

Uno sguardo all'aria

2010





**Relazione annuale sui dati rilevati dalla
rete provinciale di monitoraggio
della qualità dell'aria**

Anno 2010

Testi ed elaborazioni a cura di

Provincia di Torino - Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria - Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche:

F. Pavone, A. Bertello, D. Maria.

ARPA Dipartimento di Torino:

C. Bussi, F. Lollobrigida, A. Bruno, M. Maringo, F. Pittarello, F. Romeo, M. Sacco.

ARPA Dipartimento Sistemi Previsionali:

M. Nicoletta, G. Paesano.

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all'acquisizione dei dati ed alle attività analitiche

ARPA Dipartimento di Torino:

D. Budano, C. Bugnone, M. Cadeddu, G. Castrogiovanni, A. D'Agostino, D. Di Martino, M. Di Martino, C. Duretti, G. Gallina, P. Giansanti, V. Guelpa, F. Pitasi, G. Prano, P. Rosina, V. Sciortino, R. Sergi, D. Simondi, E. Vincenzino, V. Zulian.

Il personale tecnico della Sala Ambiente della Regione Piemonte presso il CSI Piemonte.

Si ringrazia la Regione Piemonte per i dati di composizione del parco veicolare

O. Munafò.

INDICE

LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	8
MONOSSIDO DI CARBONIO	11
DESCRIZIONE	11
ESAME DEI DATI	12
BIOSSIDO D'AZOTO	14
DESCRIZIONE	14
ESAME DEI DATI	15
BIOSSIDO DI ZOLFO	21
DESCRIZIONE	21
ESAME DEI DATI	22
OZONO	24
DESCRIZIONE	24
ESAME DEI DATI	26
BENZENE	31
DESCRIZIONE	31
ESAME DEI DATI	32
PARTICOLATO SOSPESO	33
DESCRIZIONE	33
ESAME DEI DATI	34
METALLI	40
DESCRIZIONE	40
ESAME DEI DATI	41
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	46
DESCRIZIONE	46
ESAME DEI DATI	47
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	51
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2010	52
IL CLIMA DEL 2010	52
I DATI METEO MISURATI NEL 2010	58
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	63
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE	63
IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO	65
STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE – RISULTATI ANNO 2010	69
INTRODUZIONE	69
ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2010	69
CONCLUSIONI	73

EMISSIONI DA TRASPORTO SU STRADA NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE ED EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA AL 2015.	74
INTRODUZIONE	74
AREA DI STUDIO	74
EMISSIONI DA TRASPORTO SU STRADA NEL 2008: STIMA BOTTOM-UP A PARTIRE DAI FLUSSI VEICOLARI.	75
IPOTESI DI MOBILITÀ METROPOLITANA AL 2015 ED EMISSIONI ASSOCIATE	80
RISULTATI: RIDUZIONI DELLE CONCENTRAZIONI DI PM10 E NO ₂ AL 2015	84
CONCLUSIONI	87

La qualità dell'aria nel nostro territorio è in costante e, per alcuni parametri, sensibile miglioramento. Anche gli inquinanti più critici quali il PM10 e il Biossido di azoto hanno presentato negli ultimi anni marcati segni di miglioramento. Osservando le lunghe ed affidabili serie storiche di cui disponiamo, e per le quali riteniamo doveroso ringraziare ARPA Piemonte per l'attento e metodico lavoro, siamo confortati dal fatto che abbiamo intrapreso la giusta direzione. Allo stesso tempo non smettiamo però di sottolineare che non tutti i problemi sono risolti e che la strada per il conseguimento di tutti i valori limite è ancora lunga e faticosa.

La sfida che ci attende nei prossimi anni è particolarmente complessa perché l'attuale crisi economica non consentirà ingenti investimenti in campo ambientale. Dobbiamo però cercare di gestire questo periodo di crisi, che tutti auspichiamo il più breve possibile, in modo intelligente cercando di coniugare aumento dell'efficienza e riduzione degli sprechi in tutte le nostre attività quotidiane. Mobilità sostenibile, efficienza energetica nel settore civile ed industriale e attenzione all'utilizzo delle risorse devono essere le linee guida dell'azione politica delle amministrazioni pubbliche e della conduzione delle nostre attività imprenditoriali e domestiche.

La qualità dell'aria non potrà che trarre benefici da queste buone pratiche e, se saremo così accorti da fare tesoro delle esperienze, con un recupero di quella sobrietà di stili di vita a cui questa crisi in qualche modo ci costringe, siamo convinti che anche la qualità della vita potrà giovarne.

**L'Assessore alle Risorse
Idriche e Atmosferiche**

Roberto Ronco

**Il Presidente
della Provincia di Torino**

Antonio Saitta

Il Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155 ha recepito nel nostro ordinamento la Direttiva 2008/50/EC relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Fra le principali novità introdotte dal decreto legislativo ricordiamo:

- l'accorpamento della normativa esistente sulla materia;
- l'introduzione di valori limite e obiettivo per il particolato PM_{2,5} uniti ad un obbligo nazionale di concentrazione dell'esposizione e a un obiettivo nazionale di riduzione della stessa;
- la possibilità di dedurre il contributo di inquinamento dovuto alle sorgenti naturali e alla sabbatura e salatura delle strade al momento della valutazione del conseguimento del valore limite;
- nuove indicazioni per la zonizzazione del territorio;
- criteri per la razionalizzazione delle reti di monitoraggio.

Fra le novità minori ci preme inoltre evidenziare che la redazione della relazione annuale sulla qualità dell'aria è ora espressamente richiesta per una corretta informazione al pubblico.

A seguito dell'emanazione del Decreto Legislativo 155/2010 la Regione Piemonte è occupata nella revisione della zonizzazione e del progetto di riorganizzazione della rete di monitoraggio. Sarà pertanto un prossimo impegno della Provincia di Torino quello di riorganizzare le proprie attività sulla base delle indicazioni del nuovo schema di zonizzazione e di eventuali nuove indicazioni in esso contenute.

Per quanto riguarda le attività correnti dell'Ente, nell'ultimo anno si è lavorato al miglioramento degli strumenti informativi a supporto della gestione della qualità dell'aria. Il Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche della Provincia di Torino in collaborazione con la società Arianet sta realizzando un progetto di modellistica ambientale incentrato sull'area metropolitana torinese. Tale studio è finalizzato a migliorare la descrizione delle sorgenti emissive e a stimare, attraverso la definizione di scenari emissivi futuri, lo stato della qualità dell'aria in un orizzonte temporale sufficientemente esteso che consenta di valutare l'effetto di misure strutturali previste o auspicabili.

Il progetto si articola in due punti principali:

- aggiornamento e integrazione delle informazioni sullo stato della qualità dell'aria sul territorio metropolitano torinese, con una particolare attenzione ai comparti emissivi quali il traffico, i grandi impianti industriali e il riscaldamento civile;
- sviluppo di almeno tre scenari emissivi che tengano conto delle politiche e delle azioni ambientali attualmente promosse sul territorio oggetto di studio.

La conclusione dello studio è prevista per la fine dell'anno 2011 e in questa relazione vengono presentati i risultati preliminari.

Desidero in conclusione ringraziare tutti i collaboratori della Provincia di Torino e dell'ARPA Piemonte che rendono possibile la periodica predisposizione di questo documento ed invitarvi ad una sua proficua lettura.

**Il Direttore dell'Area Risorse Idriche e
Qualità dell'Aria della Provincia di Torino**

Dott. Francesco Pavone

PREFAZIONE

A CURA DI ARPA PIEMONTE

I dati rilevati dalle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria che Arpa Piemonte, in virtù della L.R. 43/2000, gestisce nella provincia di Torino, confermano anche per il 2010, da un lato una significativa tendenza al miglioramento, dall'altro la nota criticità del territorio in questione in ambito europeo.

PM10 e PM2,5, e in misura minore biossido di azoto, presentano superamenti dei valori limite nell'area di pianura, l'ozono conferma la propria criticità nei mesi estivi in tutti i punti di misura del territorio provinciale. Va comunque sottolineato, a testimonianza della positiva tendenza in atto, che per la prima volta la media annuale di PM10 nelle due stazioni di fondo urbano del capoluogo (Torino Lingotto e Torino Rubino) è scesa sotto il valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che negli anni precedenti era rispettato in pianura solo in siti esterni all'area urbana.

Sotto il profilo dell'evoluzione tecnica della rete di monitoraggio, nel 2010 è iniziato il processo di adeguamento a quanto previsto dalla nuova normativa europea recepita dall'Italia con il Decreto Legislativo 13 agosto 2010 n. 155. In particolare è divenuta pienamente operativa la stazione di Ceresole Reale, in cui vengono misurati PM10, PM2,5, ozono e ossidi di azoto; un ulteriore punto di misura del PM2,5 è stato installato nella stazione di Borgaro.

L'Agenzia è stata inoltre impegnata nei sopralluoghi tecnici per la definizione dei nuovi siti di misura che, in relazione all'evoluzione normativa, nel corso del biennio 2011-2012 si aggiungeranno o sostituiranno gli attuali e nella predisposizione della relativa gara d'appalto.

Nel corso del 2010 sono inoltre state portate a termine le campagne di monitoraggio in campo mediante stazioni mobili previste dal progetto di valutazione della qualità dell'aria lungo l'autostrada A32, promosso sulla base di un Protocollo d'Intesa sottoscritto da Regione Piemonte, Provincia di Torino, Comunità Montane, SITAF S.p.A. e Arpa Piemonte.

A testimonianza dell'impegno dell'Agenzia nel garantire, oltre alle attività strettamente istituzionali, un costante approfondimento scientifico su tematiche a carattere innovativo, un capitolo della relazione è dedicato all'aggiornamento sui risultati del progetto per lo studio delle nanoparticelle aerodisperse, condotto in collaborazione con l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino e che porterà alla creazione di una delle più estese base dati nazionali sul particolato ultrafine in aria ambiente.

Il Direttore del Dipartimento di Torino
D.ssa Antonella Pannocchia

Il Direttore Generale
Ing. Silvano Ravera

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

F. Romeo (Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino).

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria operante sul territorio della Provincia di Torino, è composta da 22 postazioni fisse di proprietà pubblica, da alcune postazioni fisse di proprietà di aziende private e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento dei parametri chimici di qualità dell'aria. Tutte le postazioni fisse sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. Solo le due stazioni in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non sono collegate attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM10 e polveri totali non necessita di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione, e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, inoltre, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

Nella TABELLA 3 si riporta una breve descrizione dei siti di misura, realizzata secondo le indicazioni contenute nel D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 e nella normativa che regola lo scambio di informazioni a livello europeo (Guidance on the annexes to decision 97/101/EC on exchange of information as revised by decision 2001/752/EC).

Il laboratorio mobile rappresenta inoltre un versatile strumento in dotazione alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La sua peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocato ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa.

Il laboratorio mobile fornisce in questo senso un valido supporto nella valutazione dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modifiche della rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

NOME	INDIRIZZO	PARAMETRI
Alpignano	Via F. Baracca, 12 - Alpignano	O ₃ , NO _x
Beinasco	Via S. Pellico, 5 - Beinasco	NO _x
Borgaro	Via Italia - Borgaro	O ₃ , NO _x , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico
Carmagnola	Pzzetta Di Vittorio, 1 - Carmagnola	PM10 gravimetrico
Ceresole Reale	c/o centrale idroelettrica	O ₃ , NO _x , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico
Chieri	C.so Buozzi, 1 - Chieri	NO _x , O ₃
Ciriè	Via Teneschie, 2 - Ciriè	SO ₂ , NO _x
Druento	Cascina Peppinella - Druento	O ₃ , NO _x , PM10 gravimetrico
Grugliasco	Via Roma, 15 - Grugliasco	SO ₂ , NO _x
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 - Ivrea	NO _x , CO, O ₃ , PM10 gravimetrico
Orbassano	Via Gozzano - Orbassano	O ₃ , NO _x
Oulx	Via Roma angolo via Des Moines - Oulx	CO, NO _x , PM10 beta
Pinerolo	Pzza III Alpini, 1 - Pinerolo	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico
Settimo T.se	Via Milano, 31 - Settimo	CO, NO _x
Susa	Pzza della Repubblica - Susa	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico
TO - I.T.I.S. Grassi	Via P.Veronese - Torino	PM10 gravimetrico
TO - Lingotto	Via A. Monti, 21 - Torino	O ₃ , NO _x , PM10 beta, PM2,5 gravimetrico, PM10 gravimetrico
TO - Mezzo Mobile		O ₃ , SO ₂ , CO, NO _x , PM10 gravimetrico, BTX
TO - Piazza Rebaudengo	Pzza Rebaudengo, 23 - Torino	CO, SO ₂ , NO _x
TO - Piazza Rivoli	Pzza Rivoli, 4 - Torino	CO, NO _x , PM10 gravimetrico
TO - Via Consolata	Via Consolata, 10 - Torino	SO ₂ , CO, NO _x , PM10 gravimetrico, PTS, BTX
TO - Rubino	Via Rubino, giardini Rubino - Torino	CO, NO _x , PM10 gravimetrico, BTX
Vinovo	Via Garibaldi, 3 - Vinovo	O ₃ , NO _x
Chivasso - Edipower ⁽¹⁾	Via Montanaro - Chivasso	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM10 beta, PM2,5 beta, Idrocarburi non metanici
Castagneto Po - Edipower ⁽¹⁾	Via Monpilotto - Castagneto Po	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM10 beta, PM2,5 beta, Idrocarburi non metanici
Baldissero - Aceaelectrabel ⁽²⁾	Str. Pino Torinese, 1 - Bandissero	CO, O ₃ , NO _x , PM10 beta
Leinì - Aceaelectrabel ⁽²⁾	Via vittime di Bologna, 12 - Leinì	CO, O ₃ , NO _x , PM10 beta, PM2,5 beta

(1) Stazione gestita da ente privato

(2) Stazione di ente privato gestita da ARPA Piemonte

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NO _x	Ossidi di azoto
O ₃	Ozono
SO ₂	Biossido di zolfo
PM10	Particolato sospeso < 10 µm
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 µm
PTS	Polveri totali sospese

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

STAZIONE	TIPOLOGIA STAZIONE	SITO DI CAMPIONAMENTO	TIPOLOGIA EMISSIONI
Alpignano	fondo	urbano	residenziale
Beinasco	fondo	urbano	industriale/residenziale
Borgaro	fondo	suburbano	residenziale
Carmagnola	traffico	suburbano	residenziale/industriale/ commerciale
Ceresole Reale	fondo	rurale	naturale
Chieri	traffico	suburbano	residenziale/industriale/ commerciale
Ciriè	fondo	urbano	residenziale
Druento	fondo	rurale	naturale
Grugliasco	traffico	urbano	residenziale/industriale/ commerciale
Ivrea	fondo	suburbano	residenziale
Orbassano	fondo	suburbano	residenziale
Oulx	traffico	suburbano	residenziale
Pinerolo	fondo	urbano	residenziale/commerciale
Settimo	traffico	urbano	residenziale/industriale/ commerciale
Susa	fondo	suburbano	commerciale
TO - I.T.I.S. Grassi	traffico	urbano	residenziale/industriale
TO - Lingotto	fondo	urbano	industriale/residenziale
TO - Piazza Rebaudengo	traffico	urbano	industriale/residenziale
TO - Piazza Rivoli	traffico	urbano	residenziale/commerciale
TO - Via Consolata	traffico	urbano	residenziale/commerciale
TO - Rubino	fondo	urbano	residenziale
Vinovo	fondo	suburbano	residenziale
Chivasso - Edipower (1)	fondo	suburbano	residenziale
Castagneto Po - Edipower (1)	fondo	rurale	residenziale
Baldissero - Aceaelectrabel (2)	fondo	rurale	agricola
Leinì - Aceaelectrabel (2)	fondo	suburbano	residenziale

TABELLA 3: descrizione del posizionamento delle stazioni di misura della rete di monitoraggio gestita da ARPA Piemonte.

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Il carbonio, che costituisce lo 0,08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite, nei carboni fossili, etc.

Il carbonio è in grado di legarsi chimicamente con l'ossigeno formando due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO₂).

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³). È un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina.

La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore; si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Il CO ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno ed il composto che si genera (carbossiemoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie. Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 4.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1 gennaio 2005

TABELLA 4: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il monossido di carbonio.

ESAME DEI DATI

Le rilevazioni effettuate nel corso dell'anno 2010 riportate in TABELLA 5 hanno evidenziato concentrazioni medie annuali comprese fra 0,4 e 1,5 mg/m³. Se si confrontano i valori medi annuali con quelli registrati negli anni precedenti si nota quasi ovunque una similarità dei dati. Anche quest'anno si nota una mancanza assoluta di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010).

L'evoluzione delle concentrazioni del monossido di carbonio avvenuta nel corso degli ultimi anni è evidenziata nel grafico in FIGURA 1, il quale riporta le concentrazioni medie annue misurate dal 1980 al 2010 nella stazione di Torino - Rebaudengo. E' evidente un nettissimo calo delle concentrazioni di CO dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e, a partire dai primi anni 90, dall'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici a tre vie.

Il lieve incremento verificatosi nel 2010 rispetto ai tre anni precedenti non desta alcuna preoccupazione soprattutto in relazione all'entità delle concentrazioni assolute che permangono molto basse. Un'analisi sulle cause andrà ricercata qualora il trend in ascesa dovesse persistere nei prossimi anni.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO
stazione di Torino-Rebaudengo
1980 - 2010

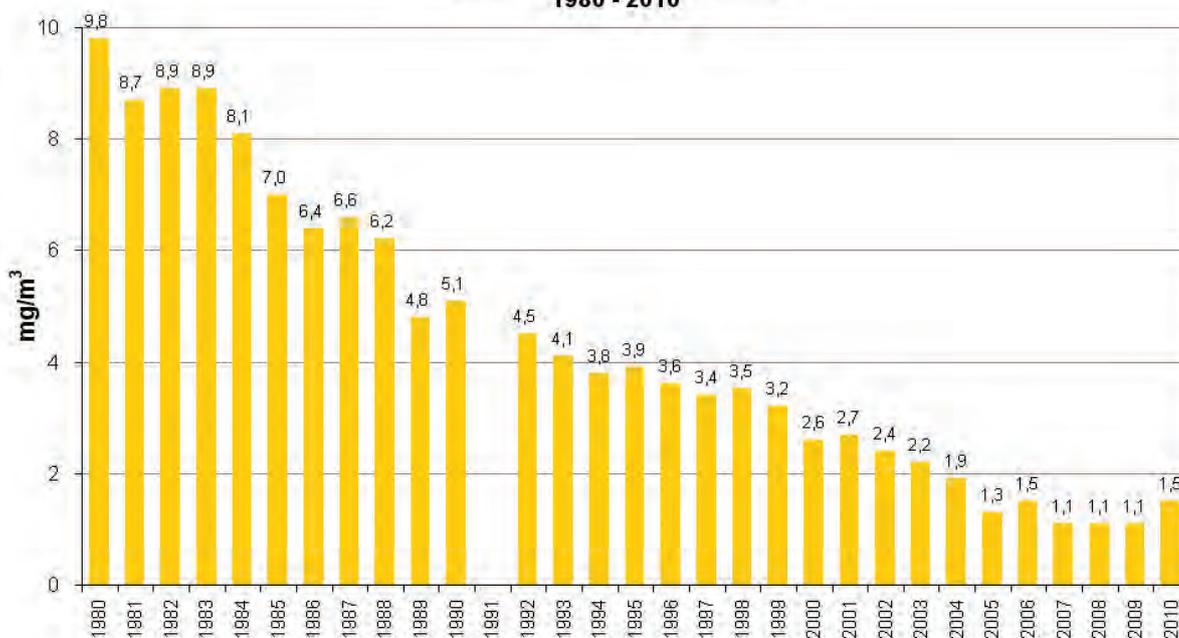


FIGURA 1: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo dal 1980 al 2010.

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Annalisa Bruno, Fabio Pittarello - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N_2O , NO , NO_2 ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico) quando viene utilizzata aria come comburente (in relazione alla reazione tra ossigeno e azoto ad alta temperatura) e quando i combustibili contengono azoto come nel caso delle biomasse.

Il biossido di azoto (NO_2) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche che portano alla formazione di sostanze inquinanti (ad esempio l'ozono), complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è dovuto, nelle città, ai fumi di scarico degli autoveicoli.

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose, ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni).

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati nel suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali. I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente per NO_2 e NO_x sono riportati nella TABELLA 6.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	200 $\mu g/m^3$ NO_2 da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si riduce, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010 ⁽¹⁾
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 $\mu g/m^3$ NO_2	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si riduce, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010 ⁽¹⁾
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE			
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	
anno civile	30 $\mu g/m^3$ NO_x	Nessuno	
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI AZOTO			
400 $\mu g/m^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.			

(1) La direttiva 2008/50/CE ha introdotto la possibilità di proroga dei limiti di cinque anni (1 gennaio 2015) a condizione di aver predisposto un piano per la qualità dell'aria che dimostri di come i valori limite siano conseguiti entro il nuovo termine.

TABELLA 6: D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155, valori limite per gli ossidi di azoto.

ESAME DEI DATI

Una prima osservazione dei dati del 2010, riportati in FIGURA 2, mostra subito la confortante ripresa del trend positivo nella diminuzione dei valori medi annui del biossido di azoto. Nel 2009 si era assistito ad una interruzione di tale trend dovuta prevalentemente alle sfavorevoli condizioni meteorologiche nei mesi più critici dell'anno, ovvero quelli invernali. Nel 2010 invece quasi l'80% delle stazioni di misura mostra una diminuzione del valore medio rispetto all'anno precedente.

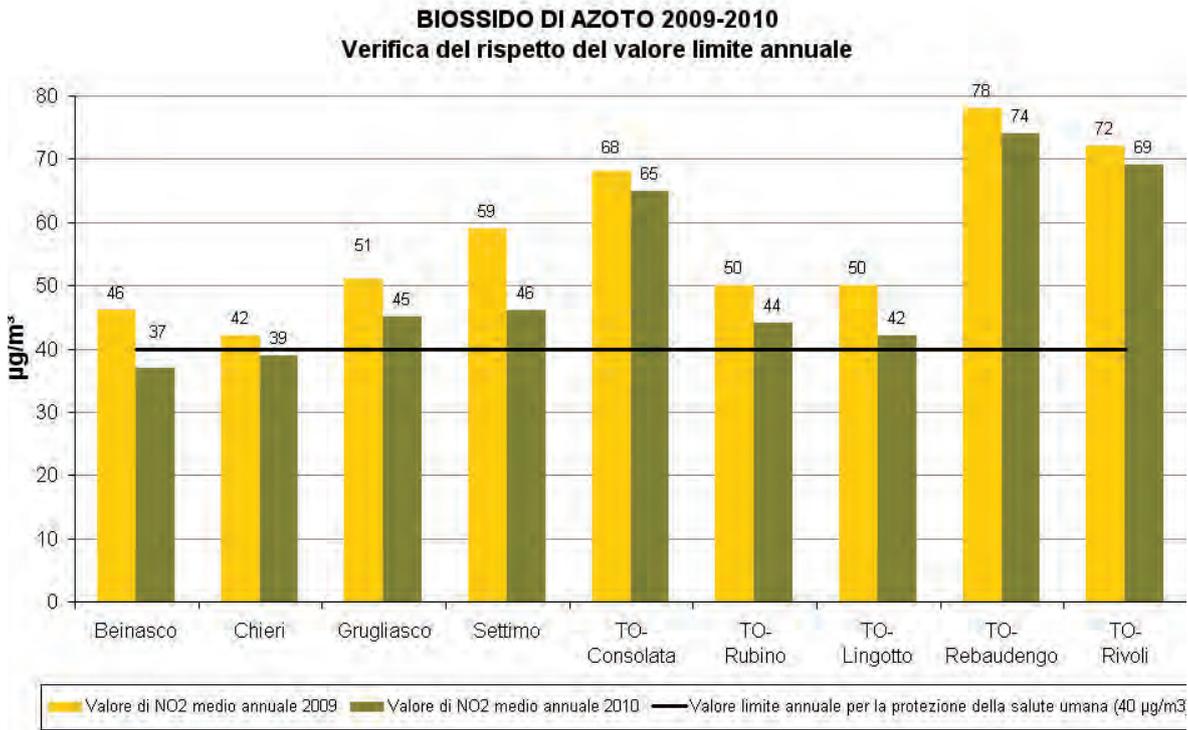


FIGURA 2: parametro NO₂, numero di superamenti del limite annuale di 40 µg/m³, confronto fra gli anni 2009-2010.

La FIGURA 2 evidenzia come nell'ultimo anno, i valori medi di Chieri e Beinasco non superano, (benché per pochi µg/m³), il limite annuale di 40 µg/m³, mentre le 7 stazioni che superano tale limite, situate nel capoluogo piemontese o nella prima cintura (Grugliasco e Settimo), presentano tutte una diminuzione più o meno marcata della concentrazione di biossido di azoto rispetto al 2009. Dal grafico di FIGURA 2 sono state eliminate le stazioni di Nichelino e Rivoli, presenti nel precedente rapporto sulla qualità dell'aria, in quanto tali siti sono stati dismessi nel 2010.

Bisogna tuttavia considerare che, in generale, le medie non sono diminuite drasticamente, ovvero nella maggior parte dei casi la variazione con l'anno precedente rimane limitata. Ad esempio nella stazione di TO-Rebaudengo si registra una diminuzione di poco superiore al 5%. Nelle stazioni di Oulx, Baldissero e Susa si assiste ad un lieve peggioramento che varia dal 5% al 9% rispetto al 2009.

La FIGURA 3 fotografa la situazione dell'area metropolitana di Torino negli ultimi vent'anni, dal 1991 al 2010. Vengono riportate le concentrazioni medie annue di due stazioni del

capoluogo, Torino Lingotto, stazione di fondo con i valori più bassi e Torino Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Dalla curva della media annua calcolata su tutte le stazioni di Torino si rileva una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di biossido di azoto nel corso degli anni, da più di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del 1991 al valore minimo di $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato proprio nel 2010. Tale andamento è riscontrabile anche nelle due stazioni di riferimento, TO-Rebaudengo (da valori prossimi o superiori a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prima del 1996, a valori sempre inferiori a $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e TO-Lingotto (da valori sempre superiori a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a valori generalmente minori di $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e talvolta inferiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il decremento non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali SO_2 , CO, benzene e piombo, per i quali è stato molto più consistente. Va comunque considerato che un limite di emissione specifico per gli ossidi di azoto è stato introdotto solo con la Direttiva Euro 3, e che il miglioramento tecnologico in termini di minori emissioni è stato in parte controbilanciato dall'aumento sia del numero di veicoli che dei chilometri percorsi.

Al di fuori dell'area metropolitana il limite annuale è stato ovunque rispettato, con valori minimi registrati nelle stazioni collocate in zone remote o montane (Ceresole, Baldissero, Druento, Oulx). Dopo un anno completo di misurazioni svolte nella stazione di Ceresole Reale, si può affermare che i valori minimi registrati nel 2010, già bassi nel 2009 quando mancavano però i dati dei mesi più critici dell'anno (gennaio e febbraio), siano dovuti prevalentemente alla sua posizione in un'area montana poco antropizzata e quindi non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Data la sua altitudine, inoltre, la stazione non risente del confinamento al suolo legato alle condizioni di stabilità invernali tipiche della pianura.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO_2

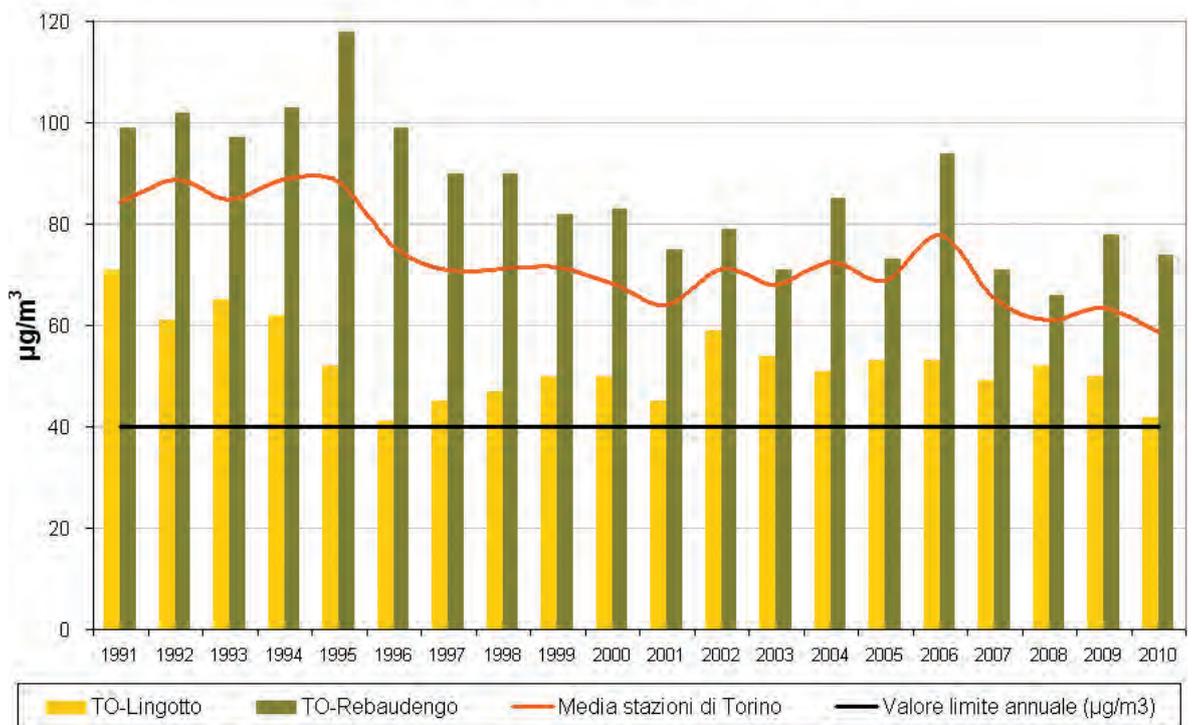


FIGURA 3: parametro NO_2 , media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino e dettaglio relativo alle stazioni di TO-Lingotto e TO-Rebaudengo.

Il miglioramento della qualità dell'aria rispetto al biossido di azoto, è ancora più evidente per il numero di superamenti del valore limite orario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), diminuiti notevolmente rispetto all'anno precedente.

Dalla FIGURA 4 si osserva che nelle stazioni fuori cintura non è stato registrato alcun superamento del valore limite orario per la protezione della salute umana. Tra le stazioni del comune di Torino e della prima cintura, invece, quattro siti (Settimo, Torino Consolata, Torino Rebaudengo e Torino Rivoli) presentano dei superamenti del valore di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, variamente distribuiti nei sei mesi invernali dell'anno (FIGURA 5). Si va dai 2 superamenti di Settimo e Torino Rivoli ai 15 di Torino Rebaudengo: in nessuna stazione del capoluogo piemontese viene superato il limite dei 18 superamenti annui consentiti dalla normativa vigente. Il dato è particolarmente incoraggiante dal momento che il numero dei superamenti per le stazioni di Torino è molto basso non solo rispetto al 2009, anno caratterizzato da sfavorevoli condizioni meteorologiche che hanno limitato la dispersione degli inquinanti in uno dei momenti più critici dell'anno, ma anche rispetto agli anni precedenti, caratterizzati da una condizione meteo-climatica comparabile con quella del 2010.

