

# L'IMPATTO DEI TRASPORTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

PER STIMARE IL CONTRIBUTO DEI TRASPORTI SU STRADA IN EMILIA-ROMAGNA, ARPAE UTILIZZA DIVERSE METODOLOGIE E MODELLI. L'IMPATTO DEL SETTORE RISULTA PARTICOLARMENTE IMPORTANTE, IN PARTICOLARE PER QUANTO RIGUARDA BISSIDO DI AZOTO E PARTICOLATO (SIA PER LE EMISSIONI PRIMARIE, SIA PER I PRECURSORI DI PARTICOLATO SECONDARIO).

**C**ome fornire informazioni relative all'impatto che ogni settore emissivo ha sulla qualità dell'aria? È questa la domanda di carattere generale – qui declinata per il caso particolare dei trasporti – che sempre più spesso viene rivolta alle Agenzie ambientali o agli enti di ricerca ai fini di dimensionare e direzionare strategie, azioni e politiche per migliorare la qualità dell'aria. Domanda tutt'altro che semplice, a cui si può tentare tuttavia di rispondere applicando le numerose metodologie pubblicate nella letteratura scientifica internazionale.



## Metodi

I metodi riconosciuti internazionalmente che Arpae utilizza ormai in modo sistematico per produrre le informazioni sui pesi delle sorgenti emissive, e che quindi sono alla base dei dati discussi in questo articolo, sono i seguenti:

- 1) stime dei flussi di massa degli inquinanti emessi dai vari settori, calcolati attraverso l'uso di fattori di emissione e variabili *proxy* definite. La metodologia utilizzata da Arpae, implementata nel software Inemar in uso in diverse regioni italiane, è quella riconosciuta a livello europeo per la redazione degli inventari delle emissioni in atmosfera (Emep-Corinair) che comprende 11 macrosettori emissivi
- 2) modelli deterministici che risolvono le equazioni della fisica e della chimica dei principali processi che avvengono in atmosfera, e che restituiscono i valori delle concentrazioni dei vari composti nello spazio e nel tempo. Arpae, a tali fini, utilizza e gestisce il sistema modellistico Ninfa – basato sul modello di trasporto chimico Chimere e sul modello meteorologico Cosmo – con il quale si producono mappe quotidiane di concentrazioni di inquinanti e valutazioni annuali di scenari emissivi
- 3) modelli di *source apportionment*, ossia di

attribuzione dei pesi che hanno le singole sorgenti emissive in un determinato punto recettore, relativamente alla composizione delle masse del  $PM_{2.5}$ . La metodologia utilizzata da Arpae è la *Positive Matrix Factorization*, eseguita con la versione EPA PMF 5.0. Di seguito vengono quindi riportati alcuni dei principali risultati ottenuti dall'utilizzo delle tre metodologie sopra riportate, relativamente al settore dei trasporti nella regione Emilia-Romagna.

## Stime dei flussi di massa e inventari delle emissioni in atmosfera

Obiettivo dell'inventario delle emissioni è, come precedentemente detto, la restituzione di una stima quantitativa dei flussi di massa derivanti dai contributi alle emissioni in atmosfera, provenienti da diverse sorgenti, e la loro distribuzione sul territorio. È importante precisare che tali stime sono soltanto riferite a inquinanti primari, dunque emessi direttamente. Di seguito vengono commentati soltanto i risultati relativi al macrosettore relativo al trasporto su strada. In generale, dagli ultimi due aggiornamenti dell'inventario regionale, relativi agli anni 2013 e 2015, si

evidenziano livelli emissivi analoghi tra loro per quasi tutti gli inquinanti; risulta inoltre evidente una riduzione della pressione ambientale rispetto al 2010. In particolare, per molti inquinanti, il settore dei trasporti su strada continua a costituire uno dei principali contributi rispetto al totale emissivo della regione. Nel dettaglio si osserva quanto segue:

