue, della vasocostrizione e della risposta infiammatoria. Il freddo ha altresì numerosi effetti sulle vie respiratorie, induce

FIG. 1
TEMPERATURE
E DECESSI

Relazione temperature e decessi (lag 0-21 giorni), in Italia.

Fonte: Guo et. al, *Epidemiology*, 2015.



broncoostrizione, riduce la mobilità ciliare e le difese favorendo così risposte infiammatorie locali con aumento del rischio di infezioni delle vie respiratorie.

La tempistica degli effetti sarebbe diversa a seconda che si tratti di alte o basse temperature: le basse temperature avrebbero un effetto sulla mortalità ritardato, ma prolungato anche fino a 3-4 settimane a seconda della causa di morte, mentre per le alte temperature gli effetti sarebbero più immediati, ma durerebbero solo 3-4 giorni.

Un importante studio multicentrico concluso nel 2015 e pubblicato su *Lancet* (Gasparrini, 2015) ha in ogni caso sottolineato il numero rilevante di decessi attribuibile a temperature non ottimali. Nello studio sono stati analizzati più di 74 milioni di decessi avvenuti in diversi paesi, Italia compresa, tra il 1985 e il 2012, evidenziando che in totale il 7,71% della mortalità era attribuibile a temperature considerate non ottimali per quel paese, con una grande variabilità tra nazioni, dal 3,37% della Thailandia al 11,00% della Cina. In Italia, il 10,97% dei decessi sarebbero attribuibili alle temperature non ottimali. Quello che emerge da questo studio è anche



FOTO: PHOTOMATH - FLICKR - CC

che i morti attribuibili alla temperature sarebbero imputabili soprattutto al freddo (7,29%), più che al caldo (0,42%), e questo avverrebbe anche in Italia; infatti, benché i rischi di decesso associati alle alte temperature siano alti, il numero di giorni con queste temperature costituisce una proporzione più piccola. Per lo stesso motivo, lo studio mette in evidenza che l'effetto di temperature estreme sarebbe complessivamente meno importante delle temperature cosiddette non ottimali, in quanto i giorni caratterizzati da temperature estreme sarebbero inferiori. Secondo questo studio, a Bologna la temperatura con la mortalità minima corrisponde al 78° percentile ed equivale a 22.9°C.

L'importanza di focalizzare l'attenzione anche sul freddo e non solo sul caldo era stata sottolineata anche da Paola Michelozzi, in una lettera al *British Medical Journal* (BMJ 2012;344:e2585) in seguito al periodo particolarmente freddo dei mesi da gennaio a febbraio del 2012, durante il quale si stima ci siano stati eccessi di mortalità del 25% tra i soggetti oltre i 75 anni residenti nelle grandi città.

Nello stesso anno poi, poiché le evidenze degli effetti del freddo sui ricoveri ospedalieri erano più scarse, l'Azienda Usl di Bologna ha intrapreso uno studio per analizzare l'associazione tra ondate di freddo e ricoveri per tutte le cause, per cause cardiache, respiratorie e cerebrovascolari.

A partire dalle schede di dimissione ospedaliera dei residenti nel comune di Bologna ricoverati nelle strutture della città durante il periodo invernale (ottobre-marzo) dal 2003 al 2012 è stato calcolato il numero giornaliero di ricoveri ordinari in urgenza per tutte le cause, per problemi respiratori (ICD-9 CM: 460-519), cardiaci (ICD-9 CM: 390-429) e cerebrovascolari (ICD-9 CM: 430-438) cui sono stati linkati i dati meteorologici e ambientali giornalieri rilevati da Arpa relativi allo stesso periodo.

In assenza di una definizione unanime di ondata di freddo, questa è stata definita in due modi: presenza di temperature medie inferiori al quinto percentile per almeno 3 giorni consecutivi (ondata di almeno 3 giorni), e presenza di temperature medie inferiori al quinto percentile per almeno 6 giorni consecutivi (ondata di almeno 6 giorni).

Per esaminare l'effetto sui ricoveri delle ondate di freddo di almeno 3 giorni e di almeno 6 giorni, è stato adottato un modello statistico che tenesse conto di altri fattori potenzialmente confondenti, quali la presenza di epidemia influenzale, il trend temporale, giorno della settimana, periodo di vacanza, inquinamento (come concentrazione di NO₂). Oltre a esaminare l'effetto sui ricoveri il giorno dell'ondata (lag 0), gli effetti sono stati poi esaminati su periodi diversi dall'inizio dell'ondata (lag 0-10, lag 0-20, lag 0-30 giorni) per tener conto del ritardo con cui si esercita l'effetto del freddo. Durante il periodo di studio, ci sono state 12 ondate di freddo di durata uguale o superiore a 3 giorni e 4 di durata uguale o superiore a 6 giorni.

Per quanto concerne i ricoveri totali, alle ondate di almeno 3 giorni è associato un aumento significativo del rischio di ricovero ai diversi lag studiati, ma non al lag 0. Al lag 0-10 il RR è 1.028 (IC95% 1.011-1.045) e al lag 0-20 il RR è 1.041 (IC95% 1.027-1.055). I risultati non sono invece significativi considerando le ondate di almeno 6 giorni.

Per quanto concerne i ricoveri per cause respiratorie, ambedue i tipi di ondata sono associati a un aumento significativo del rischio a tutti i lag studiati, con un effetto maggiore delle ondate di almeno 6 giorni al lag 0-10 (RR: 1.260, IC95%: 1.172-1.354). Le ondate di freddo non si associano a un aumento dei ricoveri per cause cardiache e cerebrovascolari.

Complessivamente, quello che si è osservato è un aumento dei ricoveri per tutte le cause e per le cause respiratorie, con effetti

evidenti anche oltre le 3 settimane, mentre non si è osservato un aumento dei ricoveri per cause cardiache o cerebrovascolari. A livello di salute pubblica, molto si sta facendo per limitare e controllare gli effetti degli eventi estremi da caldo. Tuttavia, questi dati sottolineano che sarebbe importante considerare uno spettro più ampio di temperature e comprendere quanta parte di questo eccesso di mortalità legato alle temperature non ottimali è prevenibile.

lag	RR	IC		lag	RR	IC	
ondate di almeno 3 giorni				ondate di almeno 6 giorni			
Ricoveri totali							
0	1.005	0.979	1.032	0	1.011	0.971	1.051
0-10	1.028	1.011	1.045	0-10	1.026	0.998	1.055
0-20	1.041	1.027	1.055	0-20	1.019	0.994	1.044
0-30	1.038	1.026	1.051	0-30	1.018	0.996	1.040
Ricoveri per cause respiratorie							
0	1.086	1.010	1.168	0	1.202	1.083	1.334
0-10	1.182	1.130	1.235	0-10	1.260	1.172	1.355
0-20	1.235	1.190	1.281	0-20	1.255	1.179	1.337
0-30	1.224	1.184	1.266	0-30	1.227	1.159	1.299
Ricoveri per cause cardiache							
0	0.994	0.931	1.061	0	1.015	0.921	1.118
0-10	1.008	0.968	1.049	0-10	0.998	0.931	1.069
0-20	1.023	0.989	1.058	0-20	0.972	0.915	1.033
0-30	1.001	0.971	1.031	0-30	0.948	0.897	1.001
Ricoveri per cause cerebrovascolari							
0	1.002	0.895	1.123	0	0.886	0.739	1.062
0-10	1.006	0.938	1.080	0-10	0.860	0.756	0.979
0-20	1.015	0.958	1.077	0-20	0.859	0.768	0.961
0-30	1.012	0.960	1.067	0-30	0.883	0.800	0.975

TAB 1 - ONDATE DI FREDDO

Rischio di ricoveri ai diversi lag durante le ondate di almeno 3 e 6 giorni - Comune di Bologna anni 2003-2012

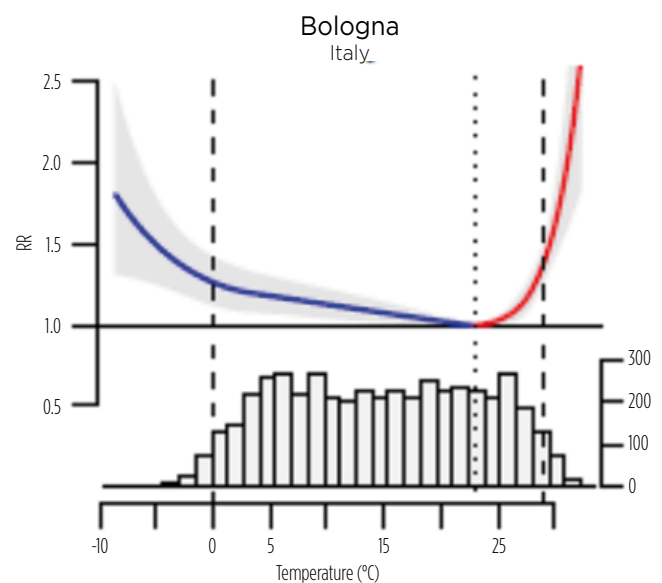


FIG. 2 - TEMPERATURE E MORTALITÀ

Relazione tra temperature e mortalità, con intervalli di confidenza (in grigio) con numero di decessi per temperatura. La temperatura con minima mortalità, il 2,5° e il 97,5° percentile sono indicati con linea punteggiata e tratteggiata. Fonte: Gasparrini et al., Lancet, 2015.

FRAGILITÀ E ONDATE DI CALORE: IL SISTEMA DI COMUNICAZIONE E SORVEGLIANZA SOCIO-SANITARIA

L'Organizzazione mondiale della sanità ritiene gli effetti sulla salute attesi nel futuro a causa dei cambiamenti climatici, in particolare quelli dovuti al progressivo riscaldamento del pianeta, tra i più rilevanti problemi sanitari che dovranno essere affrontati nei prossimi decenni. Uno dei principali rischi per la salute associato ai cambiamenti climatici è rappresentato dall'aumento della frequenza e dell'intensità di episodi di ondate di calore che, insieme al progressivo invecchiamento della popolazione, aumenteranno il carico di decessi e di patologie nelle fasce più vulnerabili, soprattutto nelle grandi aree urbane (Ipcc 2007). Sempre più spesso, nei mesi compresi tra maggio-giugno fino a settembre inoltrato, si evidenzia il perdurare di particolari situazioni quali elevate temperature che persistono per lunghi periodi, minima escursione termica, alti tassi di umidità, elevate concentrazioni di ozono; fattori che, interagendo, provocano stati di malessere e disagio psicofisico, giungendo a porre seriamente a rischio la salute della persona durante le cosiddette *ondate di calore*.

Valutazioni sull'impatto dell'ondata di calore del 2003 in Europa hanno stimato più di 70.000 morti in eccesso a carico soprattutto delle persone sole, di età maggiore di 75 anni, affette da malattie croniche, con disabilità funzionale e che vivevano in aree urbane con basso livello socio-economico (Brücker, 2005). Gli effetti sanitari avversi si verificano al di sopra di un valore di temperatura definito "valore soglia", che è specifico per ogni popolazione, ed è funzione del suo livello di suscettibilità e della sua capacità di adattamento alle condizioni climatiche locali. Effetti maggiori si osservano durante ondate di calore di lunga durata (oltre cinque giorni) in cui si registrano incrementi della mortalità 2-5 volte più elevati rispetto alle ondate di durata più breve. Le ondate di calore che si verificano all'inizio della stagione estiva hanno un impatto maggiore rispetto a episodi di uguale intensità che si verificano successivamente nel corso dell'estate.

In Italia, a partire dal 2004, il ministero della Salute ha avviato una serie di iniziative per la prevenzione dell'impatto delle ondate di calore sulla salute della popolazione coordinate a livello nazionale dal Dipartimento di Epidemiologia del Lazio. Nello stesso anno anche l'Azienda Usl di Bologna, tra le prime in Italia, ha attivato, in stretta collaborazione con Arpae, Conferenza territoriale socio sanitaria e Comune di Bologna, un sistema di sorveglianza sanitaria e di comunicazione per le ondate di calore, a supporto dei servizi sanitari e socio-assistenziali che operano sul territorio. Il sistema è orientato, in particolare, alla protezione delle persone potenzialmente più sensibili alle temperature elevate. Si tratta, in genere, di ultra 65enni che vivono da soli e in condizione di fragilità sanitaria.

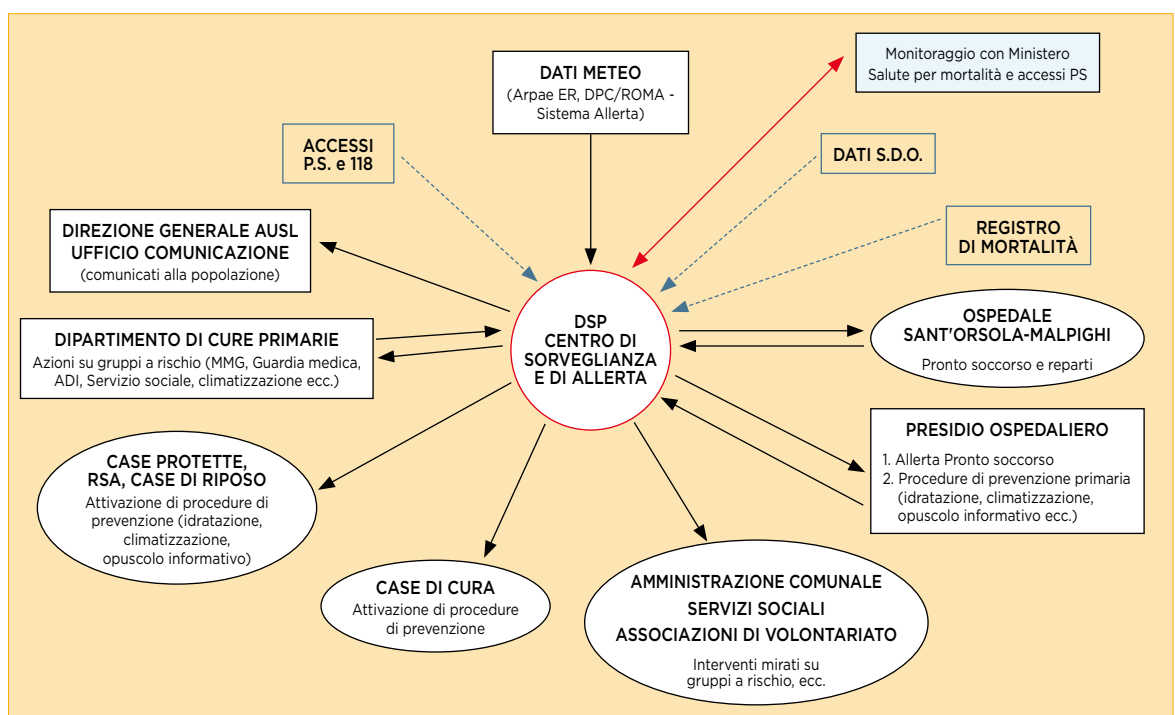
Individuazione dei soggetti fragili

I criteri utilizzati per l'individuazione dei soggetti fragili (come previsto dall'accordo Governo-Regioni della Conferenza unificata del 6/6/2012) sono stati predisposti dall'Ausl (Uoc Epidemiologia, promozione della salute e comunicazione del rischio del Dipartimento di sanità pubblica) con la collaborazione del Dipartimento cure primarie, dei Distretti di committenza e garanzia e dei Comuni. A tutti gli anziani con 65 anni e oltre, residenti nei comuni del territorio aziendale, è stato attribuito un indice di fragilità calcolato con un modello statistico predittivo, considerando come variabili le informazioni sanitarie e sociali derivate dai flussi informativi correnti. La popolazione anziana è poi stata stratificata, ai fini della graduazione degli interventi di assistenza socio-sanitaria in occasione di ondate di calore, in 4 livelli. Il livello 0 è il livello base ed è costituito dai soggetti con basso livello di fragilità. Il livello 1 è costituito dai soggetti con livello medio di fragilità e che non vivono soli.

FIG. 1
SISTEMA
DI SORVEGLIANZA

Elementi del sistema di sorveglianza socio-sanitaria per le ondate di calore nel Comune di Bologna.

→ Flusso informativo
--- Sistemi di monitoraggio



Il livello 2 è costituito da soggetti con livello medio di fragilità, ma in condizioni di solitudine.

Il livello 3 è costituito dai soggetti con alto livello di fragilità.

Oltre all'individuazione dei livelli di fragilità, l'Uoc Epidemiologia, promozione della salute e comunicazione del rischio del Dipartimento di sanità pubblica ha il compito di *Centro di coordinamento e di allerta del sistema per la prevenzione degli effetti nocivi delle ondate di calore*, e come tale si correla con le altre unità operative dell'Ausl, con i Comuni, con Arpa e con il Dipartimento protezione civile per la stesura e aggiornamento annuale del piano di emergenza.

Il piano di comunicazione prevede, da parte delle amministrazioni comunali, l'invio ai soggetti più fragili di una lettera personalizzata con indicati i servizi offerti e le misure da adottare durante il periodo estivo per proteggersi dai rischi legati alle ondate di calore. In tutte le farmacie del territorio e nelle strutture sanitarie dell'Ausl sono presenti locandine con i consigli per prevenire i disagi e le informazioni sul numero verde dedicato (800562110).

Il sistema prevede la modulazione di diverse azioni e strumenti, in accordo con i diversi livelli di allerta (debole, medio, forte disagio) diramati da Arpa e dal Dipartimento di protezione civile, e con la durata degli stessi in quanto ondate di calore che si protraggono possono rivelarsi particolarmente critiche per la salute, soprattutto a partire dalla quarta giornata di persistenza. In sintesi il piano prevede i seguenti diversi livelli di azione.

Il primo livello fa scattare un piano di comunicazione specifico, che prevede:

1) il preallarme delle strutture socio-sanitarie presenti sul territorio con messaggistica conforme ai diversi livelli di allerta diramati da Arpa e dal Dipartimento di protezione civile. Le informazioni vengono divulgate dall'Ausl a una *mailing*

ONDATE DI CALORE

COME LIMITARE IL DISAGIO:

- BERE MOLTA ACQUA
- MANGIARE FRUTTA E VERDURA
- NON BERE ALCOLICI, CAFFÈ, BEVANDE GASSATE O ZUCCHERATE
- EVITARE DI USCIRE NELLE ORE PIÙ CALDE
- INDOSSARE VESTITI DI FIBRE NATURALI PREFERIBILMENTE DI COLORE CHIARO
- CHIUDERE LE FINESTRE E USARE LE TENDE NELLE ORE PIÙ CALDE
- EVITARE IL FLUSSO DIRETTO SUL CORPO DI CONDIZIONATORI E VENTILATORI

INOLTRE RICORDA CHE DEVI:

Se sei cardiopatico o iperteso

- Evitare il brusco passaggio da una posizione all'altra
- Controllare la pressione arteriosa

Se sei diabetico

- Evitare l'esposizione diretta al sole
- Controllare la glicemia

A Chi Rivolgersi in caso di Necessità:

- Medico di Famiglia
- Guardia Medica di Notte e nei Giorni festivi
- 118 Per malori improvvisi e nei casi seri

Cosa fare in attesa dei Soccorsi:

- Rilevare la Temperatura Corporea
- Soggiornare possibilmente in un ambiente fresco e ventilato
- Rinfrescarsi con un asciugamano bagnato
- Non Assumere Farmaci Contro la Febbre

PER QUALSIASI NECESSITA' E' A DISPOSIZIONE IL NUMERO VERDE 800562110

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna Istituto delle Scienze Neurologiche Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

arpa
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

FIG. 2 - COMUNICAZIONE ONDATE DI CALORE
Materiale informativo sui comportamenti da tenere in caso di ondata di calore.



FOTO: LEPIDO - WIKIMEDIA - CC

list predefinita di soggetti istituzionali, previa valutazione del bollettino nazionale emanato dal Dipartimento della protezione civile nazionale (riferito al solo territorio del comune di Bologna) e da Arpa (riferito a tutto il territorio della provincia di Bologna). L'informazione è modulata in funzione della sequenza delle previsioni di disagio climatico nelle 24 ore successive e della tipologia dell'interlocutore

- 2) l'informazione alla popolazione tramite l'ufficio stampa dell'Ausl, con comunicati stampa riportanti le condizioni climatiche previste e le misure di autoprotezione da adottarsi e pubblicizzazione del numero del numero verde dedicato
- 3) l'attivazione di messaggi informativi sulle misure da adottare sui display stradali del sistema InformaCittà del Comune di Bologna con pubblicizzazione del numero verde dedicato
- 4) comunicazione di allerta da parte dell'Ausl al Servizio di emergenza 118, al pronto soccorso, ospedali, case protette, Rsa, ai medici di medicina generale e medici di continuità assistenziale, all'assistenza infermieristica domiciliare e ai Comuni.

Il secondo livello si attiva quando l'ondata di calore persiste per più di tre giorni (Piano Mais – Monitoraggio anziani in solitudine). In questo caso, oltre alle misure del primo livello, sono previste telefonate a soggetti ritenuti particolarmente

fragili, la disponibilità di servizi a domicilio come la consegna di farmaci, pasti, il trasporto per visite mediche e il trasferimento in strutture climatizzate.

È attivo, inoltre, un servizio per la presa in carico di situazioni emergenti che possono comportare anche l'intervento del 118 a cura degli infermieri territoriali.

Fase di valutazione

Il Centro di coordinamento e allerta, per tutto il periodo 15 maggio-15 settembre provvede alla gestione del sistema di sorveglianza con le seguenti modalità:

- acquisizione dei dati di natura sanitaria (mortalità, ricoveri, accessi al pronto soccorso e chiamate al 118)
- acquisizione dei dati di natura sociale (interventi richiesti/ eseguiti, assistenza domiciliare, telecompagnia ecc.)
- acquisizione di dati di natura ambientale e climatici.

Le informazioni di natura meteorologica derivano da Arpa-Servizio IdroMeteoClima e dal Dipartimento della protezione civile - Centro di competenza nazionale Prevenzione degli

TAB. 1
ONDATE
DI CALORE 2015

Effetti sanitari delle ondate di calore dell'estate 2015 (22 giornate) sulla popolazione del Comune di Bologna

	Effetti sanitari sulla popolazione - Totale ondate estate 2015 (22 giornate)											
	Decessi #				Accessi pronto soccorso				Attivazione 118			
	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*
Popolazione over 65 anni	11,1	1,7	18,0	0,0122*	76,8	8,7	12,7	0,062	76,3	10,1	15,7	0,005*
Popolazione over 75 anni	9,9	2,3	30,1	0,0008*	104,4	15,8	17,8	0,000*	59,9	7,5	14,9	0,014*

TAB. 2
ESTATE 2015

Effetti sanitari nel periodo 15 maggio-15 settembre 2015 sulla popolazione del Comune di Bologna

	Effetti sanitari sulla popolazione - 15 maggio-15 settembre 2015											
	Decessi #				Accessi pronto soccorso				Attivazione 118			
	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*
Popolazione over 65 anni	9,8	0,5	5,9	0,0000	75,3	4,7	6,6	0,021	66,8	-1,2	-1,1	0,1920
Popolazione over 75 anni	8,8	1,2	16,4	0,0375	101,0	8,5	9,2	0,000	52,6	-1,0	-1,1	0,1876

TAB. 3
ONDATE
DI CALORE 2016

Effetti sanitari delle ondate di calore dell'estate 2016 sulla popolazione del Comune di Bologna

	Effetti sanitari sulla popolazione - Totale ondate di calore estate 2016											
	Decessi #				Accessi pronto soccorso				Attivazione 118			
	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*
Popolazione over 65 anni	8,5	-0,9	-9,3	0,1627	138,4	-9,8	-6,6	0,037	65,2	-9,5	-12,8	0,0047
Popolazione over 75 anni	7,8	0,1	1,7	0,4400	92,5	-4,0	-4,1	0,153	52,0	-6,2	-10,7	0,0148

TAB. 4
ESTATE 2016

Effetti sanitari nel periodo 15 maggio-15 settembre 2016 sulla popolazione del Comune di Bologna

	Effetti sanitari sulla popolazione - 15 maggio-15 settembre 2016											
	Decessi #				Accessi pronto soccorso				Attivazione 118			
	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*	n. medio/giorno	scarto §	% scarto	P*
Popolazione over 65 anni	8,8	-0,5	-5,5	0,0371	144,9	-4,2	-2,8	0,010	61,9	-8,3	-11,9	0,0000
Popolazione over 75 anni	7,9	0,2	3,3	0,1760	96,4	-1,8	-1,8	0,091	48,0	-7,6	-13,7	0,0000

Lag di 24 h dall'inizio e per le 48 h successive alla fine dell'ondata
 § rispetto alla media dei giorni corrispondenti del periodo storico di riferimento
 * test di significatività (valori di p ≤ 0,05 indicano una differenza statisticamente significativa)

effetti del caldo sulla salute. I dati relativi ai decessi provengono dall'Ufficio stato civile del Comune di Bologna, mentre i dati sanitari (accessi al pronto soccorso e interventi del 118) sono rilevati dalle banche dati sanitarie dell'Azienda Usl di Bologna e dell'Azienda ospedaliera universitaria S. Orsola-Malpighi. Le analisi sono orientate in modo specifico verso la popolazione fragile di età superiore ai 65 anni, con una particolare attenzione agli ultra 75enni e la valutazione degli eventi sanitari avversi verificatisi durante il periodo di ondate viene effettuata confrontando con test statistico gli eventi osservati rispetto agli eventi attesi calcolati sulla base dello storico (dal 1993 per i dati di decesso, dal 2008 per i dati di accesso al pronto soccorso e dal 2003 per le chiamate al 118).

Si precisa che il calcolo dello scarto fra osservato e atteso per le chiamate al 118 tiene conto del trend storico di crescita che si è manifestato negli anni, anche al di fuori delle ondate di calore, e che gli incrementi sono stati valutati mediante un'analisi statistica che permette di escludere l'effetto della tendenza di base. Per quanto riguarda i dati relativi alla mortalità, l'analisi tiene conto del fatto che su questo tipo di esito l'effetto dell'ondata di calore ha un lag di circa 24 ore dall'inizio e di 48 ore dalla fine.