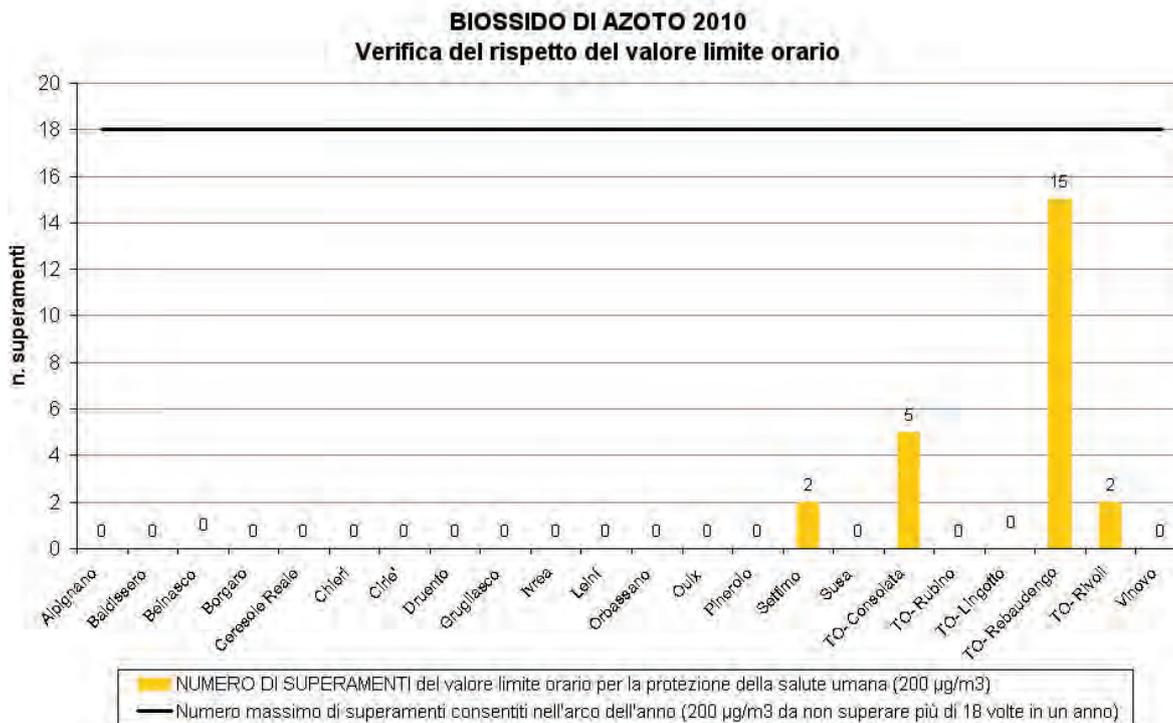


FIGURA 4: parametro NO_2 , distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nell'anno 2010.

Nella FIGURA 6 viene riportato l'andamento annuale della concentrazione oraria di NO_2 registrata nella stazione di Torino Rebaudengo negli anni 2009 e 2010.

Dal grafico emerge che i due anni sono sostanzialmente confrontabili sia nei minimi sia nei massimi fatta eccezione per i mesi critici di gennaio, febbraio e dicembre. In particolare,

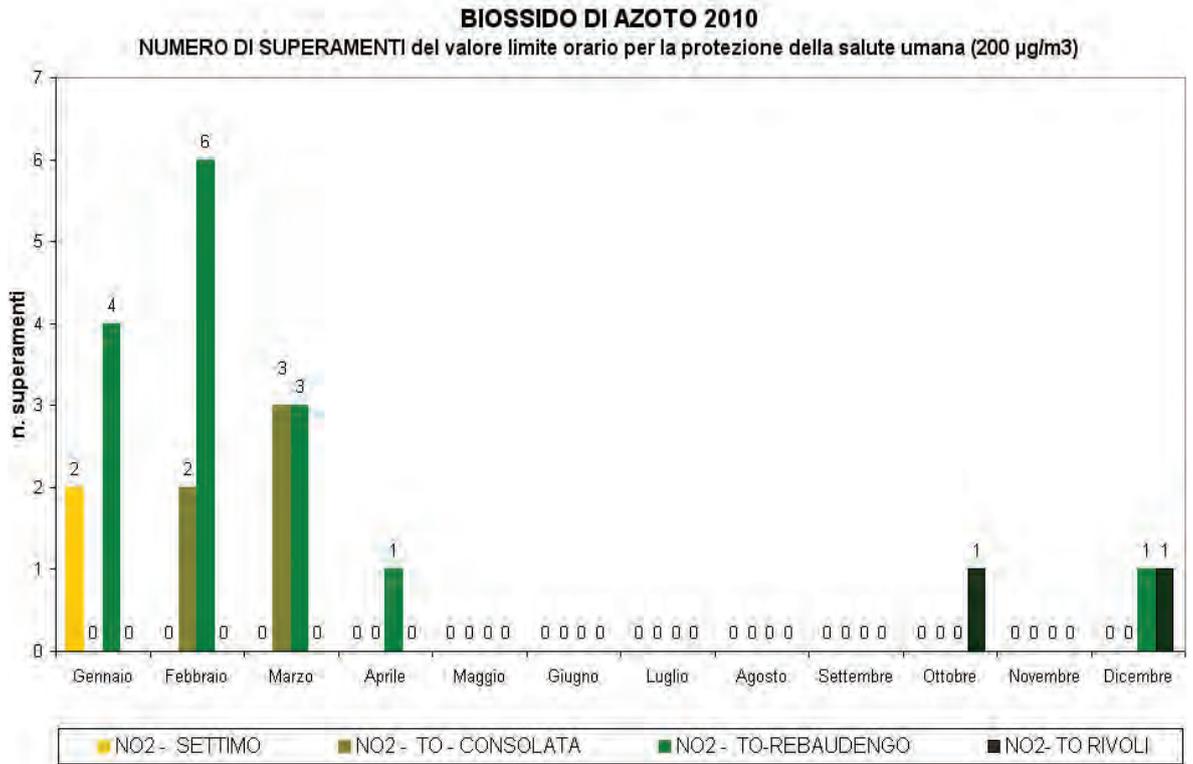


FIGURA 5: parametro NO₂, distribuzione mensile del numero di superamenti del limite orario di 200 µg/m³, nell'anno 2010.

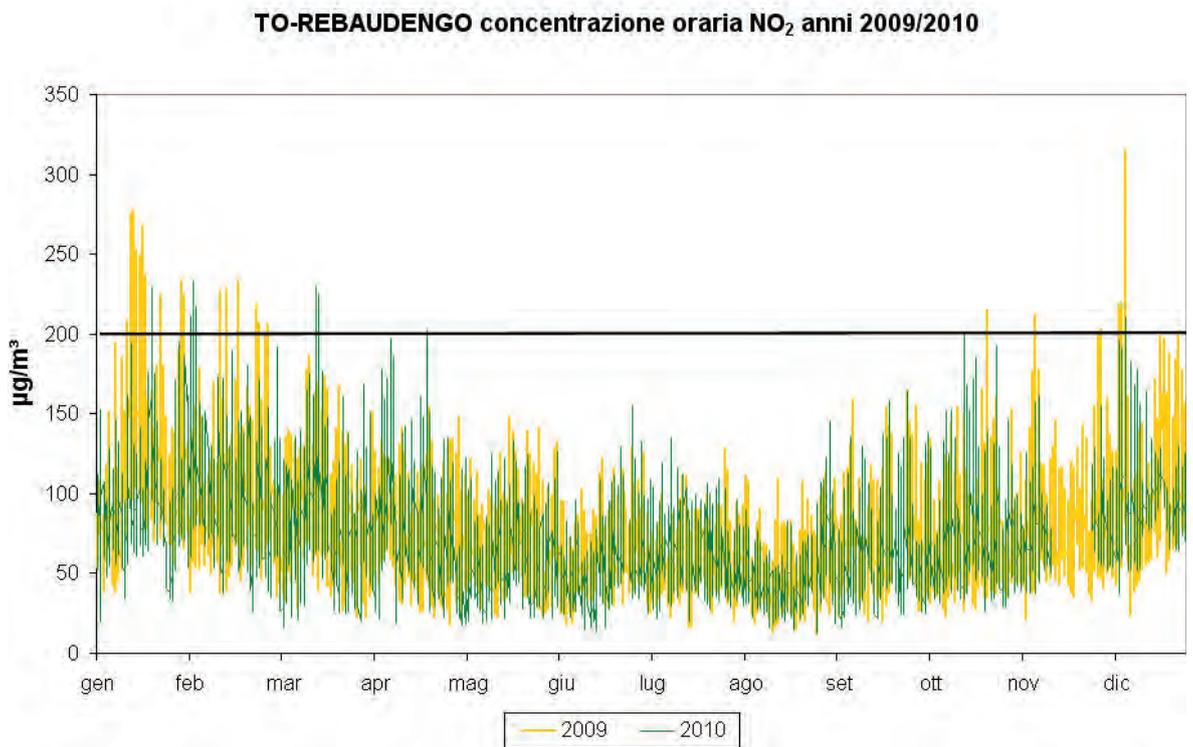


FIGURA 6: andamento annuale della concentrazione oraria di NO₂, anni 2009-2010.

l'accumulo di neve al suolo a seguito dell'intensa nevicata avvenuta a metà di gennaio del 2009 aveva favorito condizioni di forte inversione termica e quindi concorso all'aumento significativo della concentrazione di NO_2 con conseguente incremento del numero di superamenti annui. Nel 2010, l'assenza di un fenomeno meteo climatico particolarmente sfavorevole ha contribuito alla riduzione drastica dei superamenti del limite per la protezione della salute ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$); tuttavia il valore medio annuale resta dello stesso ordine di grandezza in entrambe le annate (78 nel 2009 - 74 nel 2010), ovvero confrontabile con quello degli ultimi quattro anni. Il parametro "numero di superamenti annuali" è, in definitiva, molto più sensibile alle variazioni meteorologiche anche limitate a pochi episodi critici.

Questo aspetto assume un significato importante nella pianificazione degli interventi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dal momento che sono sufficienti relativamente pochi giorni di stabilità meteorologica per limitare la diffusione atmosferica degli inquinanti e conseguentemente peggiorare la qualità ambientale di tutto l'anno.

STAZIONE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m ³) Media Annuale (µg/m ³)										Valore limite orario per la protezione della salute. Numero di superamenti del valore di 200 µg/m ³ come media oraria									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ALPIGNANO	62	37	36	39	36	39	35	29	33	30	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0
BALDISSERO							22*	19	19	20							0	0	0	0
BEINASCO	45	52	51	55	49	50	47	44	46	37	0	1	0	5	5	9	2	1	12	0
BORGARO	48	42	44*	42	38	42	42	35	36	31	27	1	0	4	0	1	1	0	2	0
CERESOLE REALE ⁽¹⁾									8*	6									0*	0
CHIERI	43	38	39	44	42	51	42	34	42	39	0	0	0	0	1	0	0	1	7	0
CIRIÉ'	32	29	31*	31	31	32	31	30	33	27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
DRUENTO	19	22	24*	26*	20	19	19	15	18*	16	0	0	1	0	0	0	0	0	0*	0
GRUGLIASCO	52	53	52	49	53	54	59	50	51	45	0	1	2	11	9	64	39	28	87	0
IVREA							32	27	28	26	5	1	5	2	9	23	0	0	0	0
LEINÍ							38	31	32	32							0	0	2	0
NICHELINO ⁽²⁾	64	71*	63*	59	65	70	64	57	59	37	7	59	17	17	43	118	88	27	108	
ORBASSANO	46	42	40*	44	42	46	43	37	39	37	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OULX						22	22	22	20	21							0	0	0	0
PINEROLO		46*	29*	31	30	35	35	35	34	34					2	0	0	0	0	0
RIVOLI ⁽²⁾		58	57	60	61	65	61	57	59				3	6	13	28	14	7	29	
SETTIMO		58	72	65	57	67	65	52	44	46	20	73	14	13	35	68	27	4	125	2
SUSA		25*	22*	34	25	29	24	21	22	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-CONSOLATA		59	72	73	72*	67	68	69*	68	65	4	20	6	8	11	38		19	13	5
TO-RUBINO ⁽³⁾							51*	48	50	44							10	1	8	0
TO-LINGOTTO		45	59	54*	51	53	49	52	50	42	2	0	3	0	2	39	4	2	18	0
TO-REBAUDENGO		75	79	71	85	73	94	71	66	74	30	45	4	68	60	188	85	16	76	15
TO-RIVOLI		78	73	71	81	84	92	77	66	72	36	26	12	42	34	112	35	27	57	2
VINOVO		42	43	41	38	40	47	38	36	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) stazione attiva da febbraio 2009

(2) stazioni dismesse a fine 2009 in ottemperanza al piano regionale

(3) stazione attiva da aprile 2007

* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%) (a partire dal 2002)

TABELLA 7: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente e molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici e sono peggiori le condizioni dispersive.

Nell'atmosfera il biossido di zolfo (SO_2) è ossidato a triossido di zolfo (SO_3) e successivamente in presenza di umidità è convertito in acido solforico (H_2SO_4). L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

Il biossido di zolfo era ritenuto, fino agli anni '80, il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO_2 nell'aria.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 8.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO		
500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km^2 oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi		

TABELLA 8: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

ESAME DEI DATI

In tutti i siti oggetto di monitoraggio, come si può osservare nel riepilogo statistico riportato in TABELLA 9, i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati. La situazione è del tutto analoga a quella rilevata nel corso degli ultimi anni e le differenze sono assolutamente minime e rientrano nella fluttuazione statistica del dato.

Da un'analisi comparata dei dati rilevati nei diversi siti di monitoraggio, non si osservano zone che presentino una particolare criticità o quantomeno una diversità sostanziale delle concentrazioni misurate.

I massimi valori orari, rilevati nel corso dell'anno 2010, sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti su questa base temporale e un'analoga considerazione è valida anche per il limite su base giornaliera.

Il valore limite per la protezione degli ecosistemi è rispettato in tutti i siti di monitoraggio, anche in quelli soggetti ad una forte pressione antropica che non sarebbero idonei per effettuare confronti con tale limite.

La diminuzione del tenore di zolfo nei combustibili liquidi o solidi e l'introduzione sul mercato energetico del metano hanno determinato la notevolissima riduzione delle concentrazioni del biossido di zolfo evidenziata nella FIGURA 7.

Il parametro SO₂ non rappresenta una criticità per il territorio della provincia di Torino, sarà comunque opportuno, nel corso dei prossimi anni, mantenere attivo il monitoraggio di tale inquinante per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti.

MASSIMA MEDIA GIORNALIERA SU BASE ANNUALE DI SO₂
stazione di Torino Consolata 1972 - 2010

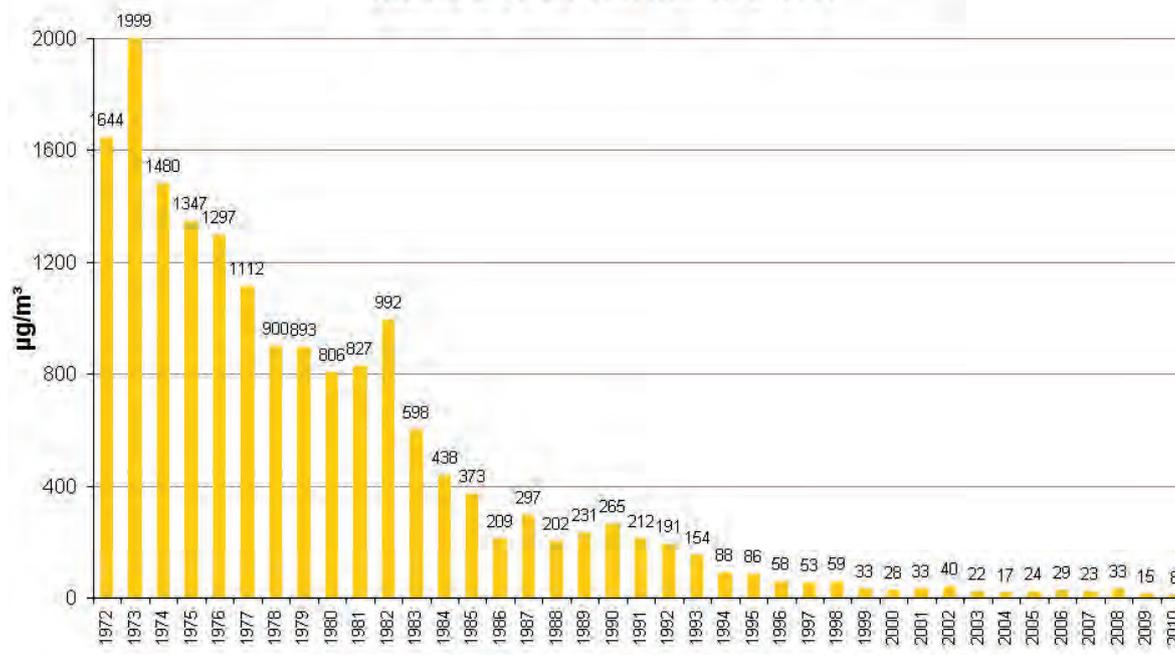


FIGURA 7: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino - Consolata.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2010 (% dati validi)	Media Annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$											Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti											Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti										
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010			
CIRE'	99%		7*	4*	5	4	5	5	7*	6	4	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0			
GRUGLIASCO	97%	6*	6*	5	7*	7	8	5	5	6	5	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0				
TO-CONSOLATA	98%	8	9	6	5	7	7	6	4*	6*	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0				
TO-REBAUDENGO	87%	7*	6	6	7	8	9	7	5	9	8*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0*				

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2010 (% dati validi)	Valore limite per la protezione. degli ecosistemi 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31 dic											Soglia di allarme 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Numero di superamenti											Massimo orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010			
CIRE'	99%		11*	5*	7	8	6	5	8*	7	5	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	51*	39*	41	28	42	25	25*	19	17					
GRUGLIASCO	97%	12*	9*	7	9*	10	13	7	6	8	6	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	46*	55*	60	61*	42	69	37	32	46	31				
TO-CONSOLATA	98%	11	14	9	7	9	12	9	6*	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	144	44	38	48	57	49	33*	23	23				
TO-REBAUDENGO	87%	10*	9	9	9	13	13	11	7	11	10*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	47*	83	93	53	63	55	66	44	62	48*				

TABELLA 9: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Annalisa Bruno e Fabio Pittarello. ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo dotato di un elevato potere ossidante, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu.

L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

L'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto e la presenza di composti organici volatili.

L'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi anche in zone distanti dai grossi centri urbani e in aree ad altitudini elevate.

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie.

L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane; motivo per cui, alcune specie vegetali particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della presenza di ozono.

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme sono riportati nella TABELLA 10.

VALORI OBIETTIVO		
Finalità	Parametro	Valore obiettivo (a)
Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore (b)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (c)
Protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ come media su 5 anni (c)

(a) Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012, per la protezione della salute umana e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010-2014, per la protezione della vegetazione.

(b) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

(c) Se non è possibile calcolare la media su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:
 per il valore obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno
 per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni
 Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.

OBIETTIVI A LUNGO TERMINE		
	Parametro	Obiettivo
Obiettivo a lungo termine per al protezione della salute umana	Massima media giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Obiettivo a lungo termine per al protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$

Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'europa centrale.

SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME		
	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme	Media di 1 ora ^(a)	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(a) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art.10 comma1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

TABELLA 10: D. Lgs. 13/08/10 n.155, valori obiettivo e obiettivo a lungo termine, e soglie di informazione e allarme per l'ozono.

ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM10 e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa. I suoi livelli sono particolarmente elevati nelle regioni dove è maggiore l'emissione dei suoi precursori, in particolare ossidi di azoto e composti organici volatili e laddove vi sia persistenza di periodi di alta insolazione, alta temperatura ed elevata pressione atmosferica. Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte di gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, indicano i livelli di concentrazione da valutarsi nel 2013 al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

STAZIONE	SOGLIA DI INFORMAZIONE 180 µg/m ³ come media oraria numero di superamenti									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ALPIGNANO	*	47	144**	22	21	70	44	7	26	25
BALDISSERO						8 ⁽³⁾	43	4	26	4
BORGARO	224	40	188	35	12	20	63	0	0	0
CERESOLE										8 ⁽⁵⁾
DRUENTO	121**	64**	176**	71**	72**	143	69	11**	45**	22
IVREA										0 ⁽⁶⁾
LEINI'						1 ⁽⁴⁾	14	7	1	1
ORBASSANO	*	52	107**	63	18	30	54	0	2	0
PINEROLO		0 ⁽¹⁾ **	45**	0**	11	28	54	1	0	0
SUSA		34 ⁽²⁾ **	85**	62	14	52	11	9	1	0
TO LINGOTTO	72**	80	255	32	56	20	43	26	2	0
VINOVO	147**	34	245**	58	16	13	16	0	5	0

⁽¹⁾ strumento operativo dal 9/10/02

⁽²⁾ strumento operativo dal 22/07/02

⁽³⁾ strumento operativo dal 28/07/06

* insufficiente rendimento strumentale

** la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 27/07/06

⁽⁵⁾ serie storica disponibile a partire dal 2010

⁽⁶⁾ strumento operativo dal 25/01/10

TABELLA 11: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/10.

In TABELLA 11 sono riportati i superamenti della soglia di informazione (180 µg/m³) degli ultimi 10 anni nella provincia di Torino. Come si può osservare, il 2010 presenta la situazione migliore dell'ultimo decennio: non solo è diminuito il numero di siti nei quali sono stati registrati dei superamenti (5 su 12) ma questi ultimi sono diminuiti per ogni singola stazione. Le cabine di monitoraggio che non evidenziano superamenti sono variamente distribuite per tipologia e collocazione geografica: vi sono stazioni urbane come Torino Lingotto e stazioni suburbane come Susa (entrambe con zero superamenti per la prima volta dal 2000). Alpignano, Baldissero e Druento sono, anche quest'anno, le stazioni più critiche, sebbene i loro valori siano più bassi rispetto al 2009. La stazione di Ceresole, per il primo anno inserita nella rete di monitoraggio con una serie completa di dati, presenta 8 superamenti

della soglia di informazione dell'ozono. Questo dato in particolare conferma il carattere ubiquitario di tale inquinante, rilevabile anche in zone di montagna a basso impatto antropico, ma contraddistinte da forte irraggiamento solare e presenza di precursori e/o ozono trasportati in quota dai venti. Nel 2010 gli analizzatori di ozono nelle stazioni di Chieri e Oulx sono state dismessi, mentre è stata inserita nella rete di rilevamento, oltre a Ceresole, la stazione di Ivrea, per la quale non si evidenziano criticità.

La soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria per tre ore consecutive) non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento, confermando così il trend positivo in atto dal 2008.

In TABELLA 12 e in TABELLA 13 sono riportati rispettivamente le elaborazioni necessarie per la verifica del conseguimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana e del valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Entrambi non sono rispettati; la media del numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana rilevati negli ultimi tre anni è superiore ai 25 giorni consentiti e la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 per la stazione di Druento, pur essendo dimunuita, resta comunque superiore ai $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ previsti dalla legge. Per la stazione di Baldissero non è ancora possibile calcolare la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 in quanto si hanno a disposizione solo 4 anni di misurazioni. Dal 2010 si aggiunge la stazione di Ceresole per entrambi i valori obiettivo.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155 del 13/08/11 Valore obiettivo per la protezione della salute umana numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	media ultimi 3 anni
ALPIGNANO	*	78	94	41	51	64	89	43	67	45	52
BALDISSERO						*(3)	95	72	116	97	95
BORGARO	99	66	100	52	47	44	93	31	35	52	39
CERESOLE										82⁽⁵⁾	-
DRUENTO	68	81	78	84	71	78	95	29	52	59	47
IVREA										53⁽⁶⁾	-
LEINI'						*(4)	63	56	61	62	60
ORBASSANO	*	55	85	54	79	55	89	30	68	36	45
PINEROLO		0 ⁽¹⁾	33	33	54	68	100	40	69	27	45
SUSA		41 ⁽²⁾	76	77	48	57	66	53	42	31	42
TO LINGOTTO	58	70	108	74	65	56	70	74	36	34	48
VINOVO	80	79	100	85	50	54	74	44	86	37	56

(1) strumento operativo dal 9/10/02

(2) strumento operativo dal 22/07/02

(3) strumento operativo dal 28/07/06

* insufficiente rendimento strumentale

** la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

(4) strumento operativo dal 27/07/06

(5) serie storica disponibile a partire dal 2010

(6) strumento operativo dal 25/01/10

TABELLA 12: ozono, confronto degli ultimi anni con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155 del 13/08/11 Valore bersaglio per la protezione della vegetazione (AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$))										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	media ultimi 5 anni
BALDISSERO						*	33360	31118	44921	40260	-
DRUENTO	37699	49496	54719	41738	41430	48015	38407	18936	25433	32365	32631
CERESOLE										43125	

* insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 13: ozono, confronto degli ultimi cinque anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

Si ricorda che l'Allegato VIII del D.Lgs.155/2011 stabilisce che le stazioni per la misura dell'ozono, per ciò che concerne la verifica del rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, devono essere ubicate in siti suburbani e rurali e ne stabilisce la rappresentatività spaziale; in questo capitolo sono state quindi selezionate per il calcolo dell'AOT40 le stazioni maggiormente rappresentative sotto questo profilo.

In FIGURA 8 è riportata la distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, e le stazioni di Baldissero Torinese e Ceresole (attiva dal 2010), poste più in

Confronto temperatura e distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) - anno 2010

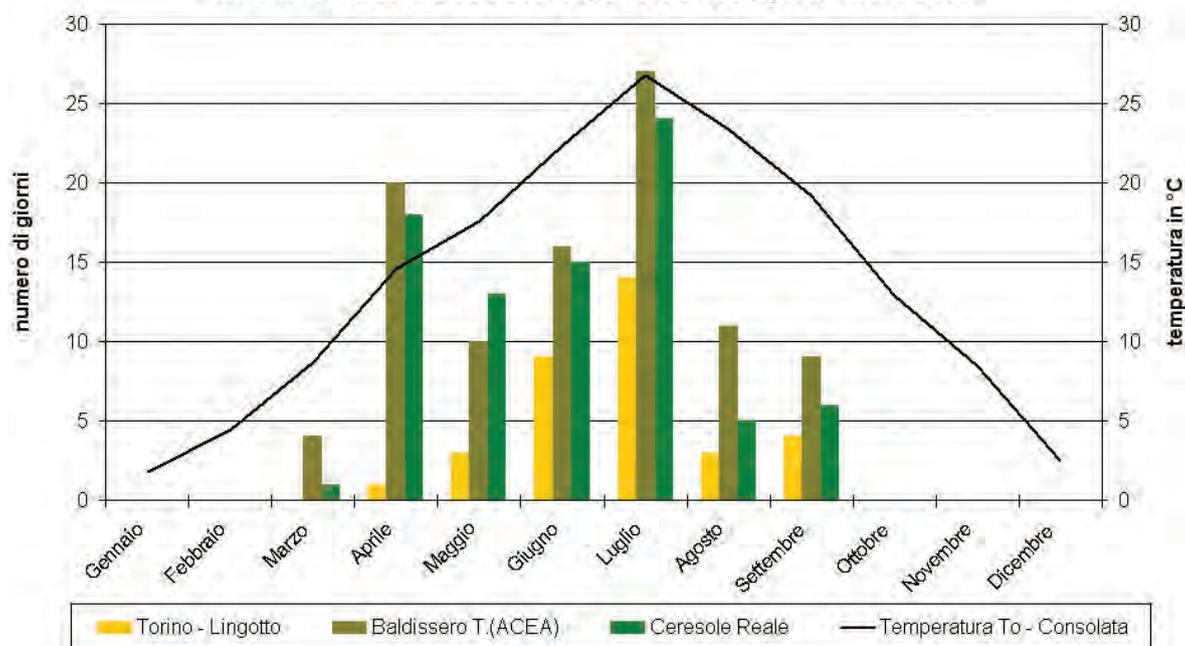


FIGURA 8: distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto e Baldissero Torinese, anno 2010.

quota e rappresentative del fondo rurale. Nel corso del 2010 l'ozono mostra un andamento stagionale con massimi di concentrazione nella stagione calda, tipicamente da maggio a settembre. Tuttavia le stazioni di quota presentano alcuni superamenti anche nel mese di marzo, e molti superamenti del valore obiettivo in aprile, mese che nel 2010 è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli alla formazione dell'ozono (temperature elevate e forte irraggiamento). Dalla FIGURA 8 è, infatti, possibile notare un incremento della temperatura nel mese di aprile maggiore rispetto al trend del primo semestre del 2010.

Il mese più caldo è stato luglio, com'è tipico alla latitudine in cui si trova il Nord Italia: in concomitanza con le alte temperature registrate si sono misurati i valori massimi di ozono (FIGURA 8). Per la stazione di Baldissero il solo mese di luglio è stato sufficiente per superare il valore obiettivo per la protezione della salute umana (25 giorni all'anno con la media massima - calcolata su 8 ore - superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (FIGURA 9) mostra una sostanziale stabilità dei valori di concentrazione, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno. Le condizioni climatiche, infatti, esercitano un ruolo fondamentale nel determinare le concentrazioni dell'inquinante a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo (elevata insolazione, alte temperature, condizioni di alta pressione) sia per il ruolo che la radiazione solare ha nei meccanismi di reazione di formazione dell' O_3 in presenza di COV (composti organici volatili) e NO_x (ossidi di azoto).

In generale in corrispondenza delle massime temperature estive si registrano i valori più alti di ozono. I massimi del decennio in esame (FIGURA 9 e FIGURA 10) si osservano, infatti, nel 2003 e nel 2009, anni caratterizzati da un'estate con scarse precipitazioni e temperature particolarmente elevate; mentre le concentrazioni medie minime si sono rilevate in anni nei quali le temperature medie sono state inferiori e le precipitazioni più significative.

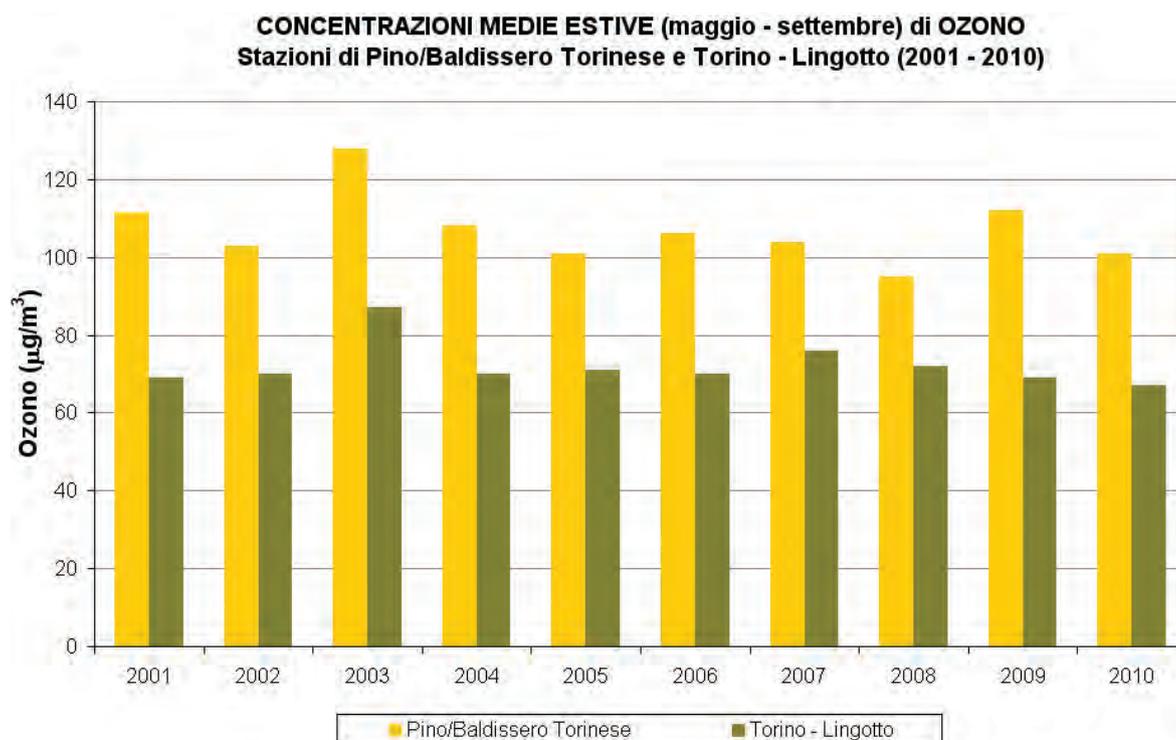


FIGURA 9: ozono, medie del periodo maggio-settembre degli ultimi 10 anni (dall'anno 2008 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Baldissero Torinese).

Nel periodo maggio-settembre del 2010 sono stati registrati i valori medi di ozono tra i più bassi dell'ultimo decennio: $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Torino Lingotto e $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Baldissero Torinese. Ancora una volta la spiegazione di tale diminuzione va ricercata nella meteorologia: nel periodo estivo analizzato sono caduti ben 771 mm di pioggia e la temperatura media è diminuita di $1,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ca. rispetto all'anno precedente. I valori di ozono del 2010 sono confrontabili con quelli del 2002 e del 2008, anni accomunati da condizioni meteo climatiche simili.