1. per quanto concerne l'inquinamento diretto da polveri, il trasporto su strada

Inquinante	Emissioni (t)
Ossidi di azoto (NOx)	47.229
Polveri totali sospese (PTS)	3.578
Particolato $PM_{10}$	2.859
Particolato $PM_{2.5}$	2.189
Ossido di zolfo ( $SO_2$ )	60
Biossido di carbonio ( $CO_2$ )	10.919.000
Monossido di carbonio (CO)	55.456
Ammoniaca ( $NH_3$ )	424
Monossido di diazoto ( $N_2O$ )	311
Metano ( $CH_4$ )	998
Composti organici volatili (COV)	16.891

TAB. 1 FLUSSI DI MASSA

Stime delle emissioni dei principali inquinanti del macrosettore "Trasporto su strada" per l'anno 2015, dati espressi in tonnellate.

contribuisce per il 26% (27% nel 2013) sul totale del  $PM_{10}$  emesso, secondo solo alle emissioni provenienti dal riscaldamento civile a biomassa

- il 42% del  $PM_{10}$  primario attribuibile al traffico è emesso da veicoli diesel; i mezzi commerciali pesanti hanno un ruolo determinante (29% dell'intera quota di  $PM_{10}$  dovuta al traffico), il rimanente 50% deriva da usura dei freni, pneumatici e abrasione strade
- alle emissioni di  $NO_x$  – importanti precursori della formazione di particolato secondario e di ozono – il trasporto su strada contribuisce per il 58% (56% nel 2013), risultando il primo settore emissivo per importanza. Poco più del 90% degli  $NO_x$  prodotti dal trasporto su strada è dovuto a veicoli diesel e circa la metà di questo ai soli mezzi commerciali pesanti
- il trasporto su strada è anche il più importante settore per l'emissione di  $CO$ , con un contributo pari a circa il 47% del totale
- relativamente ai principali gas serra, le emissioni di  $CO_2$  imputabili ai trasporti su strada risultano pari al 34% mentre sono trascurabili le emissioni degli altri gas serra
- infine, il traffico su strada contribuisce per circa il 16% delle emissioni antropogeniche di Composti organici volatili non metanici ( $COV_{nm}$ ), precursori, assieme agli ossidi di azoto, di particolato secondario e ozono; di questa quota il 52% circa è dovuto alle emissioni evaporative da ciclomotori.

Nella *tabella 1* sono riportati i flussi di massa di ogni inquinante emessi dal trasporto su strada, per l'anno 2015, in regione Emilia-Romagna.

## Stime delle concentrazioni atmosferiche, modelli fisico-chimici

L'uso della modellistica fisico-chimica per simulare le concentrazioni in aria è da tempo consolidata. Tuttavia, ancora oggi, i necessari dati di input di tali modelli, ossia le variabili meteorologiche e i composti contenuti nelle emissioni, nonchè le complesse reazioni che questi subiscono, l'orografia del terreno e le condizioni al contorno dei domini di simulazione, rendono particolarmente complessa l'operazione di modellazione. Per poter utilizzare modelli di questo tipo, che simulano cioè le reazioni fisico-chimiche, le transizioni di fase, le crescite per assorbimento o adsorbimento che avvengono in atmosfera, è necessario utilizzare come dati di input anche i

FIG. 1  
SCENARIO  
TENDENZIALE  $PM_{10}$

Riduzione (in percentuale) della media annuale di  $PM_{10}$  al 2025 in Emilia-Romagna rispetto allo scenario base (2013) attesa sulla base delle simulazioni effettuate nell'ambito del progetto Prepair.