I risultati dell'estate 2015 e 2016

Climaticamente, l'estate 2015 in Emilia-Romagna è stata la terza peggiore dopo il 2003 e il 2012. Luglio, in particolare, è stato un mese da record: il più caldo di sempre, con massime che in media si sono attestate a 34 gradi. Complessivamente nel periodo 15 maggio-15 settembre a Bologna secondo le rilevazioni di Arpa, basate sull'indice di Thom, ci sono stati ben 45 giorni (circa un terzo del totale nel periodo 15 maggio-15 settembre) con almeno debole disagio (livello 1: indice di Thom 24) di cui 11 giorni di disagio (livello 2: indice di Thom 25) e 10 con superamento della soglia di forte disagio (livello 3: indice di Thom 26). Nel 2016 l'estate è stata molto più mite con 10 giornate di debole disagio (indice di Thom 24), 11 giornate di disagio (indice di Thom 25) e 4 giornate di forte disagio (indice di Thom 26).

Effetti sanitari determinati dalle ondate di calore nel periodo 15 maggio-15 settembre

Dal punto di vista degli effetti sulla salute, complessivamente per l'intero periodo 15 maggio-15 settembre 2015 si è osservato un incremento statisticamente significativo della mortalità per i residenti over 65 e nello specifico over 75 (rispettivamente del 5,9% e del 16,4%).

Durante i periodi di ondata di calore si è verificato, sia per i soggetti over 65 che per gli over 75, un incremento di mortalità,

significativo dal punto di vista statistico (rispettivamente +18% e +30,1%).

Durante le ondate di calore sono aumentate significativamente sia per gli over 65, sia per gli over 75 le chiamate al 118 (+15,7% e +14,9%) e gli accessi al pronto soccorso (+12,7% e +17,8%) (tabelle 1 e 2).

Nel periodo di sorveglianza 2016, invece complessivamente per l'intero si è osservato un decremento statisticamente significativo della mortalità per i residenti over 65 (-5,5%) e un incremento non statisticamente significativo per gli over 75 (+3,3%).

Durante i periodi di ondata di calore si è verificato, per i soggetti over 65, un decremento di mortalità non significativo dal punto di vista statistico (-9,3%) mentre per gli over 75 si è avuto un incremento del 1,7% non significativo.

Durante le ondate sono diminuiti significativamente sia per gli over 65 sia per gli over 75 le chiamate al 118 (-12,8% e -10,7%) mentre per gli accessi al pronto soccorso il decremento è significativo solo per gli over 65 (-9,8%) e non per gli over 75 (-4,0%) (tabelle 3 e 4).

Per valutare se gli eccessi di mortalità nella popolazione over 65 e over 75 manifestatisi durante le ondate di calore e nell'intero periodo siano stati significativamente diversi dagli anni precedenti si è proceduto al calcolo dei tassi di mortalità giornalieri e alla descrizione del trend per il periodo 2003-2016. Dal confronto fra il tasso medio di mortalità giornaliera durante le ondate e fuori ondata si evidenzia un aumento di tale valore nell'estate 2015 rispetto al 2014, ma molto ridotto rispetto al 2003, con un trend in significativa diminuzione. Per quanto riguarda il dato relativo al 2016 la mortalità durante le ondate è stata sovrapponibile a quella del restante periodo di sorveglianza (figura 3).

Anche dall'analisi effettuata a livello nazionale dal Dipartimento di Epidemiologia del Lazio, che ha utilizzato serie storiche di mortalità e di temperatura dal 1992, per quanto riguarda la variazione temporale dell'effetto delle temperature sulla mortalità si è evidenziato per la città di Bologna (come per Roma e a differenza delle altre città italiane monitorate) un trend in diminuzione che può essere attribuito alle misure di prevenzione messe in atto a partire dal 2004 e nonostante l'estate 2015 sia stata tra le più calde e con un effetto sulla mortalità, sia per le temperature medio-alte che per quelle estreme, è da notare che rispetto ad anni con un'esposizione altrettanto estrema l'impatto è stato più contenuto.

FIG. 3
ONDATE DI CALORE
E MORTALITÀ

Andamento della mortalità nei soggetti over 75 in corso di ondate di calore (OC) e fuori ondata (non OC) nel Comune di Bologna.

- ▲ OC
- ◆ non OC
- Lineare OC
- Lineare non OC



L'INFORMATION DESIGN PER LA QUALITÀ DELL'ARIA

LE RECENTI TENDENZE DELLA COMUNICAZIONE AMBIENTALE RICONOSCON GRANDE EFFICACIA ALLA MODALITÀ VISUALE: CONSENTE DI “VEDERE IL DATO”, RAPPRESENTA LA COMPLESSITÀ IN MODO IMMEDIATO, CONCENTRA UN NUMERO ELEVATO DI INFORMAZIONI IN UN COLPO D'OCCHIO. L'ESPERIENZA DI ARPAE SUL TEMA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.

La comunicazione visuale è considerata un campo emergente della comunicazione scientifica, destinato a prendere sempre più piede nei prossimi anni¹. David McCandless, uno dei primi giornalisti a occuparsi di informazione visuale, nonché autore di uno dei volumi di riferimento del genere², sostiene che trasformare le informazioni in un'opera di *design* è il modo migliore per navigare nel mare di informazioni che oggi abbiamo a disposizione e che può cambiare il modo in cui vediamo le cose. La tassonomia delle tipologie di visualizzazioni riconducibili all'*information design* è ormai ampia e articolata. Per semplificare possiamo distinguere le infografiche dal *data design*. Le infografiche consistono in immagini (*visual*) che possono accompagnare un testo oppure anche vivere da sole: esplorano le potenzialità della comunicazione visuale per spiegare idee, concetti, processi, risultati, fatti e numeri in modo chiaro, preciso ed efficace; possono integrare allo stesso tempo oggetti testuali, visuali (disegni, immagini, foto) che possiamo definire descrittivi-qualitativi ad altri elementi di tipo quantitativo come istogrammi, grafici e altre rappresentazioni grafiche di dati numerici (*figura 1*).

Il *data design* parte da una serie di dati (solitamente una grande quantità di dati, i cosiddetti *big data*, oggi a disposizione grazie alle tecnologie dell'informazione che li producono e riproducono in continuazione) dei quali fornisce una rappresentazione astratta ma funzionale all'interpretazione dei dati stessi e dei fenomeni all'origine dei dati (*figure 2 e 3*).

L'information design e la comunicazione scientifica

Le diverse modalità di visualizzare le informazioni (sia attraverso infografiche che con il *data design*) presentano

caratteristiche che ne garantiscono l'efficacia come strumento di comunicazione scientifica:

- *mettono in luce le correlazioni*: se fino agli anni 90 gli statistici si ponevano come primo problema quello di raccogliere (e del come raccogliere) il dato, oggi c'è il problema opposto, ovvero quello di come analizzare la gigantesca mole di dati che quotidianamente viene raccolta da tutti i sistemi informatizzati che sorvegliano, monitorano fenomeni del mondo naturale (ma anche transazioni economiche, spostamenti, interazioni sociali); la comunicazione visuale ci permette non solo di analizzare le informazioni, ma anche di restituire loro un senso, legami, storie e racconti della realtà, che facciano da ponte tra i dati e la comprensione dei fenomeni. Ci permette cioè di focalizzare l'attenzione solo sulle informazioni importanti per cogliere il “senso della storia”, direbbe chi si occupa di *storytelling*
- *catturano l'attenzione*: nell'era della comunicazione digitale e social, sempre di più il canale privilegiato è quello visuale, anche grazie alla proliferazione di immagini e contenuti video possibile grazie al web. Gli studi effettuati nell'ambito del *visual marketing*³ attestano che gli utenti della rete prestano molta attenzione alle immagini che contengono informazioni: se ci sono infografiche i lettori passano molto più tempo a guardare le immagini che a leggere il contenuto testuale della pagina web, sui social le infografiche ricevono *like* e vengono condivise 3 volte di più di ogni altro tipo di contenuto; inoltre, a proposito dell'efficacia, le persone che seguono istruzioni con testo e immagini hanno prestazioni del 323% migliori rispetto a chi ha a disposizione solo istruzioni testuali; infine, per quel che riguarda i video, nel 2017 è previsto che i contenuti video rappresenteranno il 74% di tutto il traffico web
- *rappresentano la complessità*:

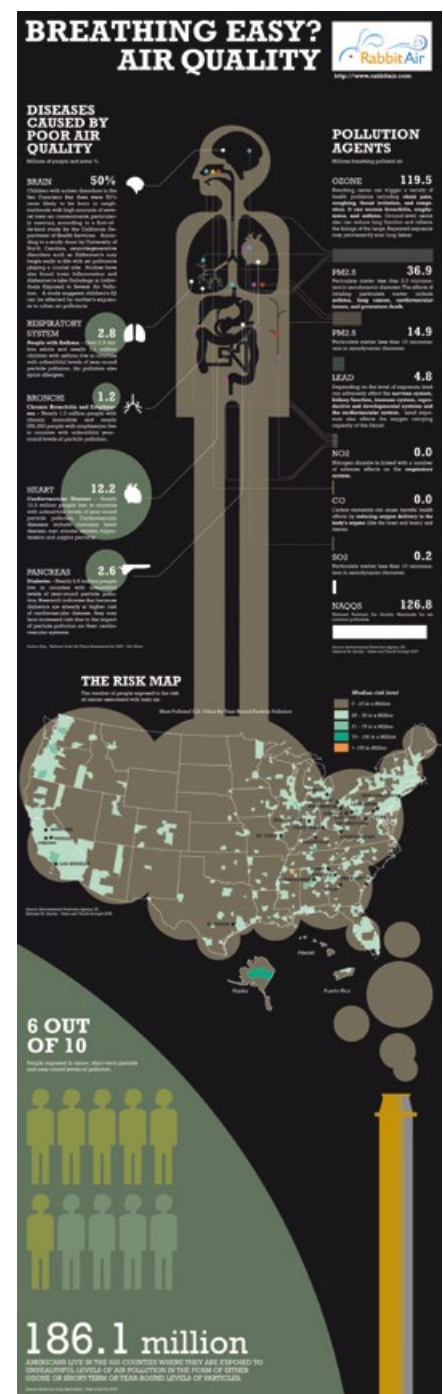


FIG. 1 Infografica sulla qualità dell'aria che unisce elementi quantitativi e descrittivi (Fonte: RabbitAir).

l'immagine fa vedere i nessi causali tra i fenomeni, anche in presenza di eventi multifattoriali, inoltre può facilmente incorporare anche la dimensione temporale del racconto (questo è vero sia per infografiche statiche ma a maggior ragione per quelle dinamiche o i video) - *concentrano l'informazione*: la visualizzazione delle informazioni può essere considerata una sorta di conoscenza compressa. La cosa interessante è che nella compressione non si perde il dettaglio e il colpo d'occhio ci fornisce una guida istantanea del senso globale di quanto rappresentato, elemento importante anche quando dobbiamo spiegare fenomeni scientifici per i quali spesso è importante coglierne il senso senza perdere al tempo stesso l'accuratezza delle informazioni visualizzate - *"customizzano" i percorsi di lettura e comprensione*: mentre la lettura di un testo è vincolata (c'è un inizio e una fine), la lettura dell'immagine può suggerire un percorso, ma più facilmente è scelta dall'utente in base alla propria attenzione o al proprio interesse. Anche per questa ragione spesso le infografiche sono progettate spaccettando le informazioni importanti in più pezzi che hanno una propria autonomia.

La qualità dell'aria comunicata con l'information design

La comunicazione relativa alla qualità dell'aria è, insieme a diversi altri temi scientifici, un campo nel quale i team che si occupano di *information design* si sono cimentati negli ultimi anni. Va detto che i temi trattati in relazione alla qualità dell'aria sono molteplici. Semplificando possiamo distinguere *visual* che hanno come obiettivo:

- spiegare il fenomeno dell'inquinamento dell'aria (mettendo in evidenza il peso delle fonti emissive, i fenomeni in atto, le concentrazioni degli inquinanti ecc.)
- evidenziare gli impatti sulla salute
- spiegare norme, limiti, azioni intraprese per fare fronte all'inquinamento atmosferico
- sensibilizzare l'utente e/o suggerire comportamenti virtuosi (individuali o collettivi).

I prodotti che ormai proliferano sul web e nelle pubblicazioni sono di molti tipi ed è decisamente complesso stabilirne una tassonomia. Possiamo a grandi linee distinguere:

- le infografiche che permettono di visualizzare i dati. Rientrano in questa

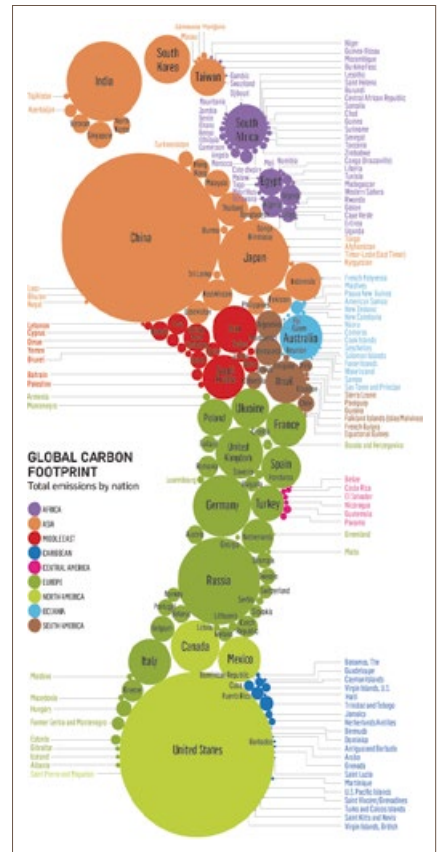


FIG. 2 Esempio di data design: emissioni di anidride carbonica (Infografica realizzata da Stanford Kay, www.stanfordkaystudio.com).

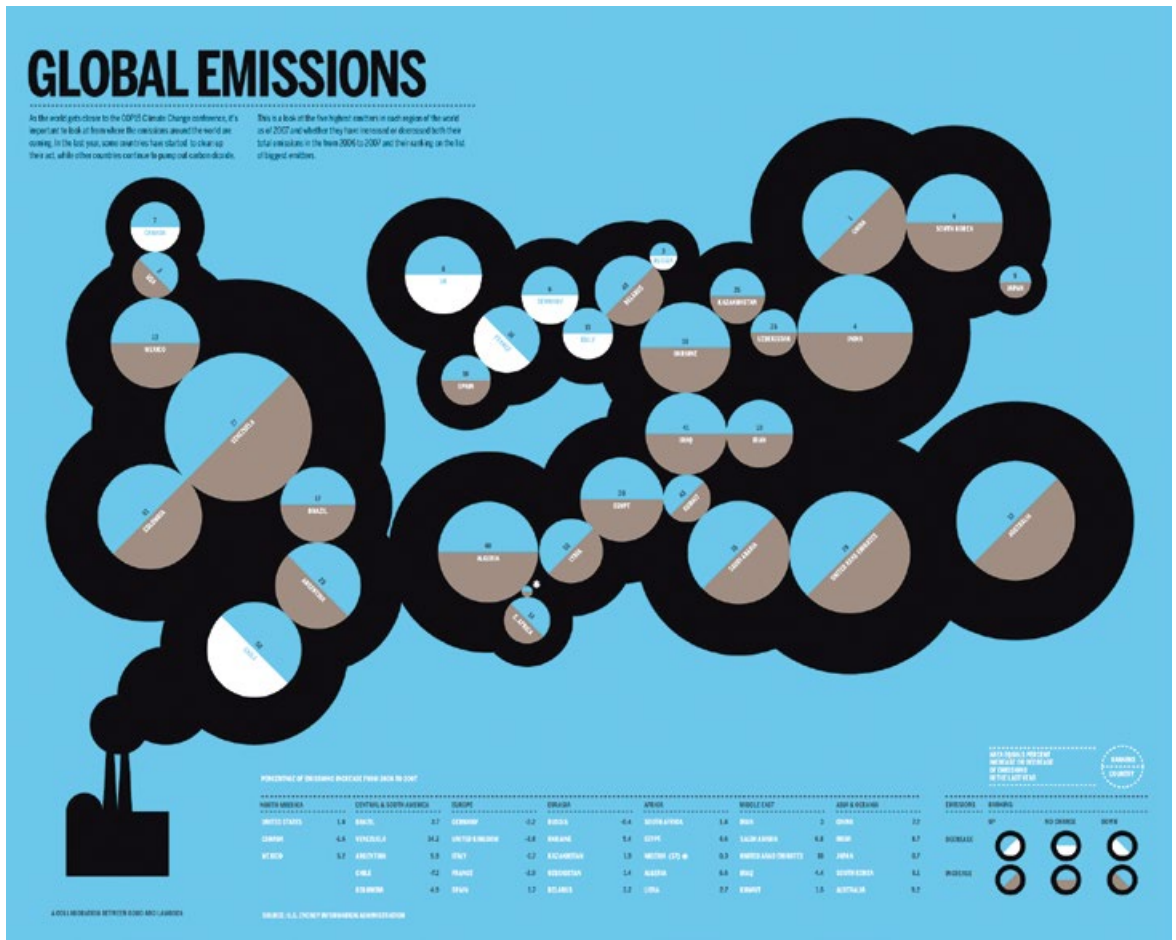


FIG. 3 DATA DESIGN

Esempio di data design: emissioni globali di anidride carbonica nel 2007.

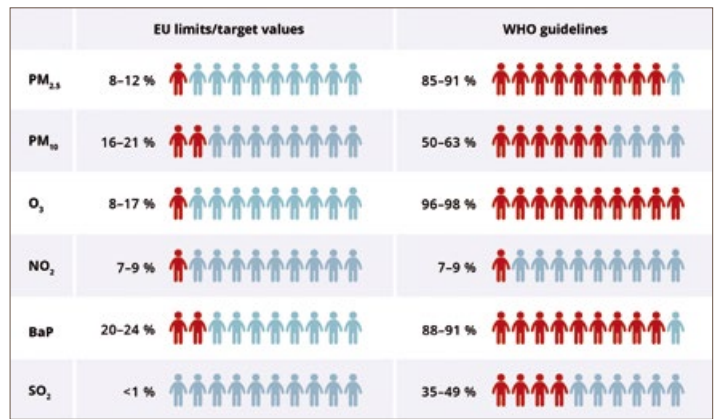
Fonte: Infografica realizzata da Lamosca (www.lamosca.info) per Good (www.good.is)

categoria tutte le mappe georeferenziate che spazializzano gli indicatori della qualità dell'aria (modelli previsionali ma anche dati rilevati), oltre ad altre forme di comunicazione visuale che toccano temi come, ad esempio, il peso delle diverse fonti emissive, le concentrazioni di sostanze inquinanti, l'esposizione della popolazione agli inquinanti ecc. Questo tipo di comunicazione è talvolta utilizzata a supporto di testi scritti e per rafforzare la spiegazione di fenomeni in correlazione tra loro (figure 2, 3, 4) - infografiche di tipo descrittivo o di processo: si tratta di immagini che sfruttano le potenzialità nella comunicazione visuale per rendere più comprensibili i fenomeni; in questo caso abbiamo *visual* che toccano pressoché tutti i temi prima citati (figura 1). Spesso poi i due elementi descrittivo-qualitativo e quantitativo sono combinati insieme. Frequentemente si ritrova inoltre in questo tipo di infografiche una valenza persuasiva, che dalla comprensione del fenomeno tenta di spingersi oltre, spostando il focus sulla sensibilizzazione su temi specifici. Un caso in cui una semplice infografica quantitativa viene utilizzata per argomentare una tesi e sensibilizzare verso un tema specifico è quello del *pictorial*⁴ dell'Agenzia europea per l'ambiente che mette a confronto la popolazione considerata esposta agli inquinanti secondo i limiti stabiliti dall'Unione europea e quella esposta secondo le linee guida Oms (figura 4). Questo *visual* è stato non a caso utilizzato dall'Agenzia europea per l'ambiente

FIG. 4
QUALITÀ DELL'ARIA
E SALUTE

Esposizione della popolazione urbana europea a livelli dannosi di inquinanti atmosferici nel periodo 2012-2014, in base ai limiti e agli obiettivi dell'Unione europea o alle linee guida Oms.

Fonte: Agenzia europea per l'ambiente (Eea).



recentemente, quando sono state stabilite nuove soglie per alcuni inquinanti⁵, e quindi è parte integrante di quella che potremmo definire *strategia retorica persuasiva* a supporto dell'adozione di una regolamentazione più restrittiva da parte dell'Unione europea. Questa è la storia che questo *visual* ci sta raccontando, la tesi che supporta, tanto che l'infografica viene utilizzata come uno strumento di *advocacy*.

Anche le infografiche dinamiche, che consentono una interazione con l'utente, sono particolarmente efficaci per raggiungere l'obiettivo di chiamare in causa l'utente o sensibilizzarlo rispetto a un tema specifico. In questo senso è esemplare l'infografica dinamica elaborata dalla Commissione europea *Cleaner air for all*⁶. L'utente è così al centro della comunicazione, esplora i diversi scenari, si concentra su quello che più gli interessa, decidendo quali temi approfondire. Alcune

opzioni riguardano diverse modalità di rappresentare quantitativamente i dati collegandoli in particolare a diversi scenari che possono essere visualizzati dall'utente. In questo modo diventano visibili le conseguenze di determinate scelte a medio termine che altrimenti resterebbero idee e concetti astratti e lontani nel tempo.

La visualizzazione dei dati di Arpae sulla qualità dell'aria

Oltre alle mappe georeferenziate relative alla qualità dell'aria⁷ (dati dalle stazioni di monitoraggio e modelli), negli ultimi anni Arpae ha prodotto diversi *visual* su questo tema, principalmente correlati alla campagna comunicativa *Liberiamo l'aria*⁸ a supporto del Piano aria integrato regionale (Pair 2020); alcuni esempi sono inoltre presenti nella pubblicazione *Dati*

Il particolato atmosferico è un sistema disperso di particelle solide e liquide che si trovano in sospensione in atmosfera (aerosol). Può essere primario o secondario.

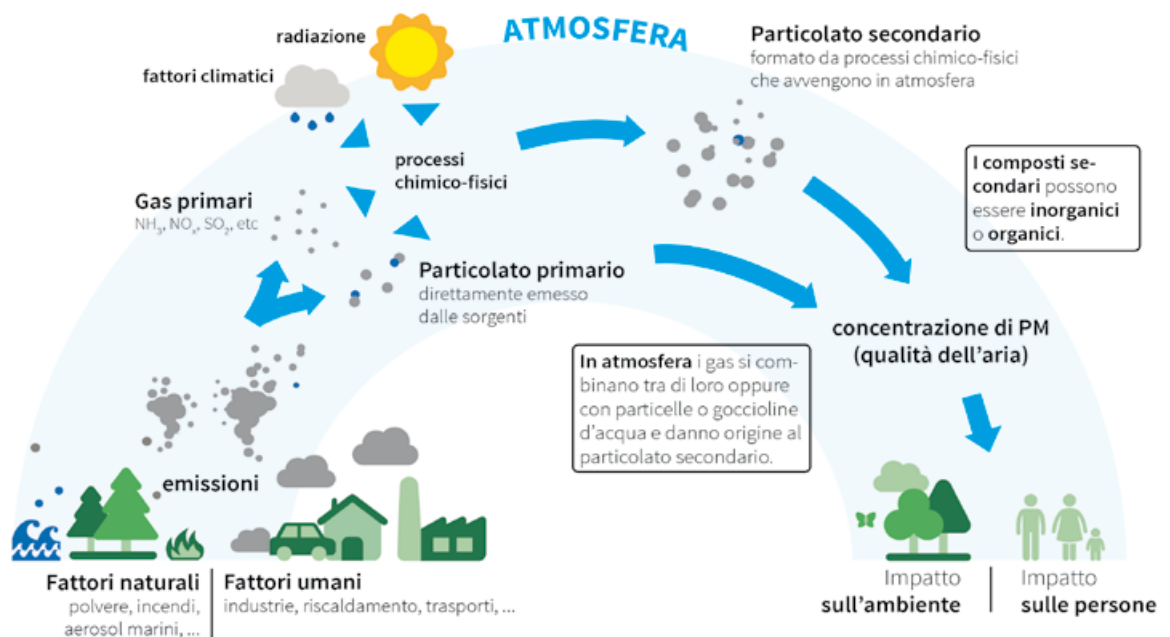


FIG. 5
IL PARTICOLATO
SECONDARIO

L'immagine viene utilizzata per semplificare i rapporti causa-effetto che portano alla formazione del particolato secondario.

Fonte: "Dati ambientali 2015. La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna" (www.arpae.it/annuario), infografica realizzata da Rizoma.

ambientali 2015. La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna. Anche in questo caso troviamo diversi tipi di prodotti, utilizzati sia a supporto di report tecnici che a integrazione di articoli e comunicati stampa; in alcuni casi l'infografica ha avuto vita autonoma in modo slegato da elementi testuali (figura 7).

In particolare, nel caso in cui siano utilizzati a corredo di report periodici od occasionali sulla qualità dell'aria, sono stati prodotti sia *visual* tradizionali che rappresentano i dati in modo più fruibile (istogrammi interattivi, *pictorial*, diagrammi ecc.) che rendono più leggibili i report evidenziando andamenti e tendenze in atto, sia infografiche descrittive che spiegano fenomeni specifici in cui più fattori sono chiamati in causa nel tentativo di semplificarne la comprensione (figura 5). Infine, diverse infografiche riguardano aspetti normativi (ad esempio le soglie di legge per i diversi inquinanti, figura 6) e disposizioni previste nel Pair⁹: in questi casi l'immagine è stata utilizzata per semplificare la comprensione di elementi tecnici e disposizioni complesse e anche per catturare l'attenzione rendendo immediata e attrattiva la comunicazione di provvedimenti fondamentali per la popolazione emiliano-romagnola. Le immagini sono state anche riprese su materiali cartacei e utilizzate in modo autonomo rispetto alla descrizione testuale dei provvedimenti, dimostrando che è possibile sintetizzare provvedimenti complessi attraverso immagini senza perdere la complessità e la precisione delle informazioni (è il caso dei provvedimenti emergenziali e delle limitazioni alla circolazione previsti dal Pair, figure 7 e 8). Le esperienze internazionali e locali mostrano come l'*information design* sia in grado di risolvere problemi informativi tipici dei nostri tempi: dall'eccesso di informazione, alla saturazione, alla mancanza di interesse e attenzione, alla complessità dei fenomeni e dei temi da comunicare. L'*information design* offre una serie di soluzioni veloci ed efficaci a questo tipo di problemi e, nel caso della comunicazione ambientale, può essere utilizzato efficacemente anche per sensibilizzare la popolazione e rendere più comprensibili provvedimenti e relativi comportamenti da adottare.