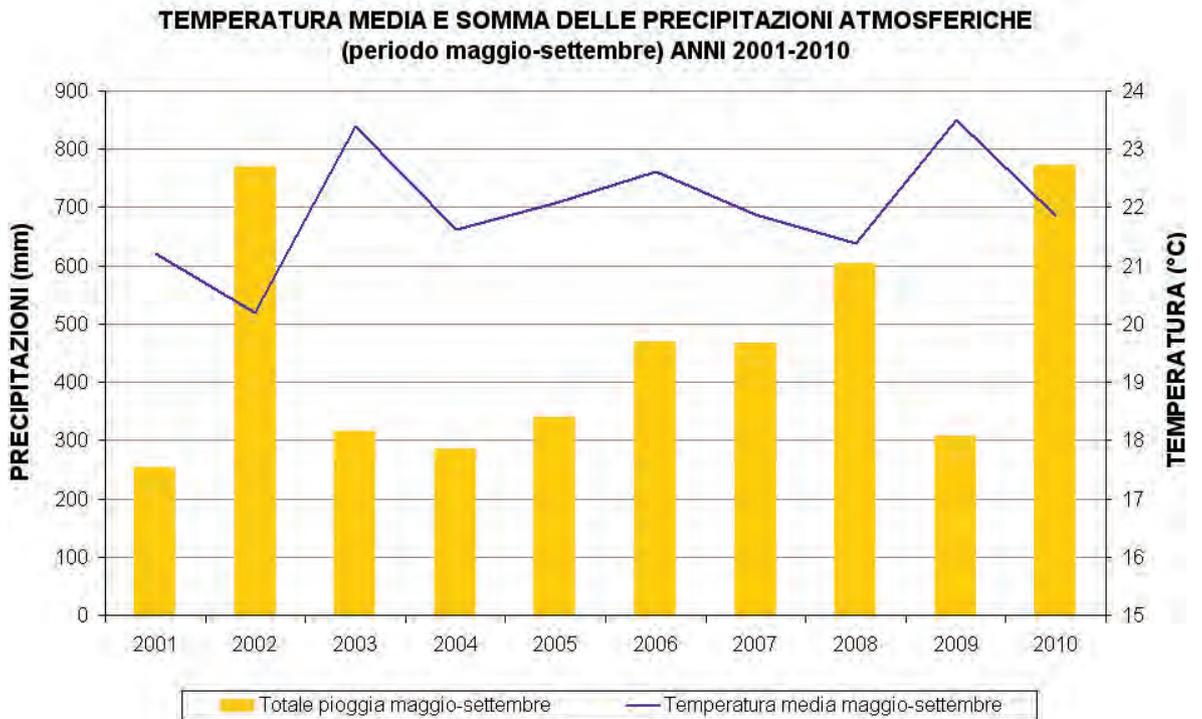


FIGURA 10: Temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, relativamente al periodo maggio-settembre, anni 2001-2010, stazioni di Torino-Buon Pastore (fino al 2003) e Torino Consolata (dal 2004 in poi).

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo.

Un'esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2010

TABELLA 14: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

*Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro la data prevista dalla decisione di deroga, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza

ESAME DEI DATI

L'analisi del benzene è stata compiuta storicamente con prelievi discontinui tramite fiale di carbone attivo e, a partire dal 1995, anche con strumentazione in continuo.

A partire dal 1996 i livelli in atmosfera di questo inquinante sono notevolmente diminuiti a seguito dell'introduzione, dal luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e grazie all'aumento nel tempo della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Dalla FIGURA 11 si evidenzia il rispetto del valore limite per la protezione della salute umana pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale.

La stazione di via Consolata nel 2010 ha registrato un valore medio annuo di $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quella di Via Rubino, che dal 2010 sostituisce quella di Rivoli a seguito della necessità di avere una misurazione di benzene in un sito di fondo, presenta una media di $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tali rilevamenti e le analisi delle serie storiche evidenziano come il rispetto del valore limite sia ormai consolidato nel tempo e diffuso su tutti i siti che sono stati oggetto monitoraggio.

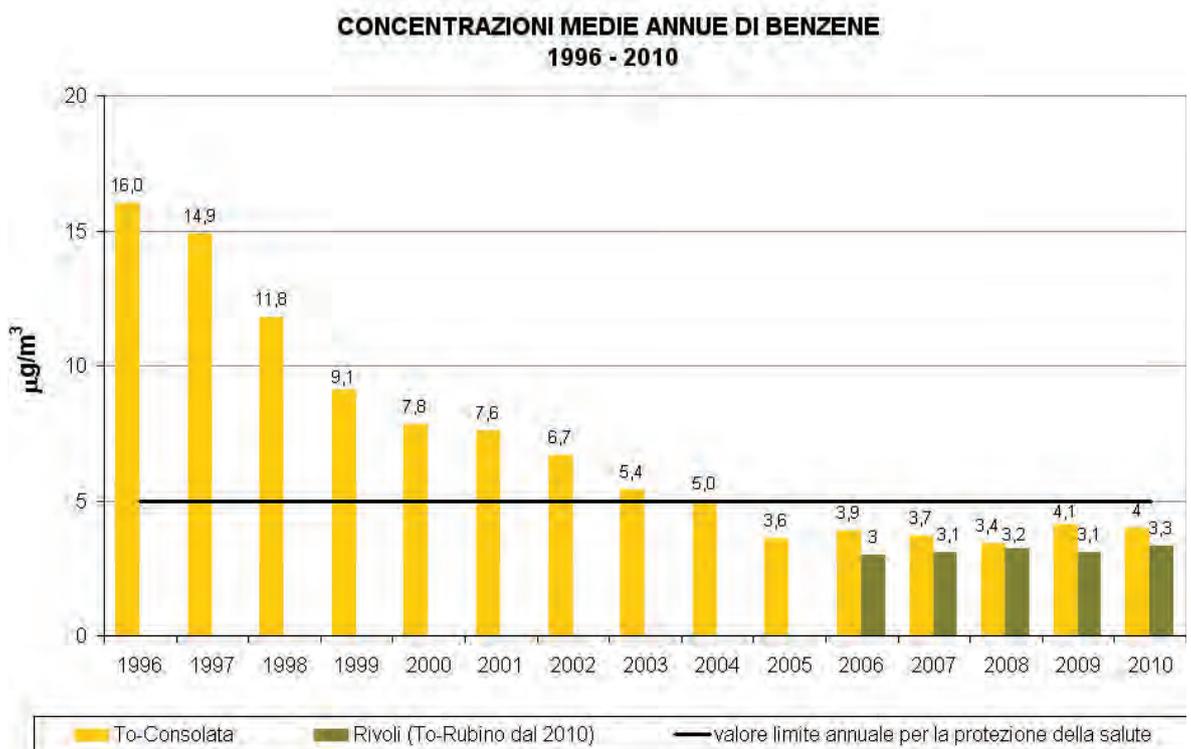


FIGURA 11: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2010.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana), etc. Nelle aree urbane il materiale particolato di natura primaria può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti e enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio.

In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

I valori bersaglio, obiettivo e le soglie di informazione e sono riportati nella TABELLA 15.

Il Decreto Legislativo 155/2010, che ha sostituito il DM 60/2002, ha poi previsto una fase 2 per il PM_{2,5}, da raggiungere entro il 2020, con un valore limite più restrittivo che sarà stabilito con successivo decreto, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

PM10		
VALORE LIMITE DI 24 ORE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	Già in vigore dal 1 gennaio 2005
VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	Già in vigore dal 1 gennaio 2005
PM2,5 - FASE 1		
VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere raggiunto
Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5	1 gennaio 2015

TABELLA 15: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite per il PM10 e il PM2,5.

ESAME DEI DATI

Frazione PM10 e PM2,5

I dati dell'anno 2010 indicano una diminuzione per quanto riguarda i valori medi annuali; tendenza oramai confermata da misure di concentrazione effettuate da più di dieci anni, e favorita nel 2010 dalle condizioni meteorologiche, in virtù di precipitazioni più intense del 2009, soprattutto nel periodo primaverile e autunnale e a condizioni di stabilità atmosferica meno critiche nel primo trimestre

Considerando le stazioni storiche della città di Torino (FIGURA 12) si nota un decremento significativo per To-Grassi, il cui valore medio annuale è passato da 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 2000 a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato nel 2010; anche a To-Consolata nell'ultimo anno si è toccato il minimo storico di 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dopo gli anni 2007-2009 in cui il valore era rimasto pressoché costante.

In FIGURA 13 si osserva che il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è rispettato nel 70% delle stazioni della rete provinciale; valori al di sopra del limite permangono nelle centraline da traffico della città di Torino e a Carmagnola. Considerando l'insieme delle stazioni provinciali, ad esclusione della nuova stazione di Ceresole Reale di nuova installazione, si osserva un decremento delle concentrazioni medie del 10 % rispetto al 2009.

In FIGURA 14 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete provinciale; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento ed in concomitanza si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2010 i mesi più critici sono stati gennaio, febbraio, marzo e dicembre che sono stati anche i mesi con minori precipitazioni. Da aprile a settembre in cui prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, anche nelle stazioni più critiche, i valori medi risultano al di sotto dei 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM10 - ANDAMENTO STORICO DEL VALORE MEDIO ANNUALE
stazioni di TO-Consolata e TO-Grassi

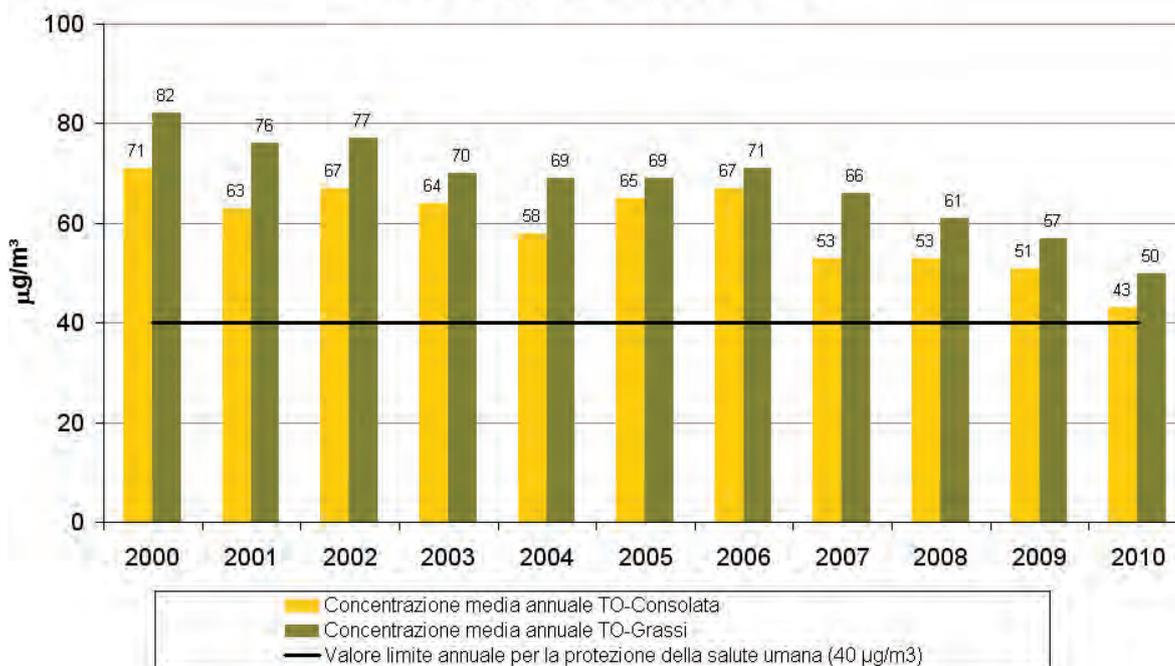


FIGURA 12: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2010.

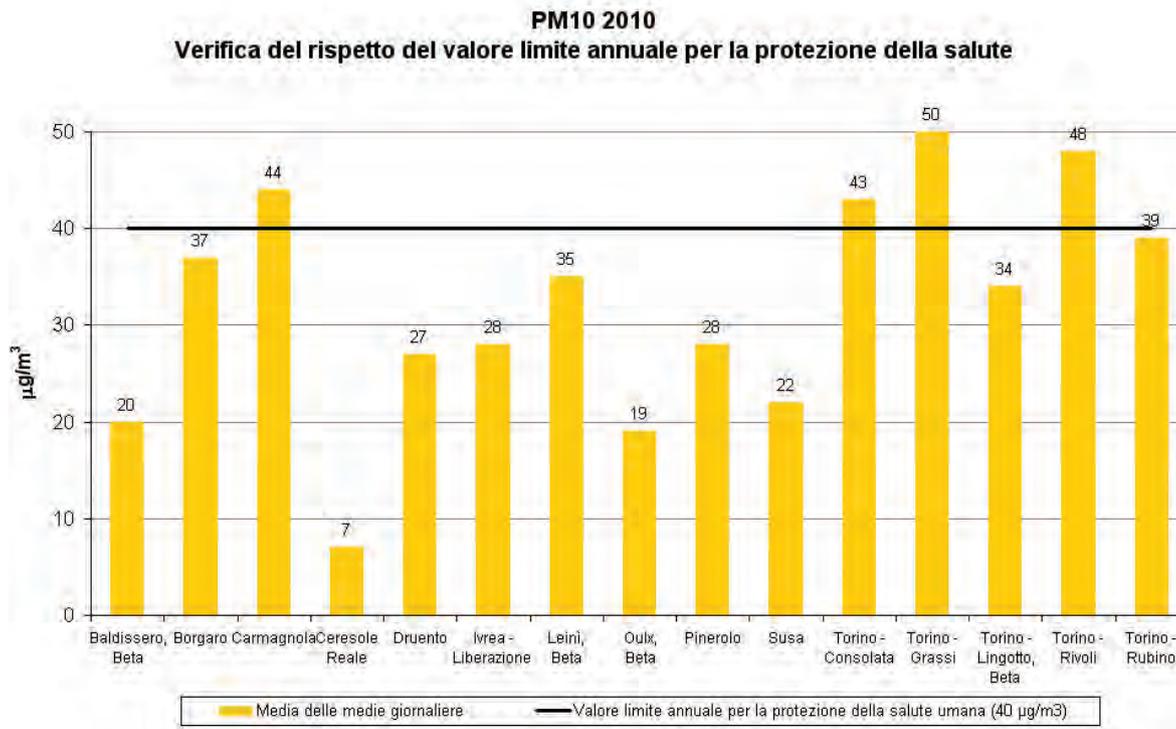


FIGURA 13: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

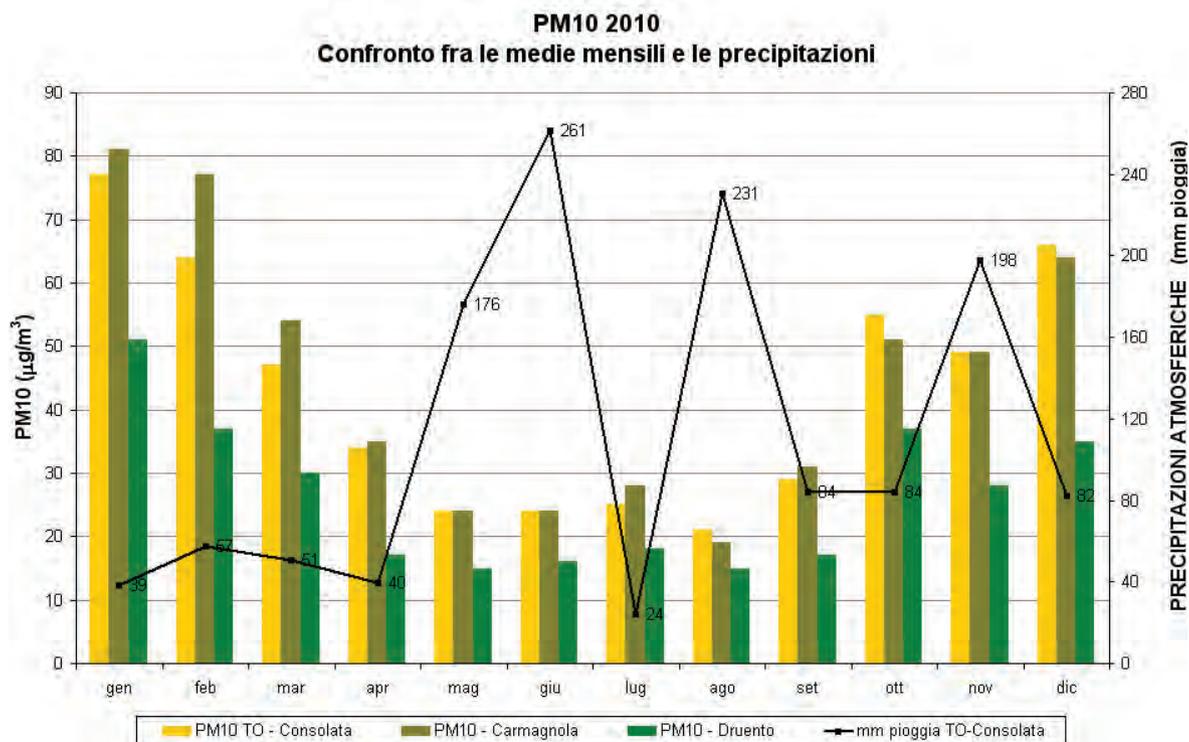


FIGURA 14: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della Provincia di Torino nell'anno 2010.

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Nella maggior parte delle stazioni tale limite non è rispettato anche se si riscontra una diminuzione del numero di superamenti rispetto al 2009. Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero è stato di 131 a To-Grassi, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di To-Lingotto e To-Rubino la situazione si mostra critica con 72 e 83 superamenti rispettivamente (FIGURA 15).

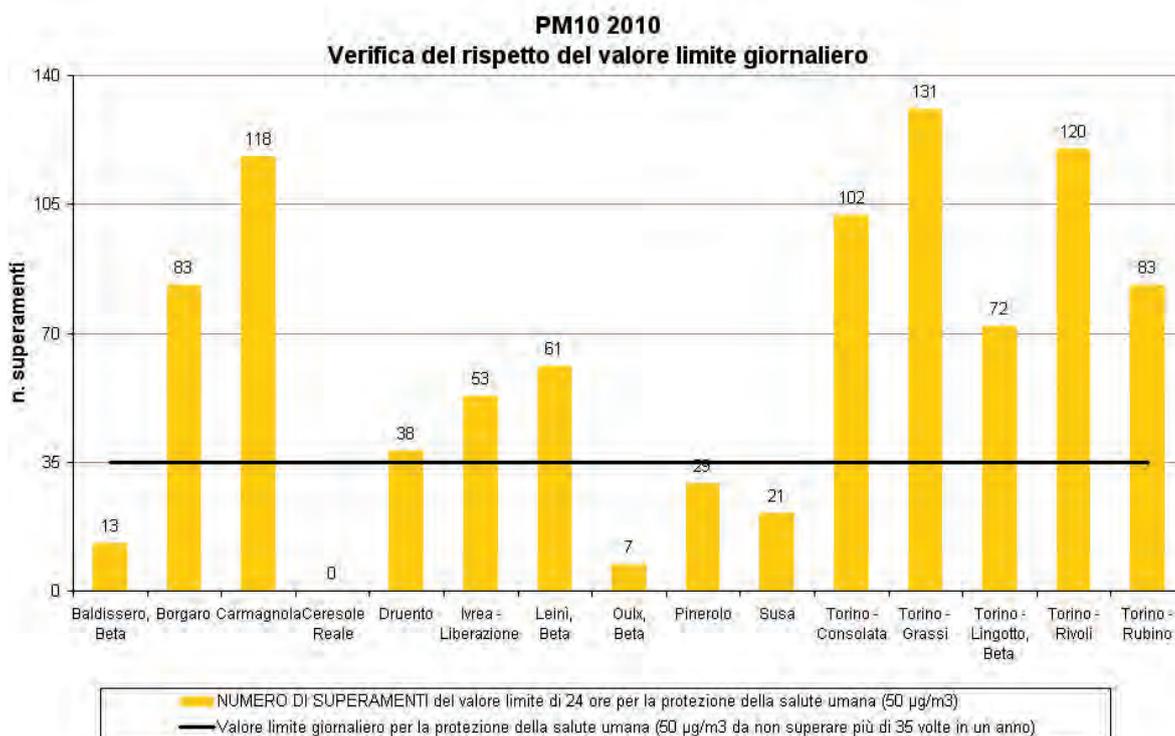


FIGURA 15: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera).

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il decreto legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM_{2,5} (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. In Provincia di Torino sono attivi da 5 anni un campionario gravimetrico di PM_{2,5} nella stazione di Torino - Lingotto e un campionario a raggi beta nella stazione di Leini, di proprietà privata, ma gestito da Arpa Piemonte. Nell'anno 2010 la rete è stata incrementata con due campionatori gravimetrici di PM_{2,5} a Borgaro T.se e a Ceresole Reale (TABELLA 16).

Su base annuale la concentrazione media di PM_{2,5} nella stazione di Torino - Lingotto e di Leini è di $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi al di sopra del valore limite, tuttavia si osserva un trend in lieve diminuzione rispetto agli anni precedenti. Tale dato, vista la limitata serie storica, andrà confermato nei prossimi anni. I dati di Borgaro e Ceresole non sono completi per l'intero anno, poiché i campionatori sono stati installati a maggio 2010.

In FIGURA 16 sono riportati i valori mensili di PM_{2,5} a confronto con quelli di PM₁₀ a Torino - Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

La frazione più fine incide in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre da maggio a luglio è percentualmente meno alta rispetto al PM₁₀. La formazione di particolato secondario in atmosfera, che generalmente è quello più sottile, viene favorita dall'irraggiamento solare, tuttavia l'andamento dei rapporti tra le due frazioni negli anni di osservazione indica

presumibilmente che un ruolo predominante è svolto dalla concentrazione al suolo degli inquinanti precursori (idrocarburi, ossidi di azoto, ecc.) che nei mesi invernali è maggiore. Da considerare inoltre che la velocità media del vento è stata più alta da maggio a luglio e quindi, nella distribuzione dimensionale delle particelle, un ruolo è giocato anche dal risollevarimento della frazione più grossolana del particolato nel periodo estivo. Nella stazione di Torino-Lingotto il PM_{2,5} rappresenta mediamente il 78% del PM₁₀.

STAZIONE	VALORE MEDIO ANNUO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Borgaro T. - Caduti, PM _{2,5}					25*
Ceresole Reale, PM _{2,5}					6*
Leini'(ACEA) - Grande Torino, PM _{2,5} - Beta	33*	40*	35*	34*	29*
Torino - Lingotto, PM _{2,5}	40	36*	35	33	29

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 16: parametro PM_{2,5}, valutazione statistica anni 2006-2010.

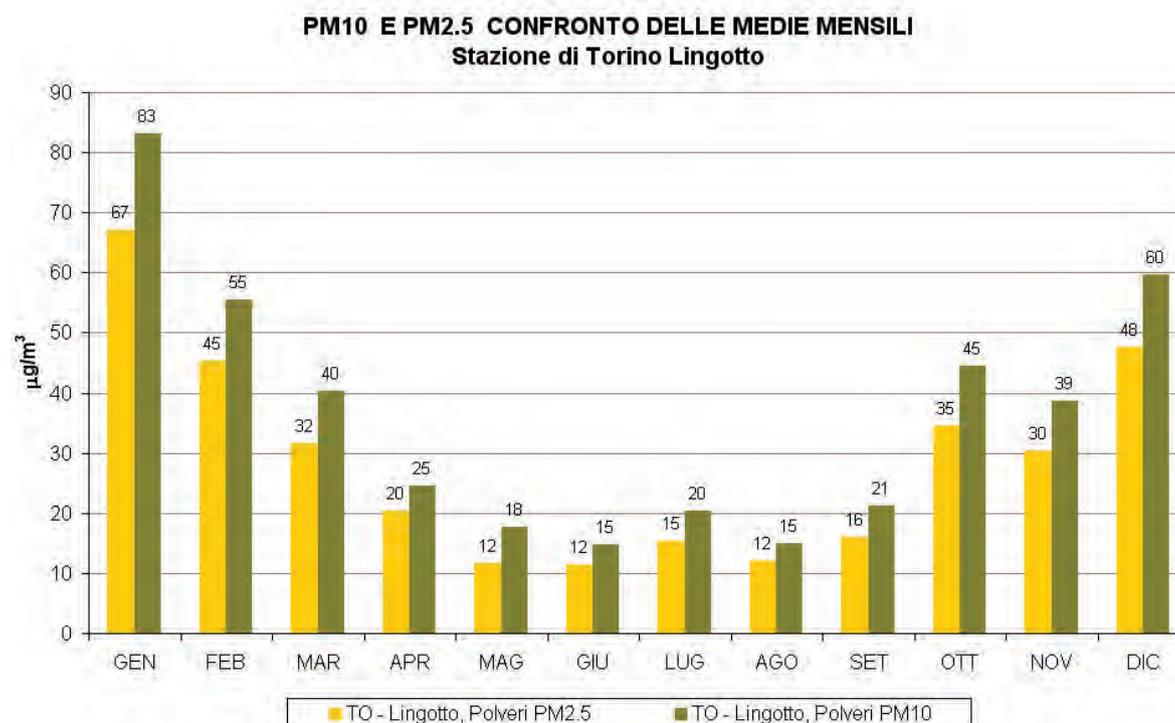


FIGURA 16: confronto tra PM_{2,5} e PM₁₀ presso la stazione di Torino - Lingotto.

Particelle sospese totali

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle più fini sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione di Torino-via Consolata. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati,

è utile per avere un'indicazione del trend relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti come si osserva in FIGURA 17, in cui per la stazione di Torino - via Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 60-70% delle polveri totali.

In FIGURA 17 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate negli ultimi 30 anni. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80; dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre negli ultimi quattro anni si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, inferiori agli 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel 2010 la media annuale è stata di 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, confermando il trend in miglioramento.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento si è ottenuta grazie al trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e alla chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, alla progressiva sostituzione con il metano di combustibili altamente inquinanti, quali l'olio combustibile e il carbone, alla diminuzione del biossido di zolfo, precursore del particolato e al miglioramenti tecnologici nelle emissioni degli autoveicoli.

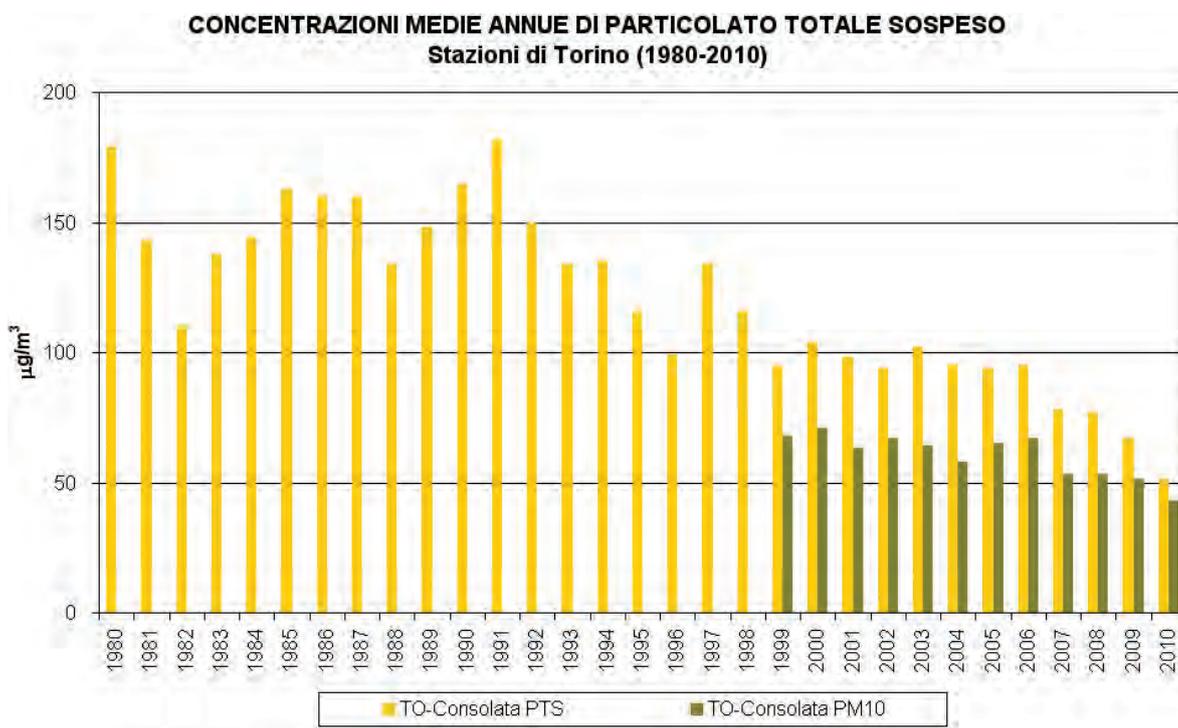


FIGURA 17: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2010.

STAZIONE	VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m ³										NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m ³)											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Baldissero (Beta)	-	-	-	-	-	23*	22	22	19	20	-	-	-	-	-	-	9*	16	31	16	13	
Bargaro	-	52*	47	43	46	51	56	46	43	41	37	-	67*	125	103	130	143	161	118	93	101	83
Carmagnola	46	51*	50*	58	47	61	50*	48	50	44	-	-	25*	170	107	125	171	130*	124	131	118	
Ceresole Reale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0*
Druento	-	-	30*	33*	31*	36	38	32	32	32*	27	-	-	7*	59*	46*	83	77	63	56	52*	38
Ivrea - Liberazione	-	-	-	-	-	-	39*	34	33	28	-	-	-	-	-	-	-	-	89*	73	71	53
Leini (Beta)	-	-	-	-	-	43*	46*	44*	39*	35*	-	-	-	-	-	-	52*	97*	94*	81*	61*	
Oulx (Beta)	-	-	-	-	-	27	20	20*	18	19	-	-	-	-	-	-	31	6	18*	3	7	
Pineroio	-	-	36*	38	38*	42	43	37	36	32*	28*	-	-	14*	84	77*	102	96	74	66	61*	29*
Susa	-	-	31*	34*	30	29	30	22	25	21	22	-	-	5*	59*	42	43	40	27	39	16	21
To - Consolata	71	63	67	64	58	65	67	53	53	51	43	214	186	198	185	173	199	184	146	124	123	102
To - Grassi	82	76	77	70*	69	70*	71	66	61	57	50	264	254	251	200*	213	197*	194	190	150	151	131
To - Lingotto (Beta)	-	-	-	-	-	43	64	61*	43	41	34	-	-	-	-	-	98	172	147*	90	92	72
To - Rivoli	-	-	44*	49	39*	54*	71	59*	54	50	48*	-	-	73*	129	65*	142*	186	153*	129	118	120*
To - Rubino	-	-	-	-	-	-	47*	43	44*	39	-	-	-	-	-	-	-	95*	90	96*	83	

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 17: parametro PM10, valutazione statistica anni 2000-2010.

STAZIONE	PTS - VALORE MEDIO ANNUO (µg/m ³)										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Torino - Consolata, PTS	104*	98*	94	102*	95*	95*	95*	78*	77*	67*	51

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2000-2010.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
M. Maringo ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nichel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di 1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella TABELLA 19 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

TABELLA 19: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

ESAME DEI DATI

Nelle tabelle poste a conclusione del capitolo si riportano le concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM10 e nel caso della stazione TO-Lingotto anche frazione PM2,5) campionato in 12 stazioni ubicate in provincia di Torino. Sono stati riportati i dati a partire dal 2006, infatti da tale anno tutti i valori sono correttamente confrontabili in quanto sono state garantite condizioni di omogeneità sia in merito alle modalità di campionamento (supporto filtrante, durata, frequenza e flusso) che relativamente alla tecnica analitica impiegata. Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m³, quelle relative al piombo in µg/m³.

In generale, dalle tabelle e figure di seguito riportate, si osserva un progressivo miglioramento della qualità dell'aria per quanto riguarda la presenza di metalli pesanti nelle polveri inalabili, infatti passando dal 2006 al 2010 nelle stazioni di monitoraggio si è registrata una generale diminuzione delle concentrazioni e a partire dal 2007 tutti i limiti e valori obiettivo sono rispettati in tutte le stazioni.

A partire dal 2008 la quantità media annuale di arsenico (TABELLA 20) è risultata dell'ordine del limite di quantificazione del metodo in tutte le stazioni, anche in siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali. Questo parametro non desta preoccupazione infatti in tutti gli anni di osservazione non è mai stato superato il valore obiettivo di 6 ng/m³.