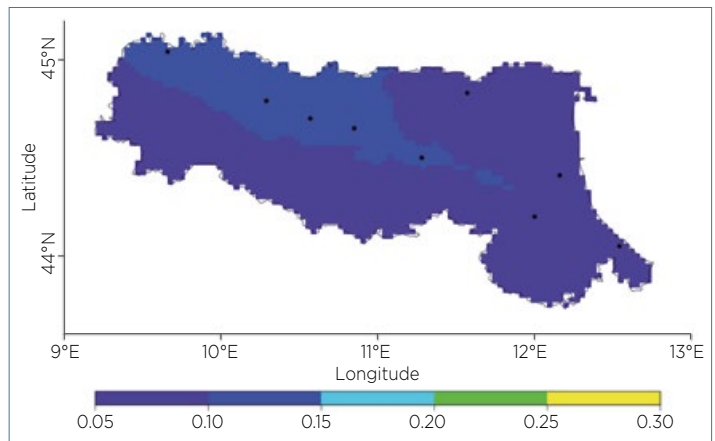
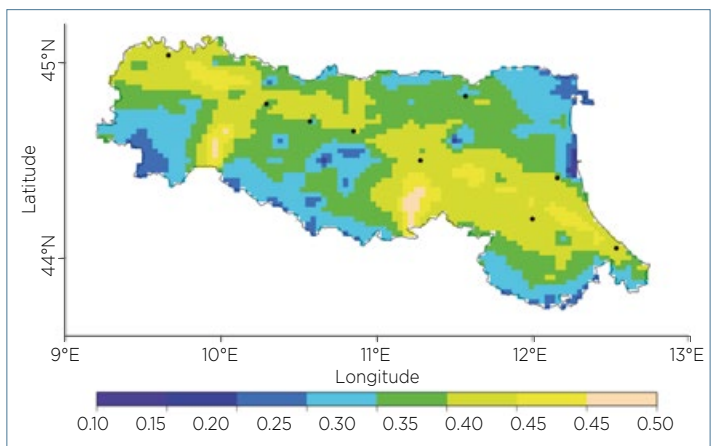


FIG. 2  
SCENARIO  
TENDENZIALE  $NO_2$

Riduzione (in percentuale) della media annuale di  $NO_2$  al 2025 in Emilia-Romagna rispetto allo scenario base (2013) attesa sulla base delle simulazioni effettuate nell'ambito del progetto Prepair.



settori che vedono emissioni di composti precursori coinvolti nelle reazioni precedentemente citate, come ad esempio l'ammoniaca derivante dagli allevamenti o gli ossidi di azoto dai settori in cui vi sono presenti delle combustioni. Le simulazioni vengono quindi effettuate per diversi inquinanti e anche per alcuni classi come il particolato le cui concentrazioni, come è noto, dipendono in gran parte (in pianura padana per circa il 70%) da trasformazioni fisico-chimiche che avvengono tra composti che si trovano sia nella fase gas sia nelle fasi liquida e/o solida, o per l'insieme degli inquinanti legati allo smog fotochimico tipico del periodo estivo, il cui composto più noto è certamente l'ozono. Nell'ambito del progetto europeo Life Prepair ([www.lifeprepare.eu](http://www.lifeprepare.eu)) Arpa, attraverso il sistema Ninfa, ha effettuato una valutazione preliminare della qualità dell'aria nel bacino padano mettendo a confronto lo scenario base, riferito al 2013, e uno scenario tendenziale al 2025, dove la gran parte delle riduzioni emissive sono dovute al macrosettore MS7-transporto su strada. Nelle *figure 1 e 2* vengono presentate le riduzioni percentuali, attese in questo scenario, delle concentrazioni di  $NO_2$  e  $PM_{10}$  nella regione Emilia-Romagna. Le riduzioni maggiori delle concentrazioni

atmosferiche di biossido di azoto sono particolarmente evidenti lungo le grandi arterie stradali, (via Emilia, sistema autostradale), in prossimità quindi delle maggiori riduzioni emissive primarie. L'impatto sulle concentrazioni di  $PM_{10}$  risulta invece molto meno evidente, in gran parte a causa del fatto che, nello scenario tendenziale – oltre alla ovvia non diminuzione della componente naturale del particolato – non si evidenziano riduzioni significative in tutti i settori emissivi importanti, dal riscaldamento domestico, all'agricoltura e all'industria.