Adele Ballarini

Arpa Emilia-Romagna

NOTE

¹ Bill Dennison, "Visual science communication: using data visualization, conceptual diagrams and photographs to

convey science information", University of Maryland Center for Environmental Science (<http://ian.umces.edu/blog/2013/12/31/visual-science-communication-using-data-visualization-conceptual-diagrams-and-photographs-to-convey-science-information/>)

² David McCandless "Information is beautiful. Capire il mondo al primo sguardo", BurExtra, 2011.

³ Hubspot.com, <https://blog.hubspot.com/marketing/visual-content-marketing-strategy> (fonti varie).

⁴ Un particolare modo di rappresentare i dati utilizzando delle icone.

⁵ A fine novembre 2016 il Parlamento europeo ha approvato in via definitiva i nuovi limiti nazionali sulle emissioni delle principali

sostanze inquinanti, tra cui NOx, particolato e biossido di zolfo, da raggiungere entro il 2030. Più dettagli su https://www.arpae.it/pubblicazioni/liberiamo/avvisi_1228.asp

⁶ http://ec.europa.eu/environment/air/cleaner_air

⁷ Visibili in home page del sito di Arpae, www.arpae.it e nella sezione "Aria", <https://www.arpae.it/index.asp?idlivello=134>

⁸ www.liberiamolaria.it

⁹ Sono stati inoltre prodotti tre brevi video che attraverso infografiche animate (https://www.arpae.it/dettaglio_notizia.asp?id=6953&cidlivello=1504) che si concentrano sui provvedimenti del Pair e sulla spiegazione dei fenomeni legati all'inquinamento dell'aria.

FIG. 6 SOGLIA OZONO

Infografica sulle soglie normative. Sintetizza, a corredo di spiegazioni testuali, quali sono le soglie di legge per i diversi inquinanti e come vengono calcolate.

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



FIG. 7 LIMITAZIONI AL TRAFFICO

Infografica "Posso circolare se...". utilizzata per spiegare quali veicoli possono circolare nelle giornate di limitazione al traffico previste dal Piano aria integrato regionale dell'Emilia-Romagna (Pair2020).

Fonte: www.liberiamolaria.it

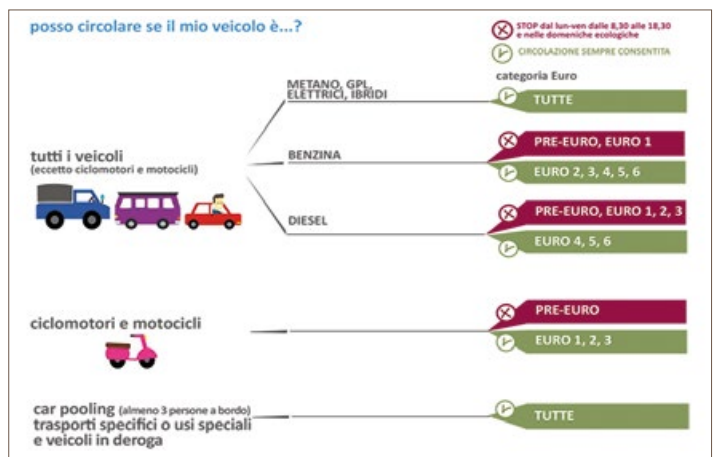
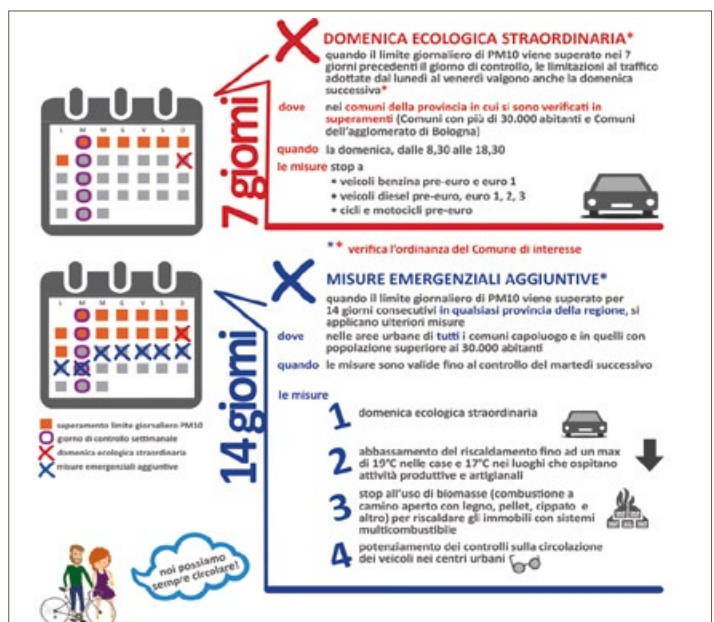


FIG. 8 MISURE EMERGENZIALI

Infografica "Misure emergenziali Pair", utilizzata insieme alla figura 7 per spiegare in modo semplice e immediato i complessi provvedimenti relativi alla circolazione previsti dal Pair2020. Le infografiche sono state utilizzate sia nella comunicazione online, sia in modo autonomo nelle pubblicazioni a stampa distribuite sul territorio regionale.

Fonte: www.liberiamolaria.it



EMAS IN EMILIA-ROMAGNA, COSA NE PENSANO LE AZIENDE

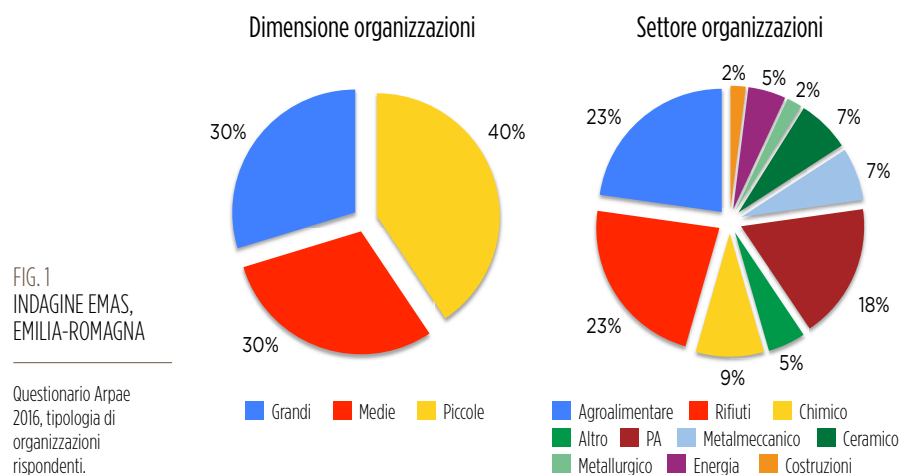
L'EMILIA-ROMAGNA SI È DISTINTA A LIVELLO NAZIONALE PER IL NUMERO DI REGISTRAZIONI EMAS; TUTTAVIA TRA IL 2014 E IL 2016 È AUMENTATO IL NUMERO DELLE CANCELLAZIONI. PER COMPRENDERE IL FENOMENO E INDIVIDUARE PROPOSTE DI MIGLIORAMENTO, ARPAE HA CONDOTTO UN'INDAGINE SPECIFICA INVIANDO UN QUESTIONARIO ALLE AZIENDE REGistrate.

Le Agenzie ambientali hanno un ruolo istituzionale articolato in tema Emas (*Eco-management and audit scheme*) rappresentato dalla verifica di conformità alla legislazione ambientale applicabile per le organizzazioni richiedenti e dall'attività di supporto alla diffusione, attribuito al Sistema nazionale a rete di protezione dell'ambiente (Snpa) dalla legge 132/2016. Nell'intento di comprendere il punto di vista delle aziende registrate sull'applicabilità di benefici/incentivi per Emas e approfondire i possibili ambiti di miglioramento, ArpaEER ha effettuato un'indagine tramite un questionario su supporto *web-based*.

Emas è il sistema comunitario, ai sensi del Reg 1221/2009, al quale le organizzazioni appartenenti a qualunque settore di attività economica possono aderire volontariamente per tenere sotto controllo e migliorare le proprie prestazioni ambientali, attuando un Sistema di gestione ambientale conforme alla norma ISO 14001:2004 e fornendo al pubblico tutte le informazioni pertinenti.

Nel contesto del panorama nazionale, l'Emilia-Romagna si è distinta per numero di registrazioni Emas, tuttavia, a fronte di una sostanziale stabilità dello schema dal 2014 al 2016, il trend delle cancellazioni ha evidenziato un saldo negativo rispetto alle nuove registrazioni. La Regione Emilia-Romagna ha indubbiamente supportato la registrazione Emas nel corso degli anni integrando le agevolazioni nazionali, come emerge anche nello studio *Benefici e incentivi per l'adesione a Emas e Ecolabel* del 2015, elaborato dalla rete dei referenti Emas/Ecolabel/Gpp di Ispra/Arpa/Appa.

Per comprendere meglio la percezione dei benefici e degli incentivi introdotti dalla normativa nazionale e regionale legati alla registrazione, ArpaE ha condotto un'indagine sulle aziende Emas dell'Emilia-Romagna.



L'indagine sulle organizzazioni Emas in Emilia-Romagna

L'indagine, condotta da ArpaE nel periodo settembre-novembre 2016, è avvenuta tramite un questionario predisposto mediante un *software* in licenza d'uso; gli item proposti hanno riguardato, oltre all'inquadramento dell'organizzazione, la richiesta di informazioni sull'uso di benefici e incentivi legati a Emas, nonché altri eventuali interventi che si ritenessero utili per supportare la registrazione. I rispondenti al questionario sono stati 94 su 150 contatti attivati, tuttavia è stato possibile analizzare solo 44 questionari (completi/n. risposte >50%), arrivando pertanto a un campione di organizzazioni pari al 29% dei soggetti coinvolti. Il campione si divide in modo equilibrato tra grandi, medie e piccole imprese e i settori più rappresentati sono l'agroalimentare (22%), rifiuti (22%) e Pubblica amministrazione (18%), le cui percentuali riflettono le attività economiche registrate prevalenti a livello regionale (figura 1).

Più della metà delle organizzazioni (57%) ha usufruito di benefici/incentivi per Emas con particolare riferimento alla riduzione degli importi dovuti a titolo di

garanzia fidejussoria, alla maggiore durata delle autorizzazioni e alla riduzione delle tariffe istruttorie e dei controlli, previste dalla normativa nazionale/regionale. L'80% di queste organizzazioni ritiene che le agevolazioni esistenti a favore della registrazione Emas siano utili e di reale beneficio per l'azienda, soprattutto le garanzie fidejussorie (20%) e il prolungamento della validità dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA, 10%), mentre il 20% non valuta utili i benefici esistenti (figura 2). Il 43% delle aziende non ha usufruito di agevolazioni legate a Emas, in prevalenza perché non è a conoscenza dell'esistenza di tali benefici (47%) o, conoscendoli, questi non sono applicabili all'organizzazione (47%). Questi elementi hanno evidenziato un problema di comunicazione inerente i benefici esistenti, che sarebbe auspicabile affrontare in modo capillare da parte delle istituzioni, nonché l'importanza di un maggiore supporto allo schema attraverso una normativa agevolatoria capace di toccare i diversi settori.

I risultati dell'indagine

Complessivamente, le aziende Emas che hanno partecipato allo studio sono

FIG. 2
INDAGINE EMAS,
EMILIA-ROMAGNA

Questionario Arpae 2016, opinione sull'utilità dei benefici legati a Emas da parte delle organizzazioni che ne hanno già usufruito.

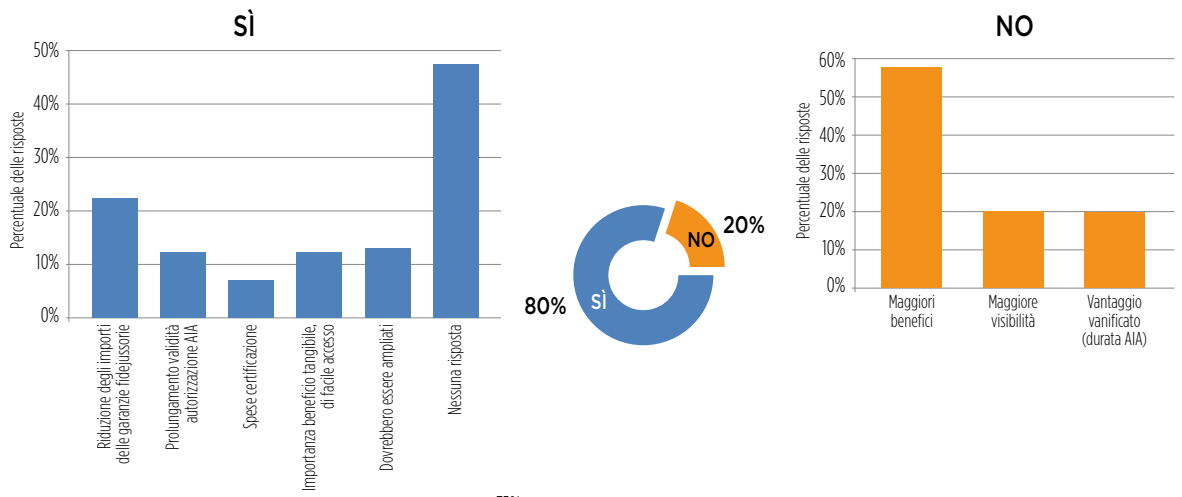
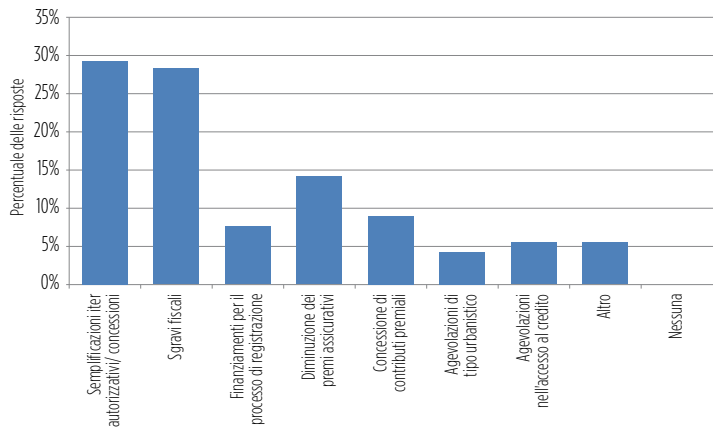


FIG. 3
INDAGINE EMAS,
EMILIA-ROMAGNA

Questionario Arpae 2016, tipologia di agevolazione auspicata da parte delle organizzazioni rispondenti.



fortemente orientate al mantenimento della registrazione (>84%) per motivi legati alla percezione della registrazione come strumento per il miglioramento continuo e rispetto dell'ambiente, evidenziando pertanto un sistema maturo che crede nello schema Emas. Tutte le organizzazioni, indipendentemente dall'utilizzo o meno dei benefici legati a Emas, ritengono che la registrazione potrebbe essere ulteriormente supportata tramite un potenziamento delle agevolazioni esistenti, soprattutto in relazione alle semplificazioni burocratiche, iter autorizzativi/concessione (29) e agli sgravi fiscali (28), come evidenziato in figura 3.

Oltre ai dati sostanzialmente rassicuranti emersi dal presente studio, va tenuto presente che in Emilia-Romagna le cancellazioni hanno in generale prevalso sulle nuove registrazioni nel triennio 2014- 2016. Il ruolo dell'ente normatore è quindi estremamente importante e la scelta in merito a nuove agevolazioni potrebbe contribuire fortemente a prevenire situazioni come quelle verificatesi nella nostra regione negli anni scorsi, consolidando il quadro di stato "maturo" della registrazione attuale. Le organizzazioni rispondenti hanno inoltre privilegiato gli interlocutori

istituzionali coinvolti nel percorso di registrazione Emas – Ispra-Comitato Emas e Arpae – come riferimenti da cui ricevere informazioni sulla normativa agevolatoria.

Questo ruolo risulta perfettamente allineato con l'attività di supporto alla diffusione della registrazione attribuito al Snpa dalla legge 132/2016 *Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale*.

Tra le forme di incentivazione auspicata dalle aziende per dare impulso alla registrazione, vorremmo infine richiamare – nonostante i numeri ridotti evidenziati dall'analisi del questionario – anche la riduzione dei controlli e la maggiore facilità di accesso a bandi pubblici. In merito alla riduzione dei controlli, il Snpa ha dato il proprio contributo sviluppando e sperimentando il *Sistema di supporto alla programmazione dei controlli* che vede, tra i criteri di performance dell'operatore, anche la registrazione Emas/ISO 14001. Questo metodo è stato rilasciato al sistema agenziale a marzo 2016, su approvazione del Consiglio federale (Doc 63/CF).

Relativamente alla premialità per la partecipazione a bandi pubblici,

il normatore ha già dato voce a tale esigenza, con la legge 221/2015 e il Dlgs 50/2016, prevedendo specifiche riduzioni delle garanzie a corredo dell'offerta per aziende Emas, oltre alla possibilità, da parte delle Pa, di introdurre la registrazione Emas tra i criteri di selezione degli offerenti di una gara. La nostra Regione ha ulteriormente valorizzato il tema della registrazione, attraverso il *Piano per gli acquisti sostenibili 2016-2018*, approvato a febbraio 2017, che porta al 50% l'obiettivo di acquisti verdi da raggiungere nel triennio.

Questi sono segnali forti da parte delle istituzioni a supporto delle aziende Emas e l'interazione sinergica tra gli attori coinvolti nella promozione della registrazione costituisce un requisito indispensabile per il consolidamento e lo sviluppo dello schema Emas.

Il lavoro *Emas: indagine sulla applicazione di benefici ed incentivi a favore delle organizzazioni registrate in Emilia-Romagna* è disponibile in versione integrale sul sito di Arpae

Paola Silingardi, Helga Tenaglia, Simona Coppi

Arpae Emilia-Romagna

ACQUA E AGRICOLTURA

Irrigazione, innovazione e uso sostenibile dell'acqua

In un contesto di cambiamento climatico e forti pressioni sulle risorse naturali per fare fronte alle crescenti esigenze alimentari mondiali, la gestione dell'acqua in agricoltura rappresenta un ambito strategico per garantire sostenibilità e competitività. In tal senso, un ruolo sempre maggiore è svolto dalla ricerca e dall'innovazione.

A partire dal quadro di riferimento costituito dalle strategie per far fronte alla scarsità idrica messe a punto dal Focus Group Acqua e agricoltura del Partnerariato europeo per l'innovazione, i contributi focalizzano l'attenzione su due temi: l'approvvigionamento idrico e il riuso delle acque reflue depurate in agricoltura; l'agricoltura di precisione.

Attorno a queste due tematiche, i contributi esplorano vari percorsi di studio, quali l'uso delle informazioni agrometeorologiche, le tecniche agronomiche per la gestione della risorsa idrica, la qualità delle acque e la gestione degli inquinanti, le valutazioni economiche a supporto

delle decisioni. A partire da casi concreti di ricerca e innovazione, i contributi illustrano lo stato dell'arte, le prospettive di ricerca e innovazione, e le possibili ricadute.

Il percorso si chiude con l'illustrazione dei Gruppi operativi per l'innovazione approvati di recente dalla Regione Emilia-Romagna sul tema dell'acqua e dell'irrigazione nell'ambito dei Piani di sviluppo rurale. Questi gruppi rappresentano oggi l'iniziativa di riferimento per delineare i futuri percorsi tecnologici e gli spazi di collaborazione intersettoriale e interdisciplinare che sarà necessario esplorare per garantire un uso sostenibile della risorsa idrica.

Il servizio raccoglie contributi derivati dalle relazioni presentate al convegno *Innovazione e sostenibilità dell'uso dell'acqua in agricoltura* tenuto Bologna lo scorso ottobre, nell'ambito della manifestazione *Accadueo2016*.

Davide Viaggi, Università di Bologna

ACQUA E AGRICOLTURA, L'AZIONE DELL'EMILIA-ROMAGNA

I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ATTO, ANCHE IN TERMINI DI DISTRIBUZIONE ED ENTITÀ DELLE PRECIPITAZIONI, INCIDONO SUL BILANCIO IDROLOGICO DEL TERRITORIO. L'INCREMENTO DEI FABBISOGNI IRRIGUI A FRONTE DI UNA RIDOTTA DISPONIBILITÀ DI RISORSE IDRICHE RICHIEDE RISPOSTE E INVESTIMENTI MIRATI. LE AZIONI E I PROGETTI IN CORSO IN EMILIA-ROMAGNA.



I dati dell'*Atlante climatico 1961-2015* presentati a inizio anno dal Servizio IdroMeteoClima di Arpae Emilia-Romagna mostrano che il cambiamento climatico nella nostra regione non è una proiezione o uno scenario con alto grado di probabilità, ma un dato di fatto, un fenomeno documentato e già di rilevante entità.

Negli ultimi 25 anni, la rete di monitoraggio Arpae ha registrato, in tutte le stagioni, significativi aumenti di temperatura rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990, con incrementi superiori a 1 grado.

Per quanto riguarda le precipitazioni, a una modesta riduzione del dato annuale si accompagna un notevole cambiamento dei regimi di pioggia nel corso dell'anno con prolungati periodi siccitosi nella stagione estiva e aumento della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni intense (v. anche articoli a pagg. 5 e 76).

Questi cambiamenti incidono fortemente sul bilancio idrologico con un consistente incremento dell'evapotraspirazione, in particolare nel periodo estivo. Tutto ciò si traduce in un incremento dei fabbisogni irrigui delle colture a fronte di una ridotta disponibilità della risorsa idrica quando ve n'è maggiormente bisogno.

Per garantire la produttività e la competitività del sistema agricolo regionale in questo quadro climatico in forte e rapido mutamento, senza stravolgere i tradizionali assetti colturali, risulta cruciale incrementare l'efficienza nell'uso dell'acqua in agricoltura, riducendo il consumo e gli sprechi e fornendo alla colture quanto serve e nel momento che serve.

Investire in risparmio idrico, conoscenza e innovazione, manutenzione

Le condizioni stabilite nell'Accordo di partenariato 2014-2020 tra l'Italia e la Commissione europea per l'accesso al Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale prevedono l'applicazione di regimi dei costi dell'acqua premianti il risparmio idrico, risparmio che deve essere comprovato dall'applicazione di sistemi di quantificazione dei consumi. La recente riforma dei criteri di determinazione dei contributi da parte dei Consorzi di bonifica dell'Emilia-Romagna, con l'introduzione di una voce di costo specifica per le funzioni

di disponibilità irrigua svolte dal Consorzio e della cosiddetta *tariffa binomia* commisurata ai volumi utilizzati, rappresenta già un rilevante adeguamento al dettato comunitario e un passo in avanti per premiare un utilizzo più attento ed efficiente dell'acqua.

Occorre però anche investire in conoscenza e innovazione e nel miglioramento delle infrastrutture e dei sistemi irrigui. Il Programma di sviluppo rurale (Psr) 2014-2020 individua per questo una specifica Focus Area, la P5A, che ha come obiettivo quello di *Rendere più efficiente l'uso dell'acqua nell'agricoltura* attraverso l'attivazione di una serie di operazioni.

Quelle dedicate agli investimenti, quali infrastrutture irrigue e invasi e reti di distribuzione collettiva, hanno una dotazione complessiva di 17 milioni di euro, che si integrano con le risorse previste dal Piano irriguo nazionale.

In materia di conoscenza, formazione e consulenza, il Psr stanza per la focus area 5A circa 1,2 milioni di euro con l'obiettivo di formare e informare oltre 1.100 tra tecnici e operatori agricoli su temi quali le tecnologie di risparmio e di misurazione

del fabbisogno irriguo, i sistemi di gestione e di supporto alle decisioni, le tecniche di razionalizzazione aziendale e consortile, l'irrigazione di precisione.

I progetti di innovazione e sperimentazione, che trovano illustrazione in uno degli articoli di questo numero (*v. pag 90*), sono invece supportati attraverso la misura 16.1

Sostegno per la costituzione e la gestione dei gruppi operativi del Pei, la rete del Partenariato europeo per l'innovazione. In questo caso la dotazione per l'uso sostenibile ed efficiente della risorsa idrica è di 1,7 milioni di euro. È questo l'investimento forse più importante, perché è solo con l'innovazione e il suo trasferimento alle aziende che potremo garantire la

resilienza del nostro sistema agricolo regionale di fronte alla divaricazione crescente tra fabbisogni colturali e disponibilità della risorsa idrica conseguente al riscaldamento climatico.

Simona Caselli

Assessore Agricoltura, caccia e pesca
Regione Emilia-Romagna

BOLOGNA OSPITERÀ IL DATA CENTRE DEL CENTRO METEOROLOGICO EUROPEO

L'EMILIA-ROMAGNA VINCE IN EUROPA LA SFIDA DEI BIG DATA

Bologna è stata scelta per ospitare il data centre del Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (Ecmwf): la decisione è stata presa dal Council dell'Ecmwf, riunitosi a Reading, in Inghilterra, attuale sede del Centro. Entro giugno saranno definiti gli aspetti tecnici legati al cosiddetto 'accordo di sede', che ratificherà l'arrivo sotto le Due Torri della struttura.

A Bologna avrà sede il *data centre* del Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Ecmwf*); si tratta di un grande successo per il progetto avanzato e proposto dalla Regione Emilia-Romagna con il supporto di importanti istituzioni e agenzie italiane operanti nei settori delle previsioni meteorologiche (tra cui Arpae), del monitoraggio e salvaguardia ambientale, nella ricerca e nei servizi per la protezione civile, sostenuto dal Governo italiano che lo ha candidato in sede europea.

Il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (Ecmwf) è un'organizzazione intergovernativa fondata nel 1975 da 20 stati membri europei e 14 stati associati. L'organismo di governo è il Council. Il Centro ha circa 300 dipendenti di oltre 30 nazionalità; i dipendenti che lavorano nel *data centre* e nei servizi connessi sono circa 30. In questi mesi il Council ha condotto l'istruttoria tra le città candidate, alla ricerca della soluzione ottimale per ricollocare il proprio centro dati. Le altre città in lizza oltre a Bologna erano Exeter (Uk), Slough (Uk), Lussemburgo, Espoo (Finlandia), Akureyri (Islanda); a queste si è aggiunta l'opzione di mantenere il *data centre* a Reading.