Per quanto riguarda il cadmio (TABELLA 21) nel corso degli anni si osserva un progressivo abbassamento dei valori, per cui in tutte le stazioni la media annuale è significativamente inferiore al valore obiettivo di 5 ng/m³. Il valore più elevato pari a di 0,23 ng/m³ è stato registrato nella centralina di To-Grassi situata in una zona di elevato traffico in cui sono presenti diverse attività industriali; va sottolineato che tale valore corrisponde a quello rilevato nel 2009 nelle stazioni urbane di fondo. I livelli più bassi di cadmio si sono registrati nelle centraline di Ceresole, Susa, Druento e Pinerolo, mentre le altre centraline della provincia di

Torino mostrano livelli di cadmio piuttosto omogenei (inferiori a $0,20 \text{ ng/m}^3$, quindi trenta volte inferiori al valore obiettivo).

Per il nichel (TABELLA 22) nel corso del 2009 si era osservato un leggero aumento dei valori, invece i dati del 2010 risultano inferiori a quelli registrati nel 2008. Quindi è confermato il trend in diminuzione per questo parametro; il 2009 a causa delle condizioni meteorologiche sfavorevoli ha rappresentato un anno di interruzione di questo andamento, fenomeno osservato anche per altri parametri. Il valore obiettivo previsto dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155 di 20 ng/m^3 è ampiamente rispettato, infatti anche nelle centraline dell'area metropolitana la media annuale è inferiore al 50% di tale soglia. Nell'area metropolitana il valore di nichel più basso è stato rilevato nella frazione più sottile delle polveri (PM_{2,5} di Lingotto), sia come valore assoluto sia come composizione percentuale, fatto positivo, visto che le polveri di granulometria inferiore sono quelle che veicolano le sostanze pericolose nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio. Tra le centraline della provincia i valori più bassi sono stati registrati a Susa e Ceresole Reale. Anche in quest'ultimo, che rappresenta un sito di fondo in alta montagna, si osserva una diminuzione rispetto all'anno precedente, pur considerando che la percentuale di dati validi è inferiore al 90%.

Per quanto riguarda il piombo in FIGURA 18 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo (TABELLA 23) sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite allora previsto dal D.M. 60/2002 ($0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Seppure i livelli di questo metallo siano ormai particolarmente bassi, su tutto il territorio si osserva un ulteriore miglioramento della qualità dell'aria nel corso dell'ultimo anno. Anche per il piombo il valore più basso è stato registrato a Ceresole Reale ($0,002 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), mentre il valore maggiore spetta anche in questo caso alla centralina di To-Grassi ($0,017 \text{ } \mu\text{g/m}^3$).

In TABELLA 24 si riportano le percentuali in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM₁₀ (e per quanto riguarda la stazione TO-Lingotto anche nel PM_{2,5}) relative alle medie annuali a partire dal 2007. Per il nichel la ripresa del trend in diminuzione si osserva anche nei contenuti percentuali di questo metallo nelle polveri, infatti i livelli sono tornati a quelli del 2008 o leggermente inferiori. La stazione di To-Consolata è l'unica che a partire dal 2008 mostra un lieve arricchimento percentuale di nichel nelle polveri, mentre il valore assoluto si è

STAZIONE	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m^3)				
	2006	2007	2008	2009	2010
BORGARO	1,34	0,73	0,72	0,72	0,72
CARMAGNOLA	1,21	0,74*	0,71	0,71	0,72
CERESOLE REALE				0,72*	0,73*
DRUENTO	0,85	0,73	0,71	0,72*	0,72
IVREA		0,73*	0,71	0,72	0,72
PINEROLO	0,83	0,73	0,72	0,72*	0,72*
SUSA	0,87	0,73	0,71	0,72	0,72
TO-CONSOLATA	1,27	0,81	0,71	0,72	0,71
TO-GRASSI	1,27	0,86	0,71	0,71	0,72
TO-LINGOTTO PM ₁₀	2,11*	0,74*	0,72*	0,72	0,72
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	0,84	0,77*	0,72	0,72	0,72
TO-RIVOLI	1,41	0,88*	0,71	0,72	0,72*
TO-RUBINO		0,75*	0,86	0,72*	0,72

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 20: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM₁₀ e PM_{2,5} - 2006-2010.

STAZIONE	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)				
	2006	2007	2008	2009	2010
BORGARO	0,57	0,40	0,25	0,19	0,17
CARMAGNOLA	0,54	0,49*	0,33	0,22	0,18
CERESOLE REALE				0,12*	0,07*
DRUENTO	0,35	0,28	0,21	0,14*	0,10
IVREA		0,36*	0,28	0,17	0,16
PINEROLO	0,39	0,36	0,19	0,13*	0,10*
SUSA	0,29	0,25	0,11	0,10	0,07
TO-CONSOLATA	0,60	0,53*	0,38	0,25	0,19
TO-GRASSI	0,75	0,69	0,38	0,31	0,23
TO-LINGOTTO PM10	0,67*	0,36*	0,30*	0,25	0,19
TO-LINGOTTO PM2,5	0,51	0,40*	0,25	0,24	0,16
TO-RIVOLI	0,59	0,40*	0,27	0,26	0,18*
TO-RUBINO		0,41*	0,29*	0,23*	0,17

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 21: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM10 e PM2,5 – 2006-2010.

STAZIONE	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)				
	2006	2007	2008	2009	2010
BORGARO	17,47	8,20	6,11	6,17	4,27
CARMAGNOLA	18,71	7,18*	4,21	4,98	3,98
CERESOLE REALE				1,92*	1,25*
DRUENTO	15,09*	7,26	4,15	4,35*	3,54
IVREA		6,29*	4,48	5,07	3,65
PINEROLO	16,76	6,73	4,56	6,60*	3,68*
SUSA	17,64	3,84	2,45	2,79	2,46
TO-CONSOLATA	22,97*	12,20	8,19	9,33	8,34
TO-GRASSI	21,18*	11,02	8,22	9,42	7,59
TO-LINGOTTO PM10	19,96*	11,47*	4,13*	5,72	5,08
TO-LINGOTTO PM2,5	12,07	6,16*	3,43	2,77	2,43
TO-RIVOLI	25,01	11,41*	7,45	8,29	6,10*
TO-RUBINO		8,93*	5,56	6,09*	4,68

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 22: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM10 e PM2,5 – 1999-2010.

STAZIONE	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (µg/m ³)				
	2006	2007	2008	2009	2010
BORGARO	0,025	0,015	0,013	0,011	0,010
CARMAGNOLA	0,019	0,014*	0,011	0,010	0,009
CERESOLE REALE				0,002*	0,002*
DRUENTO	0,014	0,011	0,007	0,008*	0,007
IVREA		0,014*	0,010	0,010	0,010
PINEROLO	0,026	0,021	0,013	0,010*	0,008*
SUSA	0,019	0,014	0,009	0,008	0,007
TO-CONSOLATA	0,030	0,025	0,016	0,016	0,013
TO-GRASSI	0,042*	0,028*	0,020	0,018	0,017
TO-LINGOTTO PM10	0,025*	0,020*	0,010*	0,012	0,011
TO-LINGOTTO PM2,5	0,019	0,017*	0,011	0,010	0,009
TO-RIVOLI	0,028	0,021*	0,015	0,014	0,012*
TO-RUBINO		0,017*	0,011	0,012*	0,011

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 23: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM10 e PM2,5 – 2006-2010.

abbassato rispetto all'anno precedente. Per il piombo rispetto al 2009 si osservano modeste variazioni dei contenuti percentuali, con andamenti non uniformi, infatti in alcune stazioni vi è nominalmente un aumento ed in altre una diminuzione; ciò è dovuto ai livelli particolarmente bassi di questo metallo e alla conseguente maggiore incertezza del dato analitico di laboratorio. Variabilità ancora inferiore si osserva per il contenuto percentuale di cadmio. Rispetto agli altri siti a Ceresole Reale la percentuale in massa di cadmio e nichel è apparentemente elevata, ma questo dato è dovuto presumibilmente ai valori particolarmente bassi di concentrazione di PM10 e andrà confermata su una serie temporale più estesa.

Dai dati della stazione di TO-Lingotto in cui sono campionati sia il PM10 che il PM2,5 si trova conferma di quanto osservato negli anni precedenti: cadmio e piombo hanno percentualmente la stessa presenza nelle due frazioni, mentre il nichel è maggiormente presente nella frazione più grossolana.

Nel complesso i dati di concentrazione dei metalli nel particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità, grazie alla ridotta presenza sul territorio della Provincia di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla progressiva dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo.

ANDAMENTO STORICO DEL PIOMBO stazione di Torino - Consolata 1973 - 2010

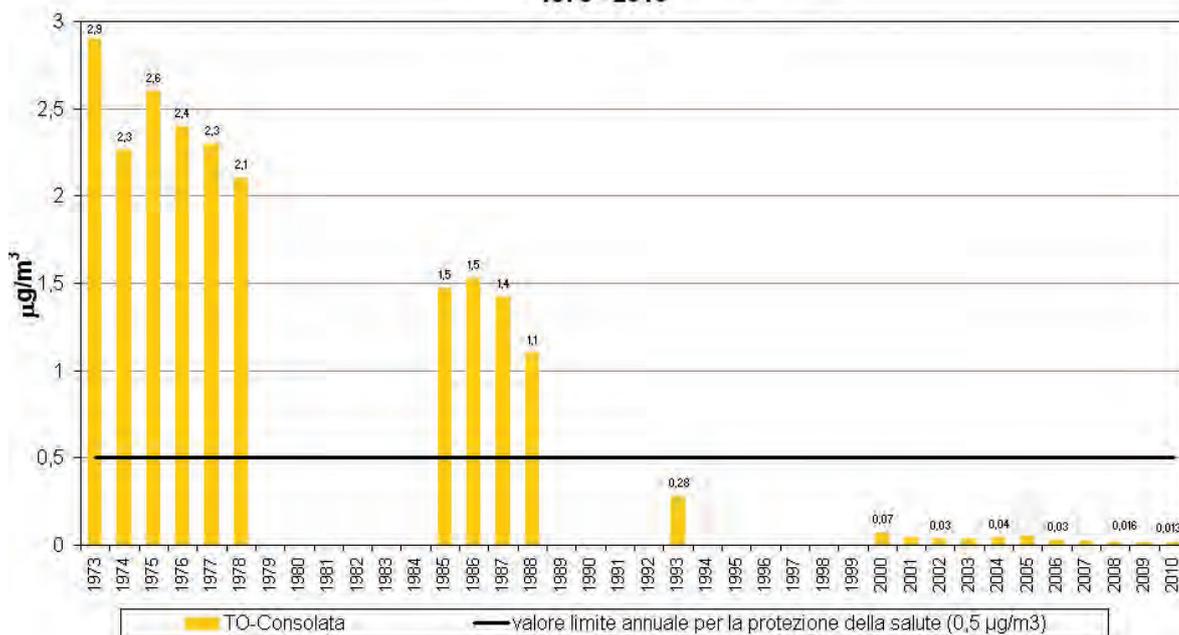


FIGURA 18: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973 - 2010.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato											
	%Cd				%Ni				%Pb			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
BORGARO	0,0009	0,0006	0,0005	0,0005	0,018	0,014	0,015	0,012	0,033	0,030	0,027	0,027
CARMAGNOLA	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	0,030	0,015	0,010	0,009	0,045	0,033	0,020	0,020
CERESOLE			0,0013	0,0010			0,021	0,018			0,022	0,029
DRUENTO	0,0009	0,0007	0,0004	0,0004	0,023	0,013	0,014	0,013	0,034	0,022	0,025	0,026
IVREA	0,0009	0,0008	0,0005	0,0006	0,016	0,013	0,015	0,013	0,036	0,029	0,030	0,036
PINEROLO	0,0010	0,0005	0,0004	0,0004	0,018	0,013	0,021	0,013	0,057	0,036	0,031	0,029
SUSA	0,0011	0,0004	0,0005	0,0003	0,017	0,010	0,013	0,011	0,064	0,036	0,038	0,032
TO-CONSOLATA	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,023	0,015	0,018	0,019	0,047	0,030	0,031	0,030
TO-GRASSI	0,0010	0,0006	0,0005	0,0005	0,017	0,013	0,017	0,015	0,042	0,033	0,032	0,034
TO-LINGOTTO PM10	0,0006	0,0007	0,0006	0,0005	0,019	0,010	0,014	0,014	0,033	0,023	0,029	0,031
TO-LINGOTTO PM2,5	0,0011	0,0007	0,0007	0,0006	0,017	0,010	0,008	0,008	0,047	0,031	0,029	0,031
TO-RIVOLI	0,0007	0,0005	0,0005	0,0004	0,019	0,014	0,017	0,013	0,036	0,028	0,028	0,025
TO-RUBINO	0,0009	0,0007	0,0005	0,0004	0,019	0,013	0,014	0,012	0,036	0,026	0,027	0,028

TABELLA 24: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM10 e nel PM2,5 – confronto anni 2007-2010.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%¹. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, etc.)².

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)³ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

Il valore obiettivo per il benzo(a)pirene è riportato nella TABELLA 25.

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
OBIETTIVO DI QUALITÀ' (D.Lgs. 155/2010)	media annuale	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m ³

TABELLA 25: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

¹ European Commission Ambient air pollution by PAH -Position Paper, pag 8

² EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

³ International Agency for Research on Cancer (IARC) -Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

ESAME DEI DATI

La TABELLA 26 riassume le concentrazioni medie annuali rilevate a partire dal 2001 sul territorio provinciale.

Per una corretta interpretazione dei risultati occorre tener conto che:

- la frequenza di prelievo e la metodica analitica sono omogenee per tutte le stazioni solo a partire dal 2005;
- nell'anno 2004 la determinazione del benzo(a)pirene non è stata effettuata per ragioni tecniche di messa a punto della nuova metodica analitica;
- le medie annuali indicate in tabella per ogni stazione sono ricavate a partire dalle medie giornaliere, e possono presentare leggere differenze rispetto al valore ricavabile a partire dalle medie mensili a causa del diverso peso statistico dei diversi mesi.

STAZIONE	Concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene in ng/m ³									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BORGARO	-	0,7	0,9	-	1,1	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7
CARMAGNOLA	0,8	0,9	1,0	-	0,7	1,0	0,8*	0,7	0,8	0,7
CERESOLE	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2*	0,1*
DRUENTO	-	-	0,4	-	0,8*	0,4	0,4	0,4	0,5*	0,4
IVREA-LIBERAZIONE	-	-	-	-	-	-	0,9*	0,7	0,8	0,7
PINEROLO	-	-	0,6	-	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5*	0,5*
SUSA	-	-	0,9	-	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	0,7
TO-CONSOLATA	0,9	0,8	1,1	-	0,9	1,1	0,6	0,6	0,7	0,6
TO ITIS GRASSI	-	1,2	1,1	-	1,4*	0,9*	0,9	0,8	0,8	0,8
TO-LINGOTTO	-	-	-	-	-	0,6 (2)	0,7	0,6(3)*	0,6	0,6
TO-LINGOTTO PM2,5	-	-	-	-	-	0,8	0,6*	0,6	0,6	0,6
TO-RIVOLI	-	-	0,8	-	1,1*	0,8	0,6*	0,6	0,7	0,7*
TO-RUBINO(1)	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5	0,6*	0,5

(1) stazione attiva a partire da aprile 2007

(2) dati disponibili a partire dal mese di maggio (ciò spiega il valore inferiore a quello del BaP determinato sul PM2,5

(3) campionamenti effettuati dal mese di aprile

* percentuale di giorni validi inferiore al 90% (a partire dall'anno 2005)

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM10 e PM2,5 - 2001-2010 (ng/m³).

Nella TABELLA 26 si osserva che a partire dal 2007 per il Benzo(a)Pirene il valore obiettivo (1 ng/m³) risulta rispettato in tutte le stazioni della rete provinciale, anche in quelle da traffico che negli anni precedenti mostravano qualche superamento; ciò rappresenta un dato certamente positivo in termini di impatto sulla salute. Pur nel rispetto del limite, la stazione che storicamente presenta il valore di B(a)P più elevato è quella urbana caratterizzata da traffico pesante di To-ITIS Grassi, mentre nella stazione di Ceresole, attivata a partire dal 2009 presso l'omonima diga di Ceresole Reale, si sono registrati i valori più bassi proprio per

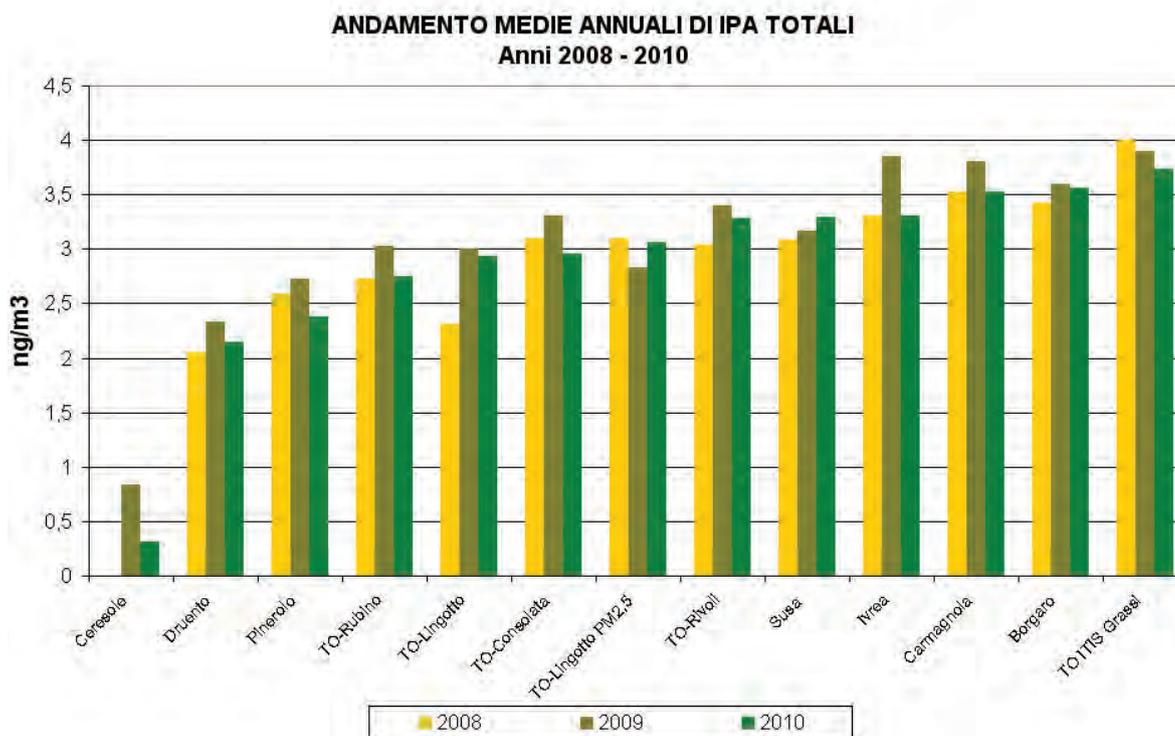


FIGURA 19: andamento medie annuali IPA totali periodo 2008-2010 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Il riempimento puntinato indica che il valore è calcolato su una percentuale di dati validati inferiore al 90%.

la sua lontananza da fonti di inquinamento antropogenico. Per questo parametro, ad eccezione della stazione di Susa, si osserva in generale un leggero miglioramento della qualità dell'aria rispetto al 2009.

La FIGURA 19 che mostra l'andamento degli IPA totali negli ultimi tre anni, indica un leggero innalzamento dei valori nel corso del 2009, mentre i livelli del 2010 sono tornati paragonabili a quelli registrati nel 2008. Ad eccezione della stazione urbana di To-ITIS Grassi (soggetta a fonti emissive piuttosto importanti), si nota che i valori assoluti di IPA totali più elevati si registrano nelle aree extraurbane, in particolare per Susa si osserva un trend in salita negli ultimi tre anni.

La criticità delle aree extraurbane emerge anche dall'osservazione della FIGURA 20 che riporta la percentuale di IPA totali nel PM10 e nel PM2,5 per tutte le stazioni considerate⁴ nell'anno 2010. Ad esclusione della stazione di To-Rivoli, i punti di monitoraggio di Torino hanno percentuali di IPA su PM10 inferiori a quelle registrate nella cabina rurale di Druento-La Mandria, con valori tra 0.0092 e 0.0105%. Il particolato risulta più ricco di idrocarburi policiclici aromatici nelle stazioni di Borgaro, Ivrea e Susa; tale fenomeno si osserva in modo particolare nei mesi freddi con valori tra 0.0130 e 0.0223%, ma in maniera meno accentuata è rilevabile anche dalle percentuali medie annue. Tale distribuzione spaziale è ormai confermata da diversi anni, indicando che fonti importanti di IPA sono il traffico veicolare pesante sui grandi assi viari extraurbani, la combustione delle biomasse ai fini del riscaldamento domestico e gli eventuali insediamenti produttivi con emissioni atmosferiche significative di IPA.

⁴ Le percentuali utilizzate nelle figure, in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi, sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di IPA e PM10 misurate, rispettivamente, nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre (semestre freddo) e in quelli di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre (semestre caldo).

**RAPPORTO PERCENTUALE MEDIO DI I.P.A. SU PM10 E PM2,5
Anno 2010**

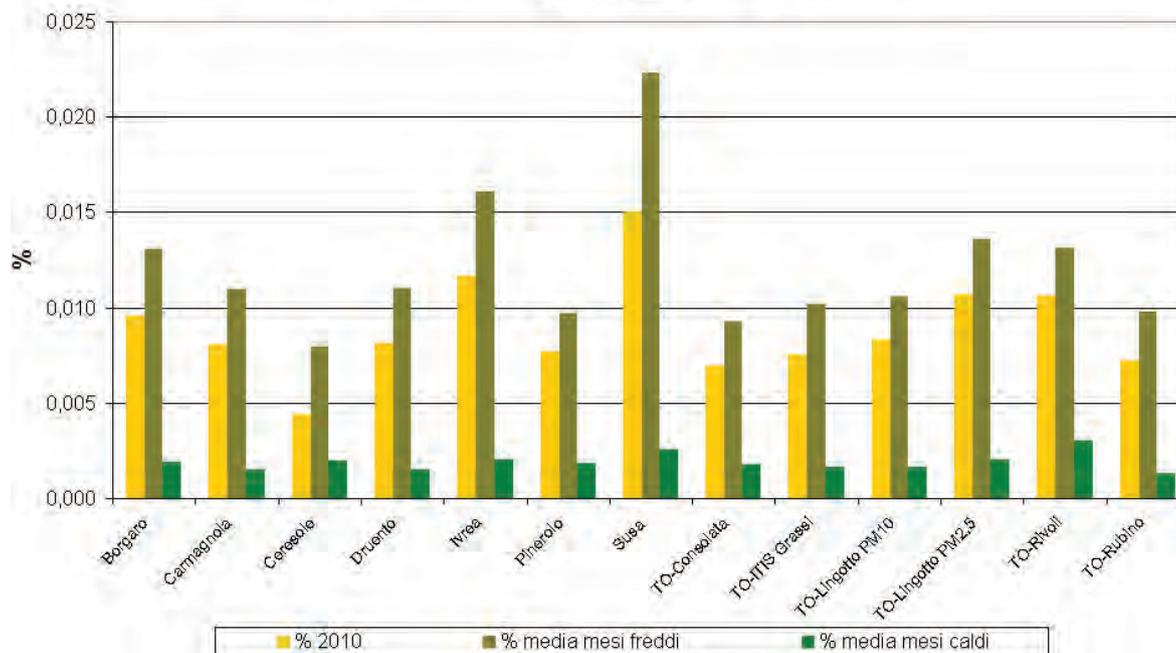


FIGURA 20: percentuale di IPA totali nel PM10, PM2,5 – anno 2010.

Il peso della combustione del legno sulla produzione di IPA è emerso dallo studio condotto dall'Università degli Studi di Milano in collaborazione con Arpa Piemonte – Dipartimento di Torino⁵ in cui sono stati valutati i rapporti tra le concentrazioni di Levoglucosano (tracciante della combustione del legno) e di benzo(a)pirene nelle stazioni di Susa, città alpina caratterizzata da valori di benzo(a)pirene molto elevati, e di Torino, area metropolitana interessata da frequenti superamenti di valori di PM10.

Per la stazione di Ceresole, pur non disponendo del 90% di dati validi, si registra un abbassamento dei valori di IPA sia come valori assoluti sia come presenza percentuale sul PM10.

Tra le stazioni torinesi si osserva che come valore assoluto le concentrazioni di IPA sono maggiori nella stazione di To-Grassi, dove si registrano le concentrazioni di PM10 più elevate, ma a livello di composizione, le polveri raccolte a To-Rivoli nel corso del 2010 risultano percentualmente più ricche di IPA; si deve tuttavia tenere conto che in questa stazione nel corso del 2010 non è stato raccolto il 90% di dati validi richiesti dalla normativa.

Dalla determinazione di IPA sulle polveri campionate presso la stazione di To-Lingotto è possibile valutare la diversa composizione tra le due frazioni dimensionali: dalla FIGURA 20 si osserva che la frazione PM2,5 è percentualmente più ricca di idrocarburi policiclici aromatici, per cui alla pericolosità dovuta dalla capacità di entrare in profondità nelle vie respiratorie, si aggiunge quella dovuta alla presenza di sostanze potenzialmente cancerogene.

⁵ Piazzalunga et. al - Contributo della combustione della legna alla concentrazione di IPA nel PM10 in Regione Piemonte: risultati di una campagna invernale - Atti del IV Convegno Nazionale sul Paricollato Atmosferico - PM2010 pag. 0-38

RAPPORTO PERCENTUALE MEDIO I.P.A. SU PM10 Anno 2010

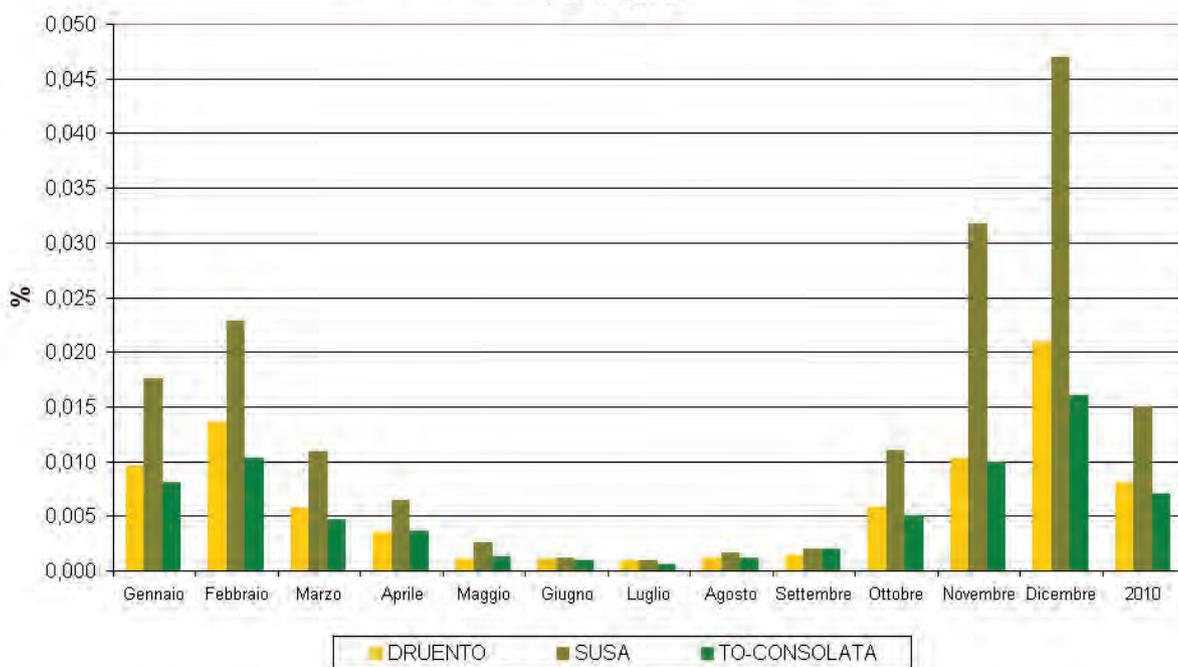


FIGURA 21: Percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2010.

La FIGURA 21 riporta l'andamento temporale delle percentuali di IPA relativamente alle stazioni di Druento, Susa e To-Consolata che rappresentano diverse situazioni territoriali. A parità di stazione, il particolato appare significativamente più ricco di IPA totali durante i mesi freddi dell'anno. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici.

Le tre stazioni poste a confronto mostrano livelli equivalenti e particolarmente bassi nei mesi estivi, in cui la radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione di questi composti, mentre nei mesi invernali nella stazione di Susa le percentuali di IPA sono da 2 a 5 volte quelle osservate nella stazione del capoluogo: anche questo dato pare confermare l'influenza delle emissioni dovute agli impianti di riscaldamento a legna.

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

F. Lollobrigida, F. Romeo - Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino.

La stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria opera ad integrazione della rete di stazioni fisse sull'intero territorio della provincia di Torino. La scelta dei siti di monitoraggio avviene sulla base delle richieste delle amministrazioni comunali e di specifici obiettivi, anche di natura progettuale, individuati dagli organismi di coordinamento ARPA - Provincia di Torino.

Nell'ottica del complessivo rinnovo in senso ecologico del parco autoveicoli di Arpa, nel corso del 2010 è stato acquistato con il contributo della Regione Piemonte un nuovo mezzo a basso impatto ambientale su cui è stata trasferita la strumentazione di misura.

La stazione mobile è dotata di sensori per la misura in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri PM10, ozono, idrocarburi aromatici e dei principali parametri meteorologici. I dati rilevati consentono di integrare le valutazioni relative all'inquinamento atmosferico sul territorio provinciale con informazioni di dettaglio locale e permettono quindi alle amministrazioni comunali di valutare l'adozione di interventi per migliorare la qualità dell'aria del territorio di competenza.

Di norma in ognuno dei siti oggetto del monitoraggio vengono effettuate due campagne della durata di almeno venti giorni ognuna in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno. Ciò consente di tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche ed in particolare di stabilità atmosferica. Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino ed è scaricabile via internet all'indirizzo:

<http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>.

Nel corso del 2010 sono state effettuate su richiesta delle competenti amministrazioni comunali campagne nei comuni di Caselle, Santena, Venaria, Bruino, e Collegno.

La seconda campagna nel comune di Caselle T.se, è stata realizzata, analogamente alla prima effettuata nel 2009, ai fini di una verifica della qualità dell'aria nel centro abitato, in particolare in relazione all'inquinamento atmosferico prodotto dal vicino aeroporto Internazionale S. Pertini.

La campagna di monitoraggio nel comune di Santena è stata invece effettuata a seguito dell'incendio che nel mese di marzo ha interessato per alcuni giorni consecutivi un sito di stoccaggio rifiuti, allo scopo di monitorare in continuo, sia nel corso delle operazioni di spegnimento che nei giorni successivi, le condizioni di inquinamento atmosferico nella zona dell'abitato più prossima all'evento, in modo da poter evidenziare eventuali alterazioni significative dello stato della qualità dell'aria nella zona.

La seconda campagna nel comune di Venaria è stata realizzata a completamento di quella effettuata alla fine del 2008 in un sito ubicato nei pressi della tangenziale di Torino.

La prima campagna nel comune di Bruino è stata realizzata al fine di valutare la qualità dell'aria nei pressi di Via Torino, una strada caratterizzata da un traffico veicolare intenso.

Nel comune di Collegno è stata effettuata la seconda campagna nella zona di Via Cesana e la prima nel quartiere Savonera; quest'ultima attività si inquadra all'interno di un progetto di valutazione della qualità dell'aria e di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio in cui è in costruzione la centrale termoelettrica "Torino Nord"; il progetto è stato espressamente richiesto dalle amministrazioni comunali competenti e impegnerà il Dipartimento Arpa di Torino anche nel corso dell'anno 2011.

Durante il 2010 la stazione mobile in dotazione al Dipartimento Arpa di Torino è stata inoltre utilizzata per quattro campagne stagionali nel comune di S. Antonino di Susa, all'interno del progetto di valutazione della qualità dell'aria lungo la A32, promosso sulla base di un Protocollo d'Intesa sottoscritto da Regione Piemonte, Provincia di Torino, le due Comunità Montane competenti, SITAF S.p.A. e Arpa Piemonte. Per le attività progettuali in questione è stato utilizzata anche una seconda stazione mobile messa a disposizione da SITAF S.p.A., che è stata posizionata a rotazione nei comuni di Condove, Bardonecchia e Salbertrand.