## Stime di attribuzione dei pesi delle sorgenti, modelli al recettore

L'analisi della composizione chimica del  $PM_{2.5}$  ha permesso di applicare modelli di *source apportionment* in grado di stimare l'apporto di una sorgente sul sito in studio (detto "recettore") anziché all'emissione, e quindi di valutare quanto incida sul particolato effettivamente presente in aria. Il contributo medio del traffico veicolare a Bologna in un periodo compreso tra aprile 2013 e ottobre 2017 è stato di 4 su 21  $\mu g/m^3$  di  $PM_{2.5}$  (20%). Questo contributo contiene sia la componente *exhaust*, cioè emessa dalla combustione

del motore (principalmente carboniosa) sia la componente *non-exhaust*, emessa invece dall'usura di pneumatici, frizione, freni o come risospensione di una parte di suolo in seguito al passaggio dei veicoli. Non contiene invece tutta la frazione secondaria, cioè formatasi in atmosfera dall'interazione dei composti emessi dai veicoli con altre sostanze emesse da altre sorgenti e che si stima possa essere di altri 2 o 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il contributo del traffico all'aerosol atmosferico è ben visibile anche come contributo numerico delle particelle presenti in aria. Analizzando siti urbani e da traffico si riescono a identificare chiaramente le ore di punta tipiche del flusso veicolare (*rush hours*) dall'incremento di particelle di piccole dimensioni generalmente identificate come particelle ultrafini ( $\text{Ufp} < 100 \text{ nm}$ ) le quali, sebbene forniscano contributi trascurabili in termini di massa dell'aerosol atmosferico, diventano invece fondamentali quando si considera l'impatto relativo alle concentrazioni numeriche. Tali particelle, allontanandosi dal punto di emissione diretta, subiscono velocemente una serie di processi chimico-fisici che ne riducono il numero ma ne aumentano il diametro medio.

Al contributo legato al traffico veicolare si può aggiungere anche una parte di aerosol (inferiore al 5% della massa di  $\text{PM}_{2,5}$ ) che sembra legato al traffico navale mediante fenomeni di trasporto da aree anche molto distanti, quali il centro del Mediterraneo.

Un altro contributo che si potrebbe aggiungere, in quanto noto dalla letteratura, è quello legato all'apporto del trasporto ferroviario o aereo, che però a oggi non è stato possibile individuare e quantificare con sicurezza, ma su cui si sta lavorando.

## Conclusioni

I risultati ottenuti con i metodi riportati nei paragrafi precedenti mostrano un quadro in cui emerge un impatto del settore trasporti particolarmente importante, sia riferito alla condizione di inquinamento atmosferico regionale in valore assoluto, sia in termini relativi rispetto alle altre fonti inquinanti. L'analisi dei flussi di massa emessi mostra come gli ossidi di azoto derivanti dalla combustione nei veicoli siano nettamente dominanti, segno che le azioni volte al miglioramento della qualità dell'aria

non possono prescindere dal prendere in considerazione – e con interventi rilevanti – tale comparto.

Gli ossidi di azoto sono infatti importanti sia in quanto tali, visto il loro impatto sanitario, sia a causa della loro importanza nella genesi di nuovo particolato (secondario). Anche per le concentrazioni di PM il traffico contribuisce in modo rilevante, a causa delle emissioni dirette, soprattutto diesel. Si veda a tal proposito il contributo alle masse di  $\text{PM}_{2,5}$ , il quale arriva ad avere, conteggiando sia le emissioni primarie sia quelle che possono generare il secondario, un valore maggiore del 25%. Interessante poi analizzare lo scenario al 2025, fatto nell'alveo del progetto Life Prepair, che vede certamente il settore traffico diminuire, come impatto, relativamente al biossido di azoto, ma non altrettanto per quanto concerne il  $\text{PM}_{10}$ .