Il Council del Ecmwf ha riconosciuto la validità del progetto italiano che, oltre a mettere a disposizione servizi e infrastrutture logistiche di alto livello nella sede del Tecnopolo di Bologna all'ex manifattura Tabacchi, offre rilevanti opportunità di sinergie tecnico-scientifiche che si potranno realizzare a Bologna tra l'Ecmwf e i numerosi centri di ricerca e non solo presenti sul territorio regionale e nazionale.

La sede designata dal progetto sarà nell'area del Tecnopolo di Bologna, di proprietà della Regione Emilia-Romagna: l'edificio all'interno è attualmente in ristrutturazione ed è già stato destinato dal Comune a ospitare organizzazioni di ricerca e innovazione. Al Centro dati dell'Ecmwf verrebbe assegnata un'area di 9 mila metri quadri, una disponibilità di spazi che potrà essere ulteriormente ampliata.

Bologna, oltre a essere conosciuta in tutto il mondo per l'elevatissimo livello scientifico e culturale del territorio, per la presenza di numerose università, centri di ricerca, laboratori e infrastrutture tecnologiche, è diventata negli anni la capitale italiana dell'*high performance computing, data services management, big data processing*. A livello nazionale l'Emilia-Romagna è la seconda regione in Italia in termini di persone impiegate in attività di ricerca e sviluppo, oltre 52 mila e può vantare l'innovativa Rete Alta Tecnologia, che raggruppa 82 laboratori di ricerca e 14 centri per l'innovazione. Bologna inoltre



è anche il principale *hub* italiano di ricerca e conoscenza in materia di meteo e cambiamento climatico: i principali istituti di ricerca e le più importanti agenzie nel settore meteorologico e climatico si trovano proprio a Bologna (Arpae-Servizio IdroMeteoClima, Cmcc, Cnr, Enea), come anche la più rilevante Community europea per la ricerca e l'innovazione climatica (Istituto europeo di tecnologia - Climate-Kic), che vi ha aperto da poco una sede. In città è inoltre attivo uno dei due soli corsi di laurea in Italia nell'ambito della meteorologia.

La proposta italiana e gli obiettivi

La proposta italiana è stata sostenuta dai ministeri nazionali e dalla Giunta regionale dell'Emilia-Romagna, con il supporto di rilevanti Istituzioni e di agenzie coinvolte nelle previsioni meteorologiche, simulazioni e previsioni climatiche, monitoraggio e salvaguardia ambientale, ricerca e servizi per la protezione civile. Il gruppo di lavoro è costituito da diverse istituzioni: Miur (responsabile per l'invio della proposta), Maeci, Mef, Regione Emilia-Romagna, Comune di Bologna. I partner del progetto sono Aster (Project Manager), Finanziaria Bologna Metropolitana (con i fornitori già designati per la progettazione del Tecnopolo di Bologna, GMP Group), Cmcc, Cineca, Arpae, Lepida.

La proposta è stata costruita avendo l'obiettivo di offrire una soluzione di ricollocazione basata su:

- un *data centre* moderno ed efficiente dal punto di vista energetico, per ospitare i futuri supercomputer dell'Ecmwf e le relative attrezzature connesse, compatibili con gli standard italiani ed europei richiesti sia a livello tecnico, sia a livello organizzativo
- attrezzature all'avanguardia per un *data centre* ad alte prestazioni basato su un modello di business conveniente
- servizi e infrastrutture logistiche di alto livello
- un ambiente scientifico innovativo e una comunità di ricerca competitivi, stimolanti e appassionanti
- un polo di attrazione per professionisti altamente qualificati, grazie all'eccellente qualità della vita che caratterizza Bologna e, in generale, tutta l'Emilia-Romagna.

CAMBIAMENTI CLIMATICI, IL PRESENTE E IL FUTURO

GRAN PARTE DEGLI SCIENZIATI CONCORDANO NELL'ATTRIBUIRE ANCHE ALL'AGRICOLTURA UN RUOLO IMPORTANTE NELLE EMISSIONI DI GAS SERRA RESPONSABILI DEL CAMBIAMENTO DEL CLIMA. OCCORRONO AZIONI DI ADATTAMENTO, SERVIZI CLIMATICI PER PREVISIONI A LUNGO TERMINE E STRUMENTI PER LA LORO APPLICAZIONE IN CAMPO AGRICOLO.

Le condizioni generali del clima terrestre non sono buone. Stiamo assistendo da alcuni decenni, e più marcatamente dal 2000 in poi, a tendenze evidenti di aumento delle temperature, e anche all'intensificazione dei cosiddetti *eventi estremi* (ondate di calore, periodi siccitosi, precipitazioni intense e localizzate, uragani e tornado, mareggiate).

La stragrande maggioranza degli studiosi sono ormai convinti che questa situazione climatica sia riconducibile alle attività umane, in particolare alle enormi emissioni di gas serra (più di 30 miliardi di tonnellate l'anno) legate alla produzione di energia da fonti fossili, ma anche all'agricoltura industrializzata e alla deforestazione nei tropici (Brasile e Indonesia in particolare).

Il clima della Terra, oltre che dal Sole, dipende in effetti anche dalla concentrazione in atmosfera di particolari gas – quali vapor d'acqua, anidride carbonica (CO₂), metano e altri minori – che, assorbendo le radiazioni infrarosse sprigionate continuamente dalla superficie terrestre, interferiscono con il bilancio energetico del pianeta e con la sua temperatura.

L'effetto serra che deriva da queste interazioni tra gas serra e raggi infrarossi è di per sé benefico, e garantisce una temperatura di circa 15 °C, mediamente superiore al punto di congelamento (in assenza di effetto serra la Terra si troverebbe invece intorno ai -20 °C). Purtroppo le misure disponibili dimostrano che le attività umane sopra citate stanno producendo un aumento rilevante dei gas serra. In particolare la CO₂ ha recentemente superato il livello di 400 parti per milione (ppm), notevolmente sopra quello preindustriale, che non superava 280 ppm, come dimostrano le analisi su campioni di aria antica rinvenuti nei ghiacci antartici (figura 1).

Anche altri gas serra, come il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O), in



FOTO: G.M. VENTURINI - PROTEZIONE CIVILE, REGIONE EMILIA-ROMAGNA

buona parte riconducibili all'agricoltura e agli allevamenti di bestiame, sono in forte ascesa e contribuiscono con i loro effetti combinati per l'equivalente di altri 50 ppm di anidride carbonica.

Pur tenendo conto dell'effetto "rinfrescante" delle polveri e dei fumi sospesi in aria (aerosol), l'effetto complessivo delle emissioni umane è quindi quello di riscaldare la superficie terrestre e gli oceani.

I dati disponibili evidenziano in effetti che il riscaldamento climatico ha già innalzato la temperatura terrestre di circa un grado (+0,8 °C) in un secolo (figura 2), e ciò sta già provocando effetti visibili, il più clamoroso dei quali è senz'altro la grande diminuzione del volume dei ghiacci artici, calati del 40% negli ultimi 35 anni.

Molto chiara anche la reazione dei mari, che si stanno gonfiando per l'aumento della temperatura dell'acqua, e sollevando per i continui deflussi di acque dolci di scioglimento dei ghiacciai posti sulla terraferma (nel corso del XX secolo il livello medio degli oceani è cresciuto di 15 cm e il ritmo odierno è di +3 mm/anno).

Tutti i sistemi di calcolo modellistico messi a punti dai climatologi indicano la necessità di intervenire pesantemente sulle emissioni antropiche di gas serra per evitare che questi cambiamenti climatici proseguano inalterati, portando a fine secolo le temperature a livelli pericolosi per la nostra civilizzazione.

In effetti nel 2015 i governi di tutto il mondo hanno dimostrato di comprendere i rischi incombenti e hanno sottoscritto l'accordo di Parigi, già ratificato nel 2016 in Marocco, che prescrive azioni concrete per il contenimento dell'aumento delle temperature al di sotto di +2 gradi, con un obiettivo ideale di +1,5 °C.

In generale la "ricetta" richiede il progressivo e rapido abbandono delle fonti energetiche fossili e la loro sostituzione con fonti rinnovabili (in particolare produzione di energia elettrica da sole acqua e vento).

È anche indispensabile diminuire drasticamente lo spreco di energia attraverso una maggior efficienza (a titolo di esempio un motore a scoppio spreca sotto forma di calore l'80% dell'energia contenuta nel carburante, mentre un motore elettrico equivalente solo il

20%). E sono stati definiti meccanismi economici compensativi che inducano i paesi responsabili a fermare la tendenza al disboscamento, e anzi a invertirla.

Nonostante questi sforzi tesi alla "mitigazione" delle cause di cambiamento climatico il clima per alcuni decenni continuerà a cambiare, e quindi bisogna adoperarsi a tutti i livelli per il cosiddetto "adattamento", un processo attivo che aumenti la "resilienza" dei nostri sistemi produttivi e dell'habitat, ai fini di gestire e sopportare meglio le conseguenze del nuovo clima terrestre.

Nelle aree urbane per esempio, è possibile e necessario evitare allagamenti e altri disagi integrando nel territorio edificato sistemi innovativi di adeguata gestione delle acque meteoriche derivanti da precipitazioni estreme, mentre in quello agricolo si deve intervenire sulle varietà e sulle tecniche colturali per razionalizzare e diminuire le esigenze irrigue delle coltivazioni.

La combinazione di mitigazione delle emissioni e di adattamento al nuovo clima induce notevoli mutamenti socioeconomici e favorisce in generale l'innovazione: questa indispensabile attività può dunque creare, se adeguatamente stimolata e guidata, nuove opportunità di occupazione e sviluppo sostenibile.

A questo proposito sono molto interessanti gli sviluppi relativi ai cosiddetti "servizi climatici", tesi alla fornitura di previsioni a lungo termine (dalla stagione al decennio) e di strumenti per la loro applicazione anche in campo agricolo. Arpaè è impegnata da anni in questo senso e ha sviluppato il sistema **iColt** che fornisce previsioni irrigue stagionali ai consorzi di bonifica dell'Emilia-Romagna prima dell'estate (<http://www.tinyurl.com/arpaecolt>). Dall'integrazione di questo sistema con altri metodi e dati soprattutto satellitari nel 2015 è nata in ambito Horizon2020 l'azione di innovazione europea Moses (www.moses-project.eu) che tende a sviluppare un servizio completo di previsione irrigua a lungo e breve periodo basato su una piattaforma geografica gestita dall'azienda coordinatrice Esri Italia. In Emilia-Romagna, oltre ad Arpaè, collaborano l'università di Bologna (dipartimento Dipsa), il Canale emiliano-romagnolo, il Consorzio di bonifica Romagna e l'azienda Agromet.

Vittorio Marletto

Arpaè Emilia-Romagna

FIG. 1
ANIDRIDE
CARBONICA IN
ATMOSFERA

La CO₂ ha recentemente superato il livello di 400 parti per milione (ppm), notevolmente superiore a quello preindustriale, che non superava 280 ppm.

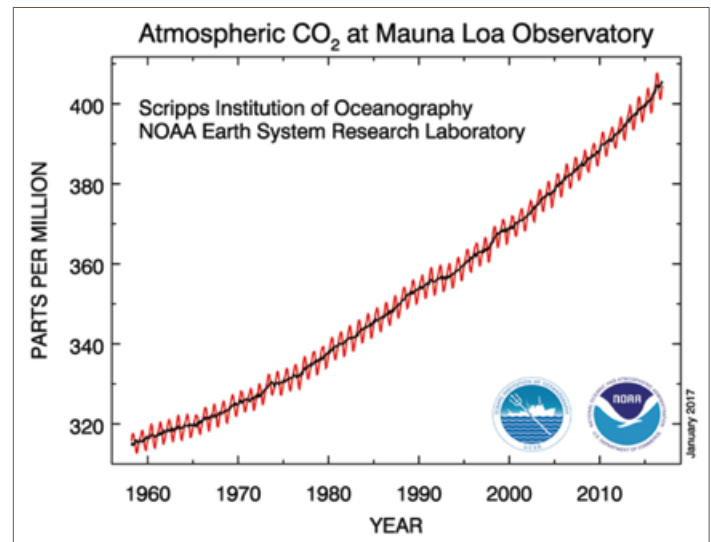


FIG. 2
CLIMA E
TEMPERATURE
GLOBALI

Andamento delle temperature globali 1880-2015, espresse come anomalie rispetto alle medie degli anni 1951-80. I valori preliminari per il 2016 confermano le tendenze al forte riscaldamento.

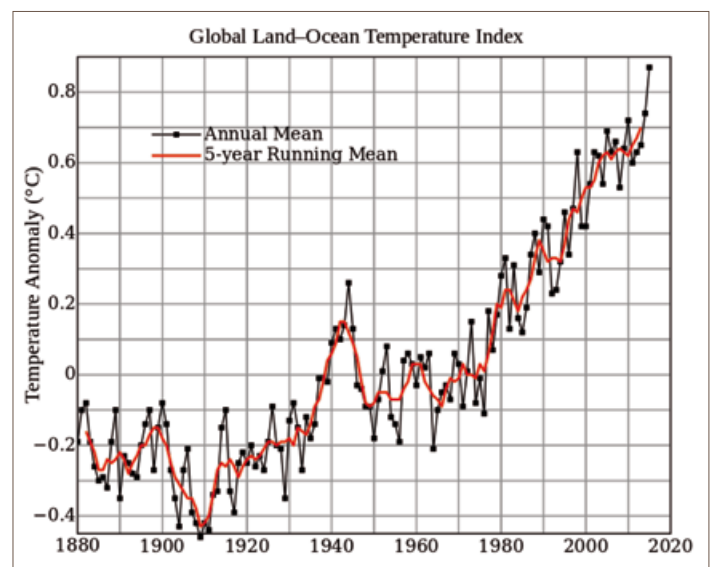


FOTO: P. GARAU - AIG, REGIONE EMILIA-ROMAGNA

STRATEGIE PER FAR FRONTE ALLA SCARSITÀ IDRICA

IL PARTENARIATO EUROPEO PER L'INNOVAZIONE IN AGRICOLTURA (EIP-AGRI) HA LANCIATO NEL 2015 UN FOCUS GROUP DEDICATO ALL'IDENTIFICAZIONE DELLE STRATEGIE PER AFFRONTARE LA SCARSITÀ D'ACQUA. SERVONO RICERCA E AZIONI PER MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'ACQUA E L'EFFICIENZA DI USO DELLA RISORSA.

La tendente diminuzione di disponibilità idrica, associata a un graduale ma continuo aumento delle temperature e della richiesta evapotraspirativa delle colture rappresenta una notevole preoccupazione per l'agricoltura europea, in particolare nell'area del Mediterraneo, in quanto ne mette a rischio la sostenibilità economica e ambientale nei prossimi anni. Per questo motivo, il Partenariato europeo per l'innovazione in agricoltura (EIP-Agri), piattaforma creata nel 2014 dalla Commissione europea per facilitare lo scambio e l'adozione di innovazione in questo settore, ha lanciato nel 2015 un *Focus Group* dedicato all'identificazione delle strategie esistenti e in via di sviluppo, per affrontare la scarsità d'acqua. Di questo gruppo hanno fatto parte 19 esperti del settore, provenienti da 11 diversi paesi europei, selezionati direttamente da EIP-Agri. Tra gli esperti vi sono diverse figure professionali tra cui ricercatori, consulenti ed agricoltori, tutti fortemente coinvolti nella gestione di queste problematiche.

I membri del gruppo sono stati chiamati a lavorare insieme da remoto e attraverso incontri dedicati per rispondere ai seguenti obiettivi:

- identificare le pratiche colturali attualmente applicate, assieme ad una serie di strategie in via di sviluppo per affrontare la scarsità idrica a livello aziendale
- identificare le barriere (culturali, economiche ed ambientali) che impediscono l'adozione di queste strategie
- mettere in luce le strategie di adattamento più utili
- identificare i fabbisogni di ricerca per lo sviluppo di nuove risposte utili a far fronte allo stress idrico.

Le strategie per far fronte alla scarsità idrica

Secondo il Focus Group, è necessario innanzitutto aumentare e garantire la disponibilità idrica per le colture. Questa può essere migliorata attraverso una buona gestione del suolo, che preveda ad esempio un elevato contenuto

di sostanza organica e l'applicazione di *strategie di agricoltura conservativa* quali la pacciamatura, la riduzione del compattamento del suolo attraverso traffico controllato delle macchine agricole e, in caso di necessità, anche pratiche quali l'aratura profonda e la ripuntatura del suolo.

Oltre a massimizzare la ritenzione idrica del suolo è molto importante migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua attraverso una buona programmazione degli interventi irrigui; ossia fornendo acqua alle colture nei tempi e nelle quantità effettivamente necessarie. Questo può essere possibile soltanto adottando approcci irrigui razionali, basati su dati reali e non, come spesso accade, semplicemente sull'esperienza dell'agricoltore. A questo proposito, l'utilizzo di sistemi di supporto decisionale (DSS) è fortemente consigliato e permette non solo di risparmiare acqua, ma anche di ottimizzare l'efficienza produttiva e la qualità delle colture.

Attualmente esiste una vasta gamma di questi sistemi: da semplici servizi *web-based* capaci di stimare l'evapotraspirazione colturale partendo dai dati meteo, a DSS più complessi, dotati di sensori pianta e/o suolo, in grado di rilevare in tempo reale lo stato idrico della coltura e rilasciare indicazioni irrigue accurate.

Approcci irrigui di precisione possono basarsi anche su dati provenienti da telerilevamento satellitare, anche se l'utilizzo di questi sistemi su larga scala è ancora di non facile applicazione.

Ulteriori suggerimenti per migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua sono quelli di adottare, ove possibile, protocolli di deficit idrico controllato e migliorare l'efficienza di distribuzione favorendo l'utilizzo di sistemi irrigui a bassa portata (es: gocciolatori, ale interrate) e associando protocolli di fertirrigazione. A tutto ciò dovrebbero aggiungersi tutte quelle pratiche che favoriscono la *resilienza*



FOTO: MERIDIANA IMMAGINI, REGIONE EMILIA-ROMAGNA



FOTO: G. GALEOTTI - FLOKOR, CC

aziendale. Ad esempio la scelta di cultivar resistenti allo stress idrico, e l'introduzione di colture tolleranti la siccità; la diversificazione delle colture all'interno dell'azienda e dell'appezzamento e non da ultimo, la formazione degli agricoltori e degli operatori del settore ed il loro coinvolgimento in attività di *networking* che facilitino la diffusione e l'adozione di innovazione

Il trasferimento tecnologico: un processo a volte difficile

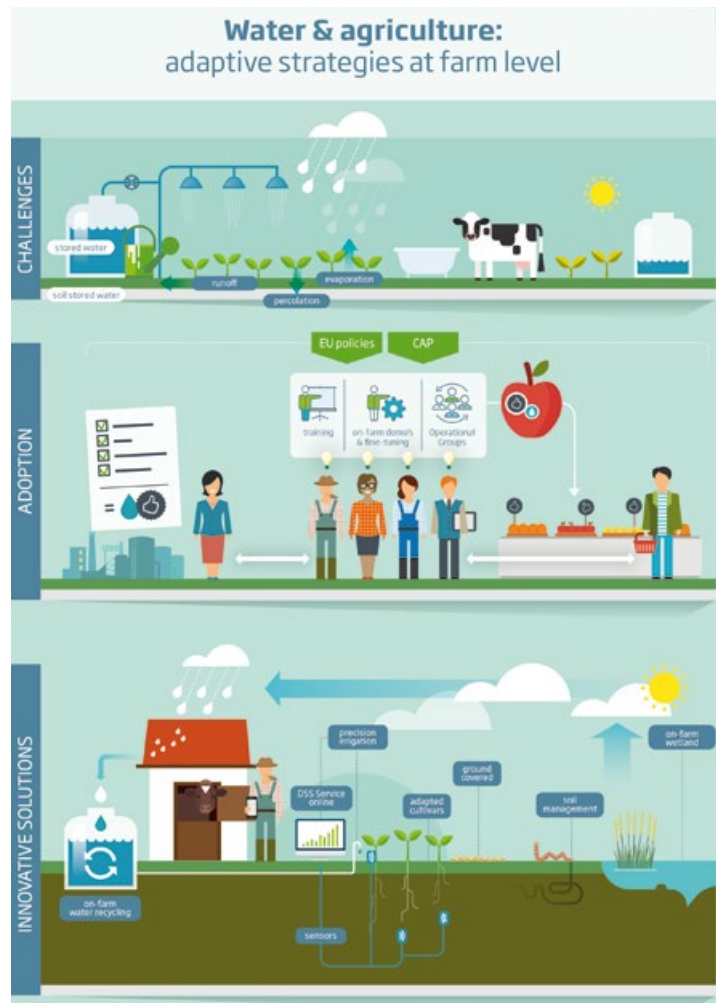
Purtroppo, pratiche colturali innovative sono spesso poco conosciute e poco applicate a causa di una certa diffidenza da parte degli agricoltori a modificare le pratiche colturali abituali, della mancanza di dati chiari sui reali benefici derivanti dall'applicazione di tali pratiche e, non da ultimo, della mancanza di un supporto istituzionale/politico che favorisca la formazione tecnica dei consulenti e fornisca risorse per la ricerca scientifica. Per facilitare l'adozione di innovazione in agricoltura è quindi necessario definire chiaramente i benefici economici e aziendali delle pratiche proposte, sia nel breve che nel lungo periodo; identificare e risolvere gli eventuali problemi tecnici e operativi attraverso uno scambio di conoscenze tra tutti gli operatori del settore, siano essi ricercatori, consulenti, produttori di attrezzature, agricoltori o consumatori.

Fabbisogni di ricerca

Nell'analizzare le strategie suggerite, il gruppo ha identificato alcuni *gap* da colmare con la realizzazione di future azioni di ricerca, tra cui:

FIG. 1
ACQUA E
AGRICOLTURA

Infografica del Focus Group "Acqua e agricoltura" costituito nell'ambito del Partenariato europeo per l'innovazione in agricoltura (EIP-Agri).



- la necessità di effettuare studi di lungo periodo per dimostrare i benefici di strategie volte a migliorare la ritenzione idrica del suolo
- il miglioramento dei sistemi di supporto decisionale attraverso azioni di calibrazione, validazione e semplificazione che ne rendano più facile l'utilizzo da parte degli agricoltori
- lo sviluppo di sensori pianta economicamente vantaggiosi per monitorare direttamente il reale stato idrico della coltura
- la validazione di protocolli di deficit idrico controllato e di irrigazione di precisione per specie e sistemi produttivi diversi
- lo sviluppo di sistemi economicamente sostenibili di riciclo dell'acqua in azienda
- la valutazione di sistemi di coltura protetta che utilizzino limitate porzioni di terreno (di tipo verticale) e di quantità d'acqua (sistemi chiusi di alimentazione idrica).

Queste esigenze di ricerca potranno essere implementati in *future call* del Programma europeo Horizon 2020 o nei bandi regionali del Programma di sviluppo rurale, attraverso la formazione dei Gruppi operativi.

La scarsità idrica e il cambiamento climatico sono sfide molto serie per l'agricoltura di tutto il mondo. Serve un'ampia gamma di strategie multidisciplinari, dal miglioramento genetico alla gestione del suolo e delle coltivazioni per assicurare la sostenibilità e la qualità delle produzioni europee. Tuttavia, per essere efficaci a livello globale e ottenere risultati di lungo periodo, le strategie applicate a livello aziendale devono essere associate a sforzi su più ampia scala per la conservazione dell'acqua e per l'uso più efficiente di questa risorsa.

Brunella Morandi¹, Marcello Mastrorilli², Paolo Mantovi³

1. Dipartimento di Scienze agrarie, Università di Bologna
2. Crea-Sca (Bari)
3. Centro ricerche produzioni animali (Crpa) Reggio Emilia

Per maggiori informazioni:

<http://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/content/water-agriculture-adaptive-strategies-farm-level>

IL RECUPERO DI ENERGIA E DI RISORSE IDRICHE

CON UN APPROCCIO “ZERO WASTE”, I PROGETTI NAUPLIUS E “CO2 RE-USE” CONDOTTI DAL DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE DELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA E BIOTEC SYS, DIMOSTRANO IL SUCCESSO DI TRATTAMENTI INNOVATIVI VOLTI AL RIUTILIZZO DI ENERGIA E RISORSE IDRICHE DA REFLUI URBANI, ZOOTECCNICI E DELLE AZIENDE AGRO-ENERGETICHE.

Il Dipartimento di Scienze agrarie (DipSa) di UniBo e Biotec Sys collaborano da oltre un decennio su tematiche di ricerca, sviluppo e applicazione dimostrativa di tecnologie mirate al recupero di energia, nutrienti, prodotti e acque depurate a partire da reflui di varia natura. Un primo progetto è stato rivolto alle strategie di depurazione e valorizzazione dei reflui zootecnici tramite costruzione di una catena trofica basata su alghe, zooplancton e piante acquatiche; un secondo progetto, realizzato in collaborazione con Hera spa, ha visto invece la realizzazione di un impianto pilota dimostrativo in cui avviene un processo innovativo di digestione anaerobica dei fanghi di depurazione; infine, a seguito del recente sviluppo delle agroenergie, si è aperto il campo di ricerca relativo al miglioramento della intera filiera delle aziende agroenergetiche. I trattamenti proposti hanno dimostrato un'importante ricaduta economica per un razionale riutilizzo di acque reflue sia per la produzione di bioenergia e prodotti *bio-based* che per usi irrigui in agricoltura.

Il progetto Nauplius

Le attività agricole zootecniche, in particolare le zone ad alta densità di allevamenti, rappresentano un fattore di criticità per il forte impatto ambientale (emissioni di odori, metalli pesanti, fitofarmaci). L'utilizzo agronomico degli effluenti zootecnici deve essere comunque visto come risorsa molto importante per la qualità e la sostenibilità degli allevamenti zootecnici e la fertilità dei suoli agricoli (Biau et al., 2012).



1

Tra i processi di trattamento che rendono più efficiente l'utilizzo dei reflui zootecnici in agricoltura, la digestione anaerobica rappresenta una modalità importante di recupero energetico tramite la produzione di biogas, oltre che di miglioramento delle caratteristiche del refluo (minori emissioni di gas serra e odorigene).