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Nicoletta e G. Paesano, ARPA PIEMONTE, Sistemi Previsionali

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico. A tale fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2010, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, analizzando i vari periodi dell'anno e raggruppando insieme i mesi che hanno avuto una configurazione meteorologica simile, al fine di dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto il 2010.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2010 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi in esame, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 2000-2009; per quanto riguarda i campi in quota (altezza del geopotenziale a 500 hPa) sono state considerate come riferimento le re analisi del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF) dal 1957 al 2002 (noto come "archivio ERA40"). Anche se i periodi di riferimento sono diversi, l'analisi delle anomalie dei campi in quota permette di interpretare la fenomenologia dell'anno 2010.

Il testo è associato ad alcune mappe meteorologiche di sintesi: per meglio comprendere le informazioni contenute nelle mappe viene qui riportata una breve definizione dell'altezza del geopotenziale, parametro molto usato nelle caratterizzazioni meteorologiche.

L'altezza del geopotenziale (espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe seguenti è la pressione di 500 hPa o millibar. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) o di "saccature" (simili a valli): in sintesi, all'altezza definita dalle isoipse, i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Queste mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota (a circa 5500 metri).

Le mappe di pressione in quota sono importanti perché il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato dalla configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isoipse") muovendosi da ovest verso est.

IL CLIMA DEL 2010

Gennaio, Febbraio e Marzo

I primi tre mesi del 2010 sono stati caratterizzati complessivamente da precipitazioni lievemente al di sopra della norma e da temperature prevalentemente sotto la media.

Nel dettaglio, gennaio e febbraio sono stati i mesi con anomalia di temperatura negativa più marcata. A marzo, ad una prima metà del mese con temperature nettamente sotto la media (tanto da superare anche il freddo di gennaio intorno alla giornata del 9-03-2010, quando è stato segnato un nuovo record negativo per gli annali storici delle misure disponibili), ha fatto seguito una seconda metà che già iniziava a diventare più mite.

Per quanto riguarda le precipitazioni, quelle più abbondanti hanno interessato tutto il mese di febbraio, quando un generale surplus di precipitazioni sopra la media ha riguardato quasi tutta la regione per gran parte del mese. Invece a marzo e, soprattutto, a gennaio a periodi piovosi si sono anche alternati momenti di tregua più asciutti, e anche la distribuzione delle precipitazioni è stata più irregolare, con un'alternanza nel tempo di piovosità sopra e sotto la media sulle differenti aree del Piemonte.

Comunque nel complesso il trimestre ha avuto un generale andamento freddo e abbastanza piovoso.

Questo è stato associato ad una pressione in quota che si è mantenuta sotto la media (con un'anomalia negativa in FIGURA 22 a destra) soprattutto sull'Europa sudoccidentale, a causa di varie depressioni, a volte di origine polare a volte di provenienza atlantica, che hanno schiacciato l'Anticiclone delle Azzorre (della mappa climatologica di FIGURA 22 al centro) a latitudini molto meridionali e hanno così potuto entrare liberamente nel bacino del Mediterraneo, investendo l'Europa centrale e l'Italia con aria fredda artica e umida marittimo-oceanica (FIGURA 22 a sinistra).

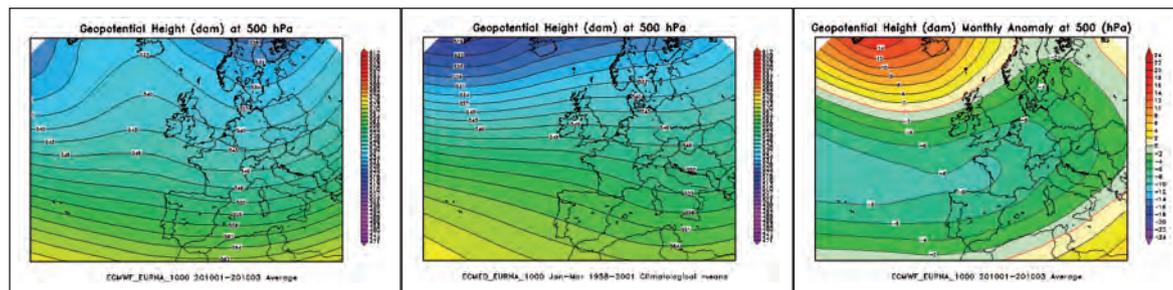


FIGURA 22 - Geopotenziale a 500 hPa del trimestre gennaio-febbraio-marzo 2010 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra). Nella figura dell'anomalia (ultima figura a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).

La posizione dell'anomalia negativa di pressione alle latitudini più meridionali del medio Atlantico (ed estesa fino al Mediterraneo occidentale e l'Europa centro-occidentale), in FIGURA 22 a destra, ha assunto la collocazione migliore per consentire agli impulsi perturbati provenienti dall'oceano di entrare sul Mediterraneo e sull'Europa sudoccidentale e influenzare efficacemente il nordovest italiano con aria umida e carica di precipitazioni.

Anche il flusso tendenzialmente più sudoccidentale sull'Italia (nella mappa sinistra rispetto alla mappa centrale) concorda bene con l'apporto sulla regione di aria lievemente meno continentale e più marittima e umida, portatrice di precipitazioni per il Piemonte.

Di contro, l'alta pressione sull'Atlantico si è spinta a latitudini molto settentrionali (con un'anomalia positiva verso l'Islanda nella mappa a destra), senza poter esercitare un'influenza stabilizzante sull'Italia e sul Piemonte, piuttosto favorendo come risposta la discesa dell'aria artica dalle latitudini polari verso quelle più meridionali dell'Europa centrale.

Aprile

Dopo la prevalente instabilità atmosferica del primo trimestre, il mese di aprile è stato un mese decisamente più mite e relativamente asciutto.

Le temperature, che già nella seconda metà di marzo avevano iniziato a rialzarsi, hanno consolidato la tendenza all'aumento, determinando alla fine del mese una differenza nettamente positiva sulla media mensile.

Le precipitazioni non sono mancate del tutto nel mese, tuttavia sono rimaste al di sotto della media attesa per un mese tipicamente piovoso per la stagione primaverile piemontese.

Infatti, come si nota chiaramente dalla FIGURA 23, la pressione in quota è stata ampiamente più alta della media su tutto il continente europeo (anomalia positiva nella mappa destra) grazie ad un'alta pressione che si è spesso estesa dal nord Africa fino alle latitudini più settentrionali dell'Europa occidentale (mappa sinistra). L'anticiclone (sia di origine afri-

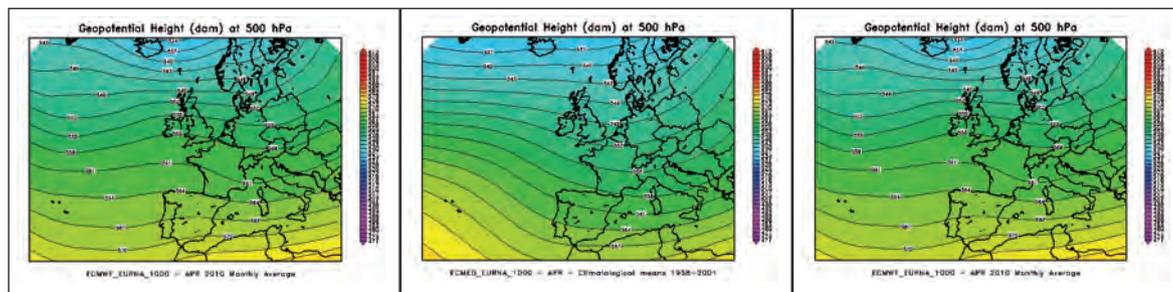


FIGURA 23 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di aprile (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

cana sia talvolta di matrice atlantica) ha determinato temperature generalmente sopra la media e ha favorito la stabilità atmosferica rendendo più scarse le precipitazioni.

Questa volta (FIGURA 23 a destra), rispetto al trimestre precedente (FIGURA 22 a destra), l'anomalia negativa di pressione, che ha annullato l'anticiclone delle Azzorre sul lontano Atlantico (FIGURA 23 al centro), si è mantenuta molto distante dal continente europeo, senza alcun effetto destabilizzante sull'Europa. Anzi, la bassa pressione alle longitudini più occidentali del medio Atlantico ha favorito, di contro, la pressione più alta sul bordo dell'Atlantico più vicino all'Europa (col promontorio anticiclonico sopra menzionato: FIGURA 23 a sinistra). La depressione lontana ha contribuito alla rimonta e al consolidamento del promontorio anticiclonico tra Penisola Iberica e Isole Britanniche, il quale costituisce la barriera più efficace all'ingresso delle perturbazioni atlantiche verso il Piemonte e quindi lo strumento più adatto al mantenimento della stabilità atmosferica sulla regione.

Maggio e Giugno

Al clima perlopiù mite e asciutto di aprile, è seguito un nuovo periodo prevalentemente fresco e piovoso, rispetto alla norma climatologica, nei mesi di maggio e giugno (nel dettaglio: relativamente più fresco maggio e più caldo giugno).

Infatti i colori verdi della mappa destra di FIGURA 24 segnalano che l'anomalia della pressione in quota è stata negativa dalla Scandinavia al bacino centrale del Mediterraneo, Italia compresa. Al contrario la pressione è stata più alta della media al largo delle coste atlantiche europee e verso la Russia, come mostrato sia dalla mappa destra di FIGURA 24 con l'anomalia positiva su quelle aree, sia dalla mappa sinistra.

L'alta pressione delle Azzorre ha esercitato la sua influenza, con tempo stabile, soprattutto nella seconda metà di maggio fino all'inizio di giugno (e in parte anche nell'ultima decade di giugno). Quella orientale invece, con un'azione di blocco anticiclonico, può aver contribuito a mantenere più persistente, alle longitudini centrali d'Europa, la saccatura in

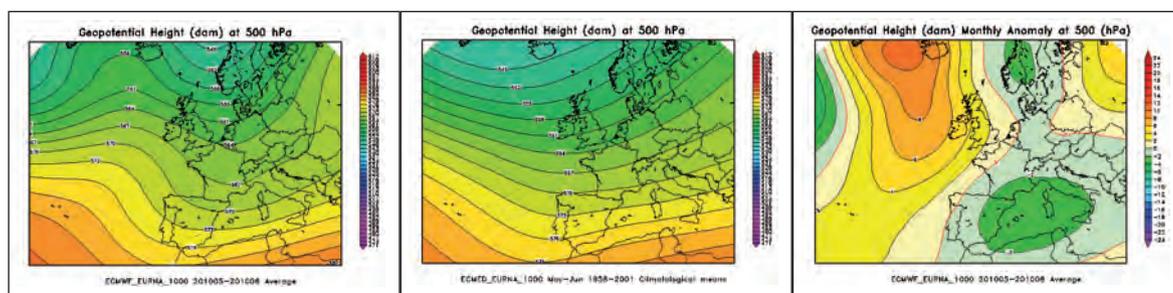


FIGURA 24 - Geopotenziale a 500 hPa del bimestre maggio-giugno (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

prolungamento dalla Scandinavia, in seno alla quale più depressioni nordatlantiche sono riuscite a inserirsi, apportando instabilità e precipitazioni, nell'arco della prima metà di maggio e anche intorno alla seconda decade di giugno. Quest'ultima alta pressione, sul lato più orientale dell'Europa e del Mediterraneo, ad esempio, è stata corresponsabile delle precipitazioni intense che hanno colpito il Piemonte intorno alla metà di giugno, a seguito dello scontro dell'aria calda africana, che saliva lungo il bordo sinistro dell'alta pressione sul Mediterraneo orientale, con l'aria fredda in discesa all'interno della saccatura nord-europea (mappa sinistra di FIGURA 24).

Solo alla fine di giugno l'alta pressione ha incominciato ad assumere una matrice via via più africana sul Piemonte, quindi più calda ed estiva, preannunciando il successivo mese di luglio come mese ben più caldo.

Luglio

Il mese di luglio è stato decisamente il mese più caldo della stagione estiva del 2010.

Per le prime due decadi del mese (in maniera continuativa per tutti i primi 20 giorni del mese) l'anticiclone africano ha governato, da sovrano incontrastato, la configurazione meteorologica del Mediterraneo e di gran parte del continente europeo. Questo emerge chiaramente sia dalla mappa sinistra di FIGURA 25 (dai colori ben più rosso-arancioni rispetto alla climatologia della mappa centrale) sia dall'anomalia positiva della mappa destra. L'anomalia positiva (nella mappa destra di FIGURA 25) più marcata in corrispondenza della Russia, dove ha il nucleo più acceso (e in parte presente anche nelle figure degli altri mesi estivi di giugno e agosto), corrisponde al caldo anomalo responsabile della grave emergenza incendi che ha investito quel paese nell'estate del 2010.

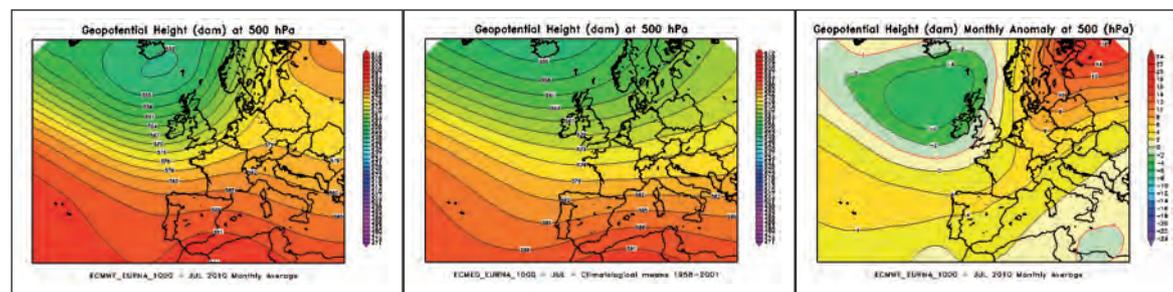


FIGURA 25 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di luglio nell'anno 2010 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

L'alta pressione africana sul Piemonte e il flusso in quota tendenzialmente nordoccidentale sul nord Italia (come si evince dalla mappa sinistra di FIGURA 25), tipicamente asciutto sottovento alle Alpi occidentali, hanno ostacolato le precipitazioni sulla regione, rendendo il mese, oltre che bollente sotto il regime anticiclonico africano, anche decisamente secco dal punto di vista delle precipitazioni.

La matrice africana dell'alta pressione non mancava naturalmente di creare disagi per le condizioni di afa, per l'aria calda e umida nei bassi strati. Tuttavia la pressione in quota troppo alta riusciva ad ostacolare i fenomeni convettivi locali e le tipiche precipitazioni temporalesche estive.

La quota dello zero termico è arrivata fino a 5000 m: altezza mai raggiunta prima (negli ultimi 30 anni), neanche nella famosa estate calda del 2003.

Agosto

Dopo il caldo africano di luglio, la configurazione meteorologica è di nuovo cambiata ad agosto, quando la bassa pressione nord-atlantica, che il mese prima (FIGURA 25) era rimasta sul nordovest delle Isole Britanniche, lontana dall'Europa continentale e dall'Italia, senza poter esercitare nessuna influenza destabilizzante sul Piemonte, è avanzata in maniera più marcata verso sudest sull'Europa centrale, interessando anche il nord Italia: questo emerge bene sia dalle mappe sinistra e destra di FIGURA 26, sia dal confronto di tali mappe tra la FIGURA 26 e la FIGURA 25.

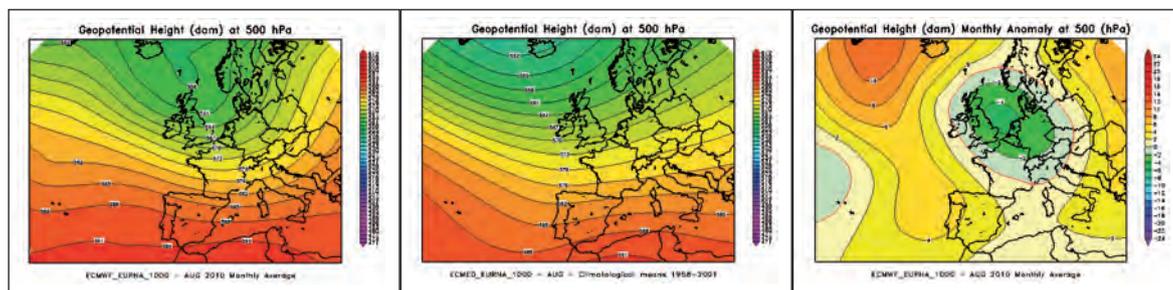


FIGURA 26 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di Agosto nell'anno 2010 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Tale depressione nord-atlantica è stata responsabile di piogge abbondanti in particolare nella seconda decade del mese (con un evento pluviometrico record nei giorni subito prima di ferragosto), e così ha consentito temperature più fresche e gradevoli rispetto al caldo afoso di luglio, in parte anche grazie ad un flusso sul Piemonte più occidentale (dalla mappa sinistra di FIGURA 26) e leggermente meno meridionale rispetto alla componente sudoccidentale della climatologia della mappa centrale di FIGURA 26.

Solo nell'ultima decade di Agosto un'alta pressione un po' afro-mediterranea e un po' azzorriana è tornata ad affacciarsi meglio anche sull'Italia settentrionale, partendo dalla Penisola Iberica (mappe sinistra e destra di FIGURA 26), e ha riportato, insieme alla ritrovata stabilità atmosferica, un moderato rialzo delle temperature sulla regione.

Settembre

Nel successivo mese di settembre, l'area dell'anomalia negativa di geopotenziale in quota (mappa destra di FIGURA 27) si è ulteriormente spostata verso sudest (oltre ad allargarsi), occupando tutta la zona centrale dell'Europa e anche del Mediterraneo e investendo appieno l'Italia. In tal modo però, come si nota dalla mappa destra di FIGURA 27, il centro dell'anomalia negativa di geopotenziale si è venuto a localizzare troppo a est rispetto al Piemonte. Questa collocazione ha corrisposto, nella mappa sinistra di FIGURA 27, ad un conseguente flusso nettamente più settentrionale (più da nordovest invece dell'ovest di FIGURA 26 - mappa sinistra) ed è stata di nuovo causa (come a luglio e ad aprile) dell'apporto di aria più continentale e asciutta, con marcata scarsità di precipitazioni sulla regione, per di più rispetto ad un mese normalmente caratterizzato dalla tipica piovosità autunnale.

Le precipitazioni non sono state completamente assenti, ma, con il flusso in quota dominante dai quadranti nordoccidentali sul Piemonte, le piogge sono state decisamente scarse sul nordovest italiano mentre hanno potuto colpire molto più efficacemente il resto dell'Italia più orientale.

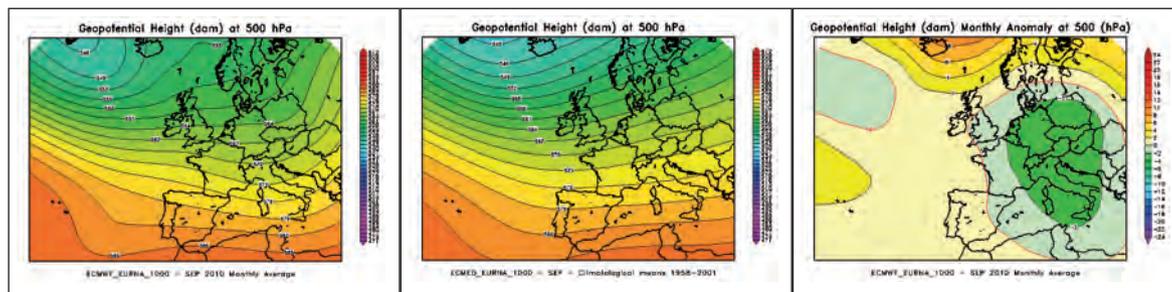


FIGURA 27 - Geopotenziale a 500 hPa del mese di Settembre nell'anno 2010 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Sul Piemonte più lunghi e frequenti sono stati i periodi stabili, comunemente associati all'alta pressione localizzata sul lato occidentale dell'Europa, spesso in estensione a partire dal Maghreb: come dal 10 al 15 del mese e dal 19 al 23. Essendo settembre ancora vicino alla stagione estiva, questi periodi stabili sono stati anche i giorni con le temperature tendenzialmente più miti. Al contrario, all'inizio del mese, è stato un flusso più nettamente settentrionale sulla regione a portare, oltre alla stabilità atmosferica, anche aria fresca da nord e temperature temporaneamente sotto la norma. Nel complesso comunque le temperature di settembre non si sono discostate dalla media climatologica in misura significativa.

Ottobre, Novembre e Dicembre

L'ultimo trimestre dell'anno è stato complessivamente freddo e piovoso, un po' come il primo trimestre del 2010.

L'anomalia termica negativa, che ha dato la sensazione di un anticipo della stagione invernale sulla climatologia, è stata più estesa nei mesi di ottobre e dicembre, un po' più irregolare a novembre. Viceversa, gli eventi di precipitazione, che insieme alle temperature basse hanno spesso avuto anche carattere nevoso fino a quote pianeggianti già da novembre, sono stati più forti e persistenti in questo mese, più discontinui a ottobre e dicembre.

Nel complesso comunque il periodo freddo e piovoso (o nevoso) trova riscontro nelle mappe di FIGURA 28 mediate sui tre mesi insieme.

La mappa destra di FIGURA 28 mostra chiaramente un'anomalia di pressione in quota negativa su gran parte d'Europa, estesa fin dalle latitudini più meridionali del medio Atlantico. Di contro, l'anomalia positiva sull'alto Atlantico, tra l'Islanda e la Groenlandia, indica che l'alta pressione atlantica ancora una volta (come già nell'Inverno precedente, col primo trimestre del 2010: FIGURA 22) si è spinta a latitudini molto settentrionali, favorendo, in risposta, la discesa dell'aria artica fin verso l'Europa centro-meridionale.

L'anomalia negativa di FIGURA 28 sul medio Atlantico ha aperto (soprattutto a novembre)

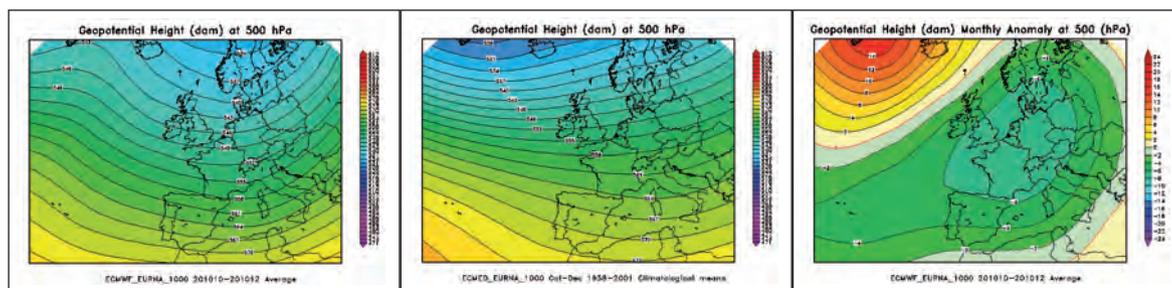


FIGURA 28 - Geopotenziale a 500 hPa del trimestre Ottobre-Novembre-Dicembre (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

un facile ingresso alle perturbazioni oceaniche dalla Penisola Iberica al bacino del Mediterraneo: foriere, rispetto alle depressioni polari, di aria più umida, con precipitazioni più copiose, e relativamente anche più mite.

Inoltre il nucleo più profondo dell'anomalia negativa, localizzato sull'Europa centro-occidentale (nella mappa destra di FIGURA 28), insieme alla forma della saccatura polare che dalla Scandinavia si abbassa verso sud, estendendosi all'Italia e al Mediterraneo centrale (nella mappa sinistra di FIGURA 28, rispetto alla climatologia della mappa centrale), dimostrano che varie depressioni sono scese sul Piemonte anche dal nord Europa, con una matrice artica. Questo è avvenuto maggiormente a dicembre (e ottobre). Tra il 15 e il 19 dicembre si è toccato il periodo più freddo del 2010, proprio a seguito di aria artica, associata ad una bassa pressione polare chiusa, isolatasi e scesa dal circolo polare all'Europa centrale (a seguito di un temporaneo abbassamento a latitudini più meridionali del vortice polare).

I DATI METEO MISURATI NEL 2010

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2010, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2000-2009.

Per l'analisi statistica è stata scelta una stazione, appartenente alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte, rappresentativa per l'area urbana di Torino.

I parametri ritenuti caratterizzanti, dal punto di vista meteorologico, ai fini di un confronto su scala pluriennale, sono la temperatura e le precipitazioni atmosferiche.

La temperatura media dell'anno 2010 per la stazione Torino Giardini Reali risulta pari a 12,6 °C, quindi inferiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,7 °C), sia a quella calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1951-1986 (13,0 °C).

L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio del decennio 2000-2009 (FIGURA 29). Le differenze maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Gennaio, Ottobre e Dicembre, con variazioni termiche di 2,0 °C (Gennaio e Ottobre) e 2,3 °C (Dicembre) rispetto alle relative medie del decennio precedente. Si segnalano valori di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di Aprile (+0,1 °C) e Luglio (+1,4 °C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Gennaio sia nel 2010 che nel decennio di riferimento ed è stato rispettivamente pari a 0,9 °C e 2,9 °C. Il valore massimo è stato registrato nel mese di Luglio sia nel 2010 (25,7 °C) che nel decennio climatologico 2000-2009 (24,3 °C).

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2010 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 30), si osserva che nel complesso l'andamento delle temperature, riferito nel caso specifico alla città di Torino, è stato piuttosto irregolare. A periodi in cui la serie termica si presenta più spostata verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa), come ad esempio nel mese di Aprile, tra fine Maggio e inizio Giugno, da Luglio a Settembre e infine parte di Novembre, si contrappongono momenti più freddi, come tra Gennaio e la prima metà di Marzo, nella seconda parte di Ottobre o nel mese di Dicembre quando si osservano picchi di temperature minime che scendono oltre i valori medi dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu).

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2010 (FIGURA 31) un totale di precipitazioni di 1352 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 108. Quindi il 2010 risulta più piovoso della media 2000-2009, sia in termini di precipitazioni totali (1352 mm contro 817 mm di media), sia in termini di giorni piovosi (108 giorni contro 69 giorni di media).

Il 2010 è stato più piovoso del 2009: 1352 mm di pioggia nel 2010 rispetto ai 904 mm di pioggia nel 2009. Il 2002 ed il 2010 rappresentano gli anni più piovosi del decennio. Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2000 (16,3 mm pioggia/giorno), nel 2002 (14,1 mm pioggia/giorno) e nel 2010 (12,5 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 2001 (7,8 mm pioggia/giorno), nel 2005 (9,1 mm pioggia/giorno) e nel 2008 (11,3 mm pioggia/giorno). Nel 2010 l'intensità giornaliera media è risultata superiore a quella del decennio (12,5 contro 11,8 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il regime pluviometrico di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte⁶, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

- regime pluviometrico prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;
- regime pluviometrico sublitoraneo: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico continentale alpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in estate;
- regime pluviometrico subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996)⁷.

Nel grafico illustrato in FIGURA 32 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2010 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2000-2009. Il profilo del 2010 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino" in quanto il minimo principale è stato registrato a Luglio (18 mm), il massimo principale e quello secondario sono stati registrati in estate rispettivamente a Giugno (237 mm) e ad Agosto (217 mm). Il decennio di riferimento invece sembra adattarsi al regime pluviometrico "continentale alpino": il massimo principale è stato registrato a Maggio (115 mm), mentre quello secondario a Settembre (95 mm), e il minimo principale si registra a Gennaio (31 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 33 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che in tutti e quattro i trimestri del 2010 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica, soprattutto nel primo (+96,4%) e nel terzo (+77,8%) trimestre.

⁶ "Precipitazioni e temperature" Collana studi climatologici in Piemonte Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

⁷ "Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.

Biancotti A. (1996) - Corso di geografia fisica - Geomorfologia strutturale. Le misure in geografia fisica. Ed. Litocoop Srl Tortona, 2, 126 p.

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2010 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2000-2009) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

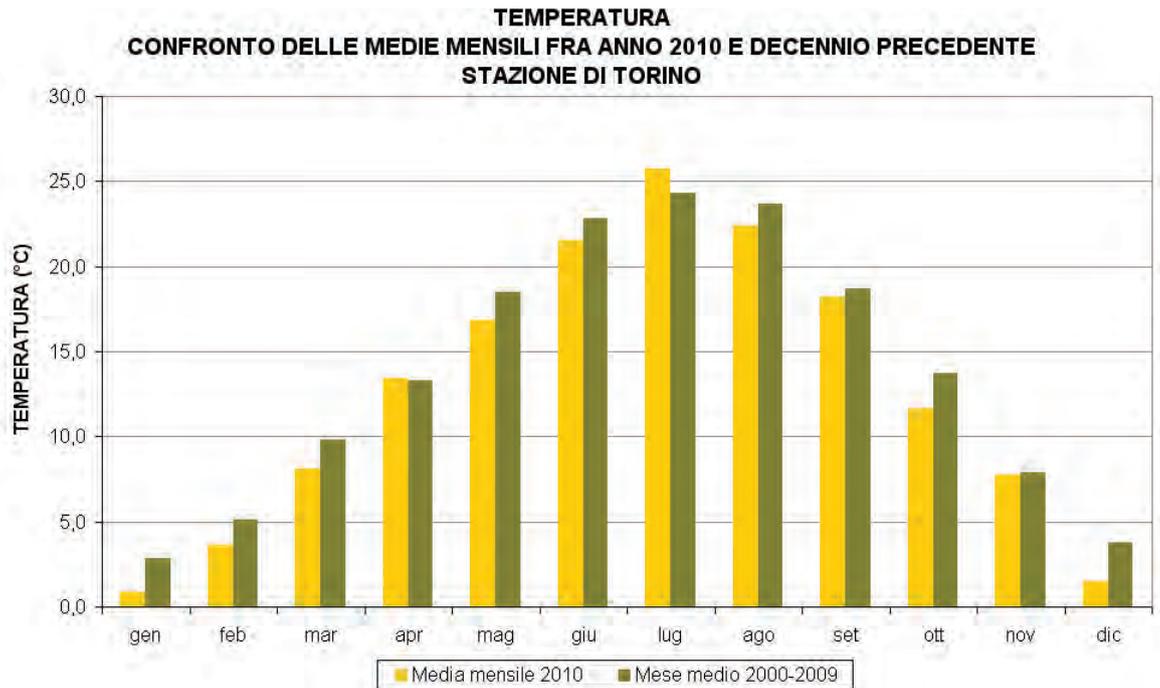


FIGURA 29 - temperatura: valori medi mensili per l'anno 2010 e per il decennio 2000÷2009 per la stazione di Torino.

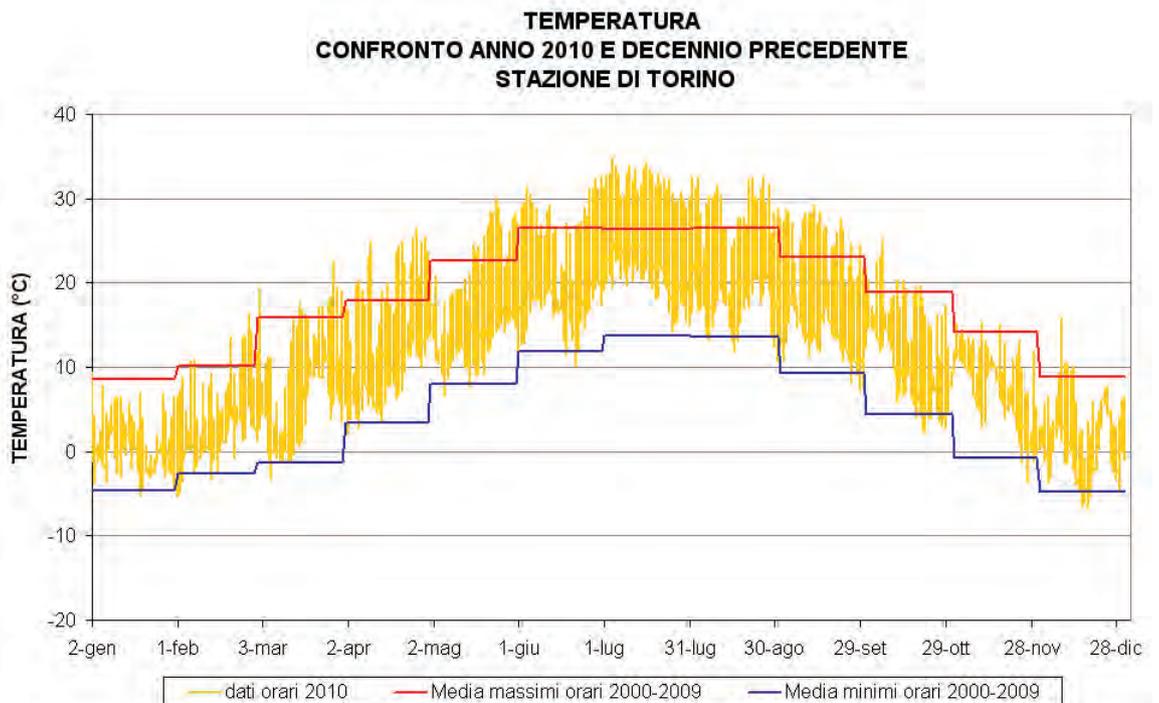


FIGURA 30 - temperatura: valori orari per l'anno 2010 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2000÷2009 presso la stazione di Torino.