**Chiara Agostini, Dimitri Bacco, Simona Maccaferri, Fabiana Scotto, Michele Stortini, Arianna Trentini, Vanes Poluzzi**

Arpa Emilia-Romagna

## REGIONE EMILIA-ROMAGNA

# RAPPORTO ANNUALE DI MONITORAGGIO DELLA MOBILITÀ 2019, AZIONI E RISULTATI RAGGIUNTI

Il "Rapporto annuale di monitoraggio della mobilità e del trasporto 2019" presenta i dati della mobilità in Emilia-Romagna, con un quadro completo e organico su politiche, azioni e risultati raggiunti nei diversi settori d'intervento.

**Il settore autofiloviario e la mobilità urbana.** In costante crescita i viaggiatori in bus: +2,79% circa rispetto al 2017. Nel 2018, rispetto al 2012, l'incremento dei passeggeri trasportati per abitante è del 12,30%, con oltre 295 milioni di viaggiatori. Drasticamente diminuiti nel parco mezzi regionale i pre-euro a vantaggio di classi ambientali meno inquinanti, con questa attuale composizione del parco mezzi per classe ambientale: Euro 0 (0,87%), Euro 1 (2,21%), Euro 2 (20,32%), Euro 3 (26,03%), Euro 4 (2,86%), Euro 5 (11,04%), Euro 6 (14,01%), *Ultra-low emission vehicle* - Ulev (1,52%), *Enhanced environmentally vehicle* - Eev (16,22%), *Zero emission vehicle* - Zev (4,94%). Aumentate le piste ciclabili nelle aree urbane dei 13 comuni con oltre 50.000 abitanti: dai 419 km del 2000 agli oltre 1.600 nel 2017 (ultimo dato disponibile) per un totale regionale di circa 3.800 km.

**Il settore ferroviario.** Nel "giorno feriale medio" invernale, i viaggiatori quotidianamente saliti nel 2018 sui treni del trasporto regionale in Emilia-Romagna risultano circa 159.100 (contro i circa 149.300 del 2017), mediamente quantificabili nell'intero anno in 47.100.000. A questi valori vanno aggiunti quelli in crescita dei passeggeri che continuano a utilizzare i treni della "lunga percorrenza" usufruendo del titolo di viaggio "Mi Muovo Tutto Treno".

**L'integrazione tariffaria: il sistema "Mi Muovo".** Anche nel 2018 è proseguito l'impegno della Regione, insieme ai gestori dei servizi su bus e ferroviari, per favorire il sistema di tariffazione integrata

del tpl "Mi Muovo" e per realizzare l'interoperabilità dell'intero sistema.

**Il settore del trasporto merci.** Nel 2018 nel Porto di Ravenna sono state movimentate oltre 26,6 milioni di tonnellate di merci con un incremento dello 0,6% rispetto al 2017 (circa 170 mila t in più). Dai dati Istat più recenti, in Emilia-Romagna le merci movimentate su strada nel 2016 (ultimo dato disponibile) sono in lieve crescita dopo molti anni: circa 211 milioni di t, +1,1% rispetto al 2015. Il trasporto ferroviario delle merci in regione nel 2018 è rimasto pressoché costante a circa 19,4 milioni di t, tuttavia è calata di -0,82% la quantità di merci complessivamente movimentata negli impianti regionali: da circa 20,875 milioni di t nel 2017, a circa 20,7 milioni nel 2018, in funzione del calo dei flussi intraregionali.

**Il settore aeroportuale.** Nel 2018, con 8.893.672 passeggeri, in aumento rispetto al 2017 il traffico aereo in Emilia-Romagna (quasi +3%), confermando il trend positivo avviato nel 2014. Ciò è dovuto alla crescita degli scali di Rimini (+0,8%) e Bologna (+3,8%), nonostante la diminuzione dei passeggeri transitati dallo scalo di Parma (-51,1%).

Il rapporto è scaricabile al link [http://mobilita.regione.emilia-romagna.it/Pubblicazioni/monitoraggio/monitoraggio-2019\(RM\)](http://mobilita.regione.emilia-romagna.it/Pubblicazioni/monitoraggio/monitoraggio-2019(RM))