Allo stesso tempo il contenuto in nutrienti (azoto e fosforo in particolare) non viene alterato significativamente. Riguardo ad altri aspetti, tuttavia, la digestione anaerobica non costituisce un vantaggio determinante, e tra questi aspetti rientra la dinamica dei metalli pesanti (ad es. Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Cr, Cd e Pb) e l'alcalinità; quest'ultima, in particolare, è una condizione limitante per la biodisponibilità dei nutrienti e quindi una condizione non favorevole per un riutilizzo del refluo in agricoltura.

Il progetto Nauplius, realizzato presso un allevamento suinicolo a ciclo chiuso in provincia di Bologna, nasce da una stretta collaborazione tra l'università, il DipSa e Biotec Sys srl.

Le linee guida di questa *partnership* sono:

- un approccio *zero waste* al trattamento di reflui zootecnici, alla produzione di bioenergia e di prodotti *bio-based*
- l'integrazione vantaggiosa tra processi biotecnologici e non
- la transizione verso tecnologie sostenibili per lo sviluppo di un'economia circolare.

Finalità principale del progetto è stata quella di realizzare un processo biologico integrato dell'effluente, a valle della digestione anaerobica, con diverse unità sequenziali basate su microalghe, zooplancton (*Daphnia magna*), piante acquatiche e pesci d'acqua dolce (*Cyprinus carpio*) e altri (foto 1). L'integrazione del processo di digestione anaerobica con le diverse unità di processo biologiche ha valorizzato l'effluente ai fini della fertilizzazione convertendo un *waste* in una risorsa idrica grazie alla significativa riduzione del contenuto di metalli (figura 1), al recupero di nutrienti come l'azoto in forma organica ed un abbattimento di emissioni di NH₃. Il progetto Nauplius ha inoltre generato una filiera di nuovi prodotti da destinare al mercato dell'acquacoltura, del ripopolamento e dell'industria mangimistica.

Allo stato attuale il progetto Nauplius è stato esteso ai reflui di aziende agro-energetiche, una categoria di aziende che negli ultimi anni è cresciuta in modo rilevante. Il lavoro è stato quindi focalizzato sull'isolamento e la selezione di ceppi algali adattati alla crescita su reflui provenienti da diverse tipologie di impianti di digestione anaerobica. I ceppi algali sono stati selezionati per capacità di crescita ad alta densità; crescita non dipendente da intensa radiazione solare (eterotrofia) e conferimento di proprietà biostimolanti al refluo.

1 Attività sperimentale condotta presso un allevamento suinicolo a Sacerno (Bo). Nauplius ha realizzato una rete trofica di diverse unità di processo: i) microalghe; ii) zooplancton (*Daphnia magna*); iii) piante acquatiche; iv) pesci d'acqua dolce (*Cyprinus carpio* e altri).

FIG. 1
RISORSE IDRICHE
DA REFLUI URBANI

La catena trofica Nauplius[®] ha valorizzato l'effluente ai fini della fertilizzazione convertendo un "waste" in una risorsa idrica grazie anche alla significativa riduzione del contenuto di metalli.

■ Influyente
■ Effluente

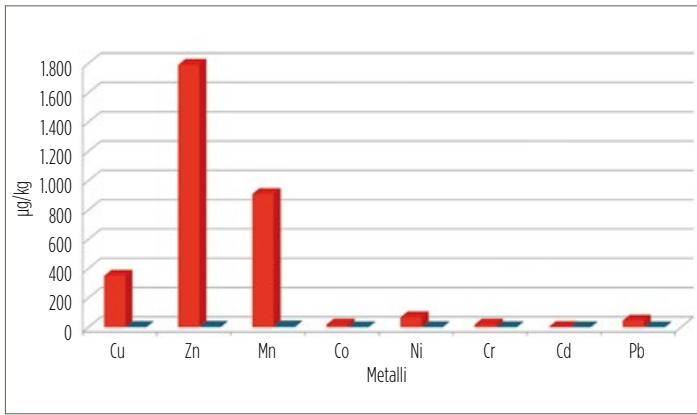


FIG. 2
RISORSE IDRICHE
DA REFLUI URBANI

Digestione anaerobica multifase e "CO₂ Re-use": l'iniezione di CO₂ nella fase acida (FER) ha aumentato la conversione del materiale organico nel trattamento dei fanghi di depurazione. L'uso di CO₂ favorisce la riduzione delle emissioni di gas serra associate al trattamento.

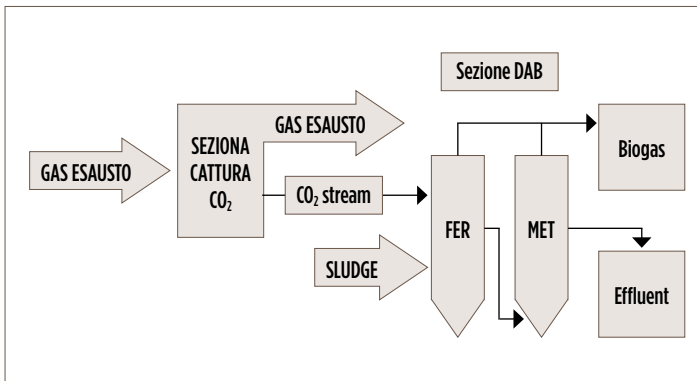


FOTO: B. LIVIANA, REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Digestione anaerobica multifase e CO₂ Re-use

La digestione anaerobica è stata applicata in campi molto diversi, dalla depurazione di acque reflue ai settori agroalimentari, conciari e delle agroenergie. Per quanto riguarda il trattamento delle acque reflue è stato messo a punto, in collaborazione con Hera spa, un processo in scala pilota per la digestione anaerobica avanzata dei fanghi di depurazione, allo scopo di migliorare gli aspetti ambientali ed economici del trattamento delle acque reflue. Obiettivi del progetto:

- aumento dell'efficienza nella degradazione della sostanza organica
- aumento della produzione energetica tramite co-digestione
- riduzione della produzione di gas serra associata alla depurazione.

Gli aspetti innovativi principali sono la realizzazione di un processo di digestione a fasi separate e specializzate e la realizzazione di un sistema integrato di cattura e riutilizzo della CO₂ da gas esausti (CO₂-Re-use).

CO₂ Re-use ha dimostrato che l'iniezione di CO₂ nella fase acida (figura 2) aumenta la conversione del materiale organico nel trattamento dei fanghi di depurazione e che l'utilizzo della CO₂ costituisce una opportunità di riduzione delle emissioni di gas serra associate al trattamento (Salomoni et al., 2011).

Conclusioni e prospettive

Gli aspetti comuni tra i progetti descritti in questo articolo riguardano le ricadute in termini di miglioramento del processo che converte un refluo in una risorsa idrica. I reflui sono stati convertiti da materiale problematico (assimilabile a un waste) a risorsa idrica tramite approcci integrati comprendenti diversi processi biologici, ricavando in parallelo vantaggi aggiuntivi che migliorano l'economicità e il bilancio ambientale dell'intero processo (produzione di energia rinnovabile, recupero di nutrienti come l'azoto in forma organica, produzione di nuovi prodotti bio-based, riduzione delle emissioni di gas serra).

Gli approcci tecnologici descritti rappresentano una consolidata base per l'innovazione dei processi biotecnologici per il trattamento di reflui liquidi e solidi e per la loro integrazione al fine di raggiungere:

- sostenibilità ambientale (basse emissioni di gas serra, zero waste, massimo recupero dei nutrienti come l'azoto)
- sostenibilità economica (grid parity, bioproducti competitivi con omologhi tradizionali, riduzione dei costi di trattamento)
- sostenibilità sociale (azione locale, assenza di competizione con le produzioni food).

Ornella Francioso¹ e Mattia Bonoli²

1. Università di Bologna, Dipartimento di Scienze agrarie

2. Biotec Sys srl, Bologna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Biau, A., Santiveri, F., Mijangos, I., Lloveras, J. (2012). *The impact of organic and mineral fertilizers on soil quality parameters and the productivity of irrigated maize crops in semiarid regions*. European Journal of Soil Biology 53:56-61
- Salomoni, C., Caputo, A., Bonoli, M., Francioso, O., Rodriguez-Estrada, M.T., Palenzona, D. (2011). *Enhanced methane production in a two-phase anaerobic digestion plant, after CO₂ capture and addition to organic wastes*. Bioresource Technology 102:6443-6448.

ESPERIENZE DI TECNICHE DI IRRIGAZIONE DEFICITARIA

VALUTARE GLI EVENTUALI EFFETTI DI STRESS IDRICO ASSOCIATO ALL'UTILIZZO DI TECNICHE DI IRRIGAZIONE DEFICITARIA SIA SULLE COLTURE, SIA SULLE DINAMICHE IDRICHE DEL SUOLO È L'OBIETTIVO DI ALCUNE ESPERIENZE CONDOTTE DALL'UNIVERSITÀ DI CATANIA IN COLLABORAZIONE CON IL CREA E ACM IN SICILIA. BUONI I RISULTATI OTTENUTI.

Dal 2010 è in corso una collaborazione scientifica tra i ricercatori del Dipartimento di Agricoltura, alimentazione, ambiente (Di3A) dell'Università di Catania e del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Crea) sezione Centro di ricerca per l'agrumicoltura e le colture mediterranee (Acm) di Acireale, con l'obiettivo di valutare gli eventuali effetti di stress idrico associato all'utilizzo di tecniche di irrigazione deficitaria, sia sulle colture (aspetti quali-quantitativi), sia sulle dinamiche idriche del suolo.

Disegno sperimentale e dinamiche idriche del suolo

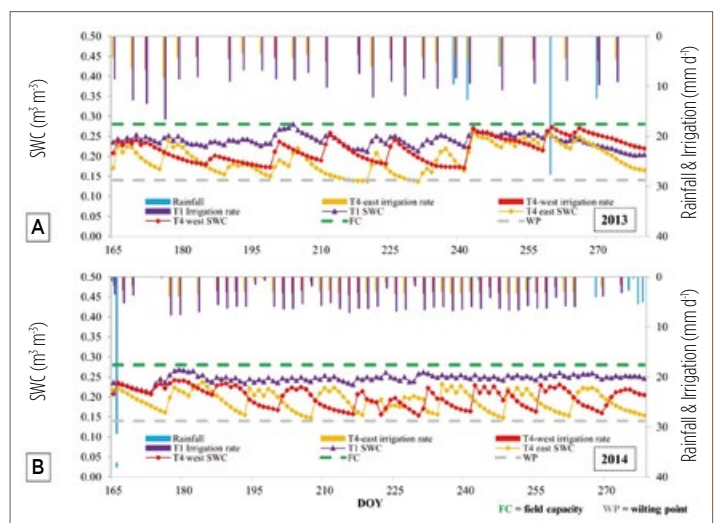
L'area in studio ricade in un'azienda sperimentale situata nella Sicilia orientale e gestita dal Crea-Acm. Piante di arancio Tarocco Sciarra C1882 innestate su Citrange Carrizo [Poncirus trifoliata (L.) Raf. X Citrus sinensis (L.) Osbeck] sono impiantate con sesto di 6x4 m. Il sito presenta condizioni climatiche mediterranee tipiche di un regime semi-arido. Il sito è dotato di una stazione climatica per la stima dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_0), mediante l'approccio FAO-56. I volumi irrigui applicati *in situ* sono calcolati in funzione dell' ET_c , di opportuni fattori di localizzazione e coefficienti correttivi relativi alle prestazioni del sistema di distribuzione. Tra i trattamenti irrigui posti a confronto vi sono:

- il controllo (T1), al quale è somministrato un volume irriguo corrispondente al 100% dell' ET_c
- la *partial root-zone drying* (PRD, T4) a cui è somministrato il 50% dell' ET_c , alternativamente sulle due parti in cui è suddiviso l'apparato radicale.

T1 e T4 impiegano sistemi di irrigazione a goccia utilizzando due condotte irrigue per ogni fila di alberi, caratterizzate dalla presenza di irrigatori da 4 l/h, distanti

FIG. 1
TECNICHE DI IRRIGAZIONE DEFICITARIA

Produzione, qualità ed efficienza d'uso dell'acqua per T1 e T4 durante le stagioni irrigue 2013 e 2014.



0.6 m l'un dall'altro. Le condotte irrigue di T1 sono posizionate in superficie vicino al tronco, quelle di T4 sono posizionate sui lati opposti del tronco (est-ovest). I dettagli delle caratteristiche tessiturali e idrauliche del suolo dell'area in studio sono riportate in Consoli et al, (2014, 2017). Le dinamiche idriche del suolo sono monitorate in situ mediante appositi sensori posizionati nel profilo di suolo ad una profondità di 0.30 m dalla superficie. In T4, i sensori sono posizionati in prossimità di entrambe le condotte irrigue che costituiscono il sistema PRD (est-ovest).

Indicatori fisiologici e parametri qualitativi e produttivi

Gli effetti dell'applicazione dei trattamenti T1 e T4 sono valutati sulla base del monitoraggio di indicatori fisiologici, ritenuti significativi delle condizioni di stress da carenza idrica per le piante in studio, e in particolare: potenziale idrico fogliare (Ψ_{stem}); conduttanza stomatica (g_s); indice di area fogliare (LAI) e radiazione fotosinteticamente attiva (PAR). Inoltre, alcune piante dei trattamenti T1 e T4 sono munite di

sensori di *sap flow* (metodo HPV) per la stima della traspirazione colturale. Gli effetti dell'insorgenza di condizioni di stress idrico sono valutati anche sui parametri qualitativi (acidità titolabile, TA; solidi solubili totali, TSS, indice di maturità, MI) e produttivi (produzione totale, peso dei frutti) delle piante e determinati presso i laboratori del Crea-Acm. L'efficienza di uso dell'acqua (WUE) è calcolata come il rapporto tra la produzione e la dose irrigua somministrata.

Attività di ricerca del Di3A e Crea-Acm

Nel corso dell'attività di ricerca sono stati messi a punto protocolli di monitoraggio al fine di individuare eventuali differenze nelle caratteristiche fisiologiche, produttive, qualitative delle piante irrigate con tecnica PRD, rispetto al controllo ben irrigato (T1). In questo contributo si riportano i risultati nell'adozione del trattamento T4 durante le stagioni irrigue 2013 e 2014 (Consoli et al., 2017). Le condizioni climatiche di sito nei periodi di riferimento (giugno-ottobre) sono state simili, con valori di pioggia

cumulata inferiori ai 70 mm e valori di ET_0 di circa 730 mm.

Nel 2013, l'apporto irriguo è stato di 259.4 mm per la tesi T1 e di 109.2 mm per la tesi T4, con un risparmio idrico, in quest'ultimo caso pari al 57.9%.

Nel 2014, alle tesi T1 e T4 sono stati distribuiti, rispettivamente, 266.3 mm e 110.6 mm, con un risparmio idrico, nel caso del regime deficitario, del 58.5%. Le dinamiche idriche del suolo di T1 e T4 sono riportate in *figura 1* (a, b).

In T1, l'umidità del suolo è rimasta nei limiti della capacità di campo, mentre in T4 è evidente l'alternanza umettamento-essiccazione tipica del regime PRD.

I risultati del monitoraggio fisiologico condotto sulle piante di arancio di T1 e T4 sono riportati nella *figura 2* (a, d).

I risultati delle analisi effettuate sui frutti prelevati negli stessi trattamenti in termini dei parametri produttivi e qualitativi sono riportati in *tabella 1*. In generale, i risultati evidenziano che il risparmio idrico conseguito in T4 non è causa di significative differenze fisiologiche delle diverse piante monitorate, ciò sia in termini di stato idrico della pianta, sia di resistenza offerta ai flussi traspirativi (dati non mostrati qui), con effetti positivi anche sulla WUE.

Le attività di ricerca future integreranno ai protocolli sperimentali già collaudati anche l'introduzione di tecniche innovative per la determinazione dell' ET_c *in situ* e applicazioni di metodi geoelettrici per la valutazione delle interazioni suolo-radice delle colture in studio. Tali attività di ricerca proseguiranno all'interno dei programmi di ricerca internazionale EranetMed (*Water Saving in Agriculture: technological developments for the sustainable management of limited water resources in the Mediterranean area*, Wasa) e Era-Net Cofund WaterWorks 2014 (*Innovative Remote and ground sensors, data and tools Into a Decision support system for Agriculture water magement*, Irida) in cui i ricercatori del Di3A e Crea-Acm sono attualmente coinvolti.

Giuseppe Luigi Cirelli¹, Salvatore Barbagallo¹, Simona Consoli¹, Daniela Vanella¹, Fiorella Stagno², Giancarlo Rocuzzo²

1. Dipartimento di Agricoltura, alimentazione, ambiente (Di3A), Università degli Studi di Catania

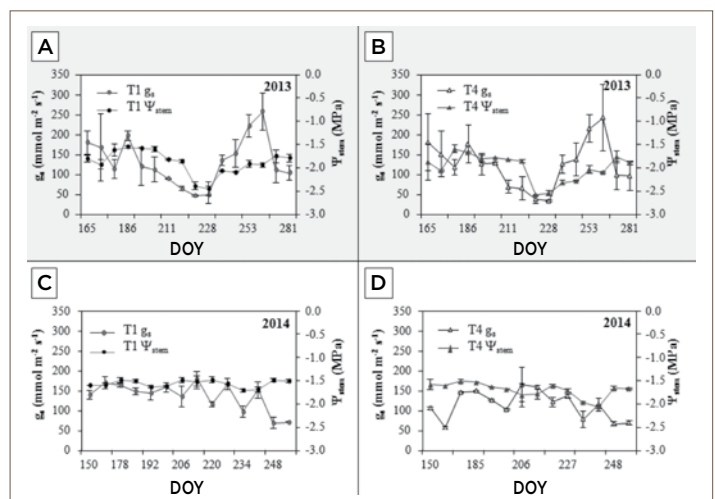
2. Centro di ricerca per l'agrumicoltura e le colture mediterranee (Acm), Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Crea)



FOTO: M. COSTA - FLICKR, CC

FIG. 2
TECNICHE DI IRRIGAZIONE DEFICITARIA

Valori misurati di potenziale xilematico e conduttanza stomatica per le foglie di T1 (a - c) e T4 (b - d) nelle stagioni irrigue 2013 e 2014.



TAB. 1
TECNICHE DI IRRIGAZIONE DEFICITARIA

Produzione, qualità ed efficienza d'uso dell'acqua per T1 e T4 durante le stagioni irrigue 2013 e 2014.

Anno	Trattamento	Produzione (t/ha)	Peso frutti (g)	TA (g/L)	TSS (°Brix)	MI	WUE (kg/ha/mm)
2013	T1	10,0	261,0	1,4	11,5	8,4	3,8
	T4	12,7	236,0	1,4	12,3	8,7	11,6
analisi di varianza		ns	***	ns	***	ns	**
2014	T1	21,1	293,0	1,2	10,5	8,6	7,9
	T4	23,4	248,0	1,5	11,7	8,4	21,2
analisi di varianza		ns	*	ns	*	ns	**

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Consoli S., Stagno F., Rocuzzo G., Cirelli G., Intrigliolo F. (2014). *Sustainable management of limited water resources in a young orange orchard*. Agricultural Water Management, Vol. 132, pp. 60-68

Consoli S., Stagno F., Vanella D., Boaga J., Cassiani G., Rocuzzo G. (2017). *Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: effects on water use and crop production characteristics*. Journal Agronomy 82: 190 - 202

ALADIN E L'AGROALIMENTARE IDRO-INTELLIGENTE

ALADIN È UNA PIATTAFORMA TECNOLOGICA MULTISENSORIALE DEDICATA ALL'IRRIGAZIONE DI PRECISIONE DELLE COLTURE INTENSIVE DA PIENO CAMPO. IL COMPLESSO INTEGRA NUOVE TECNOLOGIE SENSORISTICHE PER LO STRESS IDRICO, UN SISTEMA INFORMATICO INTERFACCIATO ALLA RETE IRRINET E MACCHINE IRRIGUE A RATEO VARIABILE.

La corretta gestione delle risorse idriche, imposta dalla necessità d'uso e dall'evidenza del cambiamento climatico, stimola il mondo della ricerca e delle imprese a collaborare per meglio affrontare le sfide future. In ambito agricolo questo si traduce sostanzialmente nella necessità di introdurre nuovi metodi per il monitoraggio tempestivo dello stress idrico e nell'applicazione di precisione dell'apporto irriguo.

Il progetto *Agroalimentare idrointelligente - Aladin*, finanziato sul bando Por Fesr Emilia-Romagna 2014-2020 (Programma operativo regionale, Fondo europeo di sviluppo regionale) si propone di rispondere a queste esigenze.

Il progetto si articola su quattro Obiettivi realizzativi fondamentali in due anni di sperimentazione, condotta su colture intensive di pieno campo (mais e pomodoro) ubicate in aziende sperimentali tra Bologna e Parma.

Gli obiettivi del progetto Aladin

L'Obiettivo realizzativo 1 si propone di sviluppare e validare innovative soluzioni sensoristiche da campo, per il *monitoraggio dello stress idrico delle colture: una piattaforma di spettroscopia a raggi gamma e un analizzatore di gas*. La prima consiste in uno spettrometro gamma che risponde alle differenze di presenza di acqua nel suolo. Esiste, infatti, un fondo di naturale emissione di raggi gamma da parte del

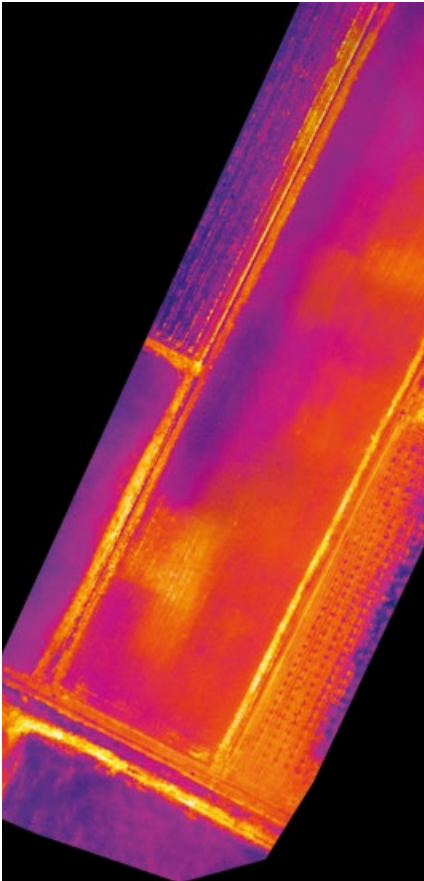


1



2

- 1 Drone in volo sopra il campo sperimentale di pomodoro da industria, presso l'Azienda agraria sperimentale Stuard di Parma.
- 2 Barra irrigatrice in funzione sul campo sperimentale di pomodoro da industria, presso l'Azienda del Cer a Mezzolara di Budrio (BO).
- 3 Immagine all'infrarosso termico, presa dal drone sul campo sperimentale di mais, presso l'Azienda agraria sperimentale dell'Università di Bologna a Cadriano (BO).



3

suolo dovuto alla presenza di radionuclidi, quali U, Th, K. La presenza di acqua nel terreno è in grado di attenuare la radiazione gamma naturale, che risulta quindi proporzionata al contenuto idrico del suolo. Questo è pertanto quantificabile in funzione della radiazione rilevata. Tale apparato è in grado di esprimere un valore correlato a un'ampia superficie di terreno (circa 20 m di raggio), maggiormente rappresentativa della condizione del campo rispetto ai tradizionali sensori capacitivi o ai campionamenti manuali, che forniscono esclusivamente misure puntuali e dunque estremamente localizzate. L'analizzatore di gas, basato su sensori di tipo chemoresistivo, riconosce invece i composti organici volatili emessi dalle piante (nel nostro caso pomodoro e mais) quando si determinano le specifiche condizioni di stress idrico, consentendo un'elevata prontezza dell'intervento irriguo.

L'Obiettivo realizzativo 2 punta allo sviluppo delle tecnologie per il *monitoraggio idrico delle colture tramite telerilevamento da droni*.

I sensori trasportati dal drone sono camere all'infrarosso termico e sensori multispettrali. I sensori termici forniscono la misura della temperatura fogliare attraverso la quale è possibile ottenere l'indice CWSI (*Crop Water Stress Index*),

LA PARTNERSHIP DEL PROGETTO ALADIN

Partecipano alla realizzazione del progetto i Centri di ricerca:

- Centro interdipartimentale energia ambiente (Cidea), Università di Parma, in veste di coordinatore del progetto
- Laboratorio Terra&Acqua Tech, Università di Ferrara;
- Consorzio di bonifica di secondo grado per il canale emiliano-romagnolo (Cer), Bologna;
- Laboratorio CrpaLAB di Centro ricerche produzioni animali, Reggio Emilia
- Stazione sperimentale per l'industria delle conserve alimentari (Ssica), Parma
- Dipartimento di scienze agrarie (Dipsa, Università di Bologna), Arpae IdroMeteoClima e Azienda Sperimentale Stuard (Parma) come partner associati Cidea

Le imprese:

- AeroDron, Parma
- Sacmi, Imola (BO)
- RM Irrigation Equipment, Sissa Trecasali (PR)
- Tomato Colors, Sant'Agata Bolognese (BO).

Il progetto Aladin è presente sul web al sito <http://www.progettoaladin.it>

che esprime lo stato di sofferenza idrica della coltura. Le piante regolano la propria temperatura tramite la traspirazione, in caso di ridotta disponibilità idrica si ha la chiusura degli stomi con conseguente aumento della temperatura. I sensori multispettrali, che lavorano nelle bande del verde (550-580 nm), rosso (660-700 nm) e vicino infrarosso NIR (750-900 nm), permettono il calcolo di indici di vigoria della vegetazione, quale ad esempio l'NDVI (*Normalized Differences Vegetation Index*), direttamente correlabili alla biomassa della coltura.

Le immagini prodotte dai sensori sono poi rielaborate e restituite in forma di mappe georeferenziate. Parallelamente al rilievo aereo dai droni viene effettuato un rilievo a terra dello stato idrico e vegetativo delle colture, per la validazione dei dati forniti dai sorvoli. Inoltre, i dati di terra e dal drone vengono confrontati con immagini da satellite, rilevate con una risoluzione spaziale e temporale diversa, ma simili dal punto di vista dei sensori di rilevamento. L'insieme delle immagini rilevate tramite queste metodologie restituisce lo stato di necessità idrica della coltura, che verrà utilizzato per le decisioni irrigue e per una eventuale modulazione delle quantità da distribuire, in caso di disuniformità delle condizioni di campo.