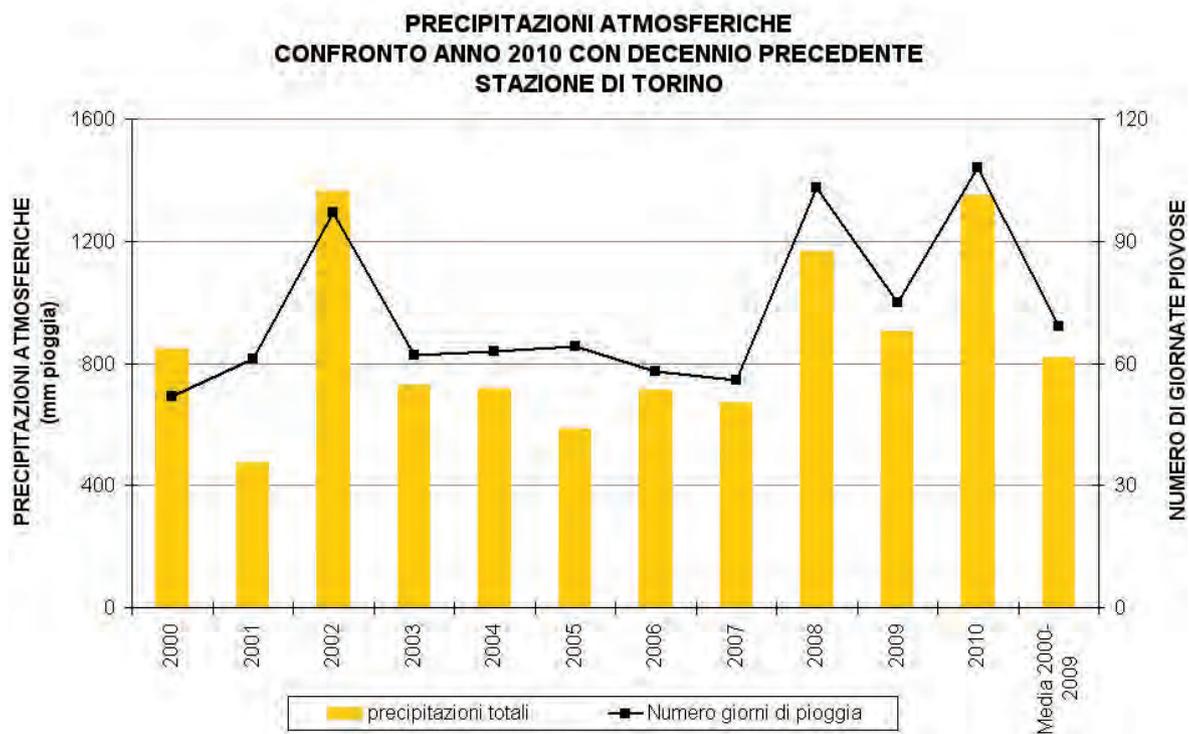


FIGURA 31 - precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

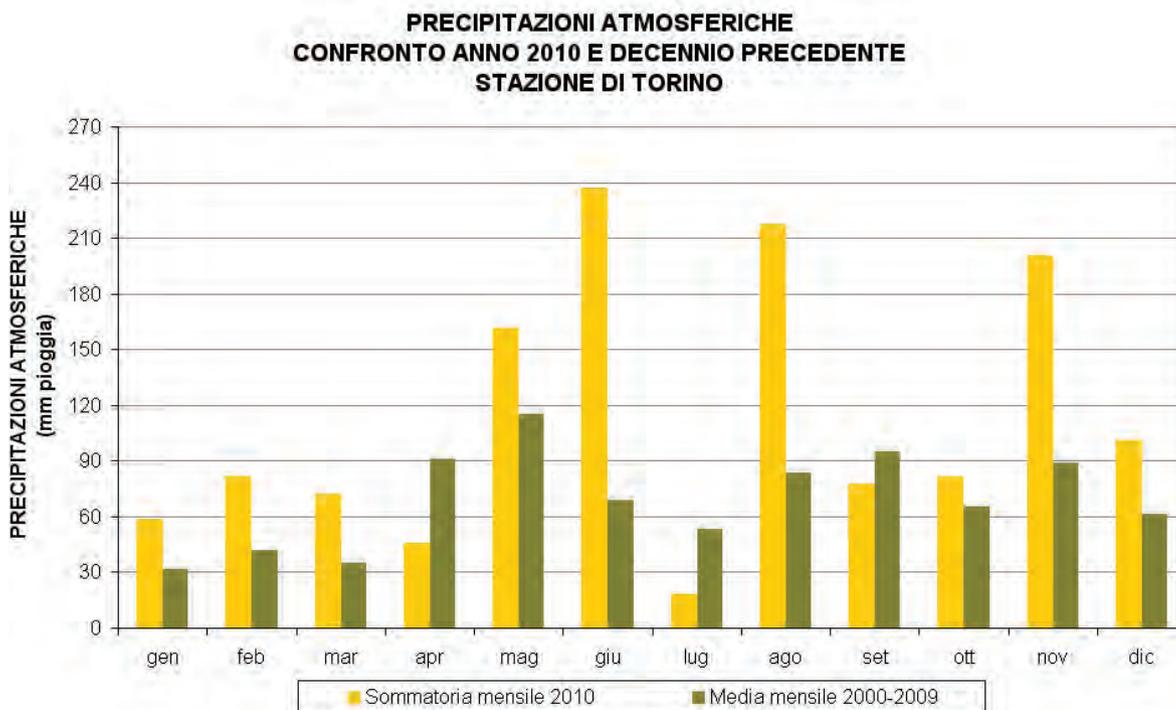
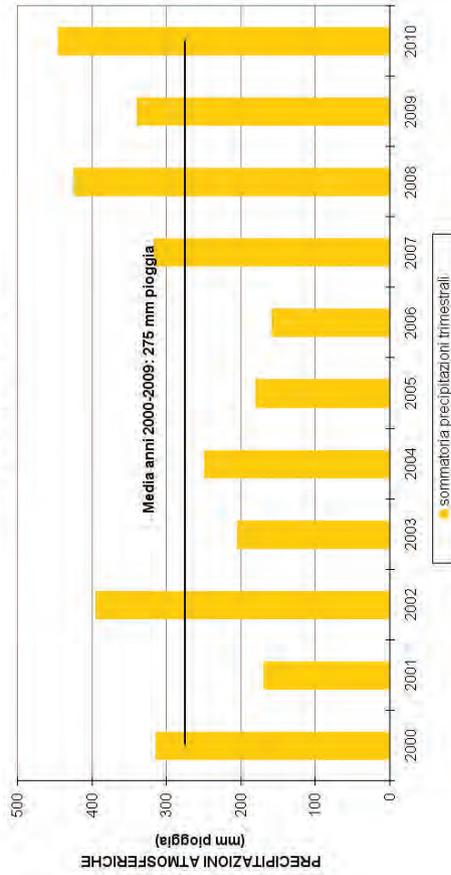


FIGURA 32 - precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2010 e medie mensili relative al decennio 2000÷2009 per la stazione di Torino.

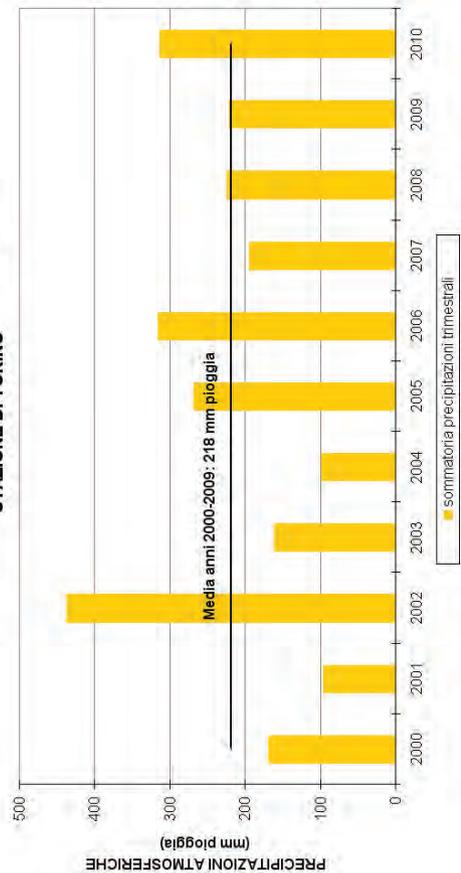
**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
1° TRIMESTRE: CONFRONTO ANNI 2000 - 2010
STAZIONE DI TORINO**



**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
2° TRIMESTRE: CONFRONTO ANNI 2000 - 2010
STAZIONE DI TORINO**



**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
3° TRIMESTRE: CONFRONTO ANNI 2000 - 2010
STAZIONE DI TORINO**



**PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE
4° TRIMESTRE: CONFRONTO ANNI 2000 - 2010
STAZIONE DI TORINO**



Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A.Bertello, D. Maria, Provincia di Torino.

I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

I veicoli a motore sono ritenuti tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. Il censimento delle emissioni relativo all'anno 2007, redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca, nell'area metropolitana torinese, alle emissioni di particolato primario (PM10) per il 59% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) per il 57%.

Poiché il problema è comune a tutte le grandi aree urbane, le Direttive Europee hanno cercato di affrontare la questione sia imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli nuovi che richiedendo la commercializzazione di combustibili sempre più ecologici.

Con l'intento di fornire qualche informazione su questa fonte di inquinamento si è pensato di predisporre questa breve sezione circa le emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC+NO _x (g/km)		HC (g/km)	PM10 (g/km)
	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel
Direttiva 70/220 (1971-1974)	21,5				7,3			
Direttiva 74/290 (1975-1976)	18				6,5			
Direttiva 77/102 (1977-1978)	18				6,5			
Direttiva 78/665 (1979-1983)	14,2				5,7			
Direttiva 83/351 (1984-1992)	12				4,2			
Direttiva 88/436 (1988-1992)						1,6		0,27
Euro1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro4 (2006-2010) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025
Euro5 (2011-09/2015) Reg. 715/2007***	1	0,5	0,06	0,18	-	0,23	0,1	0,005**
Euro6 (09/2015-....) *** Reg. 715/2007	1	0,5	0,06	0,08	-	0,17	0,1	0,005**

(*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta

(**) Il limite si applica anche a motori a benzina a iniezione diretta che operano sia in condizione magra che stechiometrica

(***) I limiti previsti per i veicoli a benzina dal reg. 715/2007 si applicano anche ai veicoli alimentati a GPL e Metano

TABELLA 27: limiti di emissione fissati dalle Direttive Europee per autovetture benzina e diesel.

In TABELLA 27, sono riportati i limiti di emissione che le Direttive Europee hanno fissato per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, compreso il regolamento che definisce i requisiti per i veicoli Euro5 e Euro6.

Ogni nuova Direttiva ha fissato dei limiti inferiori di circa il 50% rispetto alla Direttiva precedente e con la Direttiva 98/69 sono stati introdotti contemporaneamente i due diversi standard, Euro3 e Euro4, obbligatori per le auto di nuova immatricolazione a partire rispettivamente dal 2001 e dal 2006, offrendo così l'opportunità ai costruttori di adeguare i loro modelli ai limiti individuati prima della loro obbligatorietà.

Contrariamente a quanto avvenuto in passato i limiti della "normativa Euro5" non corrispondono a un dimezzamento delle emissioni previste dalla norma Euro4. In particolare l'emissione di PM dai veicoli Euro5 è stata ridotta di 5 volte rispetto a quanto previsto per gli Euro4 al fine di forzare l'adozione dei Filtri AntiParticolato (FAP) su tutti i veicoli di nuova immatricolazione; una decisione più blanda avrebbe infatti consentito il rispetto della norma con tecnologie meno efficaci. Le emissioni di ossidi di azoto previste dalla norma Euro5 risultano, invece, pari a circa il 70% di quanto prescritto dalla Euro4; le case automobilistiche non sono infatti riuscite a sviluppare una tecnologia abbastanza efficace per l'abbattimento di questi inquinanti. La norma Euro6 agisce più efficacemente su questo inquinante e fissa un limite pari a circa un terzo rispetto a quanto previsto per i veicoli Euro4.

Analizzando le emissioni richieste per i veicoli Euro5 con quelle dei veicoli "Pre-Euro" è evidente che l'evoluzione tecnologica delle marmitte catalitiche, dei filtri e dei sistemi di gestione elettronica della combustione hanno consentito una riduzione del carico inquinante dei veicoli compreso tra le 6 e le 50 volte, a seconda del parametro considerato.

Per comprendere l'impatto del traffico veicolare sulla qualità dell'aria è utile riportare anche un confronto tra i limiti delle emissioni di diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori, motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in FIGURA 34 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO_x), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

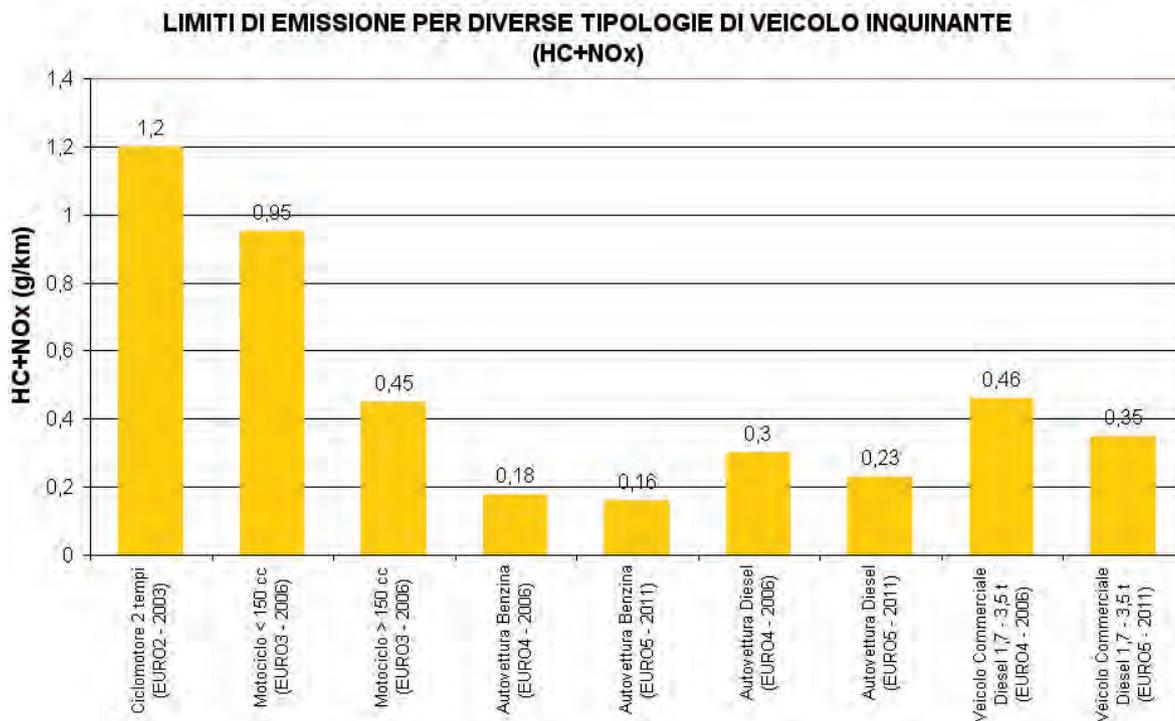


FIGURA 34: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello più ecologico. Per gli autoveicoli sono infatti molto avanzate le tecnologie del controllo della combustione e del catalizzatore, che invece risultano di complessa applicazione sui ciclomotori e motocicli di piccola cilindrata.

IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO

Per la valutazione del contributo del traffico veicolare all'inquinamento atmosferico e per poter attuare dei provvedimenti per il miglioramento della qualità dell'aria, è importante conoscere la composizione del parco veicolare immatricolato in Provincia di Torino.

I dati relativi al periodo 2007-2010 forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, sono riassunti nei grafici e nelle tabelle delle pagine seguenti (TABELLA 28, TABELLA 29, FIGURA 35).

Dall'analisi dell'attuale composizione del parco veicolare e dalla sua evoluzione negli ultimi anni emergono alcune considerazioni.

- il numero di autoveicoli immatricolati in Provincia di Torino è diminuito di poco più di 65000 unità rispetto al 2009. Come conseguenza il tasso di motorizzazione pur restando molto elevato (0,63 autoveicoli/abitante), presenta una leggera diminuzione le cui cause al momento sono di difficile interpretazione (diversi pesi possono essere dati ad esempio alla crisi economica, alla diffusione di una cultura di mobilità sostenibile, al miglioramento del trasporto pubblico).

- continua il rinnovamento del parco veicolare per la mobilità privata che ha portato la somma dei veicoli Euro3, Euro4 ed Euro5 a raggiungere quasi i tre quarti del totale.

- confermata la tendenza alla diminuzione della percentuale di veicoli non ecologici ai sensi del piano regionale di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro, Euro1 diesel e Euro2 diesel più vecchi di 10 anni - DGR 64-6526 del 2007) che è però ancora alta (circa il 28%) ed è costituita soprattutto da mezzi diesel, caratterizzati da forti emissioni di particolato (56.499). Questo dato conferma l'attualità dei divieti alla circolazione contenuti nel suddetto provvedimento amministrativo.

- diminuisce rispetto al 2009 la percentuale dei veicoli a gasolio da 38% a 36,9%, mentre per quelli a GPL e metano sale dal 6,5% all'8,3%.

L'emissione in atmosfera di significative quantità di polveri sottili (dovuta anche alla bassa percentuale di autovetture diesel circolanti dotate di filtro antiparticolato), sarà in parte ridimensionata grazie al passaggio alla normativa Euro5 obbligatoria per le autovetture immatricolate nel 2011 ed al conseguente riallineamento delle emissioni dei veicoli diesel e benzina.

	2007			2008			2009			2010		
	numero		benzina gasolio GPL-Met	106'331	87'555 8'147 10'629	benzina gasolio GPL-Met	97'718	81'046 7'821 8'851	benzina gasolio GPL-Met	81'327	67'148 6'193 7'986	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "pre-Euro"	%	8,0	benzina gasolio GPL-Met	7,1	5,9 0,5 0,7	benzina gasolio GPL-Met	6,5	5,4 0,5 0,6	benzina gasolio GPL-Met	5,6	4,6 0,4 0,5	benzina gasolio GPL-Met
	numero	100'090	benzina gasolio GPL-Met	85'015	70'026 8'514 6'475	benzina gasolio GPL-Met	68'898	55'934 7'475 5'489	benzina gasolio GPL-Met	55'466	45'950 4'610 4'906	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro1"	%	6,9	benzina gasolio GPL-Met	5,7	4,7 0,6 0,4	benzina gasolio GPL-Met	4,6	3,7 0,5 0,4	benzina gasolio GPL-Met	3,8	3,1 0,3 0,3	benzina gasolio GPL-Met
	numero	414'784	benzina gasolio GPL-Met	380'194	291'893 69'786 18'515	benzina gasolio GPL-Met	331'441	250'027 63'731 17'683	benzina gasolio GPL-Met	276'656	213'081 45'696 17'879	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro2"	%	28,5	benzina gasolio GPL-Met	25,4	19,5 4,7 1,2	benzina gasolio GPL-Met	22,0	16,6 4,2 1,2	benzina gasolio GPL-Met	18,9	14,6 3,1 1,2	benzina gasolio GPL-Met
	numero	398'290	benzina gasolio GPL-Met	387'180	188'428 190'038 8'714	benzina gasolio GPL-Met	379'438	182'570 187'857 9'011	benzina gasolio GPL-Met	335'784	173'312 172'092 10'380	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro3"	%	27,4	benzina gasolio GPL-Met	25,9	12,6 12,7 0,6	benzina gasolio GPL-Met	25,2	12,1 12,5 0,6	benzina gasolio GPL-Met	24,3	11,9 11,8 0,7	benzina gasolio GPL-Met
	numero	425'395	benzina gasolio GPL-Met	536'007	243'566 288'198 24'243	benzina gasolio GPL-Met	605'201	262'689 288'640 53'872	benzina gasolio GPL-Met	620'392	267'951 275'105 77'336	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro4"	%	29,2	benzina gasolio GPL-Met	35,9	16,3 17,9 1,6	benzina gasolio GPL-Met	40,2	17,4 19,2 3,6	benzina gasolio GPL-Met	42,4	18,3 18,8 5,3	benzina gasolio GPL-Met
	numero	22	benzina gasolio GPL-Met	410	121 289 0	benzina gasolio GPL-Met	24'427	6'978 15'918 1'531	benzina gasolio GPL-Met	71'994	30'562 37'190 4'242	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro5"	%	0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met	1,6	0,5 1,1 0,1	benzina gasolio GPL-Met	4,9	2,1 2,5 0,3	benzina gasolio GPL-Met
	numero	0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met

TABELLA 28: autoveicoli immatricolati in provincia di Torino dal 2007 al 2010, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.
Banca dati Regione Piemonte

	2007			2008			2009			2010			
	numero												
Autocarri <3,5 t "pre-Euro"	numero	42'421	5'309 36'410 702	benzina gasolio GPL-Met	39'895	5'063 34'158 674	benzina gasolio GPL-Met	34'868	3'201 31'322 345	benzina gasolio GPL-Met	27.939	2.665 25.120 423	benzina gasolio GPL-Met
	%	24,0	3,0 20,6 0,4	benzina gasolio GPL-Met	20,9	2,6 17,9 0,4	benzina gasolio GPL-Met	17,5	1,6 15,7 0,2	benzina gasolio GPL-Met	16,3	1,6 14,7 0,2	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro1"	numero	10'292	1'044 9'139 109	benzina gasolio GPL-Met	9'769	937 8'720 112	benzina gasolio GPL-Met	9'053	815 8'158 80	benzina gasolio GPL-Met	10.873	1.317 9.402 154	benzina gasolio GPL-Met
	%	5,8	0,6 5,2 0,1	benzina gasolio GPL-Met	5,1	0,5 4,6 0,1	benzina gasolio GPL-Met	4,5	0,4 4,1 0,0	benzina gasolio GPL-Met	6,4	0,8 5,5 0,1	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro2"	numero	41'409	6'754 34'180 475	benzina gasolio GPL-Met	39'832	6'479 32'853 500	benzina gasolio GPL-Met	37'499	5'773 31'245 481	benzina gasolio GPL-Met	31.836	5.108 26.117 611	benzina gasolio GPL-Met
	%	23,4	3,8 19,3 0,3	benzina gasolio GPL-Met	20,8	3,4 17,2 0,3	benzina gasolio GPL-Met	18,8	2,9 15,7 0,2	benzina gasolio GPL-Met	18,6	3,0 15,3 0,4	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro3"	numero	60'859	2'989 57'463 407	benzina gasolio GPL-Met	64'089	5'976 57'709 404	benzina gasolio GPL-Met	63'421	3'235 59'688 498	benzina gasolio GPL-Met	52.324	3.351 48.300 473	benzina gasolio GPL-Met
	%	34,4	1,7 32,5 0,2	benzina gasolio GPL-Met	33,5	3,1 30,2 0,2	benzina gasolio GPL-Met	31,9	1,6 30,0 0,3	benzina gasolio GPL-Met	30,6	2,0 28,3 0,3	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro4"	numero	21'548	962 20'149 437	benzina gasolio GPL-Met	37'219	1'370 34'747 1'102	benzina gasolio GPL-Met	48'122	1'700 44'415 2'007	benzina gasolio GPL-Met	48.223	1.702 43.915 2.606	benzina gasolio GPL-Met
	%	12,2	0,5 11,4 0,2	benzina gasolio GPL-Met	19,5	0,7 18,2 0,6	benzina gasolio GPL-Met	24,2	0,9 22,3 1,0	benzina gasolio GPL-Met	28,2	1,0 25,7 1,5	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro5"	numero	191	0 191 0	benzina gasolio GPL-Met	445	0 445 0	benzina gasolio GPL-Met	6'068	1 5'907 160	benzina gasolio GPL-Met	n.d.		benzina gasolio GPL-Met
	%	0,1	0,0 0,1 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,2	0,0 0,2 0,0	benzina gasolio GPL-Met	3,0	0,0 3,0 0,1	benzina gasolio GPL-Met	n.d.		benzina gasolio GPL-Met

TABELLA 29: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2007 al 2010, suddivisi per tipo di omologazione ambientale

Banca Dati di Regione Piemonte.

AUTOVEICOLI IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2006-2010)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE

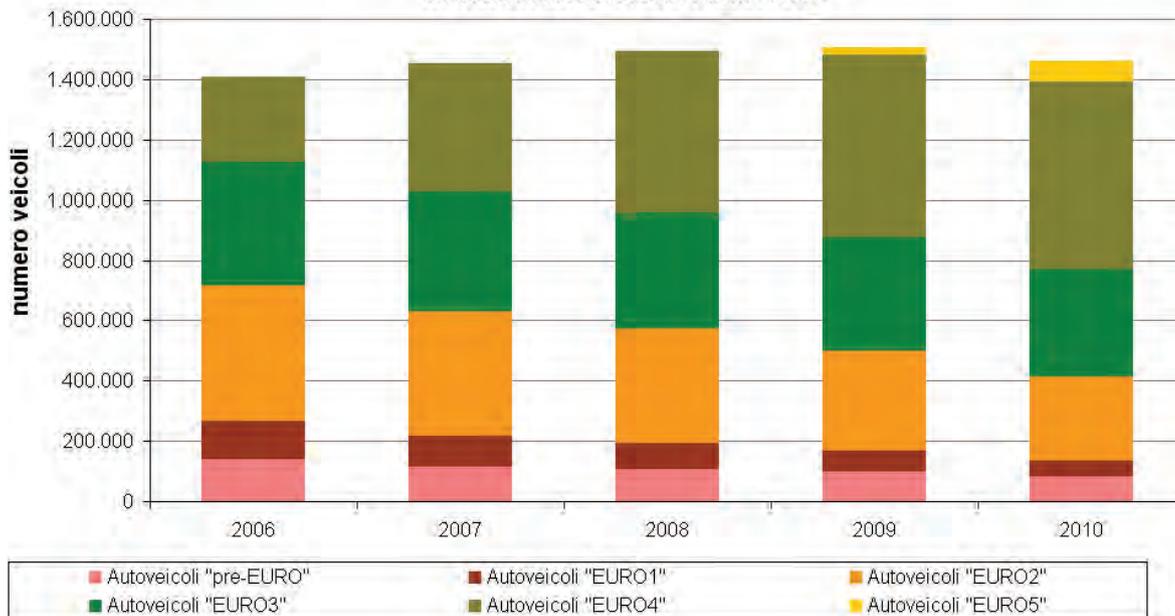


FIGURA 35: autoveicoli immatricolati in Provincia di Torino dal 2006 al 2010, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

AUTOCARRI (<3,5t) IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2006-2010)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE

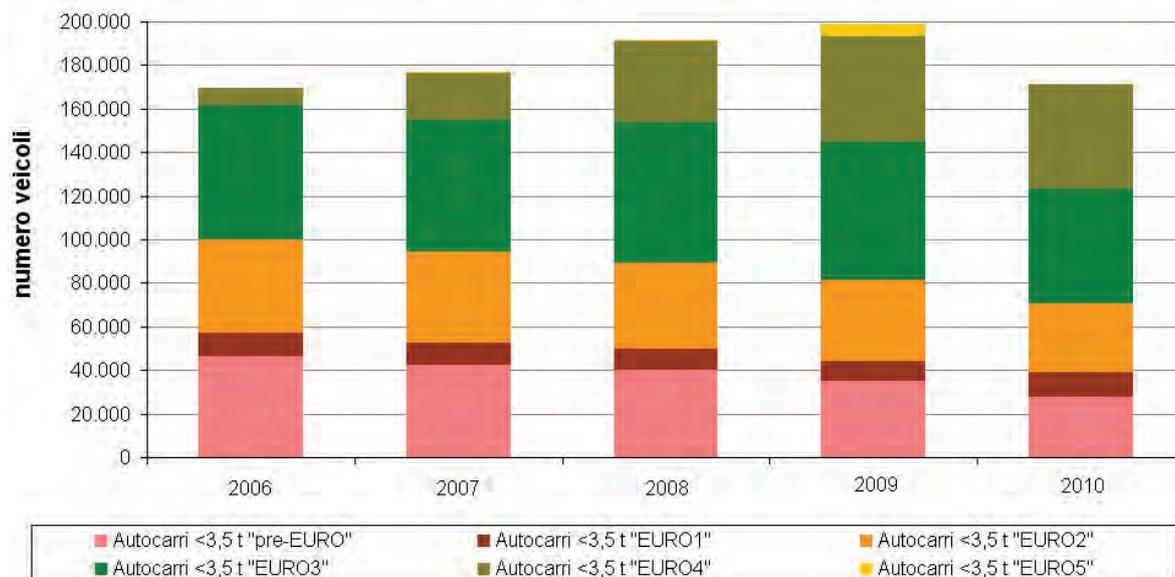


FIGURA 36: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2006 al 2010, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Francesco Lollobrigida, Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

INTRODUZIONE

Le motivazioni che hanno spinto Arpa Piemonte ad approfondire le conoscenze in materia di concentrazione numerica e di distribuzione dimensionale delle polveri ultrafini derivano dalla crescente attenzione alle stesse da parte degli studi tossicologici, che hanno osservato effetti attribuibili soprattutto a tali frazioni granulometriche in relazione alla elevata superficie specifica e alla capacità di penetrare in profondità negli alveoli polmonari e di raggiungere il circolo ematico. Nel nostro paese, ma anche in ambito europeo, sono ancora relativamente pochi gli studi sulla concentrazione numerica di particelle ultrafini in aria ambiente, in particolare se si fa riferimento a campagne di lungo periodo che tengano conto della variabilità stagionale delle condizioni di formazione/rimozione del particolato e della conseguente variabilità delle condizioni di esposizione della popolazione. La tematica è inoltre di particolare rilevanza in un'area come la conurbazione torinese che è notoriamente una delle più critiche d'Europa in relazione al particolato atmosferico.

Sulla base di tale presupposto Arpa e Provincia di Torino hanno promosso uno specifico progetto di indagine basato su misure di lungo periodo che si propone le seguenti finalità:

1. costruire una prima base dati dei valori di concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana di Torino, sulla base di misure di lungo periodo rappresentative delle diverse condizioni meteorologiche. Il progetto prevede di effettuare le misure sia in prossimità del suolo che in quota, in relazione ai fenomeni di confinamento degli inquinanti atmosferici negli strati più bassi della troposfera che sono caratteristici della pianura padana;
2. confrontare la base dati con analoghe misure effettuate in altre aree urbane italiane e europee;
3. analizzare la correlazione dei dati di concentrazione numerica rilevati con gli inquinanti atmosferici tradizionali e con i principali parametri meteorologici.

Una sintesi preliminare dei primi dati raccolti è stata oggetto di uno specifico capitolo all'interno dell'edizione 2009 della relazione "Uno sguardo all'aria".

ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2010

Lo strumento utilizzato è un Ultrafine Particle Monitor modello 3031 della TSI Incorporated ed è in grado di misurare la concentrazione numerica di particelle da un diametro di 20 nm fino a 1 micron su 6 classi dimensionali (20-30 nm, 30-50 nm, 50-70 nm, 70-100 nm, 100-200 nm, 200-1000 nm).

Lo strumento è stato posizionato all'ultimo piano del grattacielo sede della Provincia di Torino, in Corso Inghilterra 7/9, ad un'altezza di 50 m.

In TABELLA 30 sono riportati i valori medi del periodo 13 gennaio - 31 dicembre 2010, calcolati come media delle medie orarie.

Il valore medio del periodo è 7156 particelle/cm³ con massimi di 40056 particelle/cm³.

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	TOTALE
media 2010	3089	2176	877	553	461	7156
MAX	15783	14599	5191	2804	2143	40056
MIN	129	98	37	23	20	309
Distribuzione percentuale rispetto al totale	43%	30%	12%	8%	6%	

TABELLA 30: Medie anno 2010.