L'Obiettivo realizzativo 3 si sostanzia attraverso l'*integrazione delle mappe degli indici vegetazionali prodotte dai droni con il servizio di assistenza irrigua Irrinet*, realizzato e gestito dal Consorzio del canale emiliano-romagnolo. Sono previste due linee di azione distinte, ma correlate: la prima consiste nel fondere le mappe derivate dai sorvoli (NDVI, CWSI), che hanno un altissimo livello di dettaglio, con il consiglio irriguo fornito dal servizio Irrinet, che è a scala di appezzamento,

per ottenere una mappa di prescrizione irrigua che ricalchi la variabilità in campo dell'esigenza idrica.

La seconda linea di azione consiste nell'integrazione tra il consiglio irriguo di Irrinet, nella forma di una mappa di prescrizione dettagliata, e l'apparato irriguo (un rotolone e un'ala piovana nello specifico). Uno specifico software, anch'esso appositamente elaborato nel progetto, legge la "ricetta irrigua" e istruisce la centralina della macchina, realizzando l'irrigazione a rateo variabile.

L'Obiettivo realizzativo 4 infine opera lo *sviluppo di nuove tecnologie sulla macchina da irrigazione*, per adeguarla all'esigenza dell'irrigazione a rateo variabile, andando ad agire su specifici componenti quali il controllo elettronico degli ugelli sulla barra, i regolatori di velocità di arretramento e la velocità angolare nel rotolone.

Il progetto si trova nel primo anno di svolgimento, i primi incoraggianti risultati saranno validati nel corso del secondo anno di prove.

Marco Vignudelli¹, Francesca Ventura¹, Stefano Anconelli²

1. Dipartimento di Scienze agrarie, Università di Bologna

2. Consorzio di bonifica canale emiliano-romagnolo (Cer, Bologna)

I SATELLITI AMBIENTALI E IL PROGETTO MOSES

LA RACCOLTA DI DATI SATELLITARI PER LO STUDIO DEL SISTEMA TERRA-OCEANO-ATMOSFERA MEDIANTE SATELLITI SI È INTENSIFICATA A PARTIRE DAGLI ANNI 90, ANCHE CON IL CONTRIBUTO DELL'AGENZIA SPAZIALE EUROPEA. I DATI SONO UTILIZZATI NELLA PIATTAFORMA MOSES, UN SISTEMA DI SUPPORTO DECISIONALE (DSS) PER LA GESTIONE DELL'ACQUA IRRIGUA.

A partire dai primi anni novanta si intensifica la raccolta di dati satellitari per lo studio del sistema terra-oceano-atmosfera mediante satelliti a orbita polare, cosiddetti ambientali in quanto finalizzati alle “osservazioni della terra”; l’Agenzia spaziale europea vi contribuisce con i satelliti ERS-1/2, e la piattaforma Envisat, all’inizio degli anni 2000; il programma *Earth Living Planet* ha visto lo sviluppo di missioni volte sia allo studio del sistema terra-oceano-atmosfera (*Earth Explorer*) che finalizzate alla raccolta di dati da usare operativamente (*Earth Watch*); un esempio di tali missioni sono i satelliti Meteosat, sviluppati dall’Agenzia europea, cui contribuisce Eumetsat, a partire dalla sua costituzione per la loro gestione operativa.

In seguito al Trattato di Lisbona (2007) lo spazio è entrato a far parte delle politiche comunitarie: la Comunità diviene quindi il committente dell’Agenzia – in tale mutato contesto si inserisce l’iniziativa *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), in seguito denominata *Copernicus* che sancisce il ruolo dell’Agenzia quale fornitore di dati di osservazione della terra (*Earth Observation, EO*) provenienti da missioni spaziali non solo europee; la famiglia dei satelliti Sentinel (1-6) nasce dall’esigenza di garantire continuità alla fornitura di tali dati.

L’apporto dei dati EO, ad alta risoluzione spaziale, allo studio modellistico del sistema terra-oceano-atmosfera nonché ai servizi informativi per la gestione dell’acqua è illustrato in *figura 1*; sono evidenziate le scale spaziali interessate e le loro interconnessioni.

Il progetto Moses (*Managing crop water Saving with Enterprise Services*) è finanziato sotto il “pilastro” *societal challenges*, afferente all’area tematica “acqua”, nel contesto del Programma europeo di ricerca e innovazione Horizon 2020; specificatamente il bando in

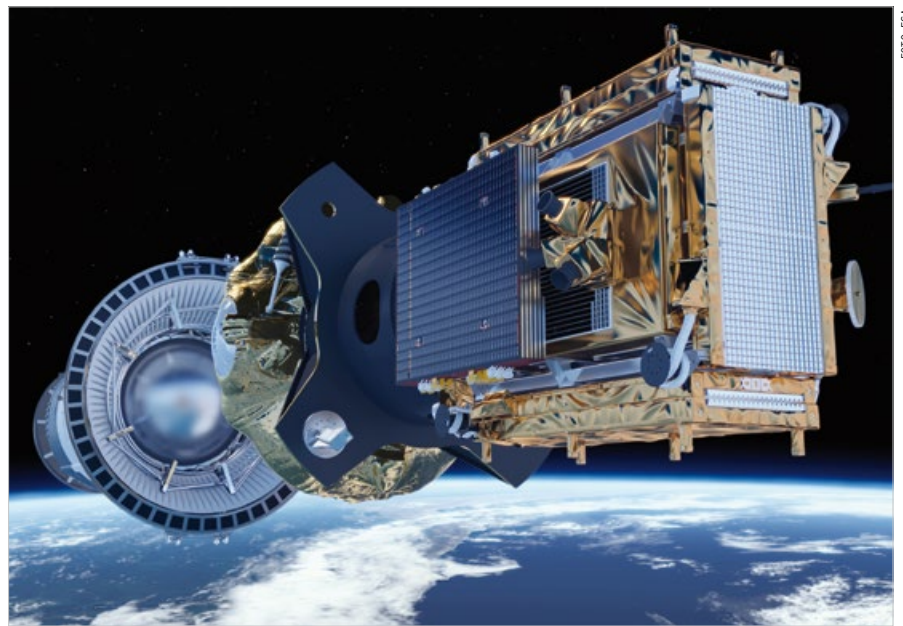
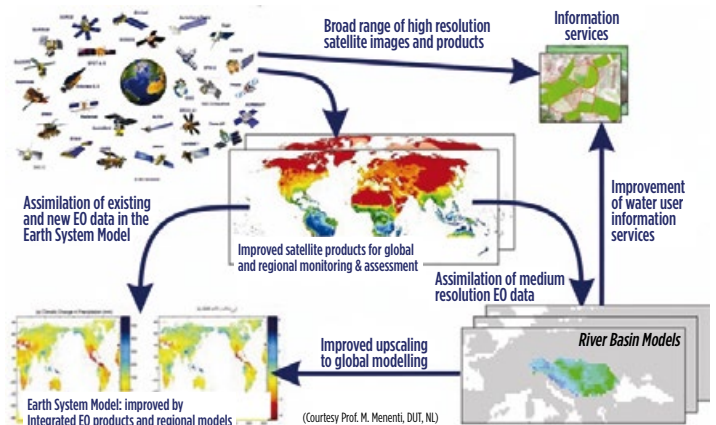


FOTO: ESA

FIG. 1
OSSERVAZIONE DELLA TERRA E MODELLISTICA

Schema del contributo dei dati di osservazione della Terra (EO) allo studio modellistico del sistema terra-oceano-atmosfera e ai servizi informativi per la gestione dell’acqua collegati.



questione si prefigge la diffusione di tecniche e strumenti per la gestione delle risorse idriche che consentano di far fronte a problematiche, quali la crescita demografica e il cambiamento climatico, favorendone la capacità di adattamento (resilienza), e contrastandone gli effetti negativi (mitigazione); la *figura 2* illustra tali problematiche in riferimento al possibile ruolo dei sistemi per la gestione dell’acqua, opportunamente adattati; inoltre il bando si prefigge di colmare il divario tra soluzioni tecnologiche

innovative e mercato (*Water innovation: boosting its value for Europe*), assegnando un ruolo di primo piano alle Pmi, come si evince dal titolo *First Application and Market replication*, prevedendo repliche delle soluzioni proposte per la loro diffusione in contesti differenti.

Moses si colloca tra i servizi climatici, come un sistema di supporto decisionale (DSS) mediante una piattaforma accessibile sul web (ArcGis online); in generale, l’uso di dati satellitari

e di dati disponibili presso centri europei consente di sviluppare servizi, indipendentemente dall'area geografica; inoltre la disponibilità del servizio su web lo rende facilmente accessibile e favorisce l'interazione tra utenti "esperti". Nella piattaforma si fa largo uso di dati satellitari (Sentinel 2, Landsat); la costellazione dei satelliti Sentinel 2A-B (il primo, 2A, lanciato nel 2015; il secondo, 2B, previsto per il 2017) ha reso disponibili immagini di alta risoluzione spaziale (da 10 a 60 m) con frequenza temporale di 5 giorni (con 2 satelliti operativi); il cospicuo numero di bande spettrali (13), di cui tre specifiche per rilevare lo stato delle colture, consente la loro mappatura durante la stagione di crescita e il loro monitoraggio.

I moduli e le peculiarità della piattaforma Moses

La piattaforma Moses si compone di moduli quali quelli per:

- la mappatura di classi aggregate di colture prima dell'inizio della stagione irrigua (*Early Season Crop Mapping*)
- le previsioni stagionali di tipo probabilistico (*Seasonal Probabilistic Forecasting*)
- la previsione irrigua stagionale e di medio/breve periodo (*Long/Medium-Short Term Irrigation Forecasting*)
- il monitoraggio delle colture e per la previsione del loro fabbisogno di acqua nel breve periodo (*In-Season Crop Water Demand*), figura 3.

La peculiarità di Moses è quella di coprire più scale temporali e spaziali, fornendo informazioni, quali previsioni del fabbisogno irriguo stagionale¹ e previsioni del fabbisogno idrico delle colture durante la fase di crescita, utili a varie tipologie di utenti quali i distretti irrigui, le aziende e gli agricoltori; un altro aspetto interessante è la possibilità di integrare servizi già operativi con finalità specifiche (ad es. il servizio Irrinet in Emilia Romagna).

Il progetto si avvale inoltre dell'esperienza di partner coinvolti in passato in vari progetti di ricerca europei sul consumo di acqua delle colture, basati su dati EO, da cui sono derivati sistemi pre-operativi quali IAS in Spagna, e Irrisat in Italia; per una descrizione generale di Moses si rimanda alla pagina web del progetto (<http://www.moses-project.eu/>).

Maria Gabriella Scarpino

Serco spa, Roma
Gabriella.Scarpino@serco.com

FIG. 2
 CAMBIAMENTI CLIMATICI E GESTIONE DELL'ACQUA

Ruolo potenziale dei sistemi per la gestione dell'acqua in riferimento a criticità, quali la crescita demografica e il cambiamento climatico, e loro contributo al miglioramento della capacità di adattamento (resilienza) e a contrastarne gli effetti negativi (mitigazione).

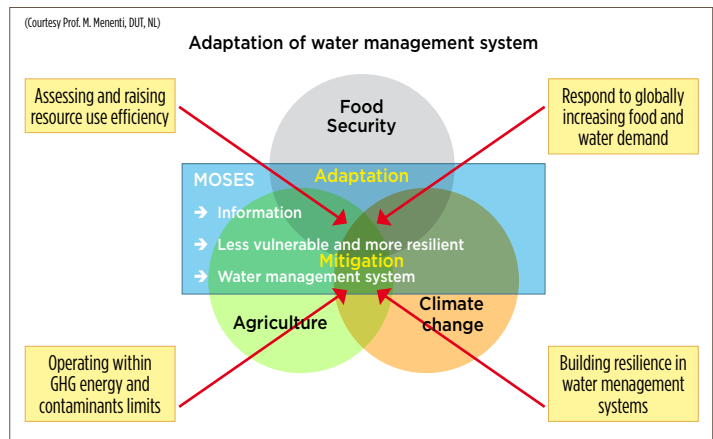


FIG. 3
 PIATTAFORMA MOSES

Schema dei moduli della piattaforma MOSES, attori coinvolti e flusso di dati di ingresso e delle informazioni generate.

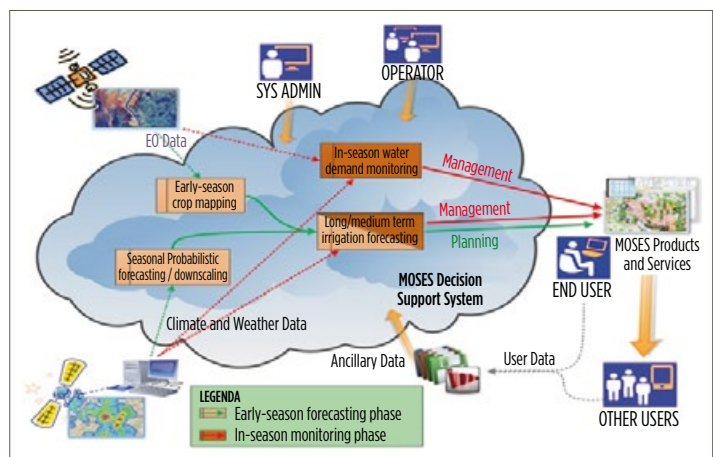


FOTO: CONSORZIO BONIFICA CER, ARCHIVIO REE

Contributions

- V. Marletto, G. Villani, F. Tomei, V. Pavan, A. Spisni, L.D. Sapia - Arpa Emilia-Romagna
 M. Menenti, S. M. Alfieri - DUT, Technische Universiteit Delft, Netherlands
 R. De Bonis - Serco spa
 A. Amodio - Esri Italia spa, Roma

precoce delle colture (classi aggregate) e previsioni stagionali di tipo probabilistico di variabili, quali la precipitazione e la temperatura media giornaliera; il modulo relativo alle previsioni stagionali di tipo probabilistico utilizza prodotti del Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine, Ecmwf, generati mediante modelli che includono dati satellitari.

NOTE

¹ Tale stima si basa su un modello di bilancio idrico delle colture, che utilizza la mappa

L'IRRIGAZIONE E IL VALORE DELL'INFORMAZIONE

COME CONSEGUENZA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI, IN EUROPA SI STA VERIFICANDO UN CONCOMITANTE AUMENTO DELLE SUPERFICI DESTINATE A COLTURE IRRIGUE E UNA RIDUZIONE DELLA DISPONIBILITÀ DI RISORSE IDRICHE. L'IRRIGAZIONE DI PRECISIONE È UNA NUOVA FRONTIERA PER OTTIMIZZARE L'USO DELL'ACQUA. IL PROGETTO EUROPEO FIGARO 2013-2016.

L'agricoltura europea si trova ad affrontare nuove sfide guidate dal cambiamento climatico e dalle riforme di politica ambientale ed agricola. Nel nord Europa, in conseguenza del cambiamento climatico, si stanno iniziando a coltivare nuove specie e varietà, e aumentano le produzioni e le superfici utilizzabili per le attività agricole. Diversamente, nell'Europa meridionale aumenta la frequenza di eventi climatici estremi e si riduce la disponibilità di risorse idriche da destinare alle attività agricole con una conseguente riduzione delle rese potenziali e un aumento della variabilità della produzione.

Nell'insieme, in Europa si sta verificando un concomitante aumento delle superfici destinate a colture irrigue e una riduzione della disponibilità di risorse idriche. L'Unione europea attraverso la *nuova riforma agricola europea* (Reg. UE 1305/2013 e la direttiva quadro acque

(DQA 2000/60/CE) affronta questa situazione, dedicando fondi per l'offerta di servizi meteorologici al livello locale e per incentivare investimenti per migliorare la sostenibilità ambientale delle aziende, nonché promuovendo l'imposizione di tariffe congrue per l'uso delle risorse idriche. Quindi, il cambiamento del contesto ambientale e istituzionale segna nuovi orizzonti per lo sviluppo tecnologico in agricoltura, con particolare riferimento alle pratiche irrigue.

Lo sviluppo dell'irrigazione di precisione

L'irrigazione di precisione viene considerata una nuova frontiera per ottimizzare l'uso delle risorse idriche. Si tratta di un metodo che, in linea di principio, può essere applicato per qualsiasi tipo di sistema irriguo e in qualsiasi area

del mondo dove si pratica agricoltura irrigua. Con l'irrigazione di precisione migliora la qualità dell'informazione utilizzata per pianificare gli interventi irrigui guidando gli agricoltori nella scelta del momento più opportuno per irrigare e nella scelta di quanta acqua somministrare, tenendo conto dell'eterogeneità degli appezzamenti agricoli. Il miglioramento della qualità dell'informazione è reso possibile grazie all'ausilio di strumenti di monitoraggio (sensori per monitorare lo stato delle piante, sensori per monitorare l'umidità del suolo), di strumenti previsionali e di modelli agronomici che vengono combinati tra loro per generare un consiglio irriguo.

A livello sperimentale è stato dimostrato che l'irrigazione di precisione consente di ridurre i costi, risparmiando acqua. Sul piano operativo, resta invece aperta la stima degli effettivi benefici realizzabili e la comprensione delle condizioni che possono permettere la realizzazione



FOTO: M. PICCARDO - FUCOR, CC

del potenziale contributo di queste tecnologie alla sostenibilità economica e ambientale dei sistemi irrigui.

Il progetto Figaro e i risultati di un caso di studio europeo

Considerata la crescente importanza strategica delle risorse idriche impiegate in agricoltura, l'Unione europea ha deciso di stanziare dei fondi di ricerca dedicati nell'ambito del settimo programma quadro con i quali è stato finanziato il progetto Figaro (*Flexible and Precise Irrigation Platform to Improve Farm Scale Water Productivity*, periodo 2013-2016). Con questo progetto è stato realizzato un sistema innovativo di supporto alle decisioni per la pianificazione degli interventi irrigui. Il progetto ha beneficiato della partecipazione di 17 organizzazioni pubbliche e private tra le quali l'azienda Netafim (coordinatore del progetto e leader mondiale nel settore dell'irrigazione a goccia), l'Università di Bologna e il Canale emiliano romagnolo. In particolare, l'Università di Bologna è stata incaricata di valutare i benefici potenziali generati dall'uso del *sistema di supporto alle decisioni* (SSD) sviluppato nell'ambito del progetto.

La valutazione dei benefici è stata effettuata per comparazione con altri metodi di pianificazione irrigua a livello sperimentale in Grecia, Portogallo, Spagna, Italia e Danimarca per tre anni consecutivi (dal 2013 al 2015). I test sono stati condotti su alcune colture irrigue (mais, patata, pomodoro e agrumi) irrigate sia per aspersione che a goccia. In particolare, sono stati confrontati gli effetti dei criteri alternativi di pianificazione sulle produzioni, sia sotto il profilo quantitativo che qualitativo, sui consumi energetici e di acqua e sui risultati economici derivanti.

I risultati ottenuti nel triennio mostrano un miglioramento delle performance economiche del Figaro SSD quando questo viene confrontato con i criteri di pianificazione irrigua tradizionalmente adottati dagli agricoltori nelle regioni in cui sono state condotte le sperimentazioni e per colture irrigate a goccia (*figura 1*) o per colture irrigate per aspersione (*figura 2*). Come nelle attese, si registrano peggiori performance quando il Figaro SSD viene confrontato con misurazione diretta, condizione ideale non economicamente sostenibile

FIG. 1
PRATICHE IRRIGUE

Variazione del reddito lordo ottenuto applicando il consiglio irriguo generato dal Figaro SSD rispetto a pratiche irrigue tradizionali (irrigazione a goccia).

● Massimo
● Medio
● Minimo

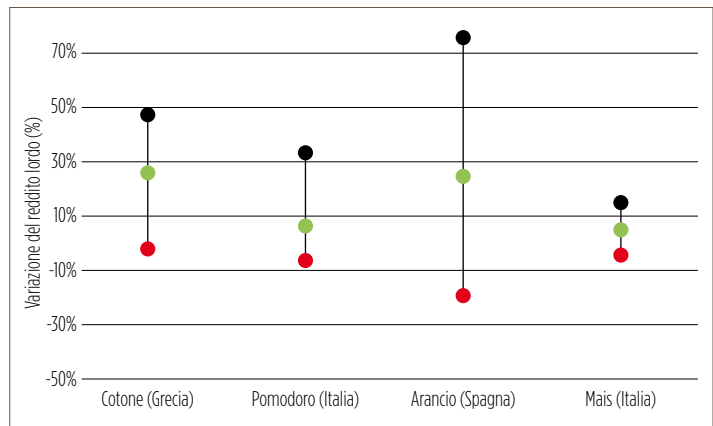
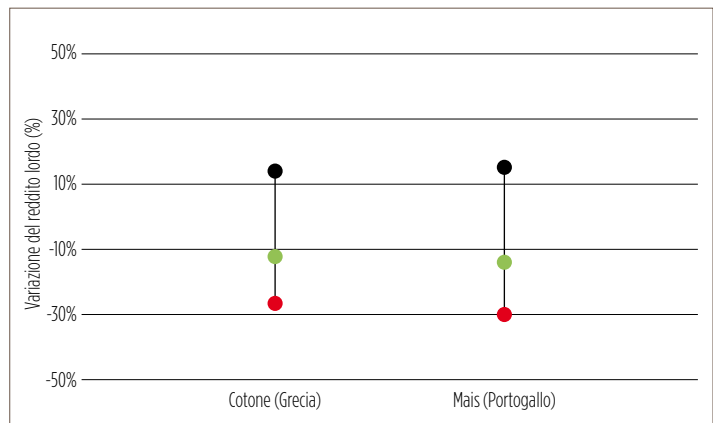


FIG. 2
PRATICHE IRRIGUE

Variazione del reddito lordo ottenuto applicando il consiglio irriguo generato dal Figaro SSD rispetto a pratiche irrigue tradizionali (irrigazione per aspersione).

● Massimo
● Medio
● Minimo



e realizzabile solo sperimentalmente (sperimentazione condotta in Danimarca). Inoltre, a fronte di un notevole risparmio di acqua irrigua è stato registrato un peggioramento delle performance economiche quando il Figaro SSD è stato confrontato con la pratica tradizionale su colture irrigate per aspersione (*figura 2*).

Ciò si è verificato nonostante sia stato registrato un miglioramento della qualità dell'informazione. Il risultato non sorprende perché il numero di interventi irrigui richiesti su colture irrigate per aspersione durante la stagione irrigua è di molto inferiore al numero di interventi irrigui richiesti su colture irrigate a goccia. Di conseguenza, la perdita economica media al netto dei costi di esercizio in seguito a un intervento irriguo mancato è maggiore per le colture irrigate per aspersione rispetto alla perdita economica subita per le colture irrigate a goccia. Quindi, l'incremento della qualità dell'informazione ottenuto attraverso l'ausilio del Figaro DSS non è sempre sufficiente a compensare il rischio di subire delle perdite economiche per un intervento irriguo mancato, giustificando il ricorso ad interventi irrigui 'cautelativi' da parte dell'agricoltore.

Differenti percezioni rispetto a eventi incerti, come l'andamento climatico, determinano differenti

aspettative con effetti più o meno apprezzabili sulle scelte strategiche degli agricoltori e sui conseguenti impatti economici e ambientali. Tali percezioni sono condizionate dalla qualità delle informazioni utilizzate per la pianificazione degli interventi irrigui e dai rischi attesi.

Il progetto Figaro ha consentito di apprezzare i benefici generati dal *miglioramento della qualità dell'informazione tradizionalmente utilizzata per pianificare gli interventi irrigui*, in particolare per le colture irrigate a goccia. Nonostante ciò, la diffusione di tale innovazione è tutt'altro che scontata, in particolare perché richiede competenze elevate da parte dell'utente.

Per tale ragione, si ritiene che la diffusione dell'irrigazione di precisione non possa prescindere dall'offerta di servizi di consulenza specializzati e da un'adeguata valutazione delle condizioni operative in grado di valorizzarne le potenzialità.

**Francesco Galioto¹,
Parthena Chatzinikolaou¹,
Meri Raggi², Davide Viaggi¹**

1. Dipartimento di Scienze agrarie, Università di Bologna

2. Dipartimento di Scienze statistiche, Università di Bologna

NUOVI PROGETTI DI RICERCA IN EMILIA-ROMAGNA

CON L'ATTUAZIONE DEL PIANO DI SVILUPPO RURALE, LA REGIONE EMILIA-ROMAGNA HA DATO UN'IMPORTANTE ACCELERATA ALLA RICERCA IN AGRICOLTURA. MOLTI I PROGETTI FINANZIATI PER L'USO SOSTENIBILE ED EFFICIENTE DELLE RISORSE IDRICHE. LA RETE IRRINET E L'IMPEGNO DEL CONSORZIO DI BONIFICA PER IL CANALE EMILIANO-ROMAGNOLO.

Con i primi bandi del Piano di sviluppo rurale (Psr), aperti l'11 gennaio 2016 e relativi alla misura 16.1 *Sostegno per la costituzione e la gestione dei gruppi operativi del PEI (Rete del Partenariato europeo per l'innovazione) in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura*, la Regione Emilia-Romagna ha dato un'importante accelerata alla ricerca in agricoltura, finanziando con 12 milioni di euro ben 52 Gruppi operativi per l'innovazione (GOI) su diverse tematiche strategiche (*Focus Area*). Tra queste, tre facevano esplicito riferimento all'uso sostenibile ed efficiente delle risorse idriche, con riferimento a:

- assetti territoriali/consortili (Focus Area 5a)
- ammodernamento e incremento di competitività delle aziende agricole (Focus Area 2a)
- miglioramento della qualità dell'acqua in relazione all'impiego di nutrienti e fitofarmaci (Focus Area 4b).

I Gruppi operativi devono riunire intorno a un Piano di innovazione:

- soggetti del mondo delle imprese del settore agricolo, che svolgono attività di produzione, commercializzazione, trasformazione di prodotti agricoli con sede in Emilia-Romagna
- organizzazioni di produttori
- organismi di ricerca
- attori del sistema della conoscenza, consulenti e formatori accreditati.

Il Consorzio di bonifica per il canale emiliano-romagnolo (Cer) – forte di una sessantennale esperienza nel settore della ricerca in materia di acqua, irrigazione e risparmio idrico – proprio nel giugno di quest'anno ha inaugurato il nuovo polo tecnologico denominato *Acqua Campus* a Budrio (Bo), che comprende una propria



FOTO: CONSORZIO BONIFICA CER, REGIONE EMILIA-ROMAGNA

azienda sperimentale, con annesso laboratorio di test tecnologici, e un'area dimostrativa dove è allestita una mostra permanente delle attrezzature irrigue funzionanti in campo.

Proprio per promuovere la costituzione dei GOI, il Cer ha coordinato il *Focus Group Acqua Emilia-Romagna*, un comitato che promuove un'agricoltura irrigua sostenibile, che vede coinvolti tutti gli attori della "filiera acqua", enti di ricerca, consorzi di bonifica, autorità di bacino, associazioni ambientaliste, rappresentanti del mondo agricolo; da questo tavolo sono nate le idee progettuali che hanno portato alla presentazione e al finanziamento di otto gruppi operativi specifici sulla qualità e riduzione del consumo d'acqua in agricoltura.

Il filo conduttore dei sei Piani di innovazione è stato il miglioramento del sistema *Irrinet*, il servizio di assistenza tecnica messo a punto dal Cer, basato

sul bilancio idrico delle colture, in grado di fornire gratuitamente agli agricoltori aderenti al servizio, tutte le informazioni necessarie per un impiego efficiente, economico e senza sprechi della risorsa idrica: per tutti i campi georeferenziati dell'azienda, per ciascuna coltura, il sistema dice all'agricoltore quando e quanto irrigare in maniera interattiva, a passo giornaliero, per l'intera stagione irrigua, fornendo anche un consiglio sulla convenienza economica della singola irrigazione.

Il sistema è oggi diffuso su circa il 30% del territorio di pianura; le innovazioni apportate al servizio avranno un'ampia ricaduta sull'efficienza d'uso dell'acqua a livello territoriale.

Un progetto riguarda l'*automazione della rete di consegna delle acque irrigue* mediante calcolo dei fabbisogni delle aziende agricole aderenti a *Irrinet* (partner Cer, Unibo-Dipsa, Cio, Crpv):

1 Area cesenate, il canale emiliano romagnolo nel reticolo della centuriazione romana.

in due distretti irrigui pilota oggetto di studio, gestiti dai Consorzi di bonifica di Piacenza (Pc) e Renana (Bo), saranno registrate al servizio Irrinet tutte le aziende. Sarà messo a punto un algoritmo di calcolo che consentirà di sapere in tempo reale le esigenze irrigue del comprensorio e di automatizzare le paratoie che gestiscono le portate dei canali irrigui del distretto. Il piano prevede un'analisi economica dei costi-benefici dell'innovazione introdotta, sia a livello delle aziende coinvolte, che dei Consorzi di bonifica.

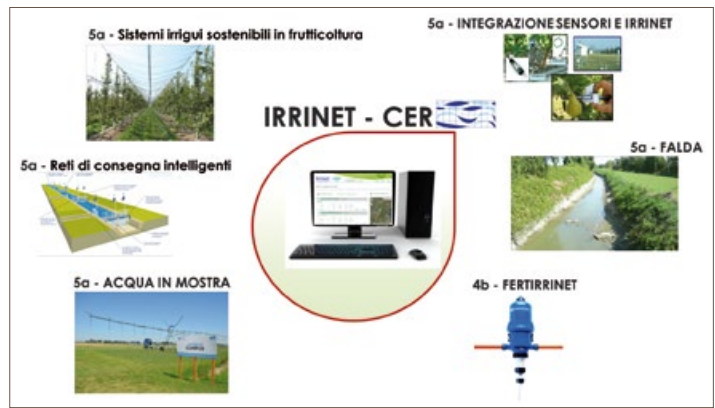
Un secondo progetto riguarda la *gestione della rete di misura della falda ipodermica in funzione delle precipitazioni* e del sostegno dei canali della rete dei Consorzi di bonifica (Partner Cer, Unibo Dicam, Cnr-Ibimet Bologna, Crpv, Soc. agr. Visentini, Az. agr. Cremonini, Fruit Modena Group); la falda ipodermica è una delle fonti più importanti di rifornimento idrico alle colture per risalita capillare e il bilancio idrico di Irrinet ne tiene conto, sfruttando una rete di monitoraggio di 135 stazioni georeferenziate sul territorio regionale. Il progetto svilupperà dei modelli di stima della profondità di falda basati sull'andamento stagionale delle precipitazioni, che andranno a integrare le misurazioni dirette, e valuterà il beneficio irriguo legato al sostegno della falda conseguente alle perdite dei canali durante la stagione irrigua.

Un terzo progetto denominato *Sensori e Irrinet* prevede l'integrazione delle informazioni provenienti da reti di stazioni meteorologiche e sensori privati con il modello di bilancio idrico Irrinet (Partner Cer, UniBo Dipsa, Crpv, Apofruit, Soc. agr. Sandri - Assopa, Cio). A fronte di un notevole sviluppo e diffusione tra gli agricoltori di capannine meteo e sensori di umidità del terreno e di accrescimento dei frutti per la gestione dell'irrigazione, il progetto prevede di integrare le informazioni derivanti dalla sensoristica per migliorare il bilancio idrico di Irrinet, studiando le logiche di assimilazione e validazione dei dati, e sviluppando un software per l'integrazione automatica in Irrinet dei dati ottenuti dai sensori presenti.

Il quarto progetto *Razionalizzazione dei sistemi irrigui sulle colture arboree in risposta ai cambiamenti climatici* (partner Cer, Unibo Dipsa, Cnr-Ibimet Bologna, Fondazione f.lli Navarra, Soc. agr. Mazzoni, Fruit Modena Group, Apofruit, Crpv), vuole mettere a punto i metodi

FIG. 1
PIANI DI
INNOVAZIONE
IN AGRICOLTURA

Piano di sviluppo rurale, i sei Piani di innovazione specifici sulla riduzione del consumo d'acqua in agricoltura coordinati dal CER.



Irrinet è il servizio irrigazione realizzato dal Cer, a disposizione di tutte le aziende agricole dell'Emilia-Romagna. È un servizio gratuito che fornisce consigli irrigui sul momento di intervento e sui volumi di acqua da impiegare per ottenere un prodotto di qualità risparmiando risorse idriche. I dati meteo sono forniti da Arpa; i dati pedologici e di falda di rilievo sono forniti dalla Regione Emilia-Romagna. <http://www.irriframe.it/>

irrigui e di gestione dell'irrigazione più efficienti per le colture arboree, messe in crisi dai sempre più frequenti periodi di siccità estiva, accompagnati da ripetute ondate di calore: irrigazione a goccia con ali interrate a bassissima portata, gestione differenziata per vigoria dei portinnesti, orari differenziati in funzione della fisiologia della pianta, linee guida per l'irrigazione climatizzante e bollettini di allarme contro le elevate temperature.

L'ultimo progetto della Focus Area 5a *Acqua in mostra* è di tipo strettamente divulgativo (partner Cer, Crpv, Apofruit, Fruit Modena Group, Grandi colture italiane). Nell'area dimostrativa di Acqua Campus a Mezzolara di Budrio (Bo) è stata realizzata una mostra permanente dei sistemi, delle tecnologie e delle attrezzature irrigue di eccellenza funzionanti a pieno campo; questo vuole essere un punto di confronto privilegiato tra le ditte produttrici di sistemi irrigui – rotoloni (Amis), Rainger e Pivot (Valley), Sistemi microirrigui (Netafim, Toro AG, Rivulis, Siplast) Impiantistica

consortile (AcquaCard, Paratoie ecc.) – i distributori locali, gli agricoltori, i tecnici, le scuole e non ultimo i decisori politici. Sulla Focus Area 4b è stato finanziato un progetto che prevede l'implementazione nel servizio Irrinet di un software per la *gestione della fertirrigazione* (partner Cer, Crpv, Cio, Apofruit, Grandi colture italiane, Soc. agr. Sandri - Assopa): saranno calcolati i fabbisogni di azoto, fosforo e potassio e il corretto frazionamento in fertirrigazione secondo le curve di assorbimento e il sistema irriguo adottato, iniziando dalle colture di pomodoro, patata, mais e pero. Altri due progetti infine, pensati in collaborazione sinergica con Crpv e Astra, riguardano il miglioramento dei disciplinari di produzione integrata e biologica, relativamente ai settori viticolo e frutticolo, per quanto riguarda il buon uso di acqua, fertilizzanti e pesticidi.

Stefano Anconelli

Consorzio Cer (Canale emiliano romagnolo)

TELERILEVAMENTO ED ECOSISTEMI FORESTALI

L'INDICE DI AREA FOGLIARE (LAI) È UN INDICATORE DELLO STATO DI SALUTE DELLE MASSE VEGETALI. LA SUA DETERMINAZIONE MEDIANTE SISTEMI DI TELERILEVAMENTO PERMETTE UN MONITORAGGIO DELLE DINAMICHE DI CAMBIAMENTO E DELLA PRODUTTIVITÀ, SOPRATTUTTO IN AMBIENTI CON CONIFERE E FORESTE SEMPREVERDI O PER COLTIVAZIONI DI TIPO AGRICOLO.

L'indice di area fogliare (Lai, *Leaf Area Index*) rappresenta un modo utile per descrivere la produttività e le dinamiche degli ecosistemi forestali ed è un indicatore dello stato di salute e dello sviluppo della chioma vegetale. È oggi possibile, mediante l'utilizzo di sistemi di telerilevamento, sfruttare la capacità di calcolo degli apparati tecnologici utilizzando algoritmi che possono elaborare un set di dati raccolti e sviluppare prodotti di complessità variabile a seconda degli obiettivi da raggiungere. In tutto questo processo entrano in gioco differenti tecnologie che riguardano l'ottica, i sistemi di misura, le telecomunicazioni e la capacità di elaborazione dei sistemi di calcolo. In questo articolo, l'importanza del Lai viene evidenziata mediante l'utilizzo dei sistemi di telerilevamento che, seppur nella complessità intrinseca delle misurazioni e della gestione dei dati, consente di stimare valori utili per descrivere dinamiche relazionali tra molteplici parametri fisici monitorati.

Strumenti innovativi per l'analisi ambientale

Il cambiamento climatico e il suo impatto sugli ecosistemi terrestri sono temi di grande attualità, che hanno ripercussioni difficili da misurare a causa della scala globale del problema. Con le moderne tecnologie, che sfruttano il calcolo computazionale, e il recente sviluppo nel settore delle telecomunicazioni, nonché con le innovazioni tecniche registrate nel campo del telerilevamento, attualmente è possibile assistere all'implementazione di applicazioni di grande interesse soprattutto per quanto riguarda la caratterizzazione dei parametri ecologici. L'uso di algoritmi e lo studio di correlazioni tra spettro elettromagnetico e pacciamatura, utilizzando immagini satellitari, assumono importante

rilevanza scientifica, in particolare per la mancanza di studi approfonditi sul tema [1]. Lo spettro unico di riflettanza che hanno le coperture vegetali permette di determinare aspetti come i cambiamenti nell'uso del suolo o l'attività foto sintetica degli elementi vegetali. Questi comportamenti non si presentano in maniera isolata in natura. In questo modo non viene monitorata una singola foglia, ma sono esaminate intere "masse vegetali". Da qui, il grado di influenza del suolo (nel rapporto foglia-terreno) è un parametro importante che influenza l'osservazione del sensore e che si stima in funzione della superficie verde di copertura del suolo. È qui che il calcolo dell'indice di area fogliare (Lai) diventa rilevante, dato che riguarda l'area di copertura del suolo in maniera diretta [2]. Allo stesso modo, possono essere monitorate con il Lai [3] le dinamiche di cambiamento, in termini di produttività, degli ecosistemi forestali rispetto agli impatti climatici. Questo lavoro si propone di descrivere le tecniche utilizzate per quantificare il Lai, con particolare riguardo al telerilevamento.

Il telerilevamento nel monitoraggio degli ecosistemi

Il telerilevamento può essere definito come la scienza e l'arte di ottenere informazioni su un fenomeno, un oggetto o un'area di riferimento, attraverso l'analisi di dati acquisiti attraverso un mezzo non a diretto contatto con quanto osservato [4]. Questa disciplina, che è praticata attualmente per studiare a distanza tutta la superficie terrestre, coinvolge una miriade di processi. Essa si basa sullo studio e sull'analisi di immagini rilevate da sistemi di acquisizione innovativi che possono essere ri-elaborate e interpretate a seconda delle esigenze dettate dagli obiettivi della ricerca. Il telerilevamento può inoltre essere considerato una tecnica

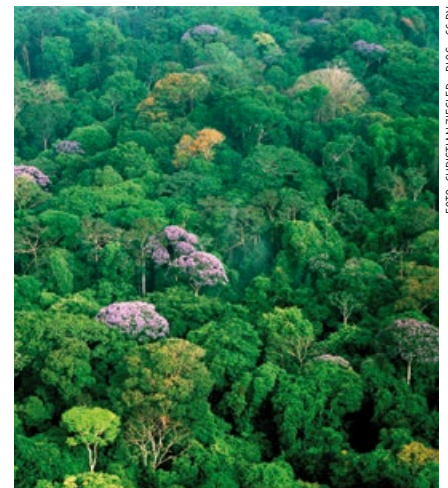


FOTO: CHRISTIAN ZIEGLER - PUS - CC BY

applicata, che è derivata dal progresso tecnologico che negli ultimi anni ha interessato i sistemi informatici, quelli ottici e di comunicazione. Attualmente, esso è in costante sviluppo e molteplici sono le applicazioni in ambito di ricerca soprattutto ambientale. Tutto ciò è stato possibile grazie all'introduzione sul mercato di nuovi sensori, notevolmente migliorati rispetto alla risoluzione spaziale e temporale, che sono in grado di fornire una vasta gamma di informazioni spettrali, consentendo il rilevamento di aspetti specifici e una più precisa caratterizzazione della biodiversità [5]. In sintesi, l'uso dei sistemi di telerilevamento in considerazione dell'ampia gamma di applicazioni oggi disponibili, consente di ottenere informazioni di dettaglio sugli ecosistemi terrestri.

È interessante notare che i modelli utilizzati per ottenere informazioni possono essere suddivisi in due grandi categorie. Questa classificazione sperimentale, che può essere utilizzata per estrapolare i principi teorici, consente di basare l'analisi sui rapporti teorici tra i componenti di un problema [2]:

- modelli empirici o induttivi, in cui la base di studio è l'applicazione di misure e trattamenti dell'immagine di riflettanza per correlare i risultati con misure di parametri empirici sul terreno

- modelli teorici o deduttivi, che cercano di stabilire rapporti di validità generale, più indipendenti possibili dalle condizioni di osservazione.

Per la stima Lai sulla base di indici spettrali di vegetazione (Svis) sono stati maggiormente sviluppati modelli empirici per i climi temperati e ambienti boreali, caratterizzati principalmente da conifere e foreste sempreverdi, o in altri casi per la coltivazione di tipo agricolo [6,7], come la soia, riso e mais.

Spettro elettromagnetico e copertura vegetale

Il programma tecnologico *Earth Resources Satellite* (Erts), noto come programma spaziale Landsat, è stato il primo a sfruttare il fatto che la copertura vegetale, in particolare durante l'attività foto sintetica, presenta un unico spettro di riflettanza [8]. Questa tecnica, utilizzata preliminarmente in campo militare e basata sullo studio di fotografie a raggi infrarossi colorate, è stata progressivamente impiegata per applicazioni civili e scientifiche. La conoscenza del comportamento delle diverse coperture al variare delle lunghezze d'onda, è uno dei pilastri del telerilevamento. Si nota che ai fini del telerilevamento si assumono superfici lambertiane (quelle che riflettono in modo uniforme in tutte le direzioni), in quanto rappresentano la migliore approssimazione della superficie speculare (che riflette nella stessa direzione dell'angolo di incidenza) in maniera tale che si abbia un output autonomo rispetto all'angolo di incidenza stesso. Nel caso delle coperture vegetali si ottengono interessanti risultati, relativamente alla gamma di lunghezze d'onda applicata: la sezione più importante dello spettro – all'interno del quale vi è anche lo spettro visibile (Vis) – è quella relativa alla capacità di rilevare la riflettività di energia elettromagnetica dallo spazio. Questa varia e si caratterizza in funzione della pigmentazione delle foglie, della struttura cellulare e del contenuto di umidità [2].

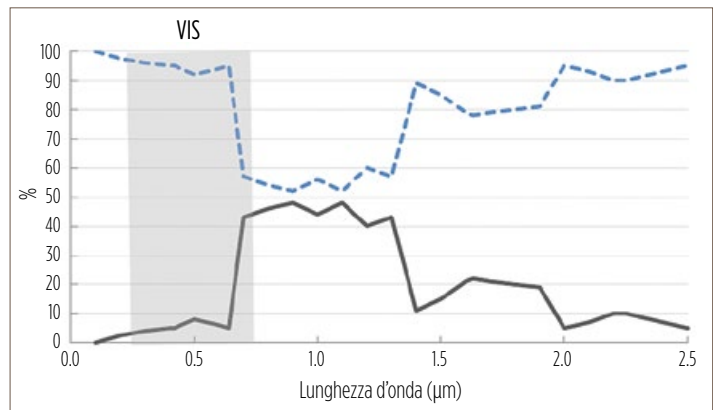
La figura 1 mostra la firma spettrale ottenuta con spettro-radiometro, studiando il comportamento in laboratorio delle foglie. La figura mostra il comportamento generale delle foglie, che si caratterizzano per:

a) bassa riflettanza nella sezione visibile dello spettro (Vis) dovuta all'effetto della diversa pigmentazione; queste hanno un valore di picco nella sezione corrispondente al verde

FIG. 1
SPETTRO-
RADIOMETRO

Riflettività e trasmissione dello spettro elettromagnetico nelle foglie. Lo spazio tra le due curve corrisponde all'energia che viene assorbita [2].

— Riflettanza
- - - Trasmittanza



b) una regione ad alta riflettività su Irc (che segue la sezione Vis), dovuta alla bassa assorbenza della clorofilla nella struttura interna della foglia
c) la porzione dove il calo è dato dalla riflettività, vicina a 1,4 µm, è dovuta alla presenza di acqua sulle foglie (più alta è l'umidità, più bassa è la riflettanza) che dovrebbe far risaltare l'importanza dell'infrarosso ad onda corta (Swir) per la stima del contenuto di acqua di vegetazione.

È importante notare che questi comportamenti non si verificano in maniera isolata in natura. Il monitoraggio per tale ragione non riguarda una singola foglia, ma masse (superfici) di vegetazione. Si dovrebbe anche ricordare che vi è una incidenza legata a come i sensori osservano gli ecosistemi terrestri, soprattutto per determinati fattori come la geometria della copertura vegetale, gli angoli di osservazione e le caratteristiche del suolo. In questo senso, il rapporto terreno-foglia è un parametro importante che influenza l'osservazione

del sensore, poiché è stimato sulla base dell'area di copertura del terreno verde. Nel caso di foreste densamente popolate il rapporto terreno-foglia perde di significato e diventa più rilevante l'uso di Lai, che riguarda direttamente l'area di copertura del suolo [2]. L'utilizzo di questi sistemi, che permettono di rilevare le caratteristiche della copertura vegetale attraverso l'analisi dello spettro elettromagnetico, consente di determinare lo stato della vegetazione o la presenza di altri fattori (tipo aree interessate dal fuoco, attacchi parassitari a grande scala ecc.) che potrebbero interessare la superficie terrestre investigata.

Vincenzo Barone¹, Dafni Mora²

1. Dipartimento di Ingegneria civile (Dinci), Università della Calabria
vincenzo.barone@unical.it

2. Centro de investigaciones hidráulicas e hidrotécnicas (Cihh), Universidad Tecnológica de Panamá, dafni.mora@utp.ac.pa

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] N. Gobron, M.M. Verstraete, "Index, Leaf Area," in *Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables*, 2009, vol. 10.
- [2] E. Chuvieco, *Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*, España, Editorial Planeta, S.A., 2010.
- [3] G. Zheng, L.M. Moskal, "Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors", *Sensors*, vol. 9, no. 4, pp. 2719-2745, Apr. 2009.
- [4] T.M. Lillesand, R.W. Kiefer, J.W. Chipman, *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons, 2008.
- [5] W. Turner, S. Spector, N. Gardiner, M. Fladeland, E. Sterling, M. Steininger, "Remote sensing for biodiversity science and conservation", *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 18, no. 6, pp. 306-314, Jun. 2003.
- [6] S. Ochi, R. Shibasaki, S. Murai, "Modeling and assessment of NPP/crop productivity in Asia by GIS combined with remote sensing data", *IRRI*, Los baños, Philippines, 2000.
- [7] N. Aparicio, D. Villegas, J. Araus, J. Casadesus, C. Royo, "Relationship between growth traits and spectral vegetation indices in durum wheat", *Crop Sci*, 42:1547-1555, 2002.
- [8] W.B. Cohen, S.N. Goward, "Landsat's role in ecological applications of remote sensing", *BioScience*, vol. 54, no. 6, pp. 535-545, 2004.

LA CSR PASSA DALLA DIFESA DELLE FORESTE

IL MAGGIORE INTERESSE DELL'OPINIONE PUBBLICA IN TEMA DI DEFORESTAZIONE E DI TURISMO SOSTENIBILE SPINGE LE AZIENDE A UN MAGGIORE IMPEGNO PER LA CONSERVAZIONE DELLE FORESTE. LA LOTTA ALLA DEFORESTAZIONE DIVENTA SEMPRE PIÙ UNO DEGLI ASPETTI FONDAMENTALI DELLA RESPONSABILITÀ SOCIALE D'IMPRESA (CSR).

L'impegno delle aziende per la tutela delle foreste nasce da due spinte principali: da un lato il maggiore interesse dell'opinione pubblica in tema di *deforestazione* (si pensi in questo senso alle campagne di boicottaggio, o al risalto mediatico della controversa questione legata all'utilizzo di olio di palma), dall'altro una maggiore consapevolezza di un nuovo ruolo di *mediatore tra le comunità locali e l'ambiente nelle aree di approvvigionamento delle materie prime* (e che spesso sono anche le stesse dove esiste ancora una "natura" da conservare) dove i conflitti per l'uso delle risorse possono portare svantaggi per le stesse attività aziendali.

Le foreste e l'importanza dei servizi ecosistemici

Le foreste coprono oggi il 30% della terraferma e il 67% di queste sono collocate in soli dieci paesi (Russia,

Brasile, Canada, Usa, Cina, Congo, Australia, Indonesia, Perù e India). Tra il 1990 e il 2015, la perdita netta di superficie forestata è stata del 3%, un'area equivalente alle dimensioni del Sudafrica. Nonostante il tasso annuale di deforestazione sia dimezzato negli ultimi 25 anni grazie all'introduzione di nuove piantagioni ad alto rendimento per la produzione di legname, la perdita di foresta primaria e di biodiversità resta allarmante¹.

Se da un lato infatti i benefici socioeconomici legati alle foreste derivano per la maggior parte dall'industria del legno (che contribuisce per circa 600 miliardi di dollari al Pil mondiale e occupa più di 50 milioni di persone), i *servizi ecosistemici* garantiti dalle foreste sono di straordinaria importanza: protezione del suolo e delle risorse idriche, assorbimento di CO₂, aumento del livello di resilienza delle comunità (cibo, energia, piante medicinali, riparo, ecc), riserva di biodiversità.

Ad esempio l'Indonesia pur rappresentando solo l'1,3 % della superficie terrestre, protegge all'interno delle sue foreste primarie il 10% delle specie vegetali globali, il 16% degli anfibi e dei rettili, il 17% degli uccelli e il 12% dei mammiferi, rappresentando una delle regioni più importanti in termini di concentrazione di biodiversità, di cui spesso si trascura il valore economico².

Oltre al *valore ecosistemico*, la *biodiversità* rappresenta il fattore fondamentale per una fetta di mercato turistico legato ai safari e all'avvistamento di animali selvatici (metà dei safari prenotati in tutto il mondo si svolgono in Africa secondo il *Centre for the Promotion of Imports from developing countries - CBI*).

I ricavi totali di questo tipo di turismo rappresentano l'80% dei ricavi di tutto il turismo in Africa per i tour operator che vi partecipano. Nel *Bwindi Forest National Park* in Uganda, le escursioni per avvistare i gorilla di montagna generano ricavi per circa 15 milioni di



euro all'anno, più altri 15 milioni che vengono spesi dai turisti per vitto alloggi trasporti e altri servizi³. La distruzione delle foreste, habitat di queste specie, comporterebbe dunque un enorme danno anche per l'economia locale.

L'impegno delle imprese per la conservazione delle foreste

A oggi sono numerose le compagnie che hanno incorporato il tema della conservazione forestale all'interno delle proprie politiche ambientali. Asia Pulp and Paper, colosso indonesiano dell'industria cartaria, ha sviluppato dal 2012 una politica di conservazione forestale che ha visto il lancio di un ambizioso progetto di ripristino di 1 milione di ettari di foresta gestito dalla Belantara Foundation. Nell'ambito di questo progetto, nel corso del 2016 è stata inoltre presentata a Milano la dichiarazione *Forest For Future* per promuovere una conservazione delle foreste primarie e un equilibrio tra conservazione e sfruttamento sostenibile delle foreste al quale hanno aderito numerose aziende italiane tra cui Lavazza, Lurisia, Marr (Gruppo Cremonini), Novamont e Coop. Danone (con la collaborazione della convenzione di Ramsar e con l'Ucn⁴) nel 2008 ha creato il *Danone Fund for Nature* con l'obiettivo di ripristinare ecosistemi degradati, sviluppare le economie locali

e combattere il cambiamento climatico. Dopo il successo del progetto pilota di ripristino della foresta di mangrovie in Senegal, Danone ha aperto il fondo a investitori esterni creando il *Livelihoods Carbon Fund* al quale partecipano 9 aziende tra cui Crédit Agricole SA, Michelin, Hermès, La Poste.

Attualmente attraverso il fondo sono stati piantati circa 100 milioni di alberi tra Indonesia, Senegal e India.