Come si può osservare in TABELLA 30 le classi 20-30 nm e 30-50 nm rappresentano il 73% delle particelle totali misurate (escludendo le particelle superiori ai 200 nm).

Analizzando la variabilità del numero di particelle nel corso della giornata (FIGURA 37) si evidenzia un andamento con un massimo assoluto tra le 9 e le 10 del mattino ed un picco serale meno pronunciato che parte dalle 20 e permane fino alle prime ore notturne. La variabilità nel corso della giornata è più ampia per le classi 20-30 nm e 30-50 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura⁸.

L'andamento è confrontabile con quello degli inquinanti tipici delle emissioni da traffico veicolare come il monossido di azoto, che presentano picchi nelle stesse ore, facendo ipotizzare che le emissioni veicolari rappresentino la sorgente principale. I picchi dell'NO però sono molto più pronunciati rispetto a quelli del numero di particelle, le quali quindi sembrano avere una superiore permanenza in atmosfera ed una origine anche secondaria; ciò è confermato dal fatto che la concentrazione di particelle rimane relativamente alta anche in ore notturne (24, 1 e 2 di notte), durante le quali è molto minore l'emissione primaria sia da traffico veicolare che da altre fonti.

Andamento del giorno medio per la concentrazione numerica di particelle (2010) confronto con andamento Monossido di Azoto TO-Consolata e TO-piazza Rivoli

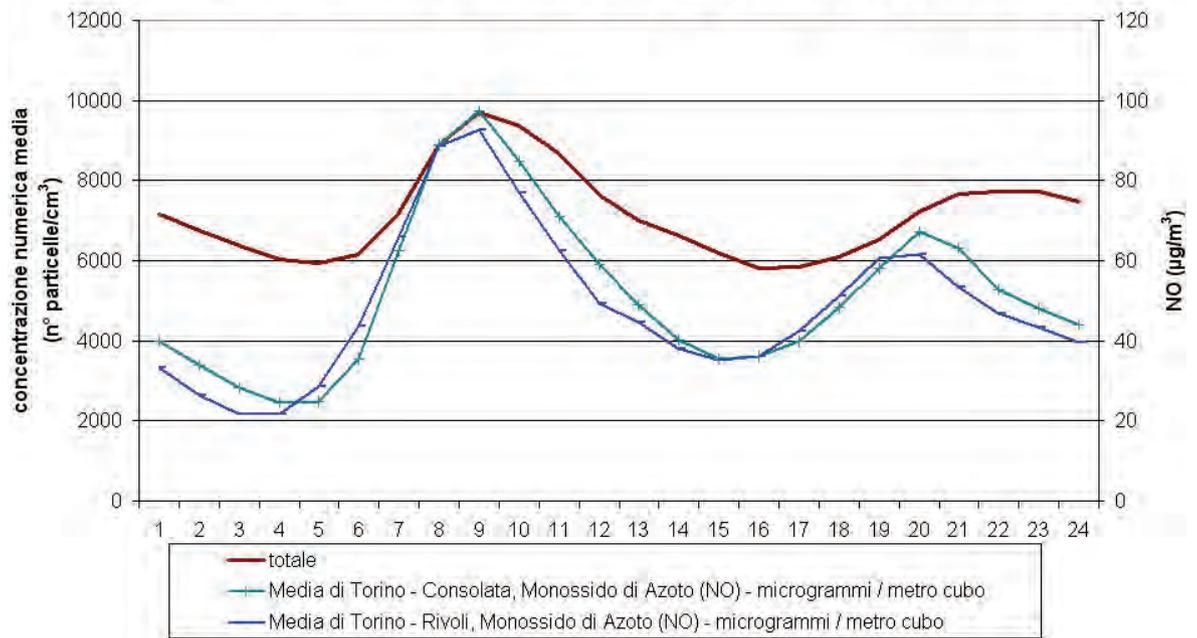


FIGURA 37: Andamento del giorno medio per la concentrazione numerica di particelle (Anno 2010), confronto con andamento Monossido di Azoto Torino-Consolata e Torino-piazza Rivoli.

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 38 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2010 in confronto con gli andamenti mensili del PM10 misurato in via Consolata, sito tipico di traffico, e del PM2,5 nella stazione di fondo urbano di via Aurelio Monti (Torino-Lingotto).

⁸ Aalto, Hameri et al, Aerosol particle number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over a three-year period during health effects of air pollution on susceptible subpopulations", J Air Waste Manag Assoc. 2005 Aug;55(8):1064-76.

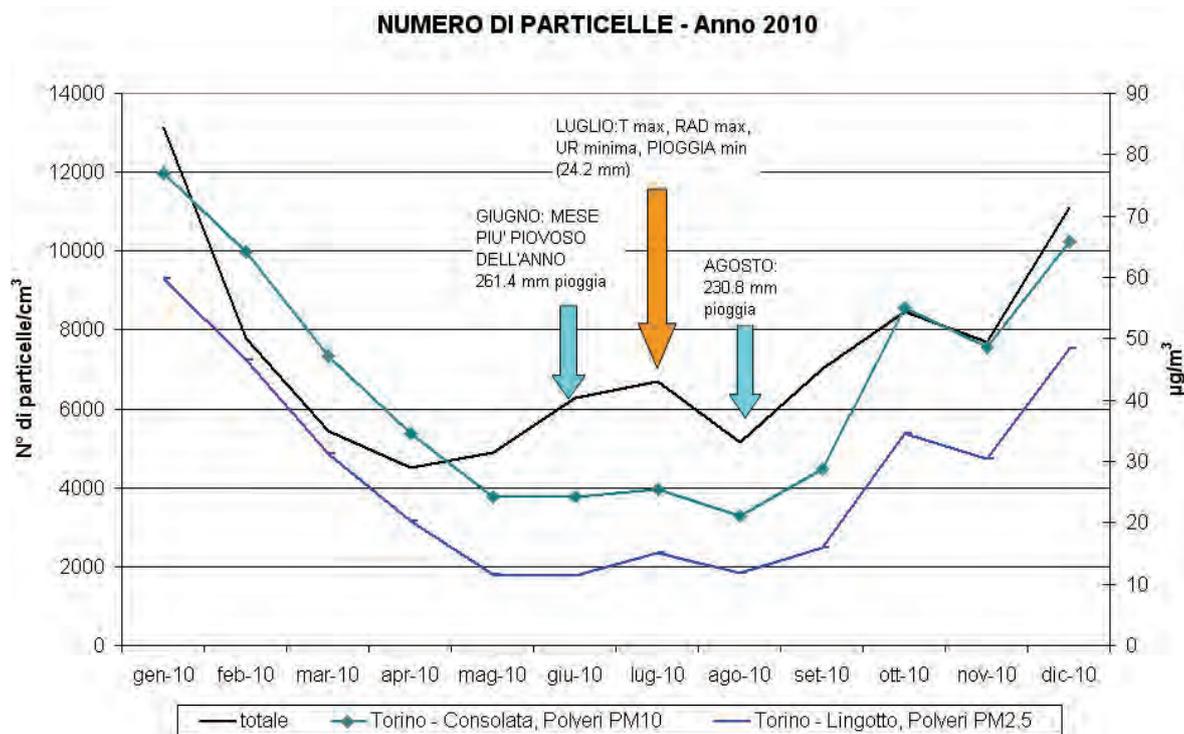


FIGURA 38: Numero di particelle e concentrazione massica di PM10 e PM2,5 mensile.

Si osserva che i massimi assoluti si collocano per tutti e tre i parametri nel periodo invernale, mentre l'andamento temporale nel periodo estivo della concentrazione numerica differisce da quello delle concentrazioni in massa. Per PM10 e PM2,5 i massimi relativi nel mese di luglio, che è invece di norma il mese in cui si riscontrano i valori più bassi dell'anno, sono poco accentuati e quindi attribuibili in prima istanza all'andamento dei parametri meteorologici evidenziato in FIGURA 38. Nel 2010 infatti il mese di luglio è stato quello che ha presentato i valori massimi di temperatura e radiazione e minimi di precipitazione atmosferica, mentre i mesi di giugno e agosto sono stati i più piovosi. Il minimo di agosto può inoltre essere attribuito alla decrescita di traffico veicolare rispetto a giugno, durante il quale questo tipo di emissione è ancora relativamente elevata.

Il massimo relativo estivo della concentrazione numerica di particelle ultrafini è invece molto accentuato, tanto che il valore medio del mese di luglio è di poco inferiore a quello di marzo, ed è quindi difficilmente spiegabile in base a sole considerazioni di carattere meteorologico.

Come ipotesi di lavoro tale fenomeno, poiché si è verificato nel mese in cui si sono raggiunti i valori massimi di irraggiamento solare, potrebbe essere attribuito a fenomeni di nucleazione⁹ dovuti alla presenza di composti organici volatili, ossidi di azoto e alta radiazione solare.

L'elaborazione statistica dei dati a livello di medie giornaliere ha evidenziato coefficienti di correlazione relativamente elevati con tutti gli inquinanti misurati presso le stazioni al suolo, di origine sia primaria come il monossido di azoto che mista come il PM10 e il PM2,5. I coefficienti di correlazione più bassi si riscontrano per biossido di azoto e benzene (TABELLA 31). E' quindi presumibile, sulla base di questa prima analisi, un'origine sia primaria che secondaria delle particelle ultrafini rilevate.

⁹ Seinfeld J.H., Pandis S.N. (1998) Atmospheric chemistry and physics, New York, John Wiley, pagg. 724-751

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	totale
Torino - Consolata, Polveri PM10	0,73	0,73	0,75	0,75	0,77	0,74
Torino - Lingotto, Polveri PM2,5	0,71	0,73	0,74	0,74	0,76	0,73
Torino - Consolata, Monossido di Carbonio (CO) - milligrammi / metro cubo	0,68	0,70	0,70	0,69	0,70	0,69
Torino - Consolata, Monossido di Azoto (NO) - microgrammi / metro cubo	0,65	0,64	0,64	0,64	0,63	0,65
Torino - Consolata, Biossido di Azoto (NO ₂) - microgrammi / metro cubo	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51
Torino - Consolata, Benzene - microgrammi / metro cubo	0,62	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63

TABELLA 31: Correlazioni con i principali parametri chimici

Episodio 10-16 febbraio 2010 - Correlazione tra concentrazione di UFP e altezza dello strato di inversione

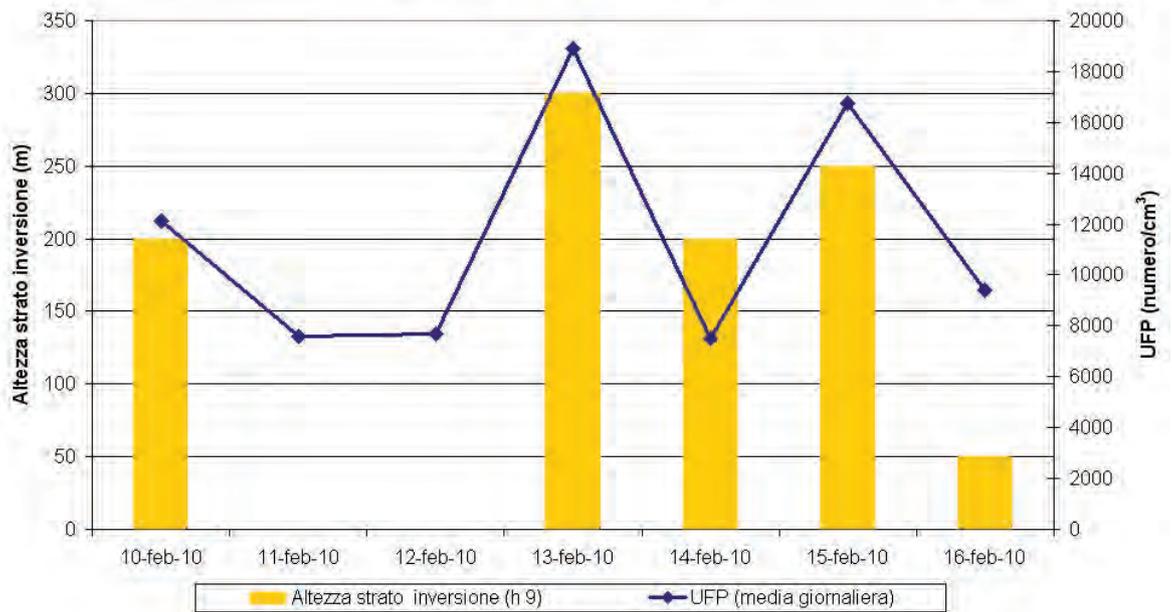


FIGURA 39: Episodio 10-16 febbraio 2010 - Correlazione tra concentrazione di UFP e altezza dello strato di inversione.

Per quanto riguarda la correlazione con le condizioni meteorologiche, l'attenzione è stata focalizzata sulla valutazione dell'influenza dell'altezza dello strato di inversione.

A titolo di esempio si analizzerà ora l'episodio dal 10 al 16 febbraio 2010. Questo periodo ha presentato sia condizioni di instabilità (e quindi di relativamente elevato rimescolamento verticale delle masse d'aria) nelle giornate dell'11-12 febbraio, sia di inversione termica in prossimità del suolo (e quindi di elevato confinamento degli inquinanti in prossimità del

suolo stesso) nelle rimanenti giornate. Come indicatore del grado di stabilità atmosferica è stata utilizzata l'altezza sino alla quale si estende l'inversione termica nell'area urbana, riferita alle ore 9, in quanto l'intervallo orario 9-10 presenta il massimo assoluto di concentrazione di UFP nel giorno tipo. La FIGURA 39 riporta l'andamento della concentrazione numerica di particelle ultrafini e dell'altezza dello strato di inversione. Si osserva che in termini qualitativi la modulazione temporale della concentrazione di particelle ultrafini è ben correlata alle variazioni delle condizioni di stabilità atmosferica.

CONCLUSIONI

L'analisi dei dati raccolti nel sito ubicato all'ultimo piano della sede della Provincia di Torino mostra che la concentrazione numerica di particelle ultrafini è confrontabile come ordine di grandezza con quella rilevata in altre aree italiane.

Il confronto più corretto in termini di estensione temporale del monitoraggio è quello con il sito dell'Istituto Superiore di Sanità che dispone della serie storica più completa a livello nazionale. La media annuale rilevata in tale sito, situato al suolo nelle immediate vicinanze di un asse viario urbano a elevato traffico auto veicolare, è risultata nell'anno 2006 circa quattro volte più elevata di quella rilevata nel 2010 nel sito oggetto della presente relazione.

Per quanto riguarda la distribuzione dimensionale le particelle di dimensioni inferiori ai 50 nm rappresentano in media più del 70% di quelle misurate nell'intervallo 20-200 nm. L'andamento del giorno tipo è bimodale, con un massimo assoluto attorno alle ore 9 del mattino, in corrispondenza del massimo traffico veicolare su C.so Inghilterra. La correlazione con i flussi veicolari necessita di un ulteriore approfondimento mediante la misura del traffico su Corso Vittorio Emanuele II, l'altro grande asse viario situato nelle immediate vicinanze del sito di misura.

L'andamento delle medie mensili mostra i valori più elevati nel trimestre invernale e un massimo relativo nel mese di luglio che non appare interpretabile sulla base della sola variazione delle precipitazioni.

La correlazione con gli inquinanti atmosferici misurati al suolo non evidenzia per le particelle ultrafini una particolare prevalenza della componente primaria su quella secondaria. Nel corso di episodi critici nel semestre freddo dell'anno l'altezza dello strato di inversione è in prima approssimazione correlata con l'andamento nel tempo della concentrazione numerica di particelle ultrafini nel sito considerato.

Il testo e le elaborazioni di questo capitolo sono stati curati da:
L. Pallavidino, R. Prandi, A. Nanni e G. Brusasca (ARIANET SRL).

INTRODUZIONE

A fronte di una diffusa difficoltà in Europa a rispettare i limiti alle concentrazioni di inquinanti in atmosfera fissati per la tutela della qualità dell'aria ambiente, la Commissione Europea ha adottato la Direttiva 50/2008/CE, recepita in Italia dal D. Lgs. 155/2010, che concede agli Stati Membri, in possesso di determinati requisiti, la possibilità di ottenere una proroga per il raggiungimento dei valori limite già in vigore. Nella Direttiva è stato fissato giugno 2011 come il termine ultimo per il rispetto dei valori limite per il PM10, e il 2015 come il termine ultimo per il rispetto dei valori limite del biossido di azoto e del benzene.

Riveste dunque una certa importanza l'analisi dell'evoluzione futura della qualità dell'aria, in modo da quantificare i miglioramenti attesi grazie allo sviluppo tecnologico e all'implementazione delle azioni contenute nei piani di risanamento della qualità dell'aria che gli Enti Locali elaborano, e valutarne pienamente l'efficacia ai fini del conseguimento degli standard normativi.

Nel territorio della provincia di Torino l'area metropolitana torinese presenta le concentrazioni più elevate di inquinanti atmosferici. Questa zona, che sta subendo una mutazione profonda sul fronte economico e sociale, sarà teatro di consistenti cambiamenti sul piano urbanistico e infrastrutturale nel medio e lungo periodo.

In queste pagine saranno presentati i primi risultati relativi all'analisi modellistica di scenari futuri di qualità dell'aria corrispondenti a diverse ipotesi evolutive del trasporto su strada, il comparto emissivo che rappresenta la principale fonte di inquinamento per gli ossidi di azoto e il particolato in area metropolitana.

AREA DI STUDIO

Per le finalità di questo progetto, al di là di ogni altra definizione amministrativa, come "area metropolitana" di Torino si è inteso l'insieme dei Comuni della provincia raggruppati nell'agglomerato IT0103, secondo la zonizzazione ex D.G.R. n. 14-7623/2002, operata dalla Regione Piemonte nell'ambito delle comunicazioni annuali alla Commissione Europea sullo stato della qualità dell'aria. Si tratta dei Comuni di: Beinasco; Borgaro T.se; Collegno; Grugliasco; Moncalieri; Nichelino; Orbassano; Rivoli; San Mauro T.se; Settimo T.se; Torino; Venaria Reale.

Sull'insieme di questi Comuni (v. FIGURA 40) è stata effettuata una stima dettagliata delle emissioni da trasporto su strada, alternativa a quella contenuta nell'IREA¹⁰, e sono state ipotizzate delle possibilità di evoluzione al 2015. Infine, mediante il confronto con lo stato dell'aria al 2008 (anno base), è stato valutato l'effetto sulla qualità dell'aria dei diversi scenari evolutivi, realizzando simulazioni modellistiche a parità di condizioni meteorologiche (quelle dell'anno 2008) e di condizioni al contorno. L'analisi che segue è limitata al primo bimestre del 2008.

Per le simulazioni modellistiche della qualità dell'aria, il dominio di calcolo (52 km x 52 km, coordinate UTM32 del punto SW: 369 km E, 4963 km N) è lo stesso in uso presso Arpa Piemonte per le simulazioni che producono a 72 ore l'Indice della Qualità dell'Aria (IQA) prognostico sull'area metropolitana¹¹ a 1 km di risoluzione orizzontale.

I campi meteorologici per l'anno 2008 sono stati forniti da Arpa Piemonte e sono gli stessi utilizzati per la Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria¹² a 4 km di risoluzione spaziale.

¹⁰ Regione Piemonte, Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera 2007, <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/irea/>

¹¹ Muraro M., Giorcelli M., Bande S., D'Allura A., Finardi S. (2009), Sistema modellistico multiscala per la simulazione di dispersione di inquinanti in atmosfera, Atti del Convegno "Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti", Vercelli, 2009.

¹² Bande S., Clemente M., De Maria R., Muraro M., Picollo M. E., Arduino G., Calori G., Finardi S., Radice P., Silibello C., and Brusasca G. (2007), The modelling system supporting Piemonte region yearly air quality assessment, 6th International Conference on Urban Air Quality, Cyprus, 27-29 March 2007.

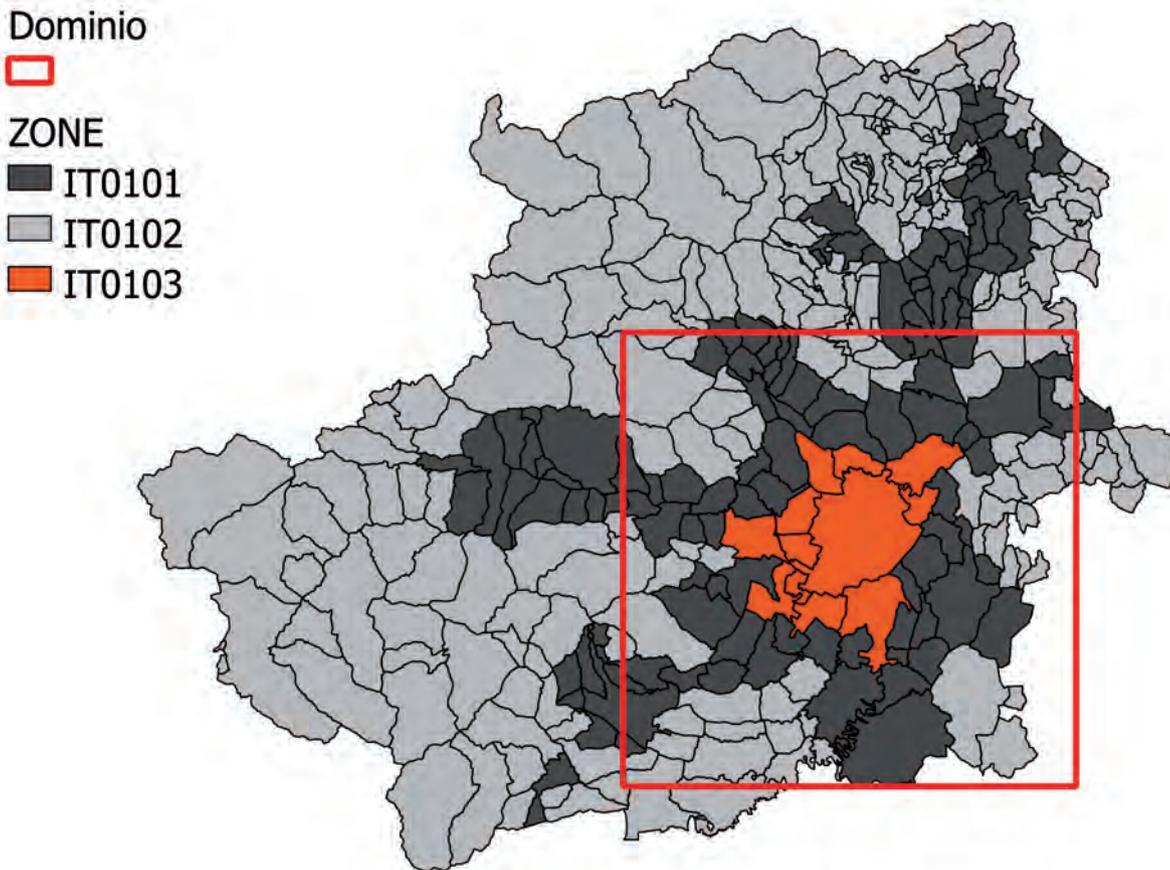


FIGURA 40: Zonizzazione dei Comuni della provincia di Torino (ai sensi della D.G.R. n. 14-7623/2002). In rosso sono indicati i Comuni considerati in questo studio e l'estensione del dominio di calcolo.

EMISSIONI DA TRASPORTO SU STRADA NEL 2008: STIMA BOTTOM-UP A PARTIRE DAI FLUSSI VEICOLARI.

Metodologia di stima delle emissioni

A partire dalla conoscenza dei flussi di traffico su una rete stradale è possibile calcolare le emissioni in atmosfera ad essa associate.

Per eseguire il calcolo, in questo studio è stato usato il software "Trefic"¹³, che integra i fattori emissivi della metodologia ufficiale Copert IV/Corinair sviluppata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente¹⁴ e i fattori emissivi della metodologia elaborata dallo IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis)¹⁵ per il PM10 e il PM2,5, sia esausto che dovuto all'abrasione dei freni e dei pneumatici, consentendo di applicarli ai flussi veicolari associati a una rete stradale.

Il particolato depositato sul manto stradale e risospeso in atmosfera a causa del passaggio dei veicoli è invece stato stimato secondo la formula dell'agenzia per l'ambiente statunitense¹⁶.

¹³ Nanni et al. (2009), "TRaffic Emission Factors Improved Calculation" - User Guide - ARIANET

¹⁴ Ntziachristos L. e Samaras Z. (2009), Exhaust emissions from road transport, EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009

¹⁵ IIASA (2002). Modelling Particulate Emissions in Europe. Interim Report IR-02-076.

¹⁶ EPA (2011), AP 42 Section 13.2.1 Paved Roads, Update January 2011

$$EF = (k (SL)^{0.91} (W)^{1.03}) (1 - 1.2 P/N)$$

Dove:

$k = 0.15$ g/Vkm per il PM_{2,5} e 0.62 g/Vkm per il PM₁₀

SL (silt loading) è un indicatore del grado di polverosità della strada (espresso in g/m²) che dipende dal traffico giornaliero medio circolante sulla strada

W è il peso medio dei veicoli circolanti (espresso in short tons)

P le ore di pioggia (precipitazioni superiori a 0.254 mm)

N il numero di ore nel periodo considerato

Emissioni lineari in area metropolitana

Nell'area metropolitana torinese il consorzio 5T, a partire da una misura del traffico stradale effettuata con più di 1000 sensori, con un modello matematico di assegnazione ricostruisce i flussi orari di traffico e le velocità di percorrenza, su tutte le strade principali, incluse le grandi arterie urbane, per un totale di 5125 archi.

TGM - numero di veicoli



FIGURA 41: Rappresentazione grafica del Traffico Giornaliero Medio stimato da 5T per gli archi inclusi nella zona IT0103 e per singolo senso di marcia (Anno 2008).

Per la ricostruzione delle emissioni del traffico sono stati utilizzati i dati di flusso relativi al 2008, scelto come anno base.

La stima delle emissioni di inquinanti atmosferici richiede, oltre al flusso veicolare medio, la conoscenza della ripartizione nelle diverse classi veicolari (auto, moto, commerciali leggeri e pesanti). A partire dal numero di veicoli totali, la ripartizione è stata fatta differenziando strade urbane, extraurbane e autostrade e consultando i rilievi di traffico reperiti dalla Provincia di Torino per alcuni archi di accesso nella città di Torino, i dati contenuti nell'Indagine sulla Mobilità delle Persone e sulla Qualità dei Trasporti relativa al 2006¹⁷ e i dati alle barriere di pedaggio forniti da Ativa SpA (la società che gestisce la Tangenziale di Torino) per i mesi di gennaio e novembre 2005.

Successivamente, ciascuna classe veicolare è stata suddivisa nelle classi emissive COPERT/CORINAIR¹⁸ a partire dai dati di immatricolazione del settore tributi della Regione Piemonte (per l'anno 2007) rielaborati dal CSI Piemonte nell'ambito delle attività di aggiornamento IREA.

Il dato di immatricolazione è stata pesato con il dato di percorrenza medio della classe veicolare stimato dall'APAT (oggi ISPRA), al fine di ricostruire il parco effettivamente circolante. In FIGURA 42 sono riportati i diagrammi a torta che illustrano la suddivisione del parco circolante nelle omologazioni ambientali EURO utilizzata per la stima delle emissioni nell'anno base 2008.

Complessivamente, sono state associate al traffico descritto dal grafo 5T le emissioni riportate nella TABELLA 32. Le emissioni di PM10 tengono conto anche della risospensione, che costituisce circa il 50% delle emissioni di particolato primario da traffico.

	CO	CO ₂	NMVOC	NH ₃	NO _x	PM10 Totale	PM10 risosp.	SO ₂
Trasporto su strada - lineare	15226,5	1232,8	1753,3	171,9	5240,7	657,5	298,7	30,1

TABELLA 32: Emissioni associate al grafo 5T nell'agglomerato IT0103, espresse in t anno⁻¹ (CO₂ in kt).

¹⁷ Agenzia Mobilità Metropolitana Torino (2006), Indagine sulla mobilità delle persone e qualità dei trasporti, http://www.mtm.torino.it/05_mobilita/05a_indagini/indagini_img2006.html

¹⁸ Ntziachristos L. e Samaras Z. (2009), Exhaust emissions from road transport, EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009

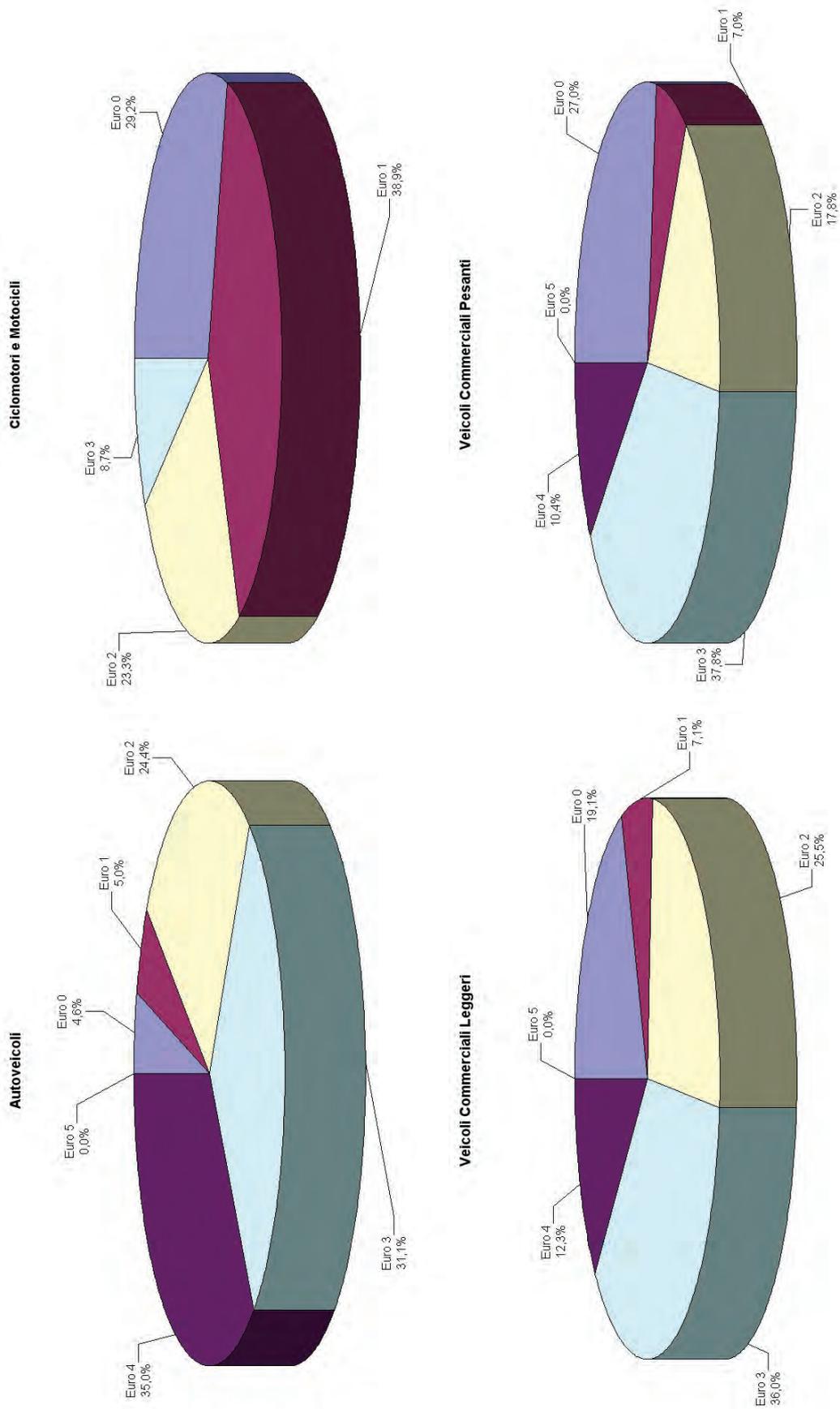


FIGURA 42: Ripartizione nelle classi di omologazione ambientale dei veicoli circolanti (tenendo conto delle percorrenze) - Dati IREA e percorrenze ISPRA.

Emissioni degli autobus urbani di GTT

Le emissioni dovute alla circolazione degli autobus del Trasporto Pubblico Locale sono state mantenute separate per ragioni di opportunità: da una parte è possibile contare su informazioni di dettaglio pubblicate da GTT (consumi di combustibile, consistenza e tipologia del parco circolante, georeferenziazione delle tratte di servizio)¹⁹ che rendono la stima più realistica, dall'altra si tratta di una delle sorgenti emmissive sulle quali è più interessante fare ipotesi di scenario.

Utilizzando i dati riportati nel bilancio ambientale pubblicato da GTT e supponendo una velocità media di 17,5 km/h²⁰, l'applicazione della metodologia COPERT 4 ha fornito le seguenti stime emmissive:

	CO	CO ₂	NM VOC	NH ₃	NO _x	PM10 Totale	PM10 risosp.	SO ₂
TPL urbano - Mezzi GTT	175,8	64,9	89	-	626,4	40,1	17,3	0,1

TABELLA 33: Emissioni dovute alla circolazione dei mezzi GTT nell'agglomerato IT0103, espresse in t anno⁻¹ (CO₂ in kt). Il contributo di PM10 risospeso è già incluso nel totale.

Emissioni urbane diffuse in area metropolitana

La stima bottom-up delle emissioni dovute al traffico che insiste sulla rete descritta da 5T e alla circolazione dei mezzi del TPL urbano arriva a coprire il 63% circa delle emissioni di CO₂ attribuite, nell'inventario regionale, ai 12 Comuni della zona IT0103 per la quota di trasporto su strada.

Per quantificare le emissioni provocate dagli spostamenti degli autoveicoli nelle vie non incluse nel grafo di 5T, cioè il traffico 'residuo', è stato adottato il criterio di mantenere valido il totale della CO₂ presente in IREA (che è un indicatore di consumo di combustibile). È stata quindi ricavata la CO₂ mancante rispetto alla stima bottom-up fatta e per poi valutare le emissioni "residue" degli altri inquinanti INQi in ragione proporzionale, cioè secondo i rapporti INQi/CO₂ derivati sul grafo lineare. Sono stati considerati esclusivamente archi associabili al contesto urbano, per mantenere la corretta ripartizione tra pesanti e leggeri.

Nella TABELLA 34 sono riportate le emissioni annuali associate al traffico urbano diffuso nell'area metropolitana.

	CO	CO ₂	NM VOC	NH ₃	NO _x	PM10 Totale	PM10 risosp.	SO ₂
Trasporto su strada - diffuso	10085,9	760,5	1664,3	112,6	2710,1	368,2	155,0	18,5

TABELLA 34: Emissioni associate al traffico diffuso nell'agglomerato IT0103, espresse in t anno⁻¹ (CO₂ in kt). Il contributo di PM10 risospeso è già incluso nel totale.

La stima delle emissioni di NMVOC include il totale delle emissioni evaporative stazionarie, calcolate ipotizzando un numero pari ad un milione di veicoli stazionanti lungo la rete.

¹⁹ Gruppo Torinese Trasporti (2008), Il Bilancio di sostenibilità, gestione ambientale 2008, (http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil_sost/06_ambientale.pdf)

²⁰ Agenzia Mobilità Metropolitana Torino (2008), Indagine sulla mobilità delle persone e qualità dei trasporti, <http://www.mtm.torino.it/it/dati-statistiche/imq2008.pdf>

IPOSTESI DI MOBILITÀ METROPOLITANA AL 2015 ED EMISSIONI ASSOCIATE

Trasporto su strada: scenario "Business As Usual" (BAU) - Anno 2015

Nel primo scenario si è inteso simulare il beneficio atteso in termini di qualità dell'aria a seguito dell'innovazione tecnologica, che comporta il miglioramento degli standard emissivi dei veicoli.

I flussi veicolari nell'area metropolitana sono stati mantenuti ai livelli del 2008, considerando le previsioni più recenti di ripresa economica che stimano il raggiungimento nel 2015 dei livelli di PIL del 2008²¹ e il legame riconosciuto tra PIL e domanda di mobilità²².

Per ricostruire il parco circolante nell'anno 2015 è stato stimato preliminarmente il tasso di estinzione annuale dei veicoli in base alla loro età, informazione desunta da uno studio dell'ACI sull'anzianità del parco veicolare nel 2007²³.

Di seguito si riportano gli aerogrammi della suddivisione in classi ambientali delle categorie veicolari per il 2015, elaborati tenendo conto della percorrenza stimata dall'APAT.

Le emissioni dovute alla circolazione dei mezzi GTT nello scenario 2015 sono state calcolate ipotizzando che non vari né l'offerta di TPL in termini di km percorsi né la velocità media. Nella flotta, invece, si è assunto che al 2015 sia stata completata la sostituzione di 112 bus Euro 0 con un numero equivalente di bus EEV, sostituzione in realtà già avvenuta nell'anno 2010.

Come già per lo scenario base, oltre alle emissioni dei mezzi circolanti sul grafo di 5T e dei mezzi GTT, sono state stimate delle emissioni diffuse a partire dal bilancio complessivo di CO₂ per l'area metropolitana.

A causa della maggiore efficienza dei mezzi circolanti, nel 2015 si ha una leggera diminuzione del combustibile consumato a parità di chilometri percorsi ed una conseguente riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al 2008 (inferiore al 2%).

Complessivamente, come riassunto in FIGURA 45, l'innovazione tecnologica consentirebbe di abbattere di circa il 29% le emissioni di ossidi di azoto e quasi l'11% quelle di PM10 totale, un valore sul quale si fa sentire la quota di risospensione che è rimasta invariata a parità di flussi.

Il decremento più significativo riguarda l'ammoniaca (-70%), il monossido di carbonio (-54%) e i VOC non metanici (-42%).

²¹ International Monetary Fund (2010), World Economic Outlook Database - <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2010/02/weodata/index.aspx>, October 2010 Edition

²² Schäfer A., Jacoby H. D., Heywood J. B. e Waitz I. A. (2011), L'altra minaccia climatica: i trasporti, Le Scienze n. 510, Febbraio 2011.

²³ Automobile Club Italia (2009), Analisi dell'anzianità del parco veicoli in Italia, <http://www.aci.it/sezione-istituzionale/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>

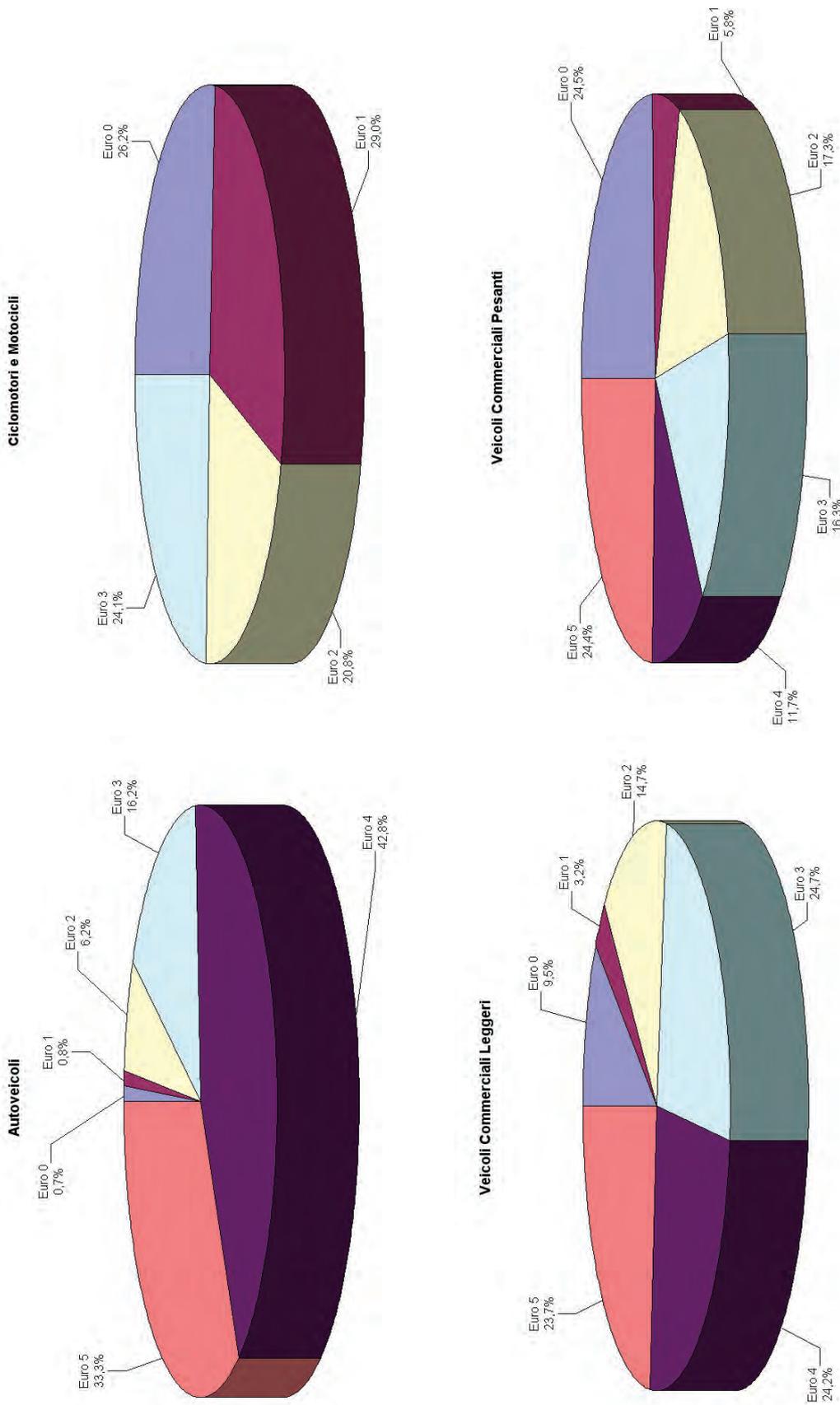


FIGURA 43: Aerogrammi della distribuzione in classi di omologazione ambientale per ciascuna categoria veicolare del parco circolante nello scenario 2015. La distribuzione del parco tiene conto della percorrenza di ciascuna categoria veicolare stimata da ISPRA.

Trasporto su strada: scenario "Torino in movimento" (MOV) - Anno 2015

Sono in via di realizzazione molti progetti che modificheranno, anche in maniera sostanziale, la mobilità privata nell'area metropolitana torinese.

Alcuni di essi riguardano l'offerta di trasporto pubblico locale, con l'implementazione di un sistema ferroviario metropolitano con cinque linee (v. FIGURA 44), con interventi di integrazione in superficie nei punti di raccordo, il completamento della prima linea di metropolitana cittadina da Nichelino a Rivoli e la realizzazione di una seconda linea da Orbassano a Piazza Rebaudengo.

Il progetto, originariamente previsto su un orizzonte temporale di medio periodo, sta subendo notevoli rallentamenti per la difficoltà di reperire risorse finanziarie sufficienti. Ottimisticamente, al 2015 si può ritenere completato il prolungamento della linea 1 di metropolitana fino a Piazza Bengasi e l'avvio del Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM) con 3 linee (FM1 Rivarolo-Chieri, Fm3 (Susa)-Avigliana-Stura e FM4 (Ivrea)-Chivasso-Carmagnola-(Bra)). Il progetto completo si ipotizza che entrerà a regime nel 2023.

Questo scenario va pertanto inteso come ipotetico (del tipo what-if) e non potenziale, in quanto i flussi veicolari stimati non dovrebbero riferirsi al 2015, ma ad una data successiva.

Lo scenario è basato sui contenuti dello studio di accompagnamento al progetto della Linea 2 della metropolitana di Torino (AMMT, 2009), in cui si stima una riduzione del 21,4% della mobilità privata (rispetto allo scenario base), corrispondente a circa 70mila spostamenti in ora di punta.

Nello studio è previsto anche un incremento dei flussi (circa il 7%) che non è stato considerato in questo scenario a causa della crisi economica, consistentemente con lo scenario "Business As Usual" (IMF, 2010).

Sui flussi associati al grafo 5T è stata applicata una riduzione del 21,4%, limitatamente alle classi autoveicoli e motocicli, e, utilizzando la proiezione del parco al 2015, si sono stimate le nuove emissioni lineari.

A fronte di un'offerta sostanzialmente invariata di trasporto pubblico su gomma, le emissioni dovute alla circolazione dei mezzi GTT nello scenario "Torino in movimento" sono state mantenute uguali rispetto allo scenario "Business As Usual".

Per la stima del traffico urbano residuo, infine, è stato prima calcolato il "risparmio" in termini di CO₂ per la riduzione dei flussi, confrontando le emissioni di CO₂ che competono al traffico lineare negli scenari BAU e MOV.



FIGURA 44: Il progetto di sistema ferroviario metropolitano di Torino.

Applicando questo risparmio al totale della CO₂ per il traffico veicolare nell'area metropolitana, si sono stimate le emissioni residue di tutti gli altri inquinanti.

Complessivamente, come sintetizzato dalla FIGURA 45, la diversione modale privato-pubblico consentirebbe una riduzione del 17% circa delle emissioni di CO₂ rispetto allo scenario BAU.

Le riduzioni degli altri inquinanti sono dipendenti dal fatto che la diversione interessa solo autoveicoli e motocicli, quindi è più contenuta in termini di ossidi di azoto (-11,7%).

La diminuzione degli spostamenti con mezzi privati incide anche sul biossido di zolfo (-17,3%) e sul PM10 (-12,7%), grazie anche all'effetto sul termine di risospensione.

Trasporto su strada: scenario "Mobilità sostenibile" (MS) – Anno 2015

Nell'ultimo scenario si sono presi in considerazione gli effetti delle politiche a sostegno della mobilità sostenibile implementati in questi anni, in particolare per gli spostamenti casa-lavoro.

In conseguenza delle attività di mobility management, con gli incentivi alla condivisione del mezzo privato di spostamento (car pooling) o all'acquisto di abbonamenti per il TPL (ticket transport), con le misure che disincentivano il possesso di seconde auto (car sharing) e la sosta e l'ingresso in alcune aree delle città (ZTL), si è ipotizzata una riduzione della mobilità privata del 7%, applicata a tutti gli spostamenti nell'area metropolitana effettuati con autoveicoli o motocicli.

Per tenere conto dell'incremento di mobilità pedonale e ciclabile, grazie all'aumento di piste dedicato e ai progetti di bike sharing (BiciinComune nella Zona Ovest e TOBike a Torino), è stata ipotizzata una riduzione del 5% dei flussi privati solo sui centri storici dei 12 Comuni dell'agglomerato IT0103 (spostamenti di massimo 2 km).

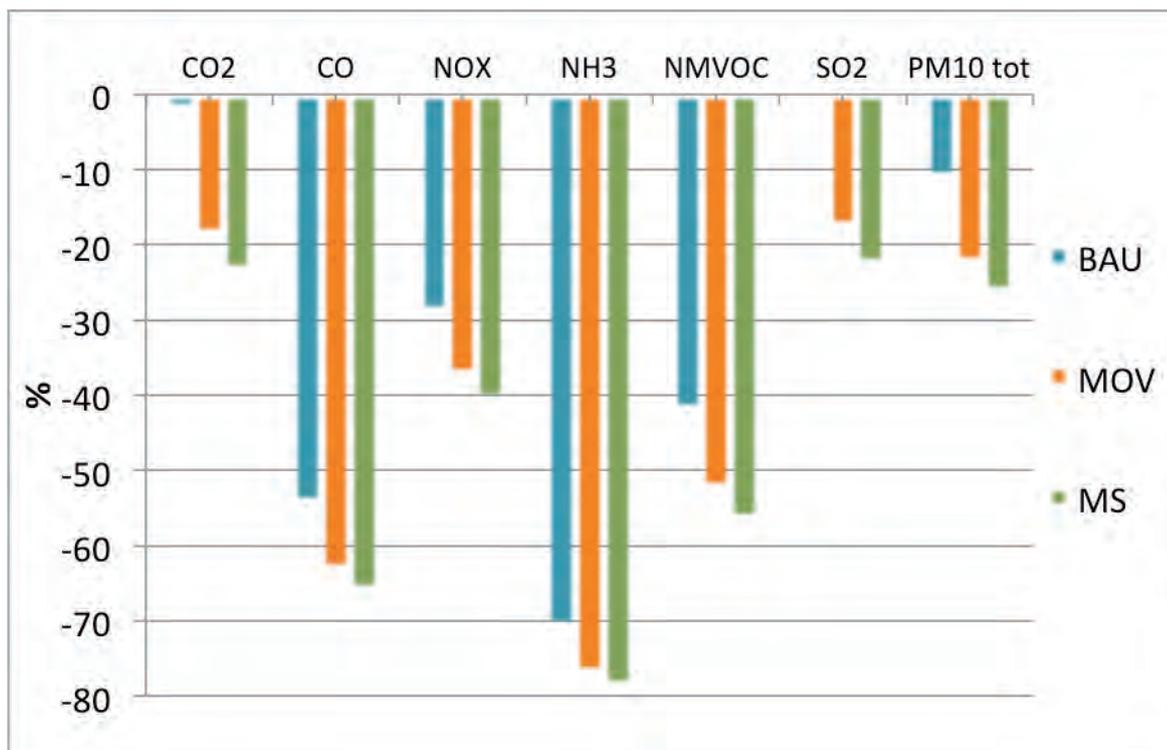


FIGURA 45: Riduzione percentuale di inquinanti emessi dal trasporto su strada nei tre scenari rispetto all'anno base 2008.

Infine, in questo scenario è stato inserito l'effetto della sostituzione degli autobus più obsoleti, supponendo che tutti i 289 autobus Euro 0 di GTT vengano dismessi e sostituiti con autobus EEV.

Considerando il solo trasporto stradale, l'insieme di queste misure comporterebbe ulteriori riduzioni del 6% circa nelle emissioni di CO₂ rispetto allo scenario MOV (-23.2% rispetto allo scenario 2008), del 5.3% nelle emissioni di NO_x (-40.4% rispetto allo scenario 2008) e del 5% circa nelle emissioni di PM10 (-26.1% rispetto al 2008).

Il confronto tra gli scenari emissivi, in termini relativi, è presentato nella FIGURA 45.

RISULTATI: RIDUZIONI DELLE CONCENTRAZIONI DI PM10 E NO₂ AL 2015

I risultati preliminari riguardano i due inquinanti principali (PM10 e NO₂), per i quali la Direttiva 2008/50/CE prevede la possibilità di richiedere una deroga temporale al conseguimento del valore limite. In particolare, la scelta dell'anno 2015 come proiezione futura è consistente con l'estensione temporale prevista dalla Commissione per il biossido di azoto.

I contenuti degli scenari di mobilità descritti nei paragrafi precedenti sono diventati l'input per tre simulazioni finalizzate a valutare il beneficio in termini di qualità dell'aria che potrebbe derivare dall'applicazione delle misure politiche e strutturali considerate.

In termini emissivi, l'effetto delle misure (inclusa l'evoluzione tecnologica) è spazialmente limitato all'area metropolitana. In altre parole, le capacità emissive del resto dei comuni piemontesi, sia all'interno del dominio di calcolo che all'esterno (attraverso le condizioni al contorno), restano quelle fotografate al 2008.

Nella FIGURA 46 è mostrata la mappa delle concentrazioni medie di biossido di azoto del primo bimestre dello scenario base (anno 2008) e le differenze assolute di concentrazione nello stesso periodo tra i tre scenari e lo scenario base.

Nello scenario BAU, i miglioramenti maggiori si registrano nell'arco superiore della tangenziale e nel centro della città di Torino. Il decremento massimo è di 6,8 µg/m³.

Con la riduzione dei flussi della mobilità privata (scenario MOV, (b), al centro), si raggiungono benefici maggiori (al massimo di 8,6 µg/m³). La mappa mostra chiaramente la forma delle direttrici principali del traffico urbano, in particolare Corso Giulio Cesare a nord, Corso Regina Margherita verso ovest e Corso Unità d'Italia a sud.

Infine, con le misure a sostegno della mobilità sostenibile, che incentivano la diversione modale verso la mobilità pedonale e ciclabile nei centri storici dei Comuni della zona IT0103, si raggiungono miglioramenti massimi di poco inferiori ai 10 µg/m³.

All'esterno dei confini dell'area metropolitana il decremento è inferiore a 2,5 µg/m³.

Per quanto riguarda il PM10, nella FIGURA 47 viene mostrata la mappa delle concentrazioni medie del primo bimestre dello scenario base (anno 2008) e le differenze assolute di concentrazione nello stesso periodo tra i tre scenari e lo scenario base.

Anche in questo caso, le variazioni maggiori si registrano nel centro della città di Torino con differenze che passano da circa 3 µg/m³ nello scenario BAU (in cui la riduzione di PM10 primario non si applica alla quota di risospensione) a 5,3 µg/m³ nello scenario "Torino in movimento", fino a 6,4 µg/m³ nello scenario "Mobilità sostenibile".

La riduzione di primario e precursori ha anche effetto all'esterno dell'area metropolitana con un miglioramento inferiore al microgrammo.

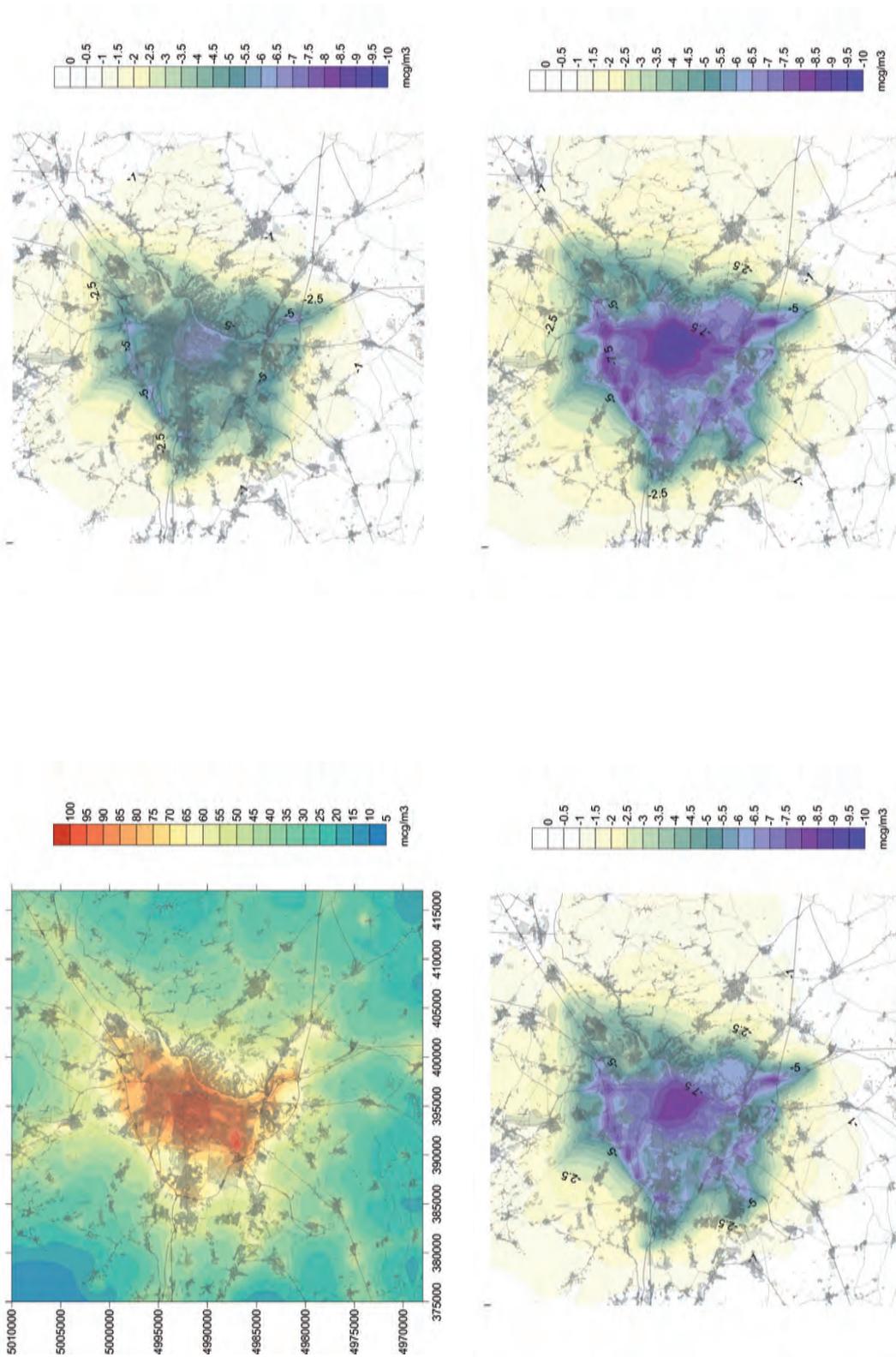


FIGURA 46: Concentrazione assoluta di biossido di azoto dello scenario base nel primo bimestre 2008 (in alto a sinistra) e differenze assolute nelle concentrazioni medie del primo bimestre di biossido di azoto tra lo scenario base e gli scenari "Business As Usual" (in alto a destra), "Torino in movimento" (in basso a sinistra) e "Mobilità sostenibile" (in basso a destra).

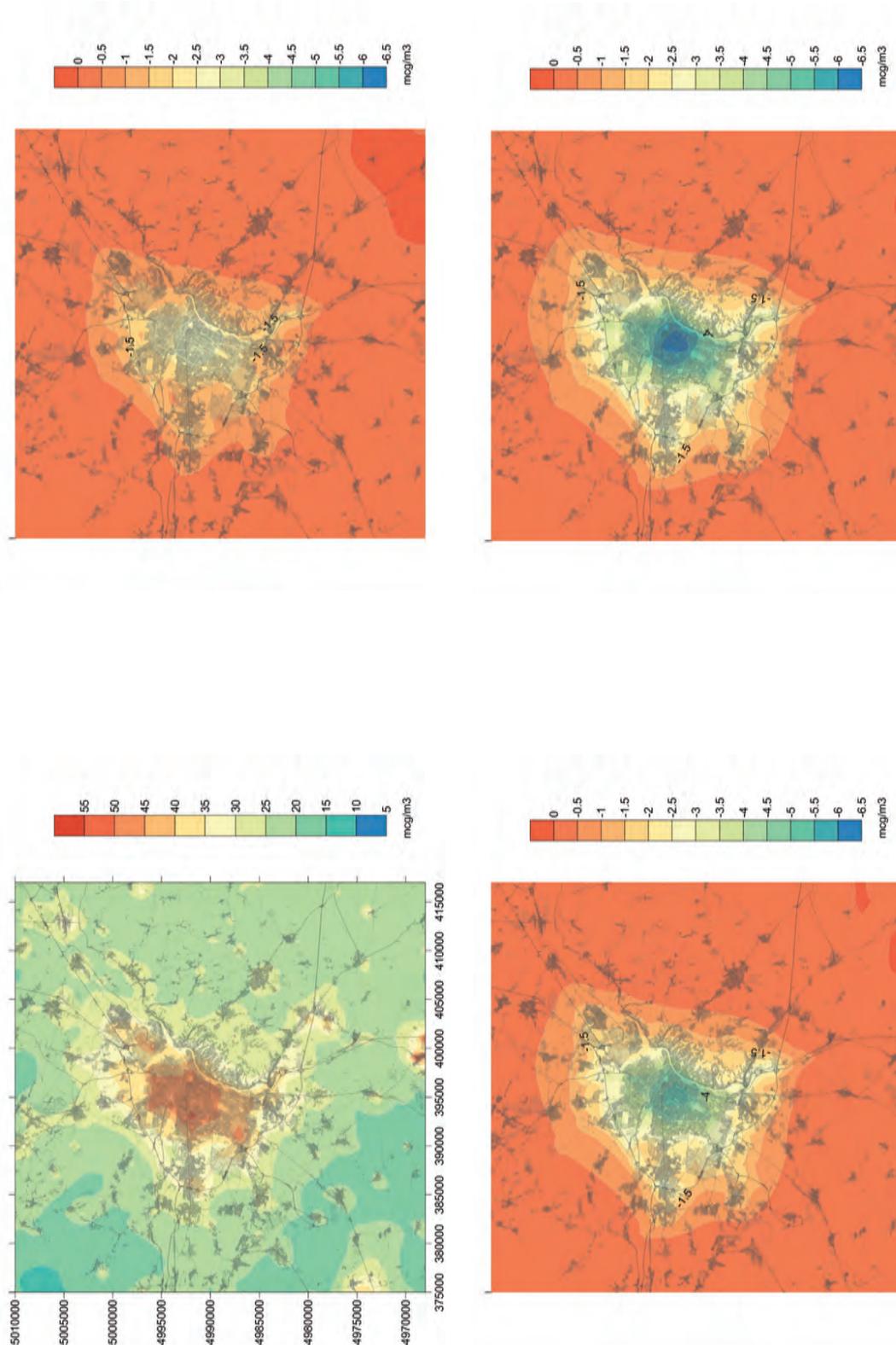


FIGURA 47: Concentrazione assoluta di PM10 dello scenario base nel primo bimestre 2008 (in alto a sinistra) e differenze assolute nelle concentrazioni medie del primo bimestre di PM10 tra lo scenario base e gli scenari "Business As Usual" (in alto a destra), "Torino in movimento" (in basso a sinistra) e "Mobilità sostenibile" (in basso a destra).

CONCLUSIONI

In questo studio è stato valutato l'impatto sulla qualità dell'aria di tre scenari evolutivi al 2015, considerati in modo incrementale e limitati al trasporto stradale.

L'analisi ha richiesto una stima dettagliata delle emissioni del traffico a partire dal basso (bottom-up), cioè dai flussi veicolari sugli archi stradali. Questo approccio consente una migliore spazializzazione delle emissioni e fornisce un input emissivo più duttile per la definizione degli scenari futuri, prestandosi al limite anche all'introduzione di modifiche infrastrutturali alla geometria della rete stradale.

Nello scenario "Business As Usual" (BAU) è stato ipotizzato che nel 2015 ci siano gli stessi flussi veicolari del 2008 e che il progressivo rinnovo del parco veicolare, secondo l'andamento storico, consenta una riduzione delle emissioni, rispetto allo scenario base 2008, quantificabile, per il solo comparto traffico, nel 29% per gli NO_x e nell'11% per il PM10. Le riduzioni di concentrazione raggiungono al massimo, nel centro della città di Torino, 6,8 µg/m³ per l'NO₂ (circa l'8%) e 3 µg/m³ per il PM10 (circa il 6%).

Nello scenario "Torino in movimento" (MOV) ci si è domandati quale sarebbe il beneficio sulla qualità dell'aria se nel 2015 fossero pienamente realizzate le infrastrutture per il trasporto pubblico pianificate per il prossimi 15 anni, garantendo un contenimento della mobilità privata sull'intera area metropolitana, con diminuzione dei flussi di autoveicoli e motoveicoli del 21,4% rispetto al 2008. La riduzione, rispetto allo scenario base 2008, delle emissioni da traffico sarebbe allora del 37% per gli NO_x e del 23% per il PM10, con un conseguente abbassamento dei livelli di concentrazione pari al massimo a 8,6 µg/m³ per l'NO₂ (circa il 10%) e a 5,3 µg/m³ per il PM10 (circa il 10%).

Nello scenario "Mobilità Sostenibile" (MS), infine, si sono volute valorizzare le politiche a sostegno della mobilità sostenibile ipotizzando nel 2015 un ulteriore decremento del 7% dei flussi di autoveicoli e motoveicoli nell'area metropolitana e del 12% nei centri storici. Rispetto allo scenario base 2008, la riduzione delle emissioni da traffico sarebbe in questo caso del 40% per gli NO_x e del 26% per il PM10 e produrrebbe riduzioni di concentrazione il cui massimo, nel centro città è pari a 10 µg/m³ per l'NO₂ (circa 11%) e a 6,4 µg/m³ per il PM10 (circa 13%).

In quest'ultimo caso, a dispetto di una modesta variazione di emissione sull'intera area metropolitana, si ottiene una riduzione apprezzabile delle concentrazioni nei centri urbani, generalmente caratterizzati dalle concentrazioni inquinanti più elevate.

I risultati ottenuti confermano che per ottenere riduzioni di concentrazione degli inquinanti significative per rispettare i limiti imposti dalla normativa europea non è sufficiente il solo miglioramento degli standard ambientali dei veicoli. È fondamentale che siano realizzati gli adeguamenti infrastrutturali del trasporto pubblico pianificati sull'intera area metropolitana e che siano attuate misure di mobilità sostenibile, le quali mostrano la loro efficacia in particolare nei centri urbani, laddove la qualità dell'aria è più compromessa.

L'immagine di copertina è di Claudia Rossato

Finito di stampare nel mese di ottobre 2011
presso Ages Arti Grafiche - Torino

Stampato su carta di pura cellulosa E.C.F. (elemental chlorine free)
completamente biodegradabile e riciclabile