Alcuni grandi brand internazionali hanno sviluppato o supportato progetti di conservazione forestale. Avon, uno dei più grandi venditori diretti di prodotti cosmetici, ha sviluppato una campagna di comunicazione che supporta attivamente i progetti di riforestazione del WWF in Brasile e Indonesia attraverso una raccolta fondi in più di 50 paesi. La campagna ha permesso la messa a dimora e la protezione di più di 4,5 milioni di alberi in tre posizioni chiave in Brasile; nel 2014, il finanziamento Avon ha permesso la messa a dimora di altri 525.000 alberi, con conseguente sequestro di circa 63.000 tonnellate di CO₂.

La lotta contro la deforestazione rappresenta dunque oggi uno dei temi fondamentali per quanto riguarda la *responsabilità sociale di impresa* (CSR). È da sottolineare che gli impegni delle imprese in tal senso non si limitano alla promozione e al finanziamento di progetti di conservazione, ma implicano una serie di azioni proattive anche all'interno delle proprie attività



Aziende impegnate in programmi di conservazione delle foreste.

aziendali per quanto concerne l'utilizzo sostenibile delle risorse che provengono dallo sfruttamento delle foreste: i grandi progetti di conservazione vanno infatti di pari passo con la scelta di un *packaging* cartaceo riciclato e riciclabile, prodotto da foreste certificate e con un corretto sfruttamento delle materie prime provenienti da agricoltura, allevamenti o attività estrattive sviluppate in modo tale da poter convivere con i polmoni verdi del nostro pianeta.

Ilaria Bergamaschini

Green management institute

Note

¹ *Forest Resources Assessment* (FRA), Fao, 2015

² <http://rainforests.mongabay.com/0301.htm>

³ *Towards Measuring the Economic Value of Wildlife Watching Tourism in Africa*, 2015 Unwto.

⁴ *International Union for the conservation of nature*.

PUBBLICAZIONI

NASCE #NATURA, LA NUOVA RIVISTA DI AMBIENTE E TERRITORIO DELL'ARMA DEI CARABINIERI



Si chiama *#Natura* la nuova rivista di ambiente e territorio pubblicata dall'Arma dei Carabinieri che eredita l'esperienza della rivista del Corpo forestale dello Stato. La rivista sarà un contenitore ricco di notizie e servizi su attualità, ambiente, biodiversità, territorio, paesaggio, salute, tutela agroalimentare e beni culturali. Non mancheranno le rubriche, tra le quali una dedicata interamente ai più giovani. Fondamentale sarà l'apporto di studiosi, giornalisti di settore e di reparti specializzati dell'Arma.

#Natura avrà un target molto diversificato: istituzioni pubbliche, scuole e università, media, carabinieri, visitatori delle aree naturali protette. Sarà distribuito anche presso le sale di attesa delle stazioni dei carabinieri e negli uffici dei carabinieri forestali. Il periodico avrà cadenza bimestrale, con aggiornamenti on line (sul sito internet istituzionale www.carabinieri.it). Verrà stampato su carta riciclata al 100%, per un pieno rispetto dell'ambiente.

“È un progetto editoriale che continua e si rinnova e che da 18 anni rappresenta un punto di riferimento culturale sui temi dell'ambiente, del territorio e del settore agroalimentare - ha detto alla presentazione il Capo di Stato Maggiore dell'Arma dei Carabinieri Gen. D. Gaetano Maruccia -. Il sinergico incontro tra le due esperienze istituzionali consente di ampliare e valorizzare gli orizzonti culturali dell'Arma, già portatrice di una particolare sensibilità e vocazione in materia ambientale, nonché di costituire un polo di attenzione e riflessione sulla centralità valoriale delle tematiche riguardanti la natura, creando ulteriori occasioni di sviluppo, condivisione e diffusione, nel rispetto dei preesistenti assetti organizzativi e operativi, attraverso strumenti di intervento sempre più efficaci e sofisticati”.

LEGISLAZIONE NEWS

A cura di Giovanni Fantini, Maria Elena Boschi, Matteo Angelillis • Area Affari istituzionali, legali e diritto ambientale, Arpa Emilia-Romagna

INQUINAMENTO E OBBLIGHI DI BONIFICA, IMPORTANTE DECISIONE DEL TAR BOLOGNA

Tar Emilia-Romagna - Bologna, Sezione II - Sentenza 15 febbraio 2017 n. 125 (www.lexambiente.it, www.reteambiente.it)

Importante decisione della giustizia amministrativa che, pronunciandosi su una vicenda di bonifica di siti contaminati relativa all'area denominata "quadrante est" di Ferrara, fissa alcuni importanti principi di interesse generale. Innanzitutto, secondo i giudici, in mancanza di una definizione normativa di "nesso di causalità" tra l'attività del produttore e il verificarsi dell'inquinamento, è possibile applicare anche nel processo amministrativo la teoria elaborata in ambito civilistico del "più probabile che non" (confronta anche Tar Abruzzo - Pescara, Sez. I, n. 2014/2014). Pertanto, secondo quest'impostazione, per affermare tale legame non è necessario raggiungere un livello di probabilità logica prossimo a uno, cioè la certezza, bensì è sufficiente dimostrare un grado di probabilità maggiore del 50%.

Il Tar Bologna inoltre afferma che le misure di prevenzione e riparazione previste dal Dlgs 152/2006 si applicano anche ai soggetti responsabili di eventi di inquinamento verificatisi anteriormente all'entrata in vigore di tale norma, ai sensi di quanto previsto dai commi decimo e undicesimo dell'art. 242. L'accoglimento di una tesi contraria comporterebbe, secondo i giudici, l'impossibilità di applicare le norme in tema di bonifica a ciascuno degli episodi di inquinamento verificatisi nel corso del Novecento, svuotando di significato il sistema normativo delle bonifiche.

LEGGE SUI REATI AMBIENTALI, RELAZIONE SULLO STATO DI ATTUAZIONE

Relazione del 23 febbraio 2017 della Commissione parlamentare di inchiesta sulle attività illecite connesse al ciclo dei rifiuti e sugli illeciti ambientali a esse correlati (www.camera.it)

La Commissione parlamentare d'inchiesta sul ciclo dei rifiuti lo scorso 23 febbraio ha approvato una relazione che contiene un interessante monitoraggio sull'attuazione della legge in materia di reati ambientali (n. 68 del 2015). Nella relazione sono contenuti i dati relativi all'applicazione della legge, a un anno dalla sua entrata in vigore, raccolti con l'ausilio del Servizio per il controllo parlamentare della Camera dei deputati e il contributo di numerose procure italiane.

Stando alla relazione, sono 39 gli Uffici giudiziari (38 Procure della Repubblica presso Tribunali, e 1 Ufficio del Giudice per le indagini preliminari) dalle cui comunicazioni si vince l'avvenuta contestazione in concreto

dei nuovi ecoreati, distribuite in maniera omogenea sul territorio nazionale con una frequenza tuttavia più accentuata dal punto di vista quantitativo nelle Isole e nel Sud.

Significativo che come *best practice* venga segnalato il protocollo d'intesa in materia di reati ambientali sottoscritto il 18 maggio 2016 presso la Procura generale di Bologna tra le Procure della regione, Arpa, la Capitaneria di porto, il Nucleo operativo ecologico dei Carabinieri e il Comando regionale del Corpo forestale dello Stato. (*v. Ecoscienza 3/2016*)

DECISIONE UE SULLE BAT PER L'ALLEVAMENTO DI POLLAME E SUINI

Commission Implementing Decision (EU) 2017/302 of 15 February 2017 establishing best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for the intensive rearing of poultry or pigs (www.eur-lex.europa.eu).

Publicata, in data 21 febbraio 2017, sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, la decisione di esecuzione 2017/302 della Commissione del 15 febbraio 2017 che stabilisce le migliori tecniche disponibili (BAT) concernenti l'allevamento intensivo di pollame o di suini, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio. Il documento si riferisce agli allevamenti con più di 40.000 posti pollame o con più di 2000 posti suini da produzione (di oltre 30 kg) ovvero con più di 750 posti scrofe. In particolare le conclusioni sulle BAT riguardano una serie di processi e attività che si svolgono nell'azienda agricola. Ossia la gestione alimentare, la preparazione dei mangimi (macinazione, miscelazione e stoccaggio), l'allevamento (stabulazione) di pollame e suini, la raccolta e stoccaggio degli effluenti di allevamento, il trattamento degli effluenti di allevamento, lo spandimento agronomico degli effluenti di allevamento e il deposito delle carcasse.

UPG NELLE ARPA, INTERVIENE NUOVAMENTE LA CORTE COSTITUZIONALE

Sentenza Corte Costituzionale n. 8 del 13 gennaio 2017, norma impugnata art. 31, c. 4°, della legge della Regione Basilicata 14/09/2015, n. 37. (www.cortecostituzionale.it)

Continuano le posizioni giurisprudenziali discordanti sulla dibattuta questione della presenza degli Uffici di polizia giudiziaria nelle Agenzie ambientali. Infatti la Consulta ha ritenuto illegittima una disposizione legislativa emanata dalla Regione Basilicata, rilevando l'assenza di un'adeguata copertura legislativa nazionale e quindi la violazione del principio di riserva di legge statale sancito dall'art. dell'art. 117, secondo comma, lettera l) della Costitu-

zione. Solo poche settimane addietro invece la sentenza della Cassazione Penale, Sez. III n. 50352 del 28/11/2016 aveva desunto la legittimità dell'operato degli Upg delle Agenzie (nel caso specifico Arpat Toscana) sulla base del combinato disposto delle norme del c.p.p. con la legge 61/94 e il Dm Sanità 58/97.

Tali diversi orientamenti dovrebbero essere ora definitivamente superati in quanto la stessa sentenza n. 8/2017 della Corte costituzionale riconosce esplicitamente che l'art. 14 della legge 132/2016 sul Snpa risolve per il futuro l'annoso problema.

CRITERI PER IL CONFERIMENTO DEI RIFIUTI IN DISCARICA: EMANATE LINEE GUIDA ISPRA

Linee guida n. 145/2016 "Criteri tecnici per stabilire quando il trattamento non è necessario ai fini dello smaltimento dei rifiuti in discarica ai sensi dell'art. 48 della L.28 Dicembre 2015 n.221" (www.isprambiente.gov.it)

Con tale provvedimento sono forniti i criteri tecnici di supporto all'implementazione dell'articolo 7, c. 1b) del Dlgs 36/2003 relativo al *pretrattamento dei rifiuti da allocare in discarica*. Le Linee guida hanno la finalità di individuare i criteri tecnici da applicare per stabilire quando il trattamento dei rifiuti prima dello smaltimento in discarica non sia necessario.

Il documento non prevede la determinazione di criteri tecnici per le ipotesi di rifiuti oggetto di espresso divieto di conferimento in discarica ai sensi dell'art. 6 del Dlgs 36/2003 o di altri divieti specifici stabiliti dalla legislazione di settore. Per le altre categorie di rifiuti non espressamente esclusi dal conferimento in discarica, è invece stabilito che, ferma restando la distinzione tra urbani e speciali, la valutazione circa l'efficacia del pretrattamento o della sua eventuale non necessità avvenga distinguendo tra le varie tipologie di rifiuti enucleate sulla base delle rispettive specifiche caratteristiche: rifiuti che possono richiedere, in funzione dello stato fisico, un trattamento di disidratazione; rifiuti biodegradabili e putrescibili; rifiuti a matrice organica; rifiuti a base di amianto o contenenti amianto. Per i rifiuti non direttamente riconducibili a una delle suddette tipologie, l'autorità competente, in sede di rilascio dell'autorizzazione agli impianti di discarica, dovrà valutare, caso per caso, la necessità e la tipologia di trattamento, tenendo conto sia del raggiungimento delle finalità di cui all'articolo 1 del Dlgs 36/2003 che delle possibili interazioni con gli altri rifiuti smaltiti nella medesima discarica.

LIBRI

Libri, rapporti, pubblicazioni di attualità • A cura di Daniela Raffaelli, redazione Ecoscienza



ATLANTE DELLA FAUNA E FLORA MARINA DELL'ADRIATICO NORD-OCCIDENTALE

Il mare, le lagune e le dune costiere

Attilio Rinaldi
Edizioni La Mandragora, 2017
720 pagine, 58,00 euro

Poco si è pubblicato e tantomeno divulgato sulle questioni inerenti la biodiversità in Adriatico. L'Atlante, che esce in edizione aggiornata e arricchita rispetto alla precedente del 2012, è un'opera necessaria per arginare questa lacuna. In 720

pagine sono rappresentate e descritte 820 specie (455 nella precedente edizione); si tratta di uno strumento in grado di accompagnare il lettore in un viaggio alla scoperta di molte specie animali e vegetali che vivono in quella fascia terra-mare compresa tra le lagune, le dune sabbiose e la zona di mare che dalla battaglia si spinge verso il largo in acque profonde. Sono anche trattati aspetti specifici, fenomenologie poco conosciute: le bizzarrie del clima e le ripercussioni sugli organismi marini, le migrazioni indotte dai mutamenti climatici, gli effetti sulla fauna marina dei fenomeni di eutrofizzazione, i contatti con animali fastidiosi, alcuni spaccati sugli uccelli marini, sulle lagune, sui delfini, sugli usi del mare e altro ancora. Ricchissimo di immagini, l'Atlante è una qualificata guida alla conoscenza dell'ecosistema marino-costiero anche per chi lo frequenta a scopi ricreativi o turistici.

Attilio Rinaldi da oltre 35 anni opera nel settore dell'oceanografia e nello studio degli impatti generati dall'uomo sul mare e sulle sue risorse, anche come direttore della struttura oceanografica Daphne. Nel 2000 è stato insignito del riconoscimento Tridente d'oro. È presidente del Centro ricerche marine di Cesenatico.



Acque di balneazione, inquinamento acustico, l'applicazione in Italia della Strategia marina europea, la misura dei cattivi odori, la qualità dell'aria sono gli argomenti al centro degli ultimi numeri di *AmbienteInforma*, il settimanale del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (Snpa) costituito da Ispra, Arpa e Appa. Il notiziario arriva via mail a un indirizzario di oltre 50.000 soggetti sia interni (tutto il personale delle Agenzie e di Ispra), sia esterni (amministratori, tecnici, associazioni, imprese, categorie, media ecc.) in tutta Italia. L'obiettivo è presentare un sistema, composto da tante agenzie diverse, che lavora quotidianamente e che sempre più spesso lavora "insieme" in una prospettiva di integrazione. Tutti possono ricevere *AmbienteInforma* compilando il [modulo online](#) e accedere ai numeri in [archivio](#).



ITALIANI CON GLI STIVALI

Storia, imprese, organizzazione della Protezione civile

Erasmo D'Angelis
Edizioni Polistampa, 2016
320 pagine, 18,00 euro

Il volume è un omaggio alla Protezione civile, alle donne e agli uomini coraggiosi dei Vigili del fuoco, dell'Esercito, delle forze dell'ordine, ai volontari organizzati pronti a partire e impegnati a qualsiasi ora del giorno e della notte nei soccorsi dopo incendi, terremoti, alluvioni, frane, incidenti gravi.

Raccontando la lunga storia delle catastrofi naturali con un'accurata cronologia degli eventi, l'autore ci mette di fronte al dovere della difesa del territorio e a quello della memoria degli eventi. *Italiani con gli stivali* è un libro per scongiurare la cultura della rassegnazione e che ci ricorda il valore insostituibile della prevenzione. Un "manuale di autodifesa" che ci insegna anche quali sono i comportamenti da adottare nei momenti di maggior pericolo.

Erasmo D'Angelis laureato in Psicologia, giornalista professionista, ha lavorato presso la Rai e diverse testate giornalistiche. È stato sottosegretario alle Infrastrutture nel Governo Letta (2013). Ha ideato e organizzato i due Raduni internazionali degli Angeli del fango (nel 1996 e nel 2006). Nel dicembre 2009 è stato nominato presidente di Publiacqua in Toscana. È autore di diverse pubblicazioni, in particolare sul tema dell'acqua e servizio idrico.

IN BREVE

È online *l'Atlante climatico 1961-2015 dell'Emilia-Romagna*, (edizione 2017). Curata da Arpae, la pubblicazione evidenzia i cambiamenti del periodo 1991-2015 rispetto al trentennio di riferimento (1961-1990) con mappe annuali e stagionali relative a temperature, precipitazioni, evapotraspirazione potenziale e bilancio idroclimatico (v. articolo a pag. 5-6).
<https://www.arpae.it>

Pubblicato il *Rapporto sulla qualità ambientale delle acque marino-costiere dell'Emilia-Romagna nel 2014*. Nel rapporto la rassegna dei dati rilevati da Arpae. Dalle osservazioni e misure effettuate, emerge un quadro complessivo soddisfacente dello stato di qualità ambientale. <https://www.arpae.it/>

Rapporto Ispra *Sostenibilità ambientale dell'uso dei pesticidi. Il bacino del fiume Po*. Il rapporto illustra i risultati del monitoraggio svolto negli anni dal sistema Ispra/Arpa/Appa e studia l'evoluzione della contaminazione da pesticidi nel bacino più importante d'Italia per dimensione e per concentrazione delle attività umane. È stata indagata la presenza nel fiume e nelle acque sotterranee di alcuni erbicidi persistenti non più usati da anni (atrazina, simazina, alaclor); questo ha permesso di approfondire aspetti relativi alla capacità del bacino di rispondere a fattori di stress antropico. www.isprambiente.gov.it

EVENTI

A cura di Daniela Raffaelli, redazione Ecoscienza

22 MARZO 2017

WORLD WATER DAY - GIORNATA MONDIALE DELL'ACQUA

La Giornata mondiale dell'acqua, *World Water Day*, è una ricorrenza istituita dalle Nazioni unite nel 1992 per sottolineare l'importanza delle acque dolci e incentivare la sostenibilità nella gestione delle risorse idriche. Organizzata dal Pontificio Consiglio della cultura e da Club di Roma, in Vaticano si svolgerà la conferenza *Watershed, Replenishing Water Values for a Thirsty World*. Papa Francesco lancerà un appello per un dibattito globale sull'importanza di questa preziosa risorsa; dopo l'intervento del pontefice politici, studiosi ed esperti – insieme a studenti, artisti, imprenditori, donne e uomini in rappresentanza delle popolazioni più a rischio – inizieranno un ampio dibattito sul valore dell'acqua.

Organizzata dalla struttura di missione #italiasicura della Presidenza del Consiglio, si svolge il 22 marzo a Roma la *conferenza nazionale Acque d'Italia*. I temi in discussione: quanta risorsa abbiamo, quanta ne usiamo, quanta ne sprechiamo, quanta ne avremo, come la tuteliamo, cosa fare contro il rischio clima. La conferenza è aperta ai contributi di tutti, dalle associazioni ai singoli cittadini, previa iscrizione.

Info: <http://italiasicura.governo.it/>



<http://www.worldwaterday.org/>
<http://worldwatervalues.org/>

23 MARZO 2017

"UNDERSTANDING CLOUDS", GIORNATA MONDIALE DELLA METEOROLOGIA

L'Associazione italiana di scienze dell'atmosfera e meteorologia (Aisam) celebrerà la Giornata nell'Aula Magna del Rettorato de La Sapienza, in collaborazione con il Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare, l'Università La Sapienza e Consiglio nazionale delle ricerche. La ricorrenza si celebra ogni anno nell'anniversario della fondazione, avvenuta nel 1950, dell'Organizzazione meteorologica mondiale (Omm). Il tema di quest'anno è *Capire le nubi*.

Info: segreteria@aisam.eu, <http://www.aisam.eu/index.php>

23-25 MARZO 2017 BOLZANO

KLIMAMOBILITY 2017

Il salone della mobilità sostenibile è l'occasione per presentare veicoli, prodotti e servizi. Partecipano produttori di veicoli elettrici, ibridi e a idrogeno, rivenditori e produttori di accessori e componenti, istituti di ricerca ed enti pubblici.

Info: <http://www.fierabolzano.it/klimaenergyklimamobility/>

26 APRILE 2017

INTERNATIONAL NOISE AWARENESS DAY

La Giornata internazionale di sensibilizzazione sul rumore, dedicata in particolare alle scuole, è alla 22a edizione. Il tema della giornata sarà *Sound of my place*, per stimolare i bambini e i ragazzi all'ascolto dei suoni che caratterizzano i paesaggi della propria vita e per trattare il tema dell'esposizione al rumore, dei rischi e delle possibili soluzioni.

Info: <http://www.acustica-aiia.it/inad>

25-27 MAGGIO 2017 ROMA

IV BIENNALE DELLO SPAZIO PUBBLICO

L'evento è promosso dall'Istituto nazionale di urbanistica, dal Consiglio nazionale degli architetti pianificatori paesaggisti e conservatori, dall'Ordine degli architetti di Roma e dal Dipartimento di Architettura dell'Università Roma Tre. Con questa edizione si intende caratterizzare con maggiore determinazione la Biennale come viaggio tra le esperienze concrete che si realizzano sul territorio, un percorso di documentazione e confronto in grado di tracciare orientamenti condivisi dai tanti attori della scena urbana sulle diverse declinazioni del progettare, realizzare, gestire gli spazi pubblici.

Info: <http://www.biennalespaziopubblico.it/>

12-13 GIUGNO 2017 VENEZIA

35° CONGRESSO NAZIONALE UNIDEA

L'Unione italiana degli esperti ambientali (Unidea) celebrerà il suo 35° Congresso nazionale, il primo dopo l'approvazione sofferta della legge 132/2016 di istituzione del Sistema nazionale di protezione dell'ambiente (Snpa) e a cinque mesi dalla sua entrata in vigore. Gli argomenti proposti rappresentano un tentativo di stimolare le componenti del Sistema, ma anche tutto il mondo circostante, comunque interessato alla conservazione dell'ambiente, a una riflessione sulla necessità di accelerare i molteplici adempimenti ed eliminare le perduranti differenze strutturali, operative e procedurali per rafforzare la credibilità e l'immagine del Snpa in tutto il Paese.

Info e programma: <http://www.unideaweb.it/>

5-7 SETTEMBRE 2017 ROMA

URBAN TRANSPORT 2017 - CONFERENZA INTERNAZIONALE SU TRASPORTO URBANO E AMBIENTE

La varietà degli argomenti trattati dalla conferenza riflette la complessa interazione dei sistemi di trasporto urbano con l'ambiente e la necessità di stabilire strategie integrate. L'obiettivo è di arrivare a soluzioni socio-economiche ottimali, riducendo gli impatti ambientali negativi dei sistemi di trasporto attuali.

Info: <https://www.dicea.uniroma1.it/content/convegno-urban-transport-2017>

SAVE THE DATE

- 30 maggio-5 giugno 2017: **Settimana europea dello sviluppo sostenibile**

- 20-22 settembre 2017: Ferrara Fiera, **RemTech**

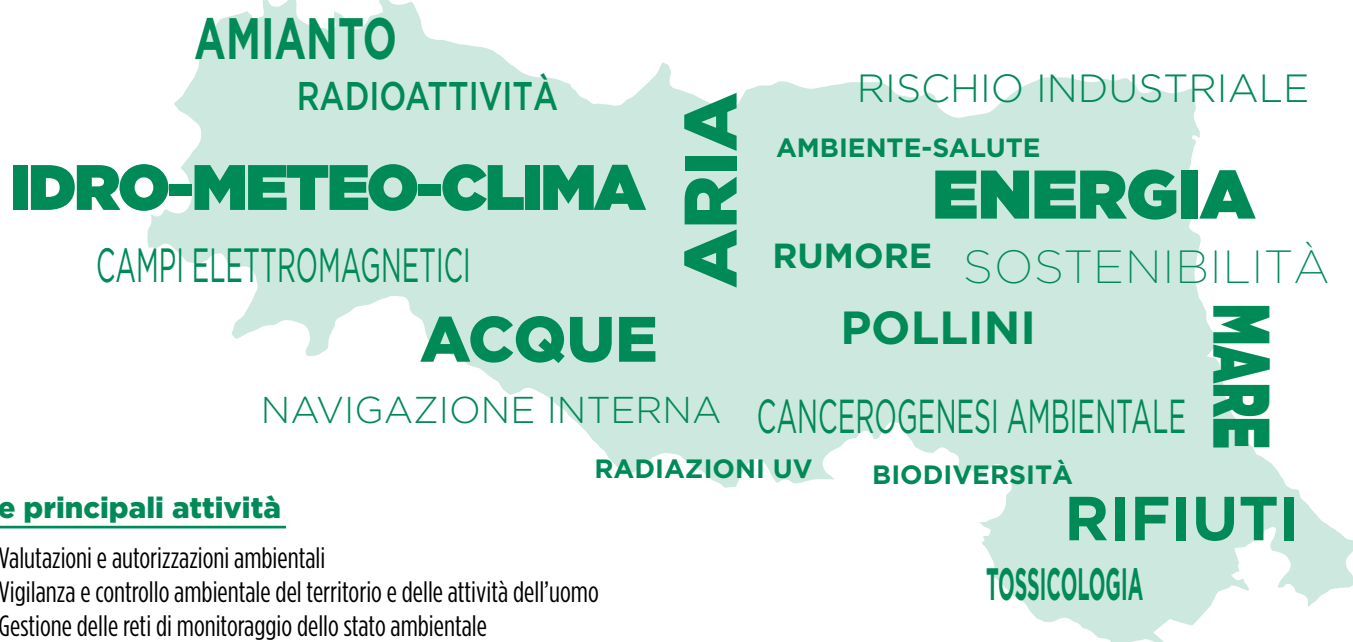
- 6-17 novembre 2017: Bonn, **Cop23**, Conferenza internazionale Onu sui cambiamenti climatici

- 7-10 novembre 2017: Rimini Fiera, **Ecomondo**

Arpae Emilia-Romagna è l'Agenzia della Regione che ha il compito di controllare l'ambiente. 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. 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. Nove Sezioni provinciali, organizzate in distretti subprovinciali, garantiscono l'attività di vigilanza e di controllo capillare; nove Strutture autorizzazioni e concessioni presidiano i processi di autorizzazione ambientale e di concessione per l'uso delle risorse idriche; una rete di centri tematici e di laboratori di area vasta o dedicati a specifiche componenti ambientali, distribuita sul territorio, svolge attività operative e cura progetti e ricerche specialistiche. 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 demanio
- › 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



L'aria n'è il primo
nutrimento dell'uomo,
degli animali, delle piante.

Francesco Chiari
(XVIII sec. d. C.)

